AKUMULATORY DLA ELEKTRONIKI • ZESTAWY EDUKACYJNE I EWALUACYJNE

www.ep.com.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA +FTP

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Marzec ● 3/2020 ●

TYLKO DLA PRENUMERATORÓW

Niezbędnik elektronika na DVD

inspirujące, użyteczne projekty

Magnetyczny sterownik MIDI • Inteligentny wykrywacz nietoperzy • SpectrumDFT – analizator widma sygnału akustycznego • Modułowy odbiornik nasłuchowy na pasma 80 m i 40 m „Dosia". Mikroprocesorowy moduł kontrolno-sterujący • Termometr tęczowy • I²C Extender – przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C • Rozgałęźnik dla serwomechanizmów • Moduł XBee Bluetooth BLE4.1 • Filtr pasmowo-zaporowy 50 Hz • Karta muzyczna dla Raspberry Pi

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Akumulatory dla elektroniki • CY3280-MBR3 – klawiatura dotykowa w praktyce • Globalna rewolucja w nauczaniu przedmiotów technicznych. Jak płytka BBC micro:bit odmienia edukację STEM • Niezbędne narzędzia deweloperskie. Zestawy edukacyjne i ewaluacyjne • Zautomatyzowane czy inteligentne? Systemy automatyki domowej • Arduino & Raspberry Pi Day 2020 • Nowe funkcje w Altium Designer 20 • Poznaj Panasonic Eneloop – pioniera wśród akumulatorków Ni-MH nowej generacji

tutoriale

TouchGFX środowisko graficzne dla kontrolerów STM32 • Symulacja i pomiar czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora. Model namiernika celu lotnictwa RAF • Pomiar pojemności i stopnia naładowania akumulatorów • Magazyny energii. Budowa pakietów z ogniw litowych • Inżynieria Internetu Rzeczy • Usługi wraz z produktami z oferty Kradex – producenta obudów z tworzyw sztucznych dla elektroniki • Nowa klasa dla momentu obrotowego i prędkości. Nowa rodzina przekładni GPT z różnymi współczynnikami przełożenia • Akumulator Ni-MH, czy Li-ion – oczywisty wybór?

kursy

ISIXRTOS v3 mini system operacyjny dla mikrokontrolerów rodziny M0/M3/M4/M7. Biblioteka libgfx • Eksperymenty z FPGA • Systemy dla Internetu Rzeczy. Cyfrowe czujniki gazu

INTELIGENTNY BUDYNEK – SYSTEMY AUTOMATYKI DOMOWEJ

TEMAT NUMERU

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR
ISSN 1230-3526 Indeks 357677
9 771230 352207 03 >

eprasa.pl e017b7ba51

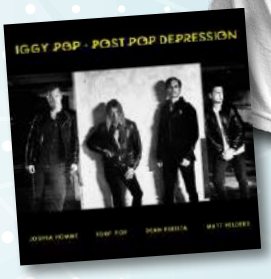
PRENUMERUJ!

Standardowe ceny prenumerat:

- roczna – 207,90 zł (1 wydanie gratis)
- dwuletnia – 340,20 zł (6 wydań gratis)

Po latach nawet **ZA PÓŁ CENY!**

Wieloletni Prenumerator po kilku latach nieprzerwanej prenumeraty zyskuje **DO 50% ZNIŻKI**. Jeśli prenumerujesz EP, wszystkie dane nt. swojej prenumeraty znajdziesz teraz po zalogowaniu na www.avt.pl/prenumerata. Co szczególne ważne – znajdziesz tam również propozycje przedłużenia Twojej prenumeraty, które uwzględniają przysługujące Ci zniżki.



PREZENT do każdej opłaconej prenumeraty: koszulka lub płyta

Prenumerata	bez zniżki lojalnościowej	ze zniżką lojalnościową, jeżeli prenumerujesz nieprzerwalnie			
		od roku	od 2 lat	od 3 lat	od 5 lat
roczna	207,90 zł 1 wydanie gratis	189,00 zł 2 wydania gratis	170,10 zł 3 wydania gratis	151,20 zł 4 wydania gratis	
dwuletnia	340,20 zł 6 wydań gratis			283,50 zł 9 wydań gratis	226,80 zł **12 wydań gratis**

E-prenumerata, czyli **NAJSZYBSZY DOSTĘP**

Uzyskaj dostęp do najnowszego numeru – nawet 5 dni przed ukazaniem się pisma w kioskach!

Prenumerata roczna wersji cyfrowej (PDF) kosztuje 151,00 zł (2 e-wydania gratis), dwuletnia – 271,80 zł zł (6 e-wydań gratis).

Prenumeratorzy wersji drukowanej za równoległe e-wydania płacą jedynie 20% ceny: opłata za e-prenumeratę równoległą wynosi 36,20 zł/rok i 72,40 zł/2 lata.

Korzystaj też z innych **przywilejów PRENUMERATORA**

- **prezent** - każdorazowo opłacenie prenumeraty jest premiowane prezentem. W tym numerze są to do wyboru: koszulka z logo EP (rozm. L, XL) lub płyta muzyczna Iggy Pop „Post Pop Depression". Zamów swój prezent mailowo – prenumerata@avt.pl.
- do 50% zniżki w Sklepie AVT (szczegóły na www.avt.pl/klub-elektronika)
- darmowe czasopisma z oferty AVT (więcej na www.avt.pl/klub)
- prenumeratorzy mają od 30 do 50% zniżki na zakupy na www.UlubionyKiosk.pl (wystarczy podczas zamówienia powołać się na swój numer prenumeraty)
- jeśli zamawiasz prenumeratę drukowaną na www.avt.pl po raz pierwszy lub przedłużasz ją po zalogowaniu do swojego Panelu Prenumeratora, otrzymasz kody rabatowe na bezpłatne pobranie e-wydań z oferty www.UlubionyKiosk.pl (szczegóły na www.avt.pl)
- z każdym numerem swojej prenumeraty otrzymasz DVD Niezbędnik Elektronika

Zamów prenumeratę EP w dogodny sposób:

• na www.avt.pl • poprzez wpłatę na konto: AVT-Korporacja sp. z o.o.,ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, ING Bank Śląski 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013 • mailowo: prenumerata@avt.pl

Administratorem Twoich danych osobowych jest AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, prenumerata@avt.pl.

Przetwarzamy Twoje dane, aby móc wysłać Ci nasze czasopisma w formie drukowanej lub elektronicznej oraz inne towary (np. prezenty), a także w innych prawnie usprawiedliwionych celach, w tym marketingu bezpośredniego naszych produktów i usług (tzw. uzasadniony interes administratora). Podanie danych jest dobrowolne, ale niezbędne do zrealizowania zamówienia na prenumeratę.

Twoje dane osobowe przekazujemy Poczcie Polskiej, która dostarcza do Ciebie przesyłki. Bez Twojej zgody nie przekażemy i nie będziemy dokonywać obrotu (nie użyczymy, nie sprzedamy) Twoich danych osobowych innym osobom lub instytucjom. Twoje dane osobowe możemy przekazać jedynie podmiotom uprawnionym do ich uzyskania na podstawie obowiązującego prawa (np. sądy lub organy ścigania) – ale tylko na ich żądanie w oparciu o stosowną podstawę prawną. Będziemy przetwarzać Twoje dane osobowe przez 5 lat od zakończenia roku obrachunkowego, w którym wystąpiła ostatnia płatność. Dane osobowe do celów marketingowych będziemy przetwarzać do czasu wycofania przez Ciebie zgody na przetwarzanie lub do czasu usunięcia danych.

Informujemy, że masz prawo do żądania od administratora dostępu do Twoich danych, ich sprostowania, usunięcia, ograniczenia ich przetwarzania, wniesienia sprzeciwu wobec przetwarzania Twoich danych lub ich przenoszenia. W każdej chwili możesz odwołać zgodę na przetwarzanie Twoich danych osobowych oraz możesz zażądać, by Twoje wszystkie dane zostały przez nas usunięte.

eprasa.pl e017b7ba51

Kto rządzi światem?

Oczywiście, my, elektronicy. No dobrze, trochę przesadziłem – ani ja, ani Ty, czytelniku, tylko przedstawiciele naszej branży. (W PRL-u mówiło się, że koniak to ulubiony napój klasy robotniczej pity ustami jej najlepszych przedstawicieli). Chodzi mi o władzę miękką, czyli władzę pieniądza i dostarczyciela dóbr niezbędnych. W takim rozumieniu światem rządzą dwie „piątki". Pierwsza „piątka" to GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft). Popatrzmy na słupki pokazujące wartość kapitałową tych firm w grudniu 2019 roku.

Razem „piątka" GAFAM ma wartość kapitałową 4756 mld $. To około 8 razy więcej niż roczne PKB Polski, czy prawie 3 razy więcej niż roczne PKB Rosji.

A więc GAFAM jest prawdziwym imperium, a my, jego podwładni zawdzięczamy mu dostarczanie internetu i całej cywilizacji digital. Z kolei GAFAM zawdzięcza swój byt operacyjny dostawcom układów scalonych, czyli drugiej „piątce". Tak jest, ponad 53% światowej produkcji układów scalonych pochodzi z pięciu firm, których moce produkcyjne w roku 2019 przedstawia kolejny wykres (podane liczby określają miesięczną zdolność produkcyjną w milionach płytek 200 mm).

*) dawniej Toshiba Memory

Tylko te 5 firm ma zdolności produkcyjne przekraczające 1 milion płytek 200 mm na miesiąc. Reszta producentów na świecie to „drobnica", wśród których na uwagę zasługują jeszcze tylko Intel, UMC, Texas Instruments, Global Foundries i ST Micro. Zatem pierwsza „piątka", tj. imperium GAFAM skoncentrowane w USA, które żywi nas internetem i technologią digital, zasila się układami scalonymi, których produkcja jest skoncentrowana głównie w Azji. Dominacja tandemu Ameryka Północna–Azja jest oczywista – te dwa kontynenty tworzą nową cywilizację, a reszta świata, w tym Europa, nabywa i konsumuje dobra tej nowej cywilizacji, płacąc produktami z kamienia łupanego, żywiąc przy tym dziwne przekonanie, że taki stan może być trwały, bo kamieni jest jeszcze dużo. Jednak epoka kamienia łupanego nie skończyła się dlatego, że zabrakło kamieni.

Znamienne, że u nas politycy przekupują wyborców żywą gotówką, a w USA kandydujący na prezydenta senator Bernie Sanders obiecał, że wyda 150 mld $, by zbudować publiczną sieć zasilania każdego domu szerokopasmowym internetem, jak wodą i prądem. Może to jakaś inspiracja dla kandydatów na prezydenta Polski.

Wiesław Marciniuk

eprasa.pl e017b7ba51

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 3 (326) • Marzec 2020

Nie przeocz

Nowe podzespoły ... 6
Koktajl niusów ... 13
Inżynieria Internetu Rzeczy ... 18
Dodaj do obserwowanych ... 19
Arduino & Raspberry Pi Day 2020 ... 23
Niezbędnik elektronika ... 43

Projekty soft

Magnetyczny sterownik MIDI ... 24
Inteligentny wykrywacz nietoperzy ... 29

Projekty

SpectrumDFT – analizator widma sygnału akustycznego ... 32
Modułowy odbiornik nasłuchowy na pasma 80 m i 40 m „Dosia". Mikroprocesorowy moduł kontrolno-sterujący (2) ... 37
Termometr tęczowy ... 44

Miniprojekty

I²C Extender – przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C ... 48
Rozgałęźnik dla serwomechanizmów ... 50
Moduł XBee Bluetooth BLE4.1 ... 52
Filtr pasmowo-zaporowy 50 Hz ... 55

Projekty czytelników

Karta muzyczna dla Raspberry Pi ... 58

Temat numeru: Inteligentny budynek

Zautomatyzowane czy inteligentne? Systemy automatyki domowej ... 62

Prezentacje

Usługi wraz z produktami z oferty Kradex – producenta obudów z tworzyw sztucznych dla elektroniki ... 68
Nowe funkcje w Altium Designer 20 ... 70
Nowa klasa dla momentu obrotowego i prędkości. Nowa rodzina przekładni GPT z różnymi współczynnikami przełożenia ... 72
Akumulator Ni-MH, czy Li-ion – oczywisty wybór? ... 96
Poznaj Panasonic Eneloop – pioniera wśród akumulatorków Ni-MH nowej generacji ... 106

Notatnik konstruktora

TouchGFX środowisko graficzne dla kontrolerów STM32 ... 74
Symulacja i pomiar czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora (8). Model namiernika celu lotnictwa RAF ... 79

Magnetyczny sterownik MIDI

Granie na większości instrumentów nie należy do najprostszych. Na szczęście w sukurs przychodzą urządzenia elektroniczne, które pozwalają w prostszy sposób generować melodie. Niezależnie od tego czy jesteś kompozytorem muzycznym, melodystą, symfonikiem, czy też melomanem, który uwielbia tworzyć własne rytmy, jeśli znudziły Ci się tradycyjne kontrolery MIDI, to przedstawione poniżej urządzenie będzie ciekawą alternatywą do domowego studia.

Podzespoły

CY3280-MBR3 – klawiatura dotykowa w praktyce ... 84
Globalna rewolucja w nauczaniu przedmiotów technicznych. Jak płytka BBC micro:bit odmienia edukację STEM ... 115

Wybór konstruktora:

Akumulatory dla elektroniki ... 97
Baltrade ... 105
Niezbędne narzędzia deweloperskie. Zestawy edukacyjne i ewaluacyjne ... 107
Botland ... 118

Poradnik implementacji

Pomiar pojemności i stopnia naładowania akumulatorów ... 87
Magazyny energii. Budowa pakietów z ogniw litowych (2) ... 92

Kursy

ISIXRTOS v3 mini system operacyjny dla mikrokontrolerów rodziny M0/M3/M4/M7 (9). Biblioteka libgfx ... 119
Eksperymenty z FPGA (4) ... 125
Systemy dla Internetu Rzeczy (35). Cyfrowe czujniki gazu ... 130

Prenumerata ... 2
Od wydawcy ... 3
Hity następnego numeru ... 138
Kramik i rynek ... 139

Aby pobrać materiały dodatkowe do artykułów, zarejestruj się na https://media.avt.pl

Szczegóły na stronie 47

eprasa.pl e017b7ba51

Pierwsze STM32 z rdzeniem Cortex-M33

STM32L5

Arm TrustZone w STM32

STM32 Trust
Ekosystem dla bezpiecznych aplikacji
st.com/stm32trust

STM32L5 w skrócie:

- Cortex-M33 @110MHz (CoreMark 442/370 ULPMark-CP)
- zintegrowany Arm TrustZone
- architektura low-power STM32L
- dual bank Flash do 512 kB
- SRAM 256 kB
- zintegrowana przetwornica DC/DC
- szeroki zakres temperatur pracy -40...+125°C
- obudowy od 48 do 144 pinów
- programowe biblioteki kryptograficzne
- pakiet TF-M do implementacji Trusted Execution Environment
- zintegrowane: AES256, PKA, SHA-1, SHA-256. TRNG

life.augmented

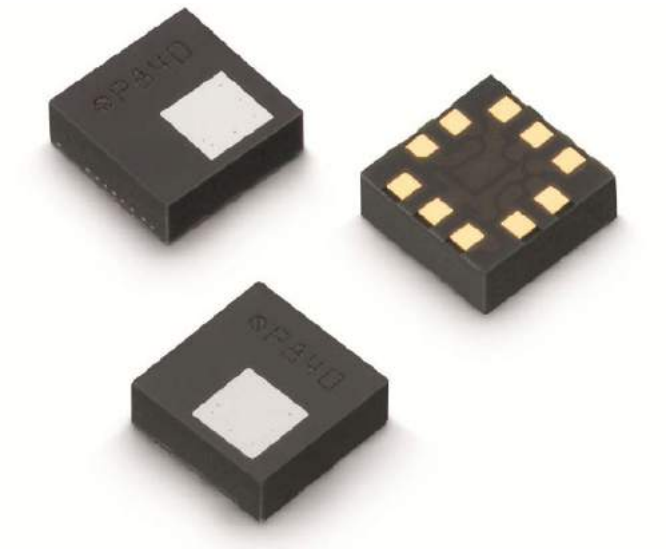
st.com/stm32l5

masters creative technology

eprasa.pl e017b7ba51

nowe podzespoły

Z kilkuset nowości wybraliśmy te, których nie wolno przeoczyć. Bieżące nowości można śledzić na www.elektronikaB2B.pl



Miniaturowy czujnik ciśnienia bezwzględnego

Jeden z najmniejszych czujników ciśnienia bezwzględnego firmy Würth Elektronik, jest zamknięty w obudowie SMD o wymiarach zaledwie 2,0×2,0×0,8 mm. Jest to czujnik o nazwie WSEN-PADS zrealizowany w technologii MEMS, przeznaczony do pomiaru ciśnienia w zakresie od 26 do 126 kPa. Do przetwarzania sygnałów pomiarowych zastosowano układ ASIC i czujnik temperatury, umożliwiające wyprowadzanie gotowego wyniku.

Czujnik WSEN-PADS daje możliwość przygotowania danych pomiarowych do różnych aplikacji przy użyciu zintegrowanych, aktywowanych przez użytkownika algorytmów, co redukuje rozmiar kodu we współpracującym kontrolerze. Dane są dostępne za pośrednictwem interfejsu I²C z częstotliwością programowaną w zakresie od 1 do 200 Hz. Dodatkowo, WSEN-PADS zawiera wyjście przerwania, którego funkcja może być modyfikowana przez użytkownika.

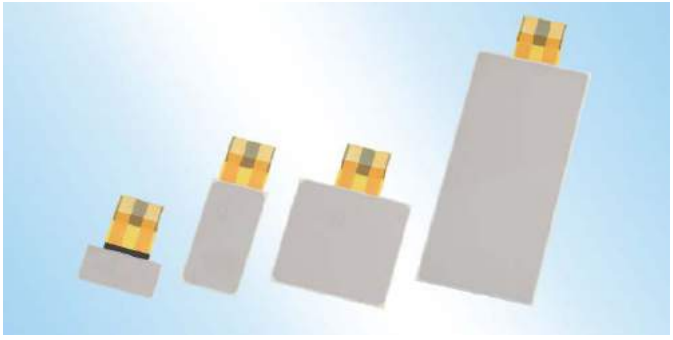
Zaletą tego modelu są nie tylko bardzo małe wymiary, pozwalające na montaż w urządzeniach mobilnych. Bardzo mały pobór mocy powoduje, że układ może być zasilany zarówno z baterii, jak i źródeł energy harvesting. Pracuje w przemysłowym zakresie temperatur otoczenia od –40 do +85°C.

Przykładem zastosowania WSEN-PADS jest realizacja funkcji wysokościomierza. Dzięki dużej rozdzielczości, czujnik może dostarczać informacji, umożliwiających odwzorowanie położenia poszczególnych pięter w systemach nawigacji wewnątrz budynków. Firma Würth Elektronik oferuje do niego płytkę ewaluacyjną o oznaczeniu 2511223013391.

http://bit.ly/38pwtYH

REKLAMA

BORNICO | Teraz większe MOŻLIWOŚCI
bornico.com.pl
montaż kontraktowy elektroniki
projektowanie urządzeń i systemów
Zakład Elektroniczny BORNICO
ul. Małęczyńska 25
26-600 Radom
tel. +48 48 365 58 22
bornico@bornico.com.pl



Ultrapłaskie głośniki piezoelektryczne o szerokim zakresie dynamicznym

Firma TDK powiększyła w ostatnim czasie rodzinę ultrapłaskich głośników piezoelektrycznych PiezoListen o nowe wersje z poszerzonym zakresem dynamicznym i zwiększonym ciśnieniem akustycznym, w zakresie niskich częstotliwości. Model PHUA6630 o powierzchni 66×30 mm, generuje sygnały o częstotliwości z zakresu od 400 Hz do 20 kHz. Stanowi uzupełnienie modelu PHUA3030 wprowadzonego na rynek w maju 2019. Charakteryzuje się grubością 0,76 mm, znamionowym napięciem pracy 48 V i zakresem dopuszczalnych temperatur pracy od –10 do +60°C. Do oferty TDK wchodzą ponadto dwa modele na zakres częstotliwości pracy od 1000 Hz do 20 kHz: PHUA2010 o wymiarach 20×10 mm i PHUA3015 (30×15 mm).

Głośniki serii PHUA mogą być montowane na dowolnej powierzchni. Znajdują zastosowanie w odbiornikach TV, tabletach, laptopach i innych płaskich urządzeniach konsumenckich. Nie wymagają wykonywania otworów do emisji dźwięku.

http://bit.ly/2OPPEmF

Moduły komunikacyjne Wi-Fi 802.11a/b/g/n z certyfikatami CC, ISED/IC, ETSI/CE i MIC

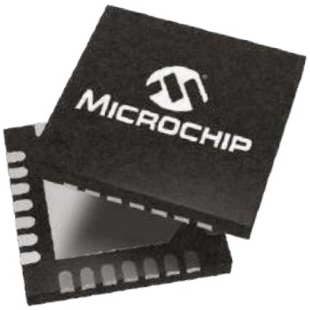
Do oferty Mouser Electronics wchodzą certyfikowane, dwuzakresowe moduły komunikacyjne Wi-Fi serii CC3235MODx SimpleLink (Texas Instruments), które uzyskały certyfikaty CC, ISED/IC, ETSI/CE i MIC. Mogą znaleźć zastosowanie w aplikacjach IoT, systemach

eprasa.pl e017b7ba51

Chroń swoje IP, markę i przychody

Rozwiązania bezpieczeństwa, które są proste w implementacji, ale trudne do złamania

Pozwól firmie Microchip zabezpieczyć nie tylko Twoje projekty, ale także markę i przychody. Dzięki dwóm dekadom doświadczenia w dziedzinie bezpieczeństwa nasi eksperci pomagają pozbyć się kłopotów z integracją zabezpieczeń i eliminują konieczność posiadania takich kompetencji wewnątrz firmy. Połącz tę wiedzę z naszymi bezpiecznymi fabrykami i usługami, a zrozumiesz, dlaczego wiele najlepszych firm ufa ekspertom firmy Microchip i korzysta z ich pomocy w projektach.



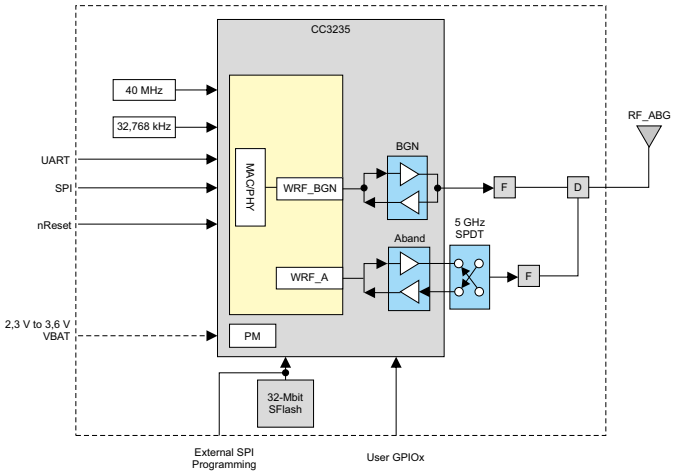
Skorzystaj z implementacji zabezpieczeń, od bezpiecznego szyfrowania po zaufane środowiska robocze, które spełnią Twoje unikatowe potrzeby dzięki szerokiej gamie rozwiązań sprzętowych i programowych.

SMART | CONNECTED | SECURE

Zabezpiecz swój projekt na www.microchip.com/Secure

MICROCHIP

Nazwa Microchip i logo, Microchip logo, są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Microchip Technology Incorporated w U.S.A. i innych krajach. Wszystkie pozostałe wymienione znaki towarowe są własnością ich odpowiednich właścicieli.
© 2019 Microchip Technology Inc. Wszystkie prawa zastrzeżone. DS00002767A. MEC2236Pol03/19
eprasa.pl e017b7ba51



automatyki budynków, systemach bezpieczeństwa i w medycynie. Zawierają procesor aplikacyjny z rdzeniem ARM Cortex-M4, procesor sieciowy obsługujący wszystkie warstwy Wi-Fi i internetowe warstwy logiczne oraz blok zabezpieczeń ze sprzętową jednostką kryptograficzną (AES, DES, SHA/MD5, CRC), funkcją *secure boot*, zabezpieczeniem systemu plików i parą wbudowanych, unikalnych kluczy kryptograficznych.

Moduły CC3235MODx SimpleLink pracują z napięciem zasilania od 2,3 do 3,6 V i udostępniają kilka zaawansowanych trybów oszczędnościowych, pozwalających obniżyć pobór prądu nawet do 5,5 μA w trybie hibernacji oraz 1 μA w trybie *shutdown*. Zapewniają koegzystencję z innymi układami pracującymi w paśmie 2,4 GHz, np. realizującymi komunikację w standardzie Bluetooth Low Energy. Pod względem wbudowanych funkcji zabezpieczających uzyskały certyfikat FIPS 140-2 Level 1. Obsługują do 16 gniazd TCP/IP i żądania CSR (*Certificate Signing Request*).

Moduły CC3235MODx SimpleLink są dostępne w dwóch wariantach: podstawowym CC3235MODS oraz CC3235MODSF wyposażonym dodatkowo w 1 MB pamięci Flash. Oba są zamykane w identycznych obudowach QFM o wymiarach 20,5×17,5 mm. Pracują w przemysłowym zakresie temperatur otoczenia od –40 do +85°C.

http://bit.ly/2tPp85s

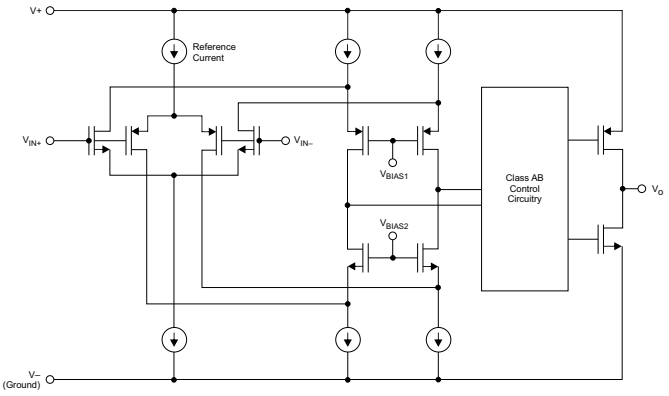
Modułu Bluetooth HCI zgodny ze specyfikacją BT4.2

Rutronik rozpoczyna dystrybucję nowego modułu Bluetooth HCI z oferty firmy Panasonic. Jest to moduł o oznaczeniu PAN1326C2, zrealizowany na bazie kontrolera CC2564C (Texas Instruments), obsługujący standardy BR (*Basic Rate*), EDR (*Enhanced Data Rate*) i LE (*Low Energy*). Jest w stanie zestawić jednocześnie do 10 połączeń BLE. Pracuje z maksymalną mocą wyjściową +8 dBm i zapewnia czułość odbiornika na poziomie –90 dBm. Jego zakres napięć zasilania rozciąga się od 1,7 do 4,8 V, a pobór prądu, wynoszący odpowiednio 40 mA i 20 mA w trybach nadawania i odbioru, może zostać ograniczony do jedynie 135 μA w trybach oszczędnościowych *shutdown*/*sleep*.

Jako moduł kompatybilny ze specyfikacją BT4.2, PAN1326C2 oferuje rozbudowane funkcje bezpieczeństwa, większą szybkość transmisji w porównaniu z Bluetooth 4.0 i 4.1 oraz tryb *Assisted* dla profili HFP 1.6 WBS (*Wideband Speech)* i A2DP, pozwalający zmniejszyć pobór mocy i obciążenie obliczeniowe układu *host*. Umożliwia zestawienie sieci scatternet z maksymalnie trzema sieciami piconet: jedną pracującą jako master i dwie jako slave. W obrębie jednej sieci piconet mogą być zestawione maksymalnie dwa łącza SCO (*Synchronous Connection Oriented*).

Moduł ma wymiary 9,5×9,0×1,8 mm, jest kompatybilny pod względem rozkładu wyprowadzeń ze wszystkimi modułami Panasonic bazującymi na kontrolerze CC256x. Zawiera standardowe interfejsy GPIO, Audio PCM/I2C oraz UART do transportu pakietów HCI. Nadaje się do pracy w przemysłowym zakresie temperatur. W odróżnieniu od wcześniejszego modelu uzyskał certyfikaty CE, FCC i IC. Może znaleźć zastosowanie w urządzeniach medycznych (m.in. w miernikach glukozy), czujnikach przemysłowych, zabawkach elektronicznych i wszelkiego typu urządzeniach przenośnych.

http://bit.ly/3bz974U



Tanie wzmacniacze operacyjne o zasilaniu 1,8...5,5 V z wej/wyj Rail-to-Rail

Do oferty wzmacniaczy operacyjnych firmy Texas Instruments wchodzą trzy nowe układy wzmacniaczy operacyjnych CMOS: TLV9001, TLV9002 i TLV9004, z odpowiednio 1, 2 i 4 kanałami, zaprojektowane do zastosowań w urządzeniach, w których istotna jest niska cena podzespołów. Wszystkie pracują z napięciem zasilania od 1,8 do 5,5 V i zawierają wejścia i wyjścia rail-to-rail o szerokim zakresie zmienności napięcia. Są wzmacniaczami uniwersalnymi, mogącymi znaleźć szeroki zakres zastosowań w detektorach dymu, skanerach kodów kreskowych, układach kondycjonowania sygnałów, filtrach aktywnych, układach pomiaru prądu i wielu innych aplikacjach pracujących z niskim napięciem zasilania i wymagających sterowania obciążeń o charakterze pojemnościowym.

Wzmacniacze serii TLV900x w dużym stopniu ułatwiają projektowanie układów. Zapewniają stabilność przy wzmocnieniu jednostkowym, zawierają wbudowane filtry RFI/EMI i nie wykazują odwracania fazy przy przesterowaniu. Mogą być przełączane w tryb oszczędnościowy standby, pozwalający na ograniczenie poboru prądu do mniej iż 1 μA. Są produkowane w kilku wariantach obudów, w tym X2SON, SC70, SOT-23, SOIC, WQFN i TSSOP o powierzchni od 0,8×0,8 mm. Pracują w zakresie temperatur od –40 do +125°C. Są odporne na wyładowania ESD do co najmniej 1500 V HBM.

Ważniejsze parametry:

- wejściowe napięcie niezrównoważenia: typ. ±0,4 mV, maks. 2 mV,
- wejściowy prąd polaryzacji: 5 pA

eprasa.pl e017b7ba51

- GBW: 1 MHz,
- THD+N: typ. 0,004%.
- wejściowe napięcie szumu: 27 nV/√Hz (10 kHz),
- PSRR: typ. 105 dB,
- CMRR: min. 63 dB,
- pobór prądu w stanie spoczynkowym: 60 μA/kanał,
- wzmocnienie z otwartą pętlą: 100...130 dB.

http://bit.ly/2kuoTZ9

Miniaturowe regulatory LDO o dużej dokładności napięcia wyjściowego

Nowe regulatory LDO AP7315Q i AP7343Q firmy Diodes wyróżniają się dużą dokładnością napięcia wyjściowego, wynoszącą 1% w temperaturze pokojowej i 1,5% w całym zakresie dopuszczalnych temperatur pracy od –40 do +125°C. Są to regulatory o wydajności prądowej odpowiednio 150 i 300 mA, dostępne w wersjach o kilkunastu ustalonych fabrycznie napięciach wyjściowych z zakresu od 0,9 do 3,3 V. Akceptują napięcia wejściowe z zakresu od 1,7 do 5,25 V i zawierają wejście Enable. Zapewniają skuteczne tłumienie tętnień na linii zasilającej (PSRR=75 dB @ 1 kHz). Charakteryzują się małym wyjściowym napięciem szumów (60 μVrms @ 10 Hz...100 kHz), dzięki czemu mogą być stosowane w obwodach wrażliwych na szumy. Kolejną zaletą jest mały pobór prądu w stanie spoczynkowym, wynoszący 35 μA. Układy te uzyskały kwalifikację AEC-Q100 Grade 1 pozwalającą na zastosowania w elektronice samochodowej. Opcjonalnie mogą być wyposażone w funkcję Output Discharge zapewniającą automatyczne rozładowanie pojemności wyjściowej.

http://bit.ly/2PVBwYT

Przesuwniki poziomów logicznych do zastosowań w motoryzacji

PI4ULS5V108Q i PI4ULS5V202Q to nowe dwukierunkowe translatory poziomów logicznych z oferty firmy Diodes, pracujące bez wejścia PIN ustalającego kierunek transmisji. Oba uzyskały kwalifikację AEC-Q100 pozwalającą na zastosowania w aplikacjach samochodowych. Mogą pracować w szerokim zakresie temperatur otoczenia od –40 do +125°C. Znajdują zastosowanie m.in. w komunikacji niskonapięciowych układów ASIC z układami peryferyjnymi.

PI4ULS5V108Q to translator 8-bitowy, zamykany w obudowie TSSOP-20. Pracując z obciążeniem pojemnościowym do 30 pF, umożliwia transmisję sygnałów o częstotliwości do 100 MHz, natomiast

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

Computer Controls zaprasza na:

Functional Safety Seminar Arm & LDRA
24.03.2020 Warszawa
25.03.2020 Kraków

Roadshow Altium Designer 20
21.04.2020 Sopot
22.04.2020 Warszawa
23.04.2020 Katowice

19.05.2020 Wilno - Litwa
20.05.2020 Ryga - Łotwa
21.05.2020 Tallinn - Estonia

Achitektura i rozwiązania w zakresie systemów IoT i cloud
05.05.2020 Gdańsk
06.05.2020 Poznań
07.05.2020 Kraków

Evertiq Expo Warszawa 2020
28.05.2020 Warszawa

szczegóły dostępne na: www.ccontrols.pl

Altium arm LDRA maxim integrated SILICON LABS

Computer Controls Sp. z o.o.
Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1
tel.: +48 (33) 485 94 90
e-mail: info@ccontrols.pl
http://www.ccontrols.pl

eprasa.pl e017b7ba51

dla obciążeń pojemnościowych 50 pF częstotliwość ta zmniejsza się do 40 MHz. Porty A i B obsługują zakresy napięć od 0,95 do 3,3 V oraz od 1,8 do 5 V, co zapewnia zgodność z układami TTL stosowanymi w aplikacjach przemysłowych i telekomunikacyjnych. Możliwość ustawienia różnych wartości napięć na poszczególnych kanałach czyni PI4ULS5V108Q translatorem bardzo elastycznym w implementacji.

PI4ULS5V202Q to translator 2-bitowy zamykany w obudowie MSOP-8. Oba jego porty obsługują ten sam zakres napięć od 1,2 do 5,5 V, dzięki czemu sygnały z jednego portu mogą być konwertowane do współpracy z podłączonymi do drugiego portu układami o większym lub mniejszym napięciu zasilania. Układ zapewnia przepustowość 2 Mbps przy pracy portów w konfiguracji z otwartym drenem oraz 20 Mbps przy pracy portów w konfiguracji push-pull. Rezystory polaryzujące pull-up 10 kΩ są zintegrowane wewnątrz układu.

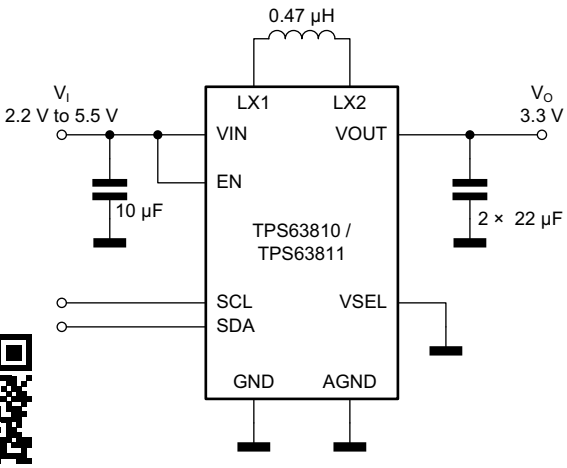
http://bit.ly/2PVBwYT

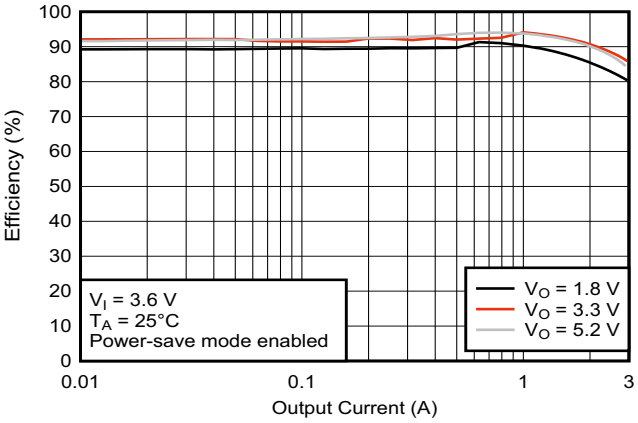
Regulator napięcia PoL 15 A/50 W

Firma Flex Power Modules powiększa ofertę popularnych regulatorów PoL serii BMR461 o nowy wariant BMR4615001/001 o mocy wyjściowej 50 W i wydajności prądowej 15 A. Umożliwia on programowanie napięcia wyjściowego w zakresie 0,6...3,3 V, zapewniając większą o 25% wydajność prądową od wcześniejszej wersji. Akceptuje napięcia wejściowe z zakresu od 4,5 do 14 V. Podobnie, jak pozostałe moduły tej serii, BMR4615001/001 zawiera interfejs PMBus do monitorowania i konfigurowania parametrów pracy. Zapewnia sprawność energetyczną wynoszącą typowo 96% (V_{IN}=12 V, V_{OUT}=3,3 V, obciążenie 80%) oraz dużą niezawodność na poziomie 24 milionów godzin MTBF. Zawiera zabezpieczenie nadprądowe, nadnapięciowe i termiczne oraz wyjście sygnalizacyjne Power Good.

BMR4615001/001 jest dostarczany w postaci zmontowanego na płytce drukowanej modułu o wymiarach 12,2×12,2×8,0 mm. Producent zaleca go do zastosowań w komunikacji bezprzewodowej, telekomunikacji, osprzęcie sieciowym oraz w zastosowaniach przemysłowych.

http://bit.ly/31Qi9Wt





Konwertery DC-DC buck-boost o dużej sprawności i małym prądzie spoczynkowym

Konwertery DC-DC buck-boost nowej rodziny TPS638xx cechują się dużą sprawnością, małym poborem prądu spoczynkowego, a dodatkowo wymagają tylko kilku elementów zewnętrznych, pozwalając zrealizować kompletny obwód na bardzo małej powierzchni płytki drukowanej. Oferta obejmuje obecnie cztery wersje o wydajności prądowej od 2,0 do 2,5 A. Wszystkie pracują w zakresie napięć wejściowych od 1,3 do 5,5 V, a ich napięcie wyjściowe mogą być programowane dzielnikiem rezystorowym w zakresie od 1,8 do 5,2 V. Dobór trybu pracy (buck, buck-boost, boost) odbywa się automatycznie w zależności od warunków pracy. Pobór prądu spoczynkowego to w zależności od wersji wynosi 11…15 µA. Konwertery TPS638xx pozwalają zrealizować kompletny obwód na powierzchni mniejszej o 1/4 od najbliższych odpowiedników, wynoszącej 19,5…25 mm².

TPS63802 to konwerter o wydajności prądowej 2 A, wyróżniający się bardzo małym poborem prądu spoczynkowego, wynoszącym 11 µA. Może znaleźć zastosowanie w aplikacjach IoT i innych pozostających przez większość czasu w stanie uśpienia i aktywowanych na krótkie przedziały czasu. Jest zamykany w obudowie QFN-10 o powierzchni 3×2 mm. Jego cena hurtowa wynosi 0,98 USD przy zamówieniach 1000 sztuk.

TPS63805 to konwerter 2-amperowy współpracujący z kondensatorem wyjściowym 22 µF i cewką 0,47 µH. Pozwala zrealizować kompletny obwód na powierzchni 19,5 mm², co pozwala na zastosowania wszędzie tam, gdzie kluczowe są małe gabaryty podzespołów.

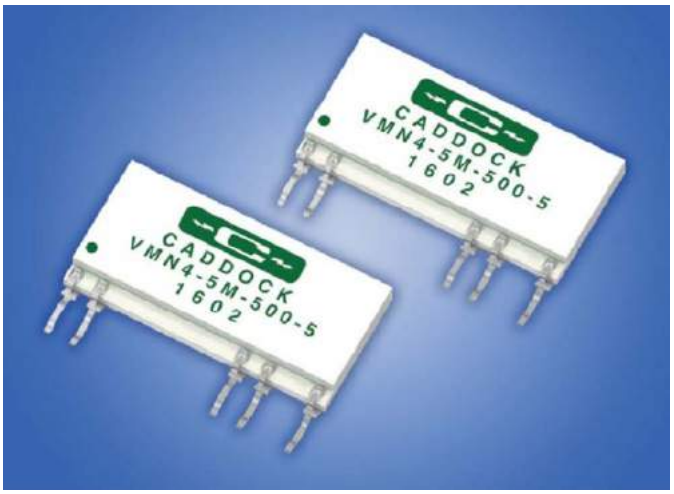
eprasa.pl e017b7ba51

TPS63806 to konwerter o wydajności prądowej 2,5 A, wyróżniający się małymi przepięciami wyjściowymi przy skokowych zmianach prądu obciążenia. Może być stosowany np. do zasilania czujników time-of-flight w smartfonach i kamerach.

TPS63810 to wersja 2,5-amperowa z interfejsem I²C, umożliwiająca programowanie napięcia wyjściowego za pomocą tego interfejsu lub wejścia VSEL.

TPS63805, TPS63806 i TPS63810 są produkowane w obudowach DSBGA-15 o wymiarach 2,3×1,4 mm. Ich ceny hurtowe wynoszą odpowiednio 0,98, 1,05 i 1,09 USD przy zamówieniach 1000 sztuk. Do wszystkich układów z nowej oferty firma Texas Instruments oferuje zestawy ewaluacyjne.

http://bit.ly/2kuoTZ9



Ultraprecyzyjne dzielniki rezystorowe o dużej odporności na przepięcia

Firma Caddock oferuje ultraprecyzyjne dzielniki rezystorowe serii VMN4 wykazujące dużą odporność na przepięcia. Zostały zaprojektowane do zastosowań w miernikach energii elektrycznej, analizatorach jakości energii oraz wszędzie tam, gdzie wymagane jest precyzyjne monitorowanie napięcia w obecności dużych impulsów przepięciowych. Są dostępne w wersjach o rezystancji całkowitej 2 i 5 M oraz o współczynniku podziału rezystancji 400:1 i 500:1 stabilizowanym z dokładnością 0,02% lub 0,1%. Mogą pracować z napięciem do 900 VAC rms. Zapewniają odporność na przepięcia do 10 kV (1,2/50 s). Ich temperaturowy współczynnik rezystancji wynosi w zależności od wersji 5 lub 10 ppm/°C.

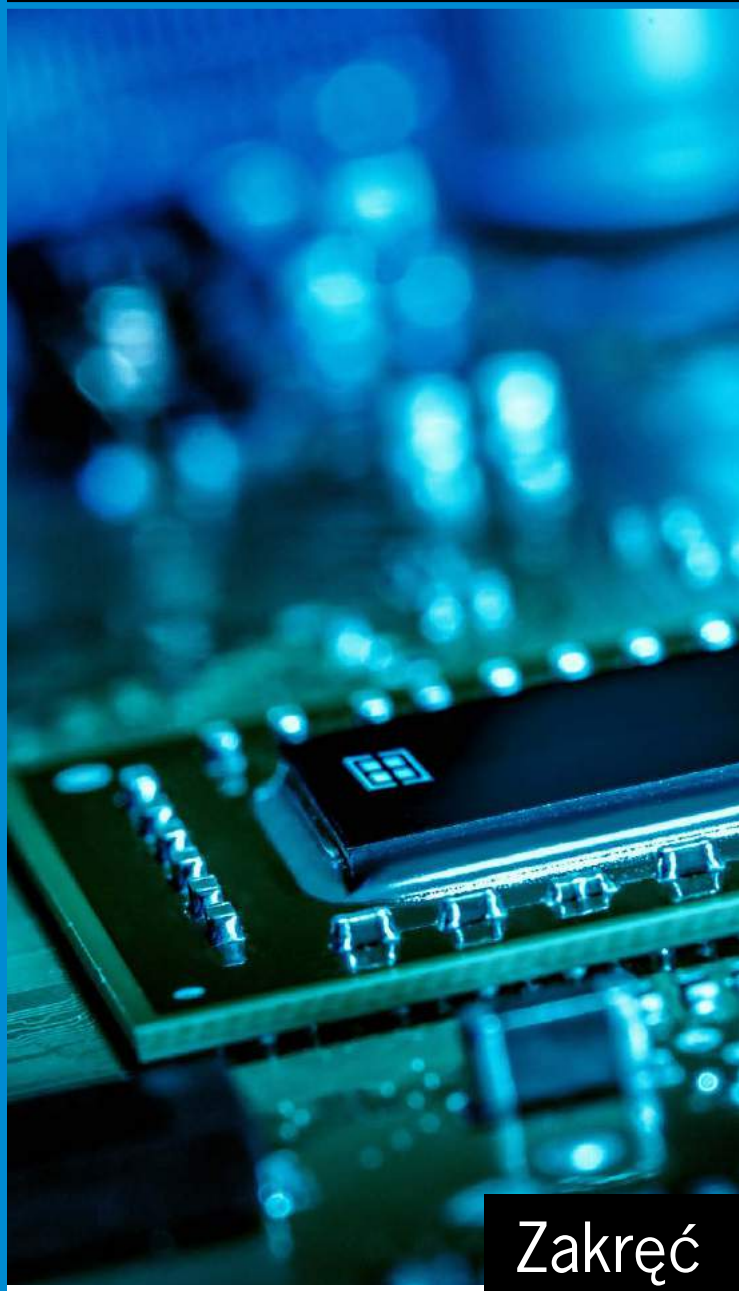
http://bit.ly/2wdTyzj

Złącza militarne serii 369 w wersji ekranowanej

Firma TE Connectivity powiększa ofertę sprawdzonych złączy serii 369 o nowe wersje prostokątne, ekranowane, przeznaczone do zastosowań wszędzie tam, gdzie niezbędna jest ochrona przed zaburzeniami elektromagnetycznymi. Oferują wszystkie zalety wcześniejszych

REKLAMA

RUTRONIK
ELECTRONICS WORLDWIDE



Zakręć kołem

Elementy high-tech do Twoich innowacji

Jako jeden z wiodących dystrybutorów elementów elektronicznych, oferujemy na całym świecie szeroki wachlarz produktów, kompetentne wsparcie techniczne podczas opracowywania i projektowania produktów, indywidualne rozwiązania logistyczne oraz kompleksowe usługi serwisowe.

- Półprzewodniki
- Elementy elektroniczne bierne
- Elementy elektromechaniczne
- Wyświetlacze i tablice
- Technologie pamięci
- Technologie bezprzewodowe

Informacje o RUTRONIK: +48 (32) 461 2000

Committed to excellence

www.rutronik.com

eprasa.pl e017b7

wersji, w tym małą masę i małe gabaryty, ułatwiające prowadzenie połączeń w ciasnych przestrzeniach. Zostały zaprojektowane do aplikacji lotniczych i militarnych, narażonych na pracę w ciężkich warunkach środowiskowych. Spełniają w tym zakresie wymogi normy MIL-DTL-38999.

Nowe, prostokątne złącza serii 369 zostały przetestowane pod kątem wyładowań do 3,6 kA. Zapewniają efektywność ekranowania przekraczającą 60 dB w zakresie niskich częstotliwości oraz >40 dB w zakresie dużych częstotliwości. Umożliwiają transmisję sygnałów z szybkością do 100 Mbps (100 Base-T1) i są kompatybilne oddolnie z wcześniejszymi złączami serii 369. Charakteryzują się stopniem ochrony IP67 i szerokim zakresem dopuszczalnych temperatur pracy od –55 do +125°C.

http://bit.ly/2uJx0G5

Resetowalne 5-amperowe bezpieczniki elektroniczne do aplikacji niskonapięciowych

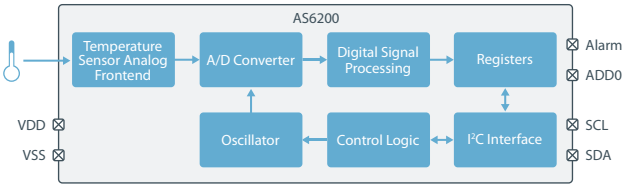
Toshiba dodaje do oferty nową serię małogabarytowych, resetowalnych bezpieczników elektronicznych eFuse do aplikacji niskonapięciowych. Obecnie seria TCKE8xx obejmuje 6 wersji oferujących obok podstawowego zabezpieczenia zwarciowego różne funkcje zabezpieczeń linii zasilania, niedostępne w tradycyjnych bezpiecznikach, w tym zabezpieczenie nadprądowe, nadnapięciowe i termiczne. Ponadto, w porównaniu z polimerowymi resetowalnymi bezpiecznikami PPTC, nowe bezpieczniki eFuse reagują znacznie szybciej, mogą być resetowane bezpośrednio zewnętrznym sygnałem logicznym i zachowują małą rezystancję przewodzenia również po wielokrotnym zadziałaniu.

Bezpieczniki serii TCKE8xx występują w trzech kategoriach: bez zabezpieczenia nadnapięciowego oraz z zabezpieczeniem 5 V (VOVC=6,04 V) i 12 V (VOVC=15,1 V). Każda kategoria obejmuje wersje różniące się sposobem regeneracji: auto-retry i latch. Stan bezpieczników w wersji latch może zostać zmieniony zewnętrznym sygnałem logicznym, natomiast w przypadku wersji auto-retry powrót do stanu początkowego odbywa się automatycznie.

Zintegrowany, szybki komparator zapewnia zadziałanie bezpiecznika w czasie około 150 ns. Opcjonalny zewnętrzny kondensator pozwala ograniczyć prąd rozruchowy i ustawić wyjściowy współczynnik slew-rate zgodnie z wymogami. Przewidziano możliwość współpracy z zewnętrznym n-kanałowym tranzystorem MOSFET, realizującym zabezpieczenie przed prądem blokującym.

Bezpieczniki TCKE8xx są produkowane w obudowach SON10B rozmiaru 3,00×3,00×0,75 mm. Charakteryzują się rezystancją RON wynoszącą typowo 28 mΩ i dokładnością prądu progowego ±11%. Mogą pracować z napięciem wejściowym z zakresu od 4,4 do 18 V i z maksymalnym prądem wyjściowym 5,0 A. Uzyskały certyfikat IEC 62368-1 w zakresie bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych, co ułatwia certyfikację produktów końcowych.

http://bit.ly/2FVrsKD



Miniaturowe czujniki temperatury o dokładności od ±0,2°C w podzakresie -10...+65°C

Czujniki temperatury nowej serii AS621x z oferty firmy AMS charakteryzują się jednocześnie dużą dokładnością pomiaru i małym poborem mocy. Są to miniaturowe podzespoły, zamykane w obudowach WLCSP o wymiarach zaledwie 1,5×1,0 mm, przystosowane do pracy w zakresie temperatur otoczenia od –40 do +125°C. Nadają się idealnie do zastosowań w laptopach, tabletach i innych urządzeniach bateryjnych o dużej gęstości upakowania podzespołów. Występują w trzech wersjach różniących się dokładnością, wynoszącą ±0,2°C dla AS6212, ±0,4°C dla AS6214 i ±0,8°C dla AS6218 w podzakresie –10…+65°C.

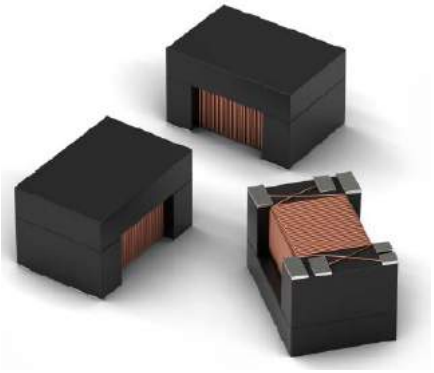
Wszystkie zawierają interfejs I²C z 8 dostępnymi adresami, dzięki czemu mogą być wykorzystane do monitorowania kilku potencjalnych punktów gorąca przy użyciu jednego interfejsu. Cecha ta może być przydatna zwłaszcza podczas tworzenia prototypów urządzeń.

Czujniki serii AS621x zostały skalibrowane fabrycznie, dzięki czemu nie wymagają kalibrowania ani linearyzacji przez użytkownika. Zapewniają krótki czas konwersji, wynoszący 32 ms. Mogą być zasilane napięciem z zakresu od 1,71 do 3,6 V. Pobierają około 6 μA prądu przy szybkości próbkowania 4 Sps. Ich ceny hurtowe zaczynają się od 0,62 euro przy zamówieniach 1000 sztuk.

http://bit.ly/2vpZiWn

Miniaturowe transformatory sygnałowe do interfejsów LAN

Wurth Elektronik powiększa ofertę podzespołów pasywnych o miniaturowe transformatory sygnałowe serii WE-STST (*Super Tiny Signal Transformers*) do interfejsów LAN. Są to elementy niskoprofilowe, których grubość nie przekracza 2,9 mm. W odróżnieniu od konwencjonalnych transformatorów zazwyczaj produkowanych na toroidalnym rdzeniu ferrytowym w plastikowej obudowie, transformatory STST są produkowane w całości przez maszynę, co pozwoliło uzyskać bardzo małe wymiary, wynoszące zaledwie 4,7×3,2×2,9 mm. Zapewniają przy tym izolację na poziomie 1500 V/1 min.

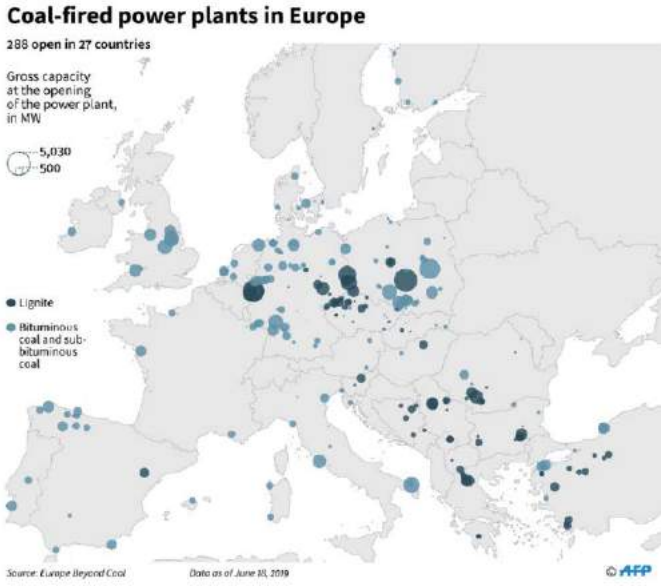


Transformatory WE-STST są dostępne w 4 wersjach do różnych zastosowań. Pierwsza z nich o indukcyjności 350 μH jest polecana do aplikacji LAN 10/100/1000 Base-T i 10/100 Base-T1 pracujących z szybkością transmisji do 1000 Mbps. Cewki WE-STST o indukcyjności 120 μH zapewniają bardzo dobrą integralność sygnału w zakresie dużych częstotliwości, co pozwala na zastosowania w aplikacjach 10 Gigabit Ethernet oraz na liniach Single Pair Ethernet o szybkości transmisji do 1000 Mbps (10G Base-T, 1000 Base-T1). Charakteryzują się przekładnią 1:1. Dwie ostatnie wersje o indukcyjności 300 μH i 2000 μH oraz o przekładni 1:4,5 mogą znaleźć zastosowanie w czujnikach ultradźwiękowych i na liniach transmisyjnych Gfast.

http://bit.ly/38pwtYH

eprasa.pl e017b7ba51

koktajl nisów



Prąd z węgla w Polsce – ale czy tylko?

Niewątpliwie jednym z popularniejszych współcześnie tematów jest emisja dwutlenku węgla do atmosfery i jej szkodliwość dla człowieka oraz ziemskiej biosfery. Kwestii tej poświęca się dużo uwagi, zwłaszcza w Unii Europejskiej, która już wiele lat temu obrała za cel znaczącą, jeśli nie całkowitą, redukcję tej emisji. Istotnym źródłem dwutlenku węgla jest energetyka oparta o węgiel kamienny i brunatny. Widać to dobitnie po naszym kraju, który jest ostatnimi czasy krytykowany właśnie z powodu energetyki i nazywany największym trucicielem Unii. Krytyce tej przewodzą Niemcy uparcie twierdzące, że Polska to ostatni kraj Unii, jeżeli nie Europy, o takim stanie rzeczy.

Jednak czy to prawda? Otóż nie – wystarczy spojrzeć na rysunek, by się przekonać. Niemcy wcale nie są lepsze od nas pomimo, że uchodzą za „zielony kraj"! Krótko mówiąc „przyganiał kocioł garnkowi" – jeżeli samemu jest się w trudnym położeniu, to najlepiej zrzucić winę na kogoś słabszego w tym obszarze. Wszystko dlatego, że powstały w połowie lat siedemdziesiątych XX wieku zachodnioniemiecki ruch skierowany przeciwko elektrowniom atomowym (reprezentowany przez kultowe już żółte plakiety z czerwonym słoneczkiem oraz napisem „Atomkraft? Nein danke"), skutecznie przekonał społeczeństwo i polityków Republiki Federalnej Niemiec do porzucenia energii jądrowej. Jedynym ratunkiem stał się węgiel, szczególnie, że odnawialne źródła energii do dziś nie są w stanie go zastąpić (podobnie zresztą jak „atomu"). Tym sposobem Niemcy założyły na siebie „kaganiec", którego nie są w stanie zdjąć, co z kolei przekłada się na atak na innych, byle tylko odwrócić od siebie uwagę i pokazać, że to inni są winni tej sytuacji. Słuchając medialnych doniesień o Polsce jako największym trucicielu atmosfery lub emitencie dwutlenku węgla z powodu energetyki węglowej, nie dajcie się zwieść.

Windows na dyskietkach

Któż nie myślał o tym, by posiąść dowolną wersję systemu operacyjnego Windows na dyskietkach. Jednak czy to praktyczne? Z pewnością nie – już sama wersja XP tego systemu wymaga ich ponad 250. Pokazana na rysunku wersja 8 Pro potrzebuje ich już 1713, a wersja 8.1 zajmuje ich aż 3711! Wersja 10 – w zależności od jej numeru i rodzaju potrzebuje od 2000 do nawet 4000 dyskietek! Robi wrażenie prawda? Dlatego nie dziwne, że dyskietki to już pieśń przeszłości – komu bowiem chce się, w dobie mniejszych i pojemniejszych nośników, przechowywać w ten sposób dużą porcję danych?

Jednak z drugiej strony, są tacy, którzy ten nośnik uwielbiają i nieprędko z niego zrezygnują, szczególnie, że jest to dla nich coś więcej niż tylko „plastikowy krążek magnetyczny" o średnicy 3,5 cala. Można spotkać „komputerowych retromaniaków", którym firma Microsoft dogadza, nagrywając, w ramach zamówienia specjalnego, systemy Windows na dyskietki.

Niestety dyskietek z roku na rok jest coraz mniej, a nowe nie są od lat produkowane. Niedługo firma będzie musiała odmówić takich wersji, mimo szczerych chęci. Jednak, nie psujmy nikomu nastroju – niech korzystają póki jeszcze mogą. Parafrazując ks. Twardowskiego „spieszmy się kochać dyskietki, tak szybko odchodzą", nawet te z Windowsem!

„Wysoka" linia energetyczna

Nie bez powodu ujęto w cudzysłów pierwszy wyraz tytułu – nie chodzi tu bowiem o wysokość linii nad poziomem morza, czy o wysokość zawieszenia jej przewodów. Zaskakująca jest wysokość słupów energetycznych, nie wszystkich, jedynie dwóch, ale uchodzących za najwyższe na świecie. Mowa o linii na napięcie przemienne 500 kV, przebiegającej przez chińskie miasto Zhousan we wschodniej części prowincji Zhejiang (nieco dalej na południowy wschód od osławionego z powodu koronawirusa miasta Wuhan). Wspomniane słupy

eprasa.pl e017b7ba51

łączą wyspy Jintang i Cezi w zatoce Hangzhou, na dystansie 2656 metrów. Ich wysokość wynosi 380 metrów. Powstały w latach 2017...2019 (jest to zatem stosunkowo nowy „nabytek", podobnie jak obejmująca je linia stanowiąca element projektu energetyki ultrawysokich napięć, jaki realizują obecnie Chiny). Najlepiej zobaczyć je na miejscu, bowiem zdjęcie nie zawsze oddaje istotę rzeczy. Sposób budowy słupów przedstawia filmik pod adresem: ***http://bit.ly/31Mtgj8***.

Donosy

```
        2-AUG-1989 13:38:45.00
Czesc.

Kolejne donosy:
Mamy juz komplet zmian demokratycznych:
  Pierwszy sekretarz          -> Prezydent
  Premier                     -> Pierwszy Sekretarz
  Minister Spraw Wewnetrznych -> Premier

Gospodarka rynkowa:
  Do tej pory nie bylo sera po 140 zl, teraz nie ma sera w jednych
sklepach po 600 zl, a w innych po 380.  Istotna roznica.
Za to dostalismy podwyzki indeksacyjne: prawie dwukrotne.
Moja obecna pensja wzrosla znow powyzej $10 - teraz dostaje
okolo 15.  (Jako stazysta dostawalem 16).
Dolar lata: 7200/6400/6800 ???
Na wszelki wypadek lataja po miescie rowniez byli
podwladni aktualnego premiera.

     ABY TAK DALEJ

                    XS
```

I my mieliśmy swoją pierwszą gazetę elektroniczną!

W dodatku jeszcze za PRL-u. Były nią poruszające tematykę społeczną i polityczną „Donosy. Dziennik Liberalny" (pierwotna nazwa: „Donosy"), opublikowane po raz pierwszy 2 sierpnia 1989 roku, o godzinie 13:38 sekund 45. Było to 9 lat, 1 miesiąc i 1 dzień po pierwszym wydaniu elektronicznego, choć amerykańskiego „Columbus Dispatch", które miało miejsce 1 lipca 1980 roku.

Niesamowite prawda? Można zrozumieć, że coś takiego powstało w Ameryce, ale trudno to zrozumieć w przypadku naszego kraju, który w tamtym czasie zmagał się z poważnym kryzysem gospodarczym. Mało kto posiadał komputer osobisty i przyłącze do sieci, inaczej niż ma to miejsce obecnie. Tylko garstka ludzi posiadała w domu telefon, podczas gdy reszta latami czekała na ich montaż. Telewizja kablowa była niepotrzebna, jako że dostępne były tylko dwa programy telewizyjne, a odbiór satelitarny nie był przez władze mile widziany. W takich warunkach nikt nie mógł przypuszczać, że istnieje coś takiego jak „sieć komputerowa"!.

Treść wspomnianej na początku gazety pokazuje rysunek – jest to krótka, pojedyncza strona HTML o kodowaniu ASCII, ze świadomie pomijanymi polskimi znakami diakrytycznymi, oddająca ducha tzw. „transformacji ustrojowej" czy też pamiętnego „okrągłego stołu". Oczywiście można się spierać, czy to na pewno gazeta – jednak kto powiedział, że nie może być jednostronnicowa? Nikt sobie głowy nie zawracał takimi „drobiazgami". Gazetę wydawano aż do września 2009 roku, trzy razy w tygodniu – początkowo w ramach Usenetu i list dystrybucyjnych, a następnie w ramach sieci internet.

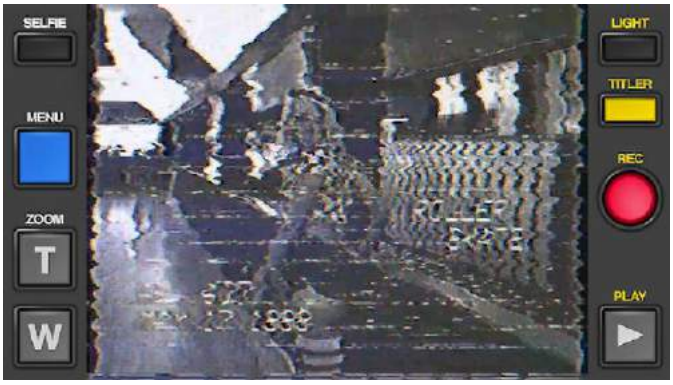
Tworzyły ją osoby związane z Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, a pierwszym jej redaktorem była Lena Białkowska, oficjalnie jednak dopiero od 5 stycznia 1994 roku. Do tego czytała ją nawet amerykańska polonia, choć tylko w początkach lat dziewięćdziesiątych XX wieku. „Polacy nie gęsi, swój wkład w nowoczesne technologie mają" – parafrazując Mikołaja Reja. Warto o tym pamiętać, szczególnie w czasach uprawianej powszechnie „pedagogiki wstydu", która próbuje wmówić, że Polak nic nie potrafi, i niczym interesującym się nie może poszczycić.

Decimal digit	BCD Code		
	8 4 2 1	4 2 2 1	5 4 2 1
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1
4	0 1 0 0	1 0 0 0	0 1 0 0
5	0 1 0 1	0 0 1 1	1 0 0 1
6	0 1 1 0	1 1 0 0	1 0 1 0
7	0 1 1 1	1 1 0 1	1 0 1 1
8	1 0 0 0	1 1 1 0	1 1 0 0
9	1 0 0 1	1 1 1 1	

Kod BCD niejedno oblicze ma!

Kod BCD odznacza się wieloma odmianami, które różnią się wagami kolejnych pozycji pojedynczej cyfry dziesiętnej ujętej w postaci binarnej. Najpopularniejszą, lecz nie jedyną wersją, z którą jest zwykle utożsamiany, to 8421, której wagi wynoszą kolejno: 8, 4, 2 oraz 1.

Przykładowo, liczba 7 w jej ramach to 0111, ponieważ 7=0·8+4·1+2·1+1·1, natomiast 8 to 1000 gdyż 8=8·1+4·0+2·0+1·0. Zachodzi tu tożsamość z naturalnym kodem binarnym, więc jest to wersja binarna. Jednak tylko tu, ponieważ wagi pozostałych odmian są zupełnie inne. Przykładem może być wersja 4221 o wagach 4,2,2 i 1, oraz 5421, o wagach: 5,4,2 i 1, zestawione wraz z wersją 8421 na rysunku. Ponownie powołując się na liczbę 7 i 8 – w pierwszej wersji są to kolejno: 1101 i 1110 (7=4·1+2·1+2·0+1·0 oraz 8=4·1+2·1+ +2·1+1·0), podczas gdy w drugiej są to kolejno: 1010 i 1011 (7=5·1+4·0+2·1+1·0 oraz 8= 5·1+4·0+2·1+1·1). W analogiczny sposób tworzy się zapisy cyfr dziesiętnych dla pozostałych wersji kodu BCD, nawet tych przez siebie wymyślonych.



Stratność nagrań VHS – po ilu razach?

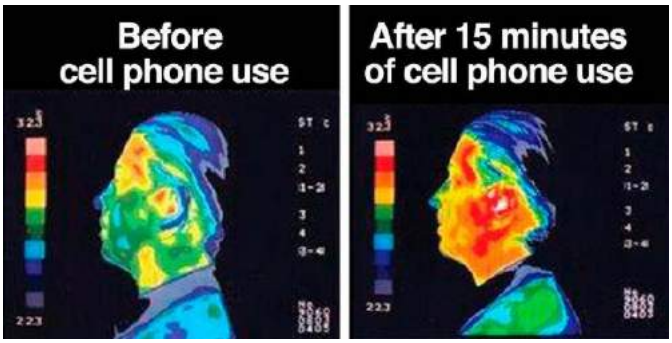
Format VHS to format stratny – wystarczy jego dowolne nagranie, by zauważyć różnicę na korzyść oryginału! Wszystko z powodu rejestracji tylko części pasma obrazu, w wyniku której obraz ten ulega degradacji. Degradacja ta staje się zresztą zauważalna przy przegrywaniu tego samego nagrania na coraz większą liczbę kolejnych kaset wspomnianego formatu. Jak się okazuje, wystarczy już 5...6 takich przegrań, by jakość nagrania stała się nieakceptowalna. Najlepiej pokazują to filmy pod adresami: ***http://bit.ly/2Sjd71x***, ***http://bit.ly/3bsq4O9***.

Jeżeli za każdym przegraniem jest obcinane pasmo obrazu to jest to kompresja danych… analogowa! W takich warunkach obraz musi w pewnym momencie zniknąć i tak właśnie się dzieje. Zamiast zgrywać nagranie na inną kasetę, lepiej dokonać jego digitalizacji – jest pewność, że nagranie tak łatwo nie straci na jakości!

Od przybytku „telefonicznego" głowa boli!

Nie ma w tym słowa przesady – wystarczy spojrzeć na rysunek, by się przekonać jak mocno nagrzewa się głowa po długotrwałym

eprasa.pl e017b7ba51



używaniu telefonu komórkowego! Wystarczy już 15 minut rozmowy, by temperatura w rejonie ucha wzrosła do nieco ponad 32°C (zakres temperatur na przytoczonym rysunku to 22,3...32,3°C). Ale spokojnie – moc odbieranego sygnału jest przy tym na tyle mała, że nie ma mowy o szkodach. Niemniej warto o tym pamiętać, szczególnie gdy rozboli głowa w trakcie rozmowy przez telefon (wówczas należy go odstawić i poczekać, aż głowa odpocznie... od nerwów i emocji, które przenoszą się z rozmówcy na rozmówcę).
Źródło: ***http://bit.ly/31KgiCw***.

HVDC w Polsce? Ależ tak!

Linie energetyczne to nie tylko linie prądu przemiennego. Istniejący od sierpnia 2000 roku SwePol Link to podwodny kabel energetyczny dla prądu stałego – HVDC (*High Voltage Direct Current),* który łączy Polskę ze Szwecją, a dokładniej miejscowość Wierzbięcin koło Ustki ze szwedzką miejscowością Karlshamn na półwyspie Stärnö. Jego długość wynosi nieco ponad 254 km, z czego 2,22 km biegnie pod lądem szwedzkim, 12,55 pod lądem polskim, a reszta po dnie Morza Bałtyckiego. Dedykowane napięcie wynosi 450 kV, a moc 600 MW. Odznacza się przewodem głównym o przekroju 2100 mm², jak również przewodem powrotnym, który na odcinku podwodnym jest złożony z dwóch odrębnych żył o przekroju 630 mm², a na odcinku lądowym z jednej o przekroju poprzecznym 1100 mm². Do tego, po obydwu jego stronach stronach są ulokowane stacje przekształtnikowe wyposażone w tyrystory zamieniające prąd przemienny na stały oraz na odwrót, zależnie od kierunku „transmisji" prądu. Może w przyszłości powstanie więcej takich kabli, zwłaszcza, że popyt na energię elektryczną staje się coraz większy, a rodzime możliwości produkcyjne coraz mniejsze. Więcej na temat kabla pod adresem: ***http://bit.ly/2w5ra28***.

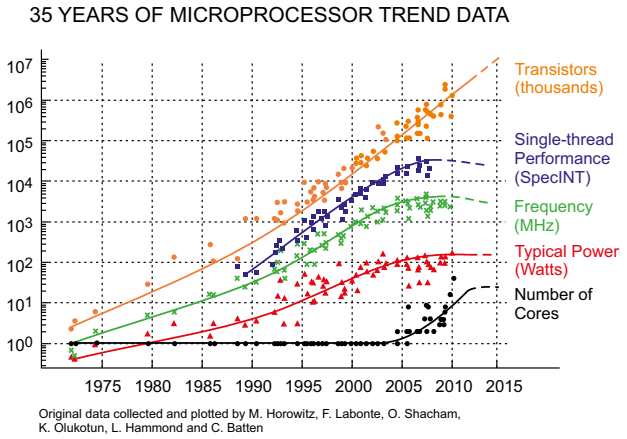
Bajt vs oktet – co właściwsze?

Wbrew pozorom to pytanie nie jest głupie – w praktyce komputerowej dominuje pierwsze określenie, podczas gdy w sieciach

teleinformatycznych drugie. Wydaje się przy tym, że są to pojęcia tożsame. Jednak w rzeczywistości tak nie jest, ponieważ oktet to osiem, podczas gdy bajt to dowolna liczba bitów.

Osiem bitów zostało przyjęte na zasadzie praktyki/standardu zapoczątkowanego przez firmę IBM i jej ośmiobitowe kodowanie EBCDIC. Tym samym pierwsze pojęcie jest adekwatniejsze i powinno być stosowane. Ale pewne przyzwyczajenia, zwłaszcza te wieloletnie, trudno zmienić, i nie ma co się spodziewać, że jednostki danych komputerów będą nagle wyrażane w oktetach zamiast w bajtach. Oktet bardziej się kojarzy się z chemią i nikt poza nią się nim nie posługuje, nie mówiąc o tym, że taka zmiana wymagałaby przepisania niezliczonej liczby powstałych dotąd książek oraz zmiany nawyków wielu tysięcy ludzi, w tym informatyków i programistów?

Co innego sieci, które są zdecydowanie młodsze od komputerów, a tym samym nie są aż tak obrośnięte przyjętymi wcześniej konwencjami. Zatem bajt jest w komputerach, a oktet w sieciach i nie są to mimo wszystko pojęcia zamienne. Choć na upartego znaczą praktycznie to samo. Celowe rozgraniczenie umożliwi natychmiastowe skojarzenia albo z komputerami, albo z sieciami.



„Parametryczny" rozwój mikroprocesorów w czasie

Jeżeli jesteście ciekawi jak się zmieniały parametry mikroprocesorów na przestrzeni lat, to spójrzcie na rysunek. Kolejno od dołu: na czarno liczba rdzeni, na czerwono moc nominalna wyrażona w watach, na zielono częstotliwość taktowania wyrażona w megahercach, na niebiesko wydajność jednowątkowa w oparciu o test SpecINT, oraz na bordowo liczba tranzystorów wyrażona w tysiącach. Jak widać wszystkie te wielkości do pewnego momentu rosły, podczas gdy obecnie następuje to jedynie dla ostatniej z nich. Zresztą nie ma co się temu dziwić – z krzemu bowiem już dawno wyciśnięto co się da, poza miniaturyzacją, która nadal postępuje (i tak dopóki nie zostaną osiągnięte rozmiary atomu, do czego jednak długa jeszcze droga). W zasadzie jedynie tego należy się spodziewać – chyba że dojdzie do zamiany krzemu na inny materiał, np.: na zapowiadany od dawna grafen (to wciąż odległa wizja, mimo informacji o postępach).

„Małe" stacje bazowe telefonii komórkowej już w Polsce!

Na terenie Miasteczka Wilanów warszawskiej dzielnicy Wilanów, na słupach o wysokości 8 metrów, przy skrzyżowaniu ulic Os. Królewska i Sarmackiej oraz skrzyżowaniu ulic Klimczaka i Sarmackiej zamontowano dwie stacje bazowe. Ich montażu dokonała firma Emitel, podczas gdy ich użytkownikiem jest na chwilę obecną Play (niewykluczone jednak, że będą to także inni operatorzy, do czego

eprasa.pl e017b7ba51

wspomniana firma zachęca). Jedną z nich przedstawia rysunek. Jest to punkt dostępowy, który wpisuje się w koncepcję tzw. pikokomórek, o zasięgu do 100 metrów. W planach jest kilka takich stacji. Jednak nie wiadomo gdzie się pojawią.

Istniejące stacje obsługują standardy generacji od 2G do 4G, (aczkolwiek nie 5G wbrew plotkom), co ma niebagatelny wpływ na poprawę zasięgu. Poprawa ta wynika szczególnie z tego, że telefony nie muszą się łączyć z odległymi stacjami bazowymi, oraz mogą przez to nadawać na niższych mocach. Obecność tych stacji jest zresztą nieprzypadkowa – ciężko bowiem znaleźć dobre miejsca pod konwencjonalne stacje bazowe na terenie Miasteczka (stąd pomysł na miniaturowe stojące przy ulicy).

Część mieszkańców, jak również mieszkańców samej dzielnicy protestuje przeciwko nim obawiając się „ugotowania". Na nic argumenty urzędników, którzy z uporem przekonują, że nie ma czego się obawiać, choćby z racji niskich mocy emisyjnych. Zresztą jak ma być inaczej w dobie rozsiewanych przez internet dezinformacji źródeł pseudonaukowych. Źródło: ***http://bit.ly/2vtjJBr***.

REKLAMA

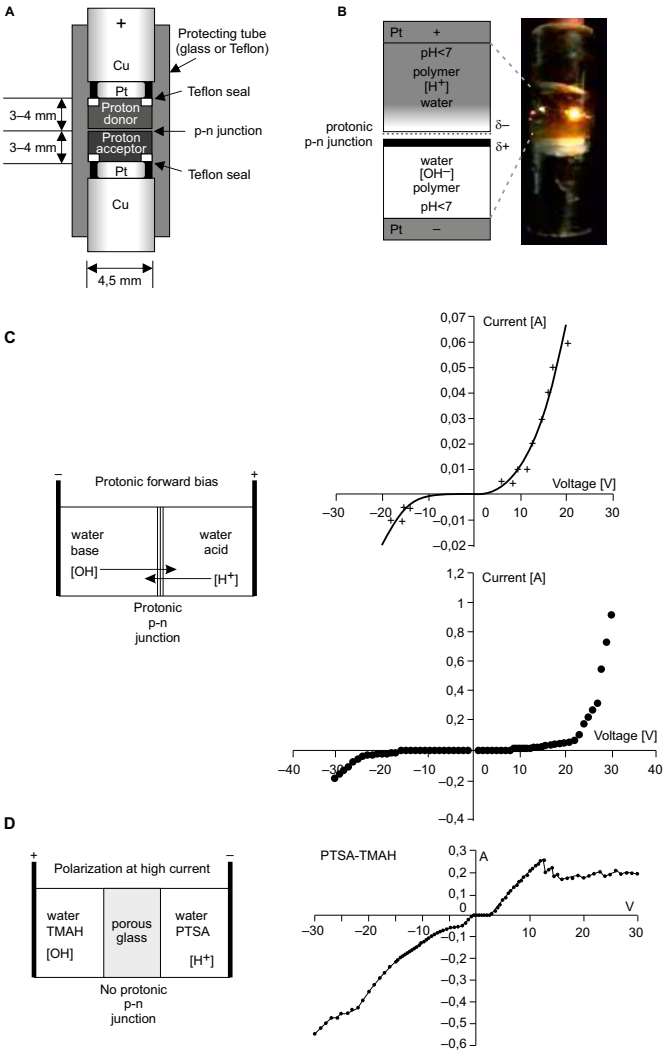
ZAJRZYJ NA TE STRONY

renex www.renex.com.pl
renex www.ipctraining.pl
renex www.renexline.pl

www.piekarz.pl
części elektroniczne
sprzedaz@piekarz.pl tel. 22 599 49 70

GAMMA info@gamma.pl
www.gamma.pl
PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

All In One
• Projektowanie i wykonywanie
– modeli karkasów i obudów na drukarce 3D
– transformatorów i induktorów
– prototypów PCB
• Modelowanie 3D modułów i urządzeń
• Projektowanie urządzeń zasilających
FERYSTER
www.feryster.pl
Feryster – producent elementów EMC



A to ci dopiero dioda LED!

Naukowcy z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu stworzyli wyjątkową diodę LED. W złączu PN, półprzewodnik typu N to woda destylowana domieszkowana polistyrenem z grupą funkcyjną $-SO_3H$, natomiast półprzewodnik typu P to także woda destylowana, lecz domieszkowana polistyrenem z grupą funkcyjną $N(CH_3)_4^+OH^-$. Wszystko po to, by uzyskać przewodnictwo protonowe, w którym zamiast elektronów występują protony, a zamiast dodatnich dziur dziury ujemne. Źródłem pierwszych są kationy wodorowe H^+, a źródłem drugich aniony wodorotlenkowe OH^-. W ten sposób warstwa zaporowa to po prostu woda, która powstaje przez łączenie się wspomnianych kationów i anionów. Woda, w której zresztą istnieje gradient ładunków tak jak w warstwie zaporowej klasycznej diody półprzewodnikowej. Tym samym jest to odpowiednik krzemu jako podłoża. Więcej na ten temat można przeczytać pod adresem: ***https://rsc.li/2Hi96Ew***.

eprasa.pl e017b7ba51

Zaproszenie na warsztaty inżynierskie

Efektywne programowanie STM32 ● Ekosystem deweloperski ● Czujniki MEMS w praktyce ● Tryby Low-power

Agenda:

- Rodzina STM32 – ekosystem i narzędzia.
- Czujniki MEMS – warianty użycia i zastosowanie
- Łączności BLE & MESH, Sub-GHz, GNSS
- Jak minimalizować zużycie energii – tryby low-power
- Pytania i odpowiedzi

life.augmented

Rejestracje i dodatkowe informacje:

stpoland.com/workshops2020

KAMAMI

eprasa.pl e017b7ba51

Inżynieria Internetu Rzeczy

Nowy kierunek studiów I stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

- planowane uruchomienie: październik 2020 r.
- dwa wymiary innowacyjności – odmienności od „tradycyjnych" studiów:
  - tematyka – żadna polska uczelnia publiczna nie oferuje jeszcze studiów na takim kierunku,
  - struktura programu studiów/koncepcja kształcenia – począwszy od pierwszego semestru oparta na realizacji – we współpracy z firmami – dużych zespołowych projektów,
- patronat honorowy Ministerstwa Cyfryzacji.

Czego się nauczysz?

Będziesz miał wiedzę i umiejętności praktyczne umożliwiające tworzenie inteligentnych sieci i systemów opartych na koncepcji Internetu Rzeczy, obejmujące:

- wyposażanie przedmiotów/urządzeń (stacjonarnych i mobilnych) w inteligentne sensory, często realizujące także wstępne przetwarzanie zbieranych danych, elektroniczne identyfikatory oraz elementy wykonawcze,
- tworzenie infrastruktury sieciowej (teleinformatycznej), wykorzystującej łączność przewodową lub bezprzewodową, która – przez Internet – zapewnia połączenie poszczególnych inteligentnych urządzeń,
- tworzenie systemu informatycznego umożliwiającego gromadzenie danych zbieranych przez urządzenia oraz przetwarzanie tych danych – często z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji,
- integrowanie ww. elementów w sposób umożliwiający realizację inteligentnych produktów i usług, dostosowanych do potrzeb różnych grup użytkowników.

Rozwiązania takie będą mogły być stosowane m.in. w następujących infrastrukturach:

- inteligentne domy i budynki (*smart homes*),
- inteligentne miasta (*smart cities*),
- inteligentne fabryki (*smart factories*), stanowiące podstawę funkcjonowania przemysłu 4.0 oraz inne inteligentne przedsiębiorstwa,
- inteligentne pojazdy (*smart vehicles*),
- inteligentne systemy transportowe (*smart transportation systems*),
- inteligentne sieci przesyłowe, takie jak sieć elektryczna, ciepłownicza, paliwowa, wodna, kanalizacyjna, komunikacyjna, telekomunikacyjna (w tym inteligentne systemy zarządzania sieciami),

a także w systemach świadczących inteligentne usługi dla mieszkańców, m.in. usługi edukacyjne i zdrowotne.

Jak wygląda program studiów?

Program studiów na kierunku Inżynieria Internetu Rzeczy jest zgodny z koncepcją kształcenia opartego na realizacji projektów (*project-based learning* – PBL). Jego innowacyjna struktura, niespotykana dotychczas w polskich uczelniach, obejmuje realizowany w każdym semestrze studiów (z wyjątkiem ostatniego, przeznaczonego głównie na pracę dyplomową) zespołowe zajęcia projektowe stanowiące 1/3 lub więcej wszystkich zajęć w semestrze. Tematy projektów, zwłaszcza na wyższych semestrach, będą dotyczyły problemów występujących w praktyce firm wspierających realizację naszego nowatorskiego przedsięwzięcia i będą realizowane w nowoczesnych laboratoriach we współpracy z tymi firmami. W ten sposób studenci od początku studiów będą nabywali umiejętność praktycznego stosowania wiedzy zdobywanej na „tradycyjnych" przedmiotach oraz samodzielnego kształcenia w celu zdobycia dodatkowej wiedzy warunkującej realizację projektu. Pozyskają w ten sposób także tak bardzo cenione przez pracodawców kompetencje „miękkie", takie jak umiejętność pracy w zespole, umiejętność zarządzania projektem i planowania zadań, umiejętność komunikowania się, kreatywność, czy poczucie współodpowiedzialności.

Gdzie znajdziesz pracę?

Zasadniczą barierą rozwoju systemów opartych na wykorzystaniu Internetu Rzeczy – w Polsce i na całym świecie – jest brak specjalistów w tym zakresie. Nasz nowy program studiów stanowi próbę złagodzenia tego deficytu.

Absolwent studiów na kierunku Inżynieria Internetu Rzeczy będzie posiadał kompetencje umożliwiające podjęcie pracy w firmach tworzących i wdrażających innowacyjne rozwiązania w sferze produkcji i usług, właściwe dla społeczeństwa wiedzy, oparte na nowoczesnych technologiach, związane z wykorzystaniem inteligentnych sieci. Będą to m.in.:

- firmy informatyczne,
- międzynarodowe korporacje i firmy konsultingowe,
- małe i średnie przedsiębiorstwa,
- instytucje publiczne,

działające w różnych obszarach zastosowań w kraju i za granicą. Będzie także przygotowany do realizowania kariery w firmach i zawodach, które dziś jeszcze nie istnieją.

Atrakcyjną możliwością wykorzystania kompetencji zdobytych w trakcie studiów może być też utworzenie start-upu w oparciu o wyniki uzyskane w ramach jednego z dużych projektów zespołowych lub pracy dyplomowej traktowanej jako pre-inkubator planowanego przedsięwzięcia o charakterze komercyjnym.

Jakie będziesz miał możliwości kontynuacji kształcenia?

Pierwsi absolwenci studiów I stopnia na nowym kierunku ukończą te studia na początku 2024 roku. Z myślą o ich potrzebach, począwszy od semestru letniego roku akademickiego 2023/24 (w lutym 2024 r.) zostaną uruchomione studia II stopnia na kierunku o tej samej nazwie.

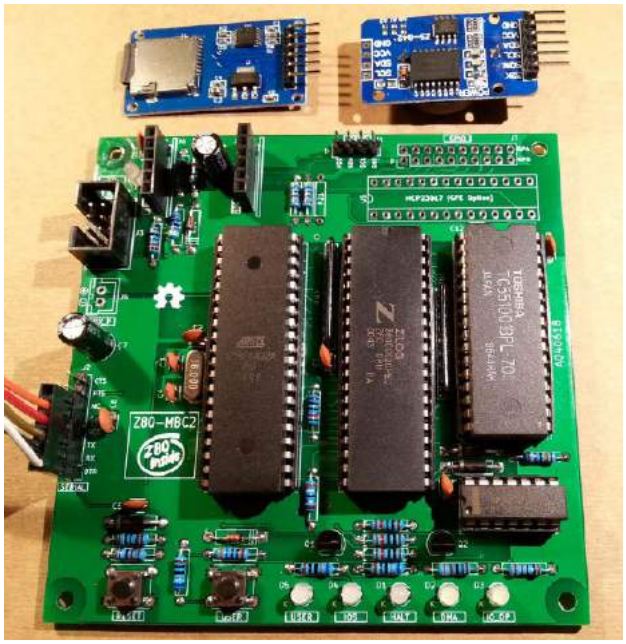
Absolwenci będą oczywiście mieli także inne możliwości kontynuacji kształcenia – podjęcia studiów II stopnia na innym kierunku na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych (np. kierunku związanym z cyberbezpieczeństwem lub automatyką i robotyką), innym wydziale PW lub innej uczelni – w kraju lub za granicą.

Internet Rzeczy (*Internet of Things* – IoT) to system, w którym jednoznacznie identyfikowalne „inteligentne" obiekty (urządzenia, przedmioty, rzeczy) mogą pobierać z otoczenia, gromadzić, przetwarzać i wymieniać dane za pośrednictwem Internetu. Obiekty, które mogą tworzyć Internet Rzeczy, to między innymi urządzenia powszechnego użytku nowej generacji, stanowiące wyposażenie budynku czy mieszkania, urządzenia noszone przez człowieka (*wearables*), obiekty wykorzystywane w przedsiębiorstwie, w szczególności w procesie produkcyjnym, inteligentne pojazdy, obiekty stanowiące elementy infrastruktury miasta, systemów energetycznych, transportu itp.

eprasa.pl e017b7ba51

dodaj do obserwowanych

Przedstawiamy redakcyjny wybór najciekawszych projektów spośród ostatnio anonsowanych w internecie. Są to projekty na różnych etapach realizacji. Warto się zapoznać z projektami zakończonymi i śledzić realizację projektów niegotowych, by czerpać z nich inspirację do własnych prac.



MBC2 – komputer na układzie Z80 do złożenia w domu

Z80-MBC2 to łatwy w budowie komputer jednopłytkowy oparty na procesorze Z80. Jest to „ewolucja" poprzedniego projektu autora – Z80-MBC, rozszerzona o kartę SD, jako emulator dysku i z 128-bitową pamięcią RAM dla CP/M 3 (ale może również obsługiwać systemy CP/M 2.2, QP/M 2.71 i UCSD Pascal).

Komputer ma opcjonalny, wbudowany ekspander 16×GPIO, oraz wykorzystuje popularne i tanie moduły rozszerzeń realizujące funkcje pamięci SD i zegara czasu rzeczywistego dla systemu. Sercem komputera jest moduł Arduino. Mikrokontroler ATmega32A stanowi pamięć EEPROM dla Z80 oraz uniwersalny emulator I/O. Autor wyeliminował potrzebę wykorzystania klasycznego programatora pamięci EPROM, o który może być w dzisiejszych czasach trudno.

Ten projekt to kompletny ekosystem programistyczny. Przy użyciu trybu rozruchowego iLoad możliwe jest kompilowanie krzyżowe, ładowanie i wykonywanie na maszynie programów napisanych w asemblerze lub C (przy użyciu kompilatora SDCC) – wszystko za pomocą jednej komendy (zupełnie jak w Arduino IDE).

Budowa układu jest bardzo prosta – bazowy komputer wymaga tylko kilka układów scalonych:

- CPU Z80 w wersji CMOS (Z84C00) do pracy z zegarem 8 MHz lub szybszym,
- Mikrokontroler Atmega32A
- Kość 128 kB RAM – TC551001-70
- 74HC00
- Jeśli chcemy dodać do systemu opcjonalne 16 linii GPIO, to dodatkowo układ MCP23017.

Schemat systemu, oraz lista elementów jest dostępna na stronie projektu. Autor udostępnia także szkic Arduino, który należy wgrać do mikrokontrolera w systemie. Programowanie może być przeprowadzone za pomocą wbudowanego portu ICSP (konieczne jest wgranie bootloadera Arduino, zanim przystąpimy do ładowania szkiców do układu). Oprócz wspomnianych wcześniej funkcji, mikrokontroler generuje także sygnał resetu i zegar 4 lub 8 MHz dla procesora.

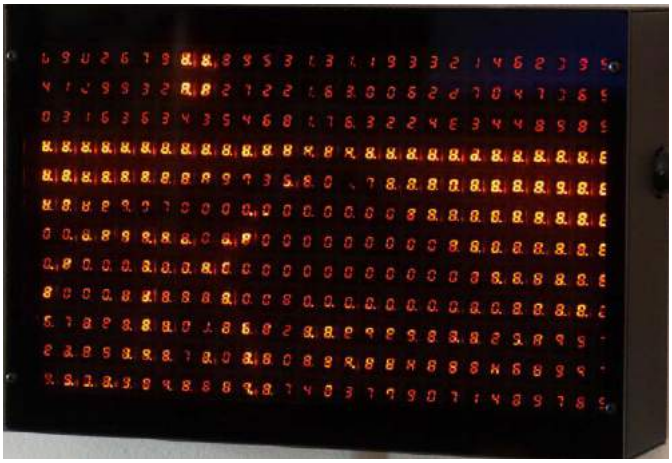
Dobierając układ Z80 pamiętajmy, aby wybrać wersję CMOS o odpowiedniej maksymalnej częstotliwości taktowania. Tylko wersja CMOS ma poziomy logiczne kompatybilne z Atmega32A i 74HC00, użytymi w układzie. CPU może być taktowane zegarem o częstotliwości 4 lub 8 MHz. Jeśli chcemy skorzystać z tej szybszej opcji, pamiętajmy, aby zainstalować procesor o odpowiedniej szybkości działania (nie można gwarantować, że przetaktowany na 8 MHz wolniejszy procesor będzie na pewno działał).

Komputer wyposażony jest ponadto w port szeregowy TTL, do którego dołączyć można moduły adapterów – TTL-RS232 lub TTL-USB. Ten drugi pozwala na podłączenie systemu np. do innych komputerów poprzez wirtualny port COM. Komputer posiada ponadto port do podłączenia zegara czasu rzeczywistego (RTC) z podtrzymaniem bateryjnym. W układ wbudowano ładowarkę, która pozwala doładowywać użyte ogniwo podczas pracy systemu z normalnym zasilaniem.

Za komunikację z użytkownikiem odpowiada moduł uTerm – jest to nowoczesny terminal emulujący VT-100 dla tego komputera jednopłytkowego. Moduł wyposażono w wyjście VGA do podłączenia monitora, wejście PS/2 dla klawiatury oraz „przeźroczysty" port szeregowy (w postaci emulatora USB-UART), który pozwala na podłączenie się do interfejsu szeregowego komputera.

http://bit.ly/39ONJH8

eprasa.pl e017b7ba51



Ekran zbudowany z 336 wyświetlaczy siedmiosegmentowych

Zaprezentowany wyświetlacz jest częścią instalacji artystycznej autorstwa Chrisa Combsa. System monitoruje ruch przed wyświetlaczem i reaguje na przechodzących obok ludzi. Gdy nie ma nikogo przed wyświetlaczem, przechodzi do drugiego trybu, w którym wyświetla animację samochodu jadącego po pustej drodze. W instalacji tej nie byłoby niczego nietypowego, gdyby nie wyświetlacz, jaki tutaj skonstruowano.

Ekran składa się z 336 pojedynczych wyświetlaczy siedmiosegmentowych. Wykorzystano dosyć stare wyświetlacze, co zapewnia unikalny efekt. Wyświetlacze podłączone są do 14 płytek wyposażonych w kontrolery wyświetlania (ISSI IS31FL3733). Każdy z tych sterowników generuje niezależny przebieg PWM, dla każdego segmentu każdego wyświetlacza, co daje ogromną elastyczność sterowania.

Do kontroli i komunikacji z wszystkimi płytkami wykorzystano komputer jednopłytkowy Raspberry Pi 3. Autor napisał specjalny skrypt w Pythonie, który zamienia obraz (siatkę pikseli) w sygnały potrzebne do sterowania 336 wyświetlaczami numerycznymi. Oprogramowanie jest wieloprocesowe – wykorzystuje komunikację między procesami (potoki i kolejki) w celu zsynchronizowania sygnalizacji na poszczególnych modułach sterujących wyświetlaczami LED.

Prototyp został ukończony pod koniec zeszłego roku, po ponad rocznej pracy nad nim. Dzięki optymalizacji komunikacji z modułami, a także inteligentnej analizie danych (np. pomijanie konwersji, jeśli obraz klatek się nie zmienił) autorowi udało się uzyskać prędkość działania systemu równą średnio 27 klatek na sekundę.

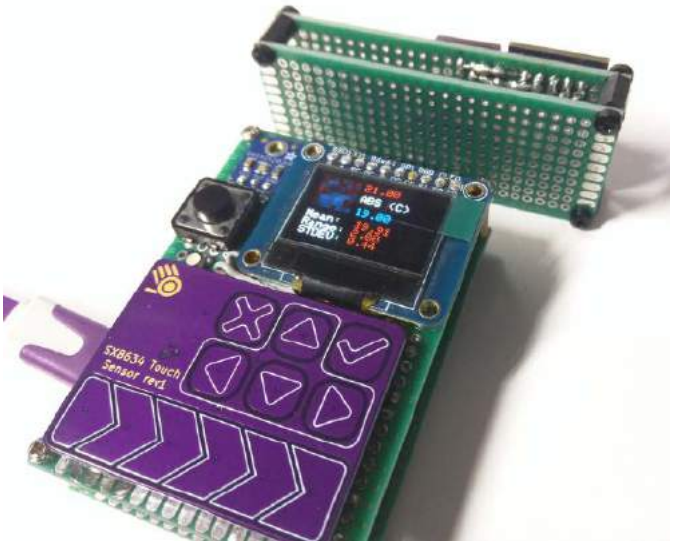
http://bit.ly/3bSYxFO

Motherfluxor – uniwersalny system z wieloma sensorami

Zaprezentowana konstrukcja to cały czas rozwijana platforma do testowania różnych sensorów. Powstała, jak opisuje autor, z konieczności – „potrzebowałem wieloczujnikowego stanowiska testowego do projektu w pracy i miałem dość ciągłego okablowania płytek stykowych do każdej nowej oceny części" komentuje J. Ian Lindsay na portalu Hackaday.

Pakiet z czujnikami jest przymocowany do głównego modułu za pomocą prostych goldpinów o rastrze 2,54 mm. Pozwala to na podłączenie do modułu np. przewodów, jeśli zachodzi taka konieczność. Dzięki temu system jest uniwersalny i pozwala na dołączenie dowolnych modułów z czujnikami do płytki sterującej.

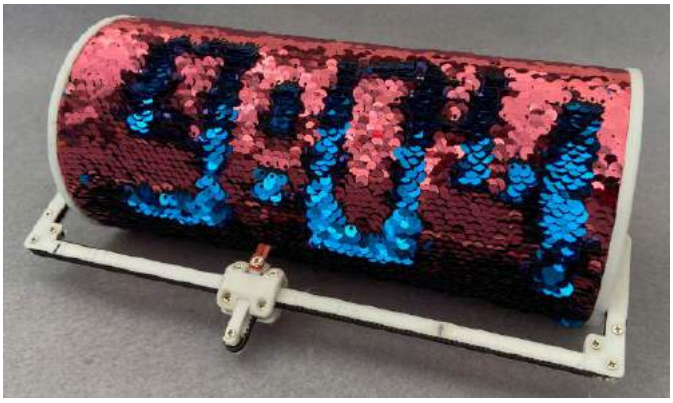
Sercem układu jest moduł Teensy 4.0 wyposażony w podwójny przetwornik cyfrowo-analogowy (DAC) i wzmacniacz słuchawkowy. Konstrukcja powstała, jako prowizoryczne rozwiązanie, w związku,



z czym autor zaprojektował ją tak, aby spełniała tylko jego bezpośrednie potrzeby konstrukcyjne – dlatego między innymi system nie jest wyposażony w obudowę czy zasilanie bateryjne.

Rolę interfejsu użytkownika pełni kolorowy wyświetlacz OLED od Adafruit oraz płytka z przyciskami dotykowymi z kontrolerem SX8634. Moduł Teensy 4.0 został oprogramowany z wykorzystaniem platformy Arduino. Autor cały czas uzupełnia swoje repozytorium o sterowniki do kolejnych sensorów, które można dołączać do układu.

http://bit.ly/3bShvfS



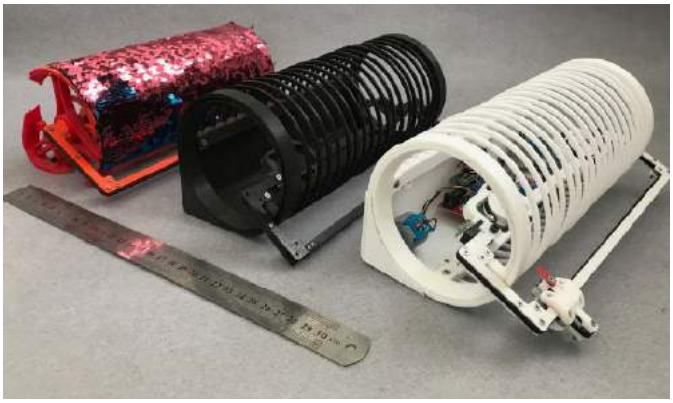
Sequino – zegar wyświetlający czas przy pomocy... cekinów

Projekt jest kontynuacją prób zbudowania zrobotyzowanego zegara, który może zapisywać i przepisywać czas w sposób ciągły – z dnia na dzień, minuta po minucie. „Moja pierwsza próba z zegarem D*oodle* była nieudana z powodu szybkiego wysychania markera, a druga próba z Doodle#2 nie powiodła się, ponieważ wyświetlacz bardzo szybko został zarysowany" opisuje wcześniejsze próby autor konstrukcji Ekaggrat Singh Kalsi z Beijing.

Inspiracją do stworzenia tego zegara była dziecięca koszulka z naszytymi cekinami zmieniającym wzór pod wpływem przesuwania palcem – cekiny mają różne kolory po obu swoich stronach, a przesuwanie po ich warstwie palcem odwraca je z jednej na drugą stronę. Po otrzymaniu od producenta materiału autor zabrał się do pracy nad konstrukcją. W pierwszej kolejności musiał określić wielkość „ekranu" zegara. Wynikała ona z dwóch czynników – rozdzielczości pisania po warstwie cekinów oraz maksymalnego rozmiaru druku w drukarce 3D autora (245×170 mm).

Układ, aby móc „pisać po cekinach" wymaga ruchu systemu w trzech osiach. W ten sposób przesuwa on specjalnie zaprojektowany haczyk, który przewraca cekiny z jednej na drugą stronę. Kinematyka

eprasa.pl e017b7ba51



zegara składa się z dwóch układów – h-bota dla dwóch osi i zwykłego układu kartezjańskiego dla trzeciej osi. Oś Y i X układu składa się z dwóch kół zębatych na skrajnych końcach zegara, które napędzane są dwoma silnikami 24byj48. Osie te działają w tzw. układzie H-bot – gdy silniki poruszają się w tym samym kierunku, przesuwają karetkę w lewo lub w prawo na osi X, a gdy kręcą się w przeciwnych kierunkach przesuwają haczyk do zmiany ułożenia cekinów w górę lub w dół na osi Y. Ruch w osi Z odbywa się z pomocą klasycznego układu – silnik krokowy przemieszcza całą ramę, na której jeździ karetka ruszająca się w osiach X i Y.

Tkanina z cekinów składa się z dysków, które są przyszyte do tekstylnego podkładu. Cekiny obracają się z łatwością palcem, ponieważ są zamontowane na luźnym podkładzie, jednakże w momencie, gdy tkanina zamontowana jest na sztywnym cylindrze, cekiny przestały się obracać, ponieważ zostały zablokowane przez twarde podłoże. Aby rozwiązać ten problem, cekiny naciągnięto na ramową konstrukcję – sztywny cylinder zastąpiono żebrami, a dodatkowo pomiędzy nimi a tkaniną z cekinami dodano warstwę miękkiej gąbki.

Zegar sterowany jest przez Arduino Nano z dołączonym modułem Nano CNC do kontroli silników. Na shieldzie Nano CNC znajdują się trzy drivery do silników stepstick a4982, które umożliwiają sterowanie zawartymi w systemie trzema silnikami. Dodatkowo, do Arduino dopięty jest jeden sensor Halla i dwa transoptory odbiciowe, które służą do kalibracji i zerowania układu kinematycznego.

http://bit.ly/2SFtVjI

Ośmionożna platforma dla robota wyścigowego

Konstrukcja wyścigowego robota, jaką zaprezentował Russell Munro to bardzo ciekawe podejście do konstrukcji robota kroczącego. Przedstawiony oktopod – robot o ośmiu odnóżach – wykorzystuje układ krzywek, wałków i łożysk do poruszania swoimi odnóżami w synchroniczny sposób. Sprawia to, że ruch tego robota jest super płynny i bardzo dobrze np. dostosowuje się do nierównego podłoża. Dodatkowo, co trzeba mu oddać, wygląda przez to jak wielki, żywy robal, od którego cierpnie skóra.

REKLAMA

relpol® S.A.

– **unikalny system prowadzenia przekaźnika w gnieździe (łatwa instalacja),**
– zaciski Push-in pod kątem (w kierunku koryt kablowych),
– przyciski zwalniające zaciski (wciśnięcie/wyjęcie),
– otwory pod sondy pomiarowe (swoboda kontroli),
– płytki opisowe na głęboki wpust (złączki rzędowe),
– przestrzeń do etykietowania (taśmy do 9 mm).

Biuro Obsługi Klienta: tel. 68 47 90 822, 850
sprzedaz@relpol.com.pl, **www.relpol.com.pl**

eprasa.pl e017b7ba51

Konstrukcja jest odpowiedzią na wyzwanie, ulepszenia pomysłów (byłego Mythbustera) Jamiego Hynemana, jakie przedstawił w filmach z podobnym robotem z 2015 roku. Idea pojazdu, tzw. flexapoda, polega na wykorzystaniu elastycznych elementów mechanicznych zamiast synchronizowanych elektronicznie serwomotorów. Dzięki temu układ elektroniczny tego robota jest znacznie prostszy niż innych.

Do konstrukcji robota wykorzystano technikę druku 3D – niemalże wszystkie elementy pojazdu zostały wykonane w tej technologii. Pozostałe to gotowe elementy dedykowane do robotów RC – akumulatory, sterowniki silników, śruby, łożyska i inne drobne elementy mechaniczne. Autor udostępnia na stronie projektu wszystkie potrzebne pliki STL i całą dokumentację, więc bez problemu można złożyć takiego robota u siebie w domu.

http://bit.ly/2SYfAO9

Nowoczesne materiały dla sensorów elektronicznych DIY

W ramach projektu PolySense zespół chemików pokazuje, co stanie się, gdy nauka o materiałach zderzy się z przemysłem tekstylnym i elektronicznym. Produkują oni różne nowoczesne materiały elektroniczne, pozwalające na konstrukcję sensorów ze zwykłych tekstylnych przedmiotów. Idealnie nadają się one do systemów elektroniki noszonej, itp.

W procesie produkcji zespół stosuje chemiczny proces tak zwanej polimeryzacji in-situ. Pozwala on na funkcjonalizację prawie wszystkich materiałów włóknistych i porowatych (najlepiej działają materiały naturalne, takie jak bawełna czy korek, ale jest to także możliwe z materiałami syntetycznymi). Po polimeryzacji pierwotnie niefunkcjonalny materiał daje możliwości pomiaru między innymi: nacisku, rozciągania, pojemności, wilgotności, temperatury.

Pomysł na konstrukcję tego rodzaju sensora narodził się podczas eksploracji różnych nietypowych interfejsów do sterowania sprzętem muzycznym. Jednym z pomysłów było wykorzystanie komercyjnego materiału piezorezystancyjnego, który zmienia swoją rezystancję pod wpływem nacisku. Można go używać do kontroli urządzeń elektronicznych niemalże tak, jak korzysta się z klasycznych przycisków. Pojawił się jednak pewien problem – materiał ten był drogi i trudny do zdobycia. Dlatego zespół postanowił samodzielnie skonstruować podobny – ich rezultaty przeszły najśmielsze oczekiwania. Dzięki wykorzystaniu swojej wiedzy i umiejętności (są z zawodu chemikami materiałowymi) stworzyli oni podobny materiał, jednakże o znacznie szerszych możliwościach.

Na stronie projektu znaleźć można kompletny opis, który pozwala na samodzielne wykonanie szeregu różnych tekstylnych sensorów. Do ich produkcji potrzebne są jedynie podstawowe substraty chemiczne, które bez problemu można kupić w sklepie z odczynnikami oraz dowolny materiał tekstylny lub porowaty.

http://bit.ly/2uZVH1d

Monitor wędrówek z modułem RFM69CW

Przedstawiony rejestrator służy do śledzenia prowadzonych wędrówek – zapisuje on lokalizację, czasu rozpoczęcia i zakończenia wędrówki, a także temperaturę wysokość nad poziomem morza i ciśnień barometrycznych w trakcie wędrówki. Dodatkowo, w trakcie wędrówki, będzie on również dźwiękowo informować o przejściu kolejnych poziomów wysokości. Nawet, jeśli nie interesujesz się wędrówkami, schematy sprzętu i prezentowane oprogramowanie może okazać się przydatne.

Rejestrator składa się z trzech oddzielnych urządzeń oprogramowanych w środowisku Arduino. Wszystkie one komunikują się ze sobą za pomocą modułów nadawczo-odbiorczych HopeRF RFM69CW. W skład systemu wchodzą następujące urządzenia:

Brama – znajduje się w górnej kieszeni plecaka, jej zadania to:
- koordynuje rejestrowanie danych z wędrówki,
- posiada 5-przyciskowy interfejs użytkownika z wyświetlaczem RGB,
- wyposażona jest w gniazdo karty SD, która służy do zapisywania danych na temat wędrówki,
- zapewnia powiadomienie o wysokości za pośrednictwem wbudowanego odtwarzacza MP3 i mikro głośnika,
- posiada port USB (wirtualny port szeregowy) i akumulator litowo-jonowy 10440 – 3,7 V 600 mAh z wbudowaną ładowarką,
- obudowa o wielkości 8×8×1,5 cm została wykonana w technologii druku 3D.

Pilot BMP280 – zawiesza się go na plecaku, odpowiada za:
aktualizuje dane dotyczące temperatury i ciśnienia co 4 sekundy,
- odczyt ciśnienia używany jest do obliczenia wysokości,
- posiada trzy przyciski sterujące,
- zasilanie z akumulatora litowo jonowego 10440,
- obudowa została wykonana jest w technologii druku 3D, jest w pełni wodoodporna i mierzy 8×5×1,5 cm.

Zdalne sterowanie – znajduje się w łatwo dostępnej kieszeni i pozwala na:
- kontrolę i wyświetlanie informacje o funkcjonowaniu bramy,
- sterowanie poprzez 3-przyciskowy interfejs użytkownika z wyświetlaczem RGB,
- komunikację przez wirtualny port szeregowy po USB,
- zasilanie z akumulatora litowo-jonowego10440,
- obudowa z druku 3D o wymiarach 8×6×1,8 cm.

Brama przechowuje podsumowanie do 125 wycieczek. Następnie zastępuje najstarsze dane nowymi. Bardziej szczegółowe dane można zapisać na karcie SD, gdzie każda wędrówka jest zapisywana, jako osobny plik. Szczegółowe dane dotyczące temperatury i ciśnienia rejestrowane są, co 4 sekundy.

http://bit.ly/2vKlqe5

eprasa.pl e017b7ba51

Arduino & Raspberry Pi Day 2020

Na terenie Centrum Kultury im. Krystyny Bochenek w Katowicach 14 marca już po raz 3 odbędą się obchody dnia Arduino i Raspberry Pi. Od godziny 10:00 na scenie Strefy Centralnej pojawią się prelegenci, w Medialabie prowadzone będą warsztaty, a hol zajmą rozmaite stanowiska oraz prace konkursowe.

Całość wydarzenia jest otwarta i darmowa, przy czym obowiązują wcześniejsze zapisy na warsztaty ze względu na ograniczoną liczbę miejsc. Wydarzenie ma na celu popularyzację nauki z zakresu elektroniki, programowania, automatyki, robotyki i zagadnień pokrewnych – przede wszystkim wśród młodzieży – oraz wymianę wiedzy w gronie hobbystów i osób zawodowo związanych z powyższymi dziedzinami.

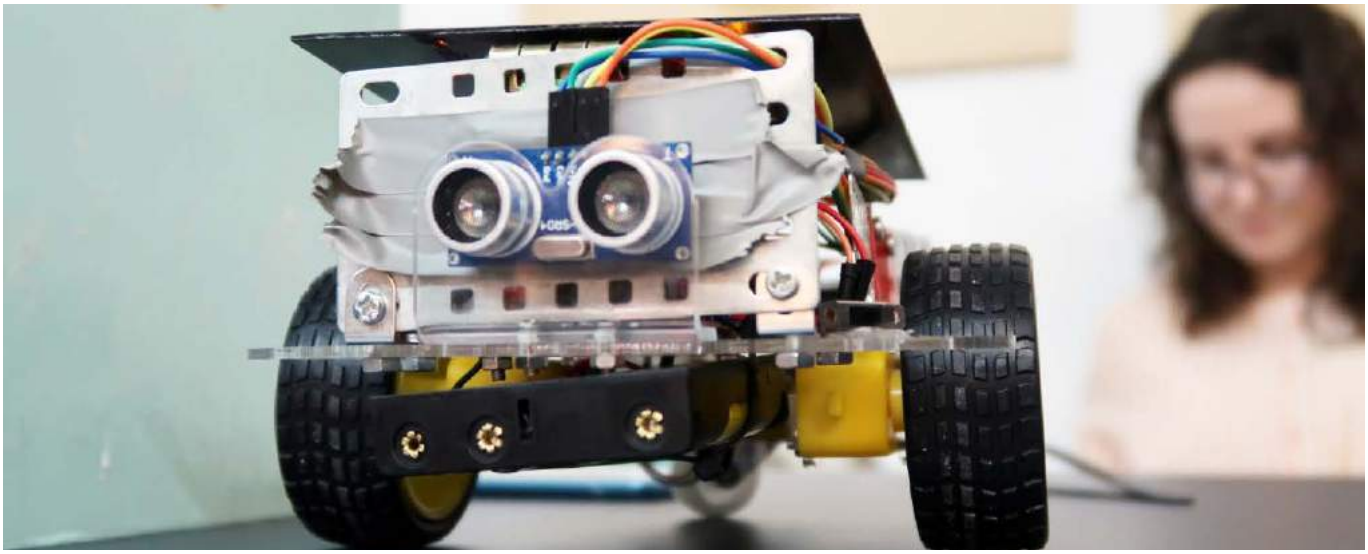
Tematyka prelekcji i warsztatów będzie szeroka i wychodząca poza ramy Arduino i Raspberry Pi. Obejmie zagadnienia podstawowe, różne typy komunikacji bezprzewodowej, a także automatykę domową i projekty komercyjne.

Ważną częścią wydarzenia będą konkursy, przeprowadzone w dwóch kategoriach. Pierwsza obejmie projekty związane z Arduino, a druga projekty związane z Raspberry Pi. Obecnie można nadsyłać prace na adres inzynier.domu@gmail.com. Następnie wybrani uczestnicy zostaną zaproszeni (wraz z projektami) na wydarzenie, gdzie zostaną wybrane trzy najlepsze prace z każdej kategorii. Do zdobycia są atrakcyjne nagrody rzeczowe – płytki oraz narzędzia. Przewidziane są także nagrody specjalne. W zeszłym roku przedstawionych zostało łącznie prawie 20 projektów z kraju i zza granicy.

Wydarzenie wspierają firmy z pokrewnych branż: Sii Polska, Farnell Avnet, Botland, Solid Expert, Nordic Semiconductors oraz Print-me. Obecni będą: Warsztat Miejski z Gliwic, Medialab, Hackerspace Silesia, AddMan i Akademia elektroniki. Patronat nad wydarzeniem objęło Katowice Miasto Ogrodów oraz Elektronika Praktyczna. Organizatorem głównym jest inżynier Domu, bloger oraz technologiczny aktywista.

Więcej informacji o wydarzeniu można znaleźć pod adresem ***http://bit.ly/2V9a6mq***.

Marcin Karbowniczek, EP



eprasa.pl e017b7ba51

Magnetyczny sterownik MIDI

Granie na większości instrumentów nie należy do najprostszych. Na szczęście w sukurs przychodzą urządzenia elektroniczne, które pozwalają w prostszy sposób generować melodie. Niezależnie od tego czy jesteś kompozytorem muzycznym, melodystą, symfonikiem, czy też melomanem, który uwielbia tworzyć własne rytmy, jeśli znudziły Ci się tradycyjne kontrolery MIDI, to przedstawione poniżej urządzenie będzie ciekawą alternatywą do domowego studia.

Prezentowany system zawiera obracające się dyski z magnesami w formie sfer, które wyzwalają kolejne komunikaty MIDI. Zaprezentowane urządzenie pozwoli w kreatywny sposób syntezować nawet złożone sekwencje dźwiękowe, a dzięki prostej i intuicyjnej obsłudze, nadaje się nawet dla amatorów. Dodatkowo, zawarte poniżej opisy samego interfejsu MIDI i sposobu oprogramowania go na platformie Arduino, pozwolą na łatwiejsze konstruowanie samodzielnie wymyślonych interfejsów w przyszłości.

Zasada działania

MIDI to interfejs cyfrowych instrumentów muzycznych, w ramach ekosystemu MIDI mieszczą się elektroniczne instrumenty muzyczne, oprogramowanie, komputery, a także inne cyfrowe kontrolery współdzielące pomiędzy sobą informacje muzyczne. Najlepszym sposobem na zrozumienie, czym jest MIDI, jest zrozumienie, czym nie jest:

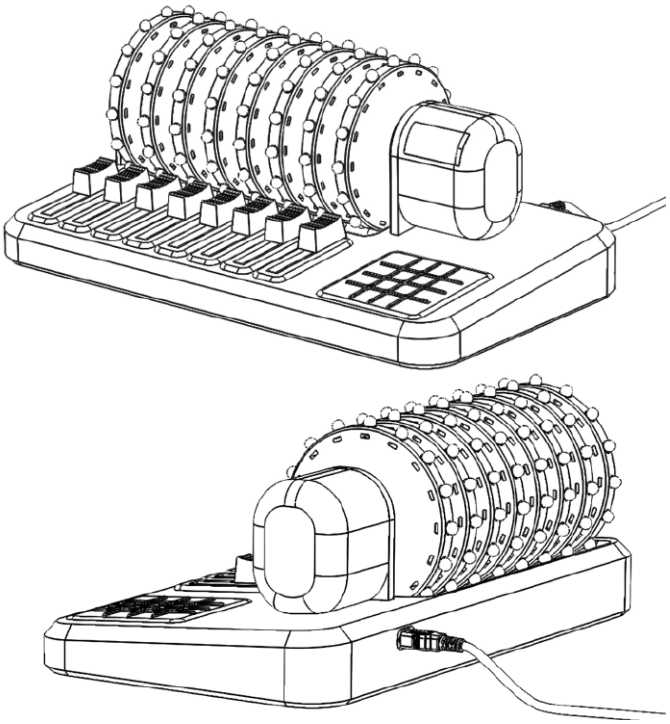
- Sygnał MIDI to nie muzyka,
- MIDI nie zawiera w sobie żadnych rzeczywistych dźwięków,
- MIDI nie jest cyfrowym formatem plików muzycznych, takim jak są pliki MP3 czy WAV.

MIDI to nic innego jak strumień danych – zestaw instrukcji. Dane przesyłane poprzez interfejs MIDI zawierają w sobie listę zdarzeń oraz komunikatów, informujących urządzenia elektroniczne (instrument muzyczny, kartę dźwiękową w komputerze, telefon komórkowy, syntezator itp.), w jaki sposób wygenerowany ma być kolejny dźwięk. Oto kilka przykładów typowych komunikatów MIDI:

- **Naciśnięcie klawisza** – sygnalizuje umowne naciśnięcie klawisza, tj. zadanie pewnego dźwięku, niekoniecznie z fizycznej klawiatury. Komunikat ten może pochodzić z dowolnego instrumentu, sekwencera etc. Zawiera kompletne instrukcje dotyczące dźwięku – który klawisz został naciśnięty oraz jak mocno (parametr ten umownie nazywa się prędkością).
- **Puszczenie klawisza** – sygnalizuje zwolnienie klawisza, czyli zaprzestanie odtwarzania danego dźwięku.
- **Polifoniczne ciśnienie klawisza** – to miara siły nacisku na klawisz, który znajduje się już na samym dole i został naciśnięty. W przypadku niektórych urządzeń powoduje to dodanie dodatkowych efektów do odtwarzanej nuty, pozwala np. na stworzenie efektu vibrato.
- **Zmiana sterowania** – sygnał, który wskazuje, że kontroler – na przykład pedał nożny lub suwak na instrumencie – został naciśnięty lub zmienił położenie. Komunikat zmiany sterowania zawiera w sobie numer przypisany do danego kontrolera i wartość zmiany (w zakresie od 0 do 127).
- **Zmiana pozycji koła wysokości nuty** – sygnalizuje zmianę pozycji tzw. pitch wheel, które to pozwala na płynne przechodzenie pomiędzy wysokością dźwięku. Pozwala to na dodanie efektu tzw. portamento do granej sekwencji.

Elektrycznie rzecz biorąc interfejs MIDI jest szeregowym interfejsem *half-duplex*, który pracuje w pętli prądowej (typowo 5 mA dla stanu „0" i ok. 0 mA dla stanu „1" – układ pracuje w logice odwrotnej). Nominalna prędkość działania interfejsu wynosi 31 250 bitów na sekundę. W przypadku tego urządzenia wykorzystana zostanie emulacja interfejsu MIDI poprzez interfejs USB na jednym z zastosowanych modułów Arduino.

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 1. Widok projektu sterownika

Zaprezentowany sterownik, do generowania komunikatów MIDI wykorzystuje sensory magnetyczne i suwaki. Nad sensorami Halla, znajdującymi się w dolnej części urządzenia, obracają się koła z tworzywa, które posiadają po 16 zagłębień. Zagłębienia te rozmieszczone są na obwodzie koła i służą do przymocowania malutkich, sferycznych magnesów neodymowych. Takich kół w systemie jest 8. Każdy z ośmiu kanałów jest niezależnie sterowany za pomocą suwaka, który odpowiada za wysokość nuty, przesyłanej przy każdym wyzwoleniu kanału do interfejsu MIDI. Za wyzwalanie kanału odpowiadają sensory Halla – za każdym razem, gdy nad sensorem przesunie się magnes na kole, dany kanał zostanie wyzwolony. Umieszczając na kole magnesy, sterujemy konfiguracją dźwięków, a regulując prędkość obrotową kół, zmieniamy tempo naszej melodii.

Projekt, budowa i montaż części mechanicznej

Cały projekt urządzenia wykonany został z pomocą SolidWorksa. Autor projektu zadbał, by gotowe urządzenie było kompaktowe, łatwe w obsłudze i estetyczne. Duży nacisk położono na wykorzystanie dostępnych komercyjnie elementów. Obudowa, jak i większość elementów mechanicznych sterownika, wykonane zostały techniką druku 3D. Wykorzystano drukarki FDM oraz DLP. Autor udostępnia pliki STL z poszczególnymi elementami wraz z użytymi parametrami druku, na stronie swojego projektu na portalu Instructables (link na końcu projektu). Na **rysunku 1** pokazano projekt całego urządzenia.

Podstawa

Podstawa sterownika jest miejscem, gdzie znajduje się cała elektronika urządzenia. Model 3D złożonej podstawy układu pokazano na **rysunku 2**. Do jej montażu, oprócz wydrukowanego elementu, potrzebne będą:

- moduł Arduino Micro,
- moduł Arduino Mega Pro Mini,
- klawiatura dotykowa TTP229 z 16 przyciskami,
- osiem sensorów Halla A3144,
- osiem potencjometrów suwakowych 30 mm o rezystancji maksymalnej 22 kΩ,
- moduł ze sterownikiem mocy ULN2003 do sterowania silnikiem krokowym.

Wszystkie elementy instalowane są w podstawie sterownika na wcisk, bez konieczności stosowania śrub czy kleju. Zadbano o tolerancje dla wszystkich elementów tak, że wszystko powinno pasować na swoje miejsce bez konieczności przerabiania elementów w podstawie ani instalowanych modułów.

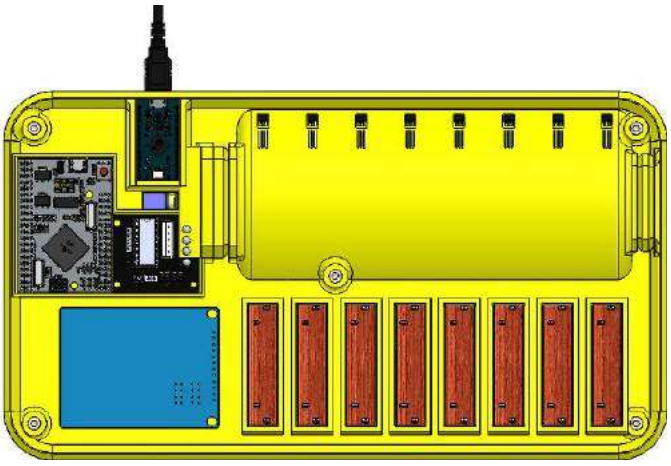
Obudowa silnika

Kluczowym elementem sterującym kontrolerem MIDI jest silnik krokowy, który będzie obracał koła z magnesami. Posiada on własną obudowę, w której, oprócz samego silnika, znajduje się również poczwórny wyświetlacz siedmiosegmentowy do prezentacji informacji na temat wybranego w danym momencie tempa rytmu.

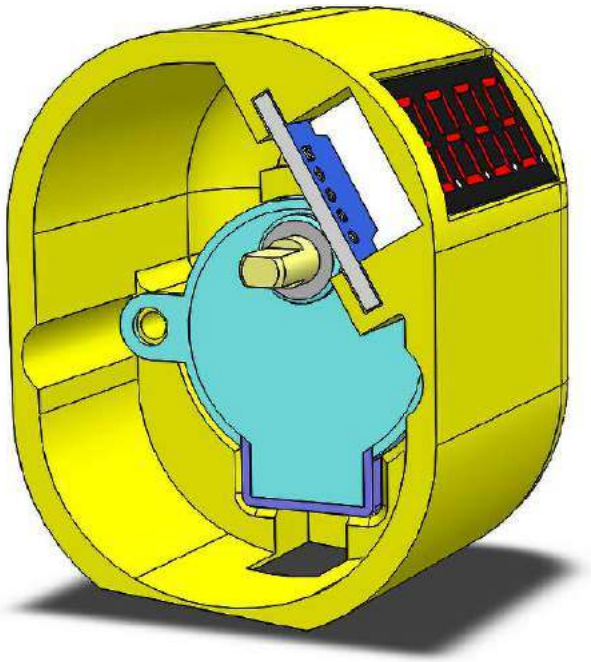
Trójwymiarowy model obudowy silnika, wraz z zainstalowanym elementami pokazano na **rysunku 3**. Do złożenia tego elementu potrzebne są:

- wydrukowana obudowa silnika,
- wydrukowana obudowa dla modułu LED,
- moduł 4-bitowego wyświetlacza siedmiosegmentowego – TM1637,
- silnik krokowy 28-BYJ48.

Instalacja wszystkich komponentów jest równie prosta, co w przypadku elementów elektronicznych w podstawce sterownika. W pierwszej kolejności umieszczamy na miejscu silnik, a następnie moduł LCD, który przykrywamy jego obudową. Jej zadaniem jest zasłonić

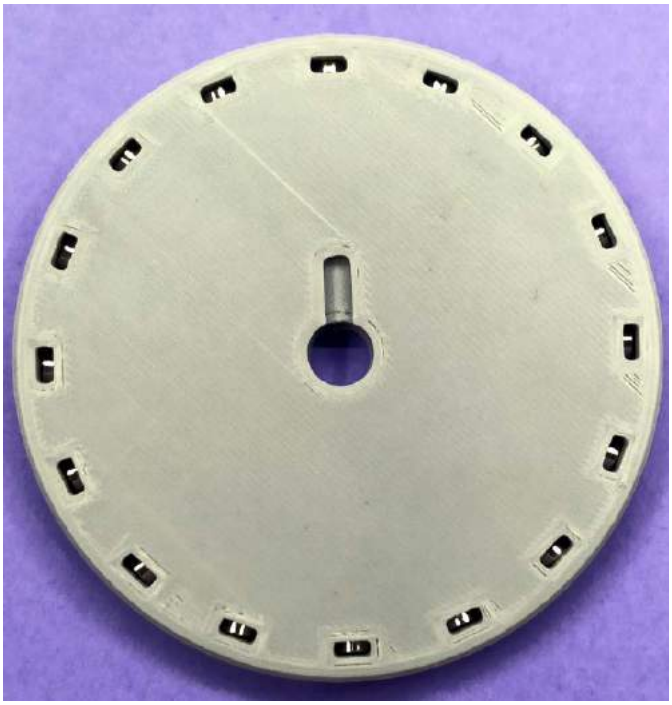


Rysunek 2. Model 3D podstawy sterownika MIDI wraz z zainstalowanymi komponentami elektronicznymi



Rysunek 3. Model 3D obudowy silnika krokowego wraz z zainstalowanym silnikiem i wyświetlaczem siedmiosegmentowym

eprasa.pl e017b7ba51



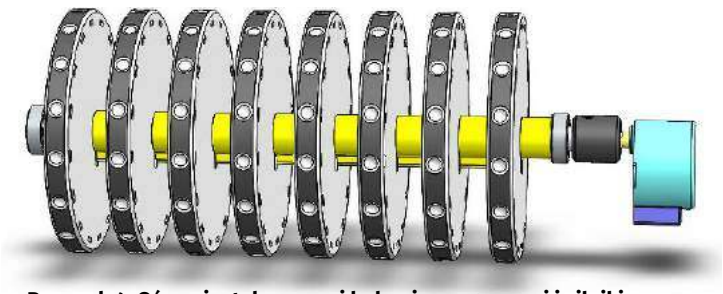
Fotografia 1. Zmontowane koło z magnesami wsuniętymi w otwory

sam wyświetlacz tak, aby możliwe było tylko przejście przez nią światła. Wszystkie elementy powinny bez problemu i konieczności przeróbek obudowy pasować na swoje miejsce. Całość montujemy bez wykorzystania kleju czy śrub.

Koła z magnesami

Bardzo istotnym elementem sterownika są koła z magnesami, gdyż to one regulują rytm w urządzeniu. Sterownik posiada osiem takich kół. Po wydrukowaniu elementów, w każdym z kół osadzane jest 16 płaskich magnesów neodymowych 4×1,5 mm – służą one przytrzymywaniu magnetycznych sfer (o średnicy 5 mm) w ich gniazdach na obwodzie koła. Instalując magnesy w kole należy pamiętać o odpowiedniej ich biegunowości – wszystkie powinny mieć biegun N skierowany do środka koła, a biegun S do zewnętrza. Zmontowane koło z magnesami pokazane jest na **fotografii 1**.

Zespół ośmiu kół umieszczany jest następnie na wspólnej osi. Jako oś wykorzystano stalowy wałek o średnicy 8 mm i długości 184 mm. Taki wałek zamówić można z sklepu z akcesoriami do automatyki lub modeli RC. Pomiędzy poszczególnymi kołami umieszczane są dystanse o szerokości 10 mm, co odpowiada rastrowi, z jakim rozmieszczone są sensory Halla w podstawie urządzenia. Oś z jednej strony zakończona jest nakładką, zabezpieczającą koła przed wysunięciem się i łożyskiem 688zz. Po drugiej stronie również znajduje się dokładnie takie samo łożysko oraz uchwyt dla silnika, który pozwala na sztywne połączenie osi kół z osią silnika krokowego. Wszystkie elementy, oprócz osi i łożysk, wykonane są w technologii druku 3D. Na **rysunku 4** pokazano model 3D kół z magnesami, zainstalowanych na osi połączonej z silnikiem krokowym.



Rysunek 4. Oś z zainstalowanymi kołami z magnesami i silnikiem krokowym

Fotografia 2. Fotografia przedstawiająca w pełni zmontowany sterownik

Montaż całości urządzenia

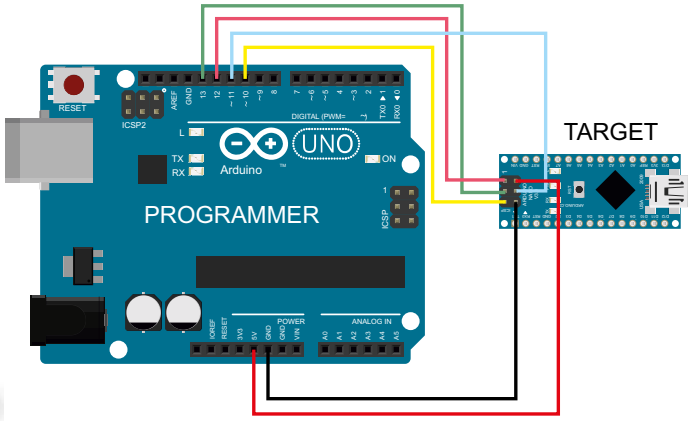
Po złożeniu wszystkich podzespołów razem, można zamontować, z wykorzystaniem wsporników, oś z kołami dla magnesów i silnikiem na podstawie urządzenia. Upewnijmy się, że oś z magnetycznymi kołami obraca się bez oporów w swoich łożyskach, a same magnesy nie ocierają o żadne elementy podstawy. Gotowe urządzenie pokazano na **fotografii 2**. Po zmontowaniu urządzenia można przystąpić do instalacji oprogramowania na poszczególnych mikrokontrolerach oraz łączenia ze sobą wszystkich elementów elektronicznych.

Firmware dla Arduino Micro

W prezentowanym sterowniku do komunikacji z komputerem wykorzystany jest interfejs MIDI, emulowany poprzez USB. Do emulacji tego interfejsu wykorzystano mikrokontroler ATmega32U4 w module Arduino Micro. Do obsługi interfejsu MIDI zastosowano oprogramowanie wbudowane mocoLUFA MIDI, skompilowane dla ATmega32U4. Korzystając z mocoLUFA, Arduino Micro będzie działać, jako natywne urządzenie MIDI, które wysyła polecenie MIDI do komputera poprzez port USB.

Ponadto Arduino z oprogramowaniem mocoLUFA posiada port szeregowy, który umożliwia Flashowanie oprogramowania wbudowanego na innych modułach przez ten kontroler, zależnie od tego, w jakim trybie się go uruchomi. Do zaprogramowania Arduino Micro potrzebny jest programator ISP, emulowany przez moduł Arduino UNO, jak pokazano na **rysunku 5**, podłączony do komputera przez USB.

Oprogramowanie dla Arduino Micro można pobrać ze strony z projektem. Po pobraniu należy je skompilować wpisując w linii komend „make all" w folderze z projektem. Następnie, po podłączeniu Arduino UNO do Arduino Micro, jak pokazano na rysunku 5, można przystąpić do programowania układu korzystając z oprogramowania AVRDUDESS. Do Arduino Micro przesyłamy pliki dualMOCO.hex oraz dualMOCO.eep. Po zaprogramowaniu Arduino Micro możemy podłączyć do układu wszystkie pozostałe elementy.



Rysunek 5. Schemat podłączenia Arduino UNO, jako programatora do Arduino Micro

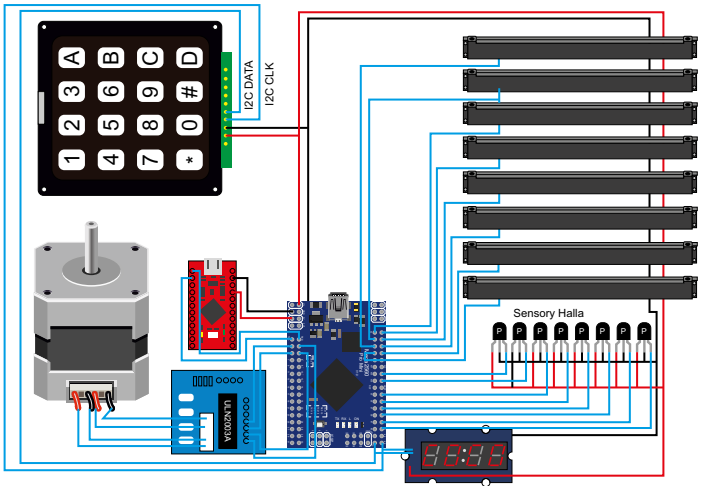
eprasa.pl e017b7ba51

Listing 1. Fragment listingu programu dla Arduino Mega

```
uint16_t BPM_INTERVAL = 120;
const uint16_t stepsPerRevolution = 4096;

MIDI_CREATE_INSTANCE(HardwareSerial, MIDI, midiOut);
TM1637 bpm_display(tm1637Clock,tm1637Data);
TTP229 touch_pad(ttp229Clock, ttp229Data);
Unistep2 stepper_motor(motorPin1, motorPin2, motorPin3, motorPin4, stepsPerRevolution, 1000000/((BPM_INTERVAL/60)*(stepsPerRevolution/16)));

void updateDisplay(uint16_t data);
void readActuatorsCallback();
void controlStepperCallback();

Task readActuators(50, TASK_FOREVER, &readActuatorsCallback);
Task controlStepper(TASK_IMMEDIATE, TASK_FOREVER, &controlStepperCallback);

Scheduler runner;

void setup() {
    for (size_t i = 0; i < 8; i++) {
        pinMode(hallSensors[i], INPUT);
        pinMode(sliderPots[i], INPUT);
        previous_hallSensorsState[i] = digitalRead(hallSensors[i]);
        previous_sliderPotsState[i] = (map(analogRead(sliderPots[i]), 0, 1023, 0, 127)) / 10;
    }
    #ifdef DEBUG
        DEBUG.begin(115200);
        DEBUG.println(„MesoTune Started”);
        DEBUG.print(„\n”);
        DEBUG.print(„Hall Sensor   =>\t”);
        for (size_t i = 0; i < 8; i++) {
            DEBUG.print(previous_hallSensorsState[i]);
            i != 7 ? DEBUG.print(„\t”) : DEBUG.print(„\n”);
        }
        DEBUG.print(„Potentiometer =>\t”);
        for (size_t i = 0; i < 8; i++) {
            DEBUG.print(previous_sliderPotsState[i]);
            i != 7 ? DEBUG.print(„\t”) : DEBUG.print(„\n”);
        }
        DEBUG.print(„\n”);
    #endif
    // Inicjalizacja kanałów MIDI
    midiOut.begin(MIDI_CHANNEL_OMNI);
    // Rozpocznij odczyt z sensorów
    runner.addTask(readActuators);
    readActuators.enable();
    // Konfiguracja wyświetlacza tempa
    bpm_display.init();
    //Różne poziomy jasności: BRIGHT_TYPICAL = 2,
/   //BRIGHT_DARKEST = 0, BRIGHTEST = 7;
    bpm_display.set(BRIGHT_TYPICAL);
    // Ustaw aktualne tempo na wyświetlaczu
    updateDisplay(BPM_INTERVAL);
    // Uruchom silnik krokowy
    runner.addTask(controlStepper);
    controlStepper.enable();
}

void loop() {
    runner.execute();
    stepper_motor.run();
}

void readActuatorsCallback() {
    // Odczyt wartości sensorów Halla
    for (size_t i = 0; i < 8; i++) {
        current_hallSensorsState[i] = digitalRead(hallSensors[i]);
        if (current_hallSensorsState[i]  != previous_hallSensorsState[i] ) {
            #ifdef DEBUG
                DEBUG.print(„Hall Sensor change at „);
                DEBUG.print(i);
                DEBUG.print(„ from „);
                DEBUG.print(previous_hallSensorsState[i]);
                DEBUG.print(„ to „);
                DEBUG.println(current_hallSensorsState[i]);
            #endif
            current_hallSensorsState[i] ? midiOut.sendNoteOn(48, 127, i) : midiOut.sendNoteOff(48, 0, i);
            previous_hallSensorsState[i] = current_hallSensorsState[i];
        }
    }
    // Odczyt wartości potencjometrów
    for (size_t i = 0; i < 8; i++) {
        current_sliderPotsState[i] = (map(analogRead(sliderPots[i]), 0, 1023, 0, 127)) / 10;
        if (current_sliderPotsState[i]  != previous_sliderPotsState[i] ) {
            #ifdef DEBUG
                DEBUG.print(„Potentiometer change at „);
                DEBUG.print(i);
                DEBUG.print(„ from „);
                DEBUG.print(previous_sliderPotsState[i]);
                DEBUG.print(„ to „);
                DEBUG.println(current_sliderPotsState[i]);
            #endif
            midiOut.sendControlChange(i, map(analogRead(sliderPots[i]), 0, 1023, 0, 127), i);
            previous_sliderPotsState[i] = current_sliderPotsState[i];
        }
    }
    uint8_t key = ttp229.GetKey16();
    // Odczyt z klawiatury dotykowej
    switch (key) {
    case 1:
        if (BPM_INTERVAL > 50) {
            BPM_INTERVAL--;
            updateDisplay(BPM_INTERVAL);
            stepper_motor.updateTime(1000000/((BPM_INTERVAL/60)*(stepsPerRevolution/16)));
        }
        break;
    case 4:
        if (BPM_INTERVAL < 250) {
            BPM_INTERVAL++;
            updateDisplay(BPM_INTERVAL);
            stepper_motor.updateTime(1000000/((BPM_INTERVAL/60)*(stepsPerRevolution/16)));
        }
```


eprasa.pl e017b7ba51

```
Listing 1. cd.
        break;
    default:
        break;
    }
}

void updateDisplay(uint16_t data) {
    size_t i = 3;
    while (data > 0) {
        bpm_display.display(i, data % 10);
        data /= 10;
        i--;
    }
}

void controlStepperCallback() {
    stepper_motor.move(stepsPerRevolution);
}
```



Rysunek 6. Szczegóły połączeń elektrycznych całego systemu

Połączenie wszystkich komponentów

Po zaprogramowaniu modułu Arduino Micro można podłączyć go do Arduino Mega, które pełni w sterowniku kluczową rolę. Jak pokazano na **rysunku 6**, wszystkie elementy systemu sterowane są właśnie przez ten moduł. Szczegóły połączeń elektrycznych w systemie zawarto na **rysunku 6** jak i w **tabeli 1**. W tabeli pominięto dla uproszczenia połączenia linii zasilania i masy.

Oprogramowanie dla Arduino Mega

Po podłączeniu wszystkich elementów zgodnie z listą zamieszczoną w tabeli 1 można przystąpić do ostatniego kroku budowy sterownika – programowania modułu Arduino Mega, będącego sercem urządzenia. Program został napisany w środowisku Arduino, najistotniejszy fragment pokazany jest na **listingu 1**. Wykorzystuje on następujące zewnętrzne biblioteki, które trzeba dodatkowo zainstalować w naszym środowisku Arduino IDE:

- UniStep2,
- Grove_4Digital_Display,
- Arduino MIDI,
- TaskScheduler.

Po przekopiowaniu źródła do Arduino IDE z zainstalowanymi bibliotekami można już zaprogramować Arduino Mega. Programatorem jest tutaj Arduino Serial, który realizowany jest przez Arduino Micro. Aby wprowadzić je w stan programowania należy ściągnąć pin 16 tego modułu do masy przed podłączeniem do niego kabla USB. Dzięki temu moduł uruchomi się, jako wirtualny port szeregowy (tak powinien wykryć go komputer).

Po załadowaniu programu do Arduino Mega można rozłączyć połączenie 16 pinu Arduino Micro z masą i zresetować ten moduł przykładając na chwilę do pinu resetu stan niski. Teraz moduł załaduje się, jako sterownik MIDI i jest już gotowy do działania. Może sterować dowolnym programem, który przyjmuje sygnał z urządzenia MIDI do sterowania np. wielu cyfrowych syntezatorów i programów typu DAW (*Digital Audio Workstation* – cyfrowa stacja audio).

Nikodem Czechowski, EP

Źródło: ***http://bit.ly/3bUvHoI***

Tabela 1. Lista połączeń Arduino Mega z innymi układami

Arduino Mega	Peryferia
RXD	TXD (Arduino Micro)
TXD	RXD (Arduino Micro)
2	IN1 (ULN2003)
4	IN2 (ULN2003)
5	IN3 (ULN2003)
3	IN4 (ULN2003)
A0...A7	Środkowy odczep potencjometrów, włączonych pomiędzy linię zasilania a masę (od 1 do 8)
D32...D39	Wyjścia sensorów Halla (od 1 do 8)
46	CLK (TTP229)
47	SDO (TTP229)
46	CLK (TM1637)
47	SDO (TM1637)

AUTOMATICON® najważniejsze targi w branży

Trzy dni spotkań, warsztatów i seminariów, najnowsze osiągnięcia myśli technicznej, prezentacje i branżowy networking. Do tego odświeżona i dynamiczna formuła. Już w marcu 2020 po raz dwudziesty szósty Międzynarodowe Targi Automatyki i Pomiarów AUTOMATICON® zgromadzą wystawców i odwiedzających, zainteresowanych innowacjami w przemyśle.

AUTOMATICON®, jako wysoko wyspecjalizowana impreza branżowa, jest miejscem spotkania całego innowacyjnego sektora przemysłu, a także platformą dla komunikacji biznesowej, miejscem wymiany najnowszej myśli technicznej, będącej kluczem dla rozwoju nowoczesnych technologii w polskich przedsiębiorstwach.

AUTOMATICON® 2020 odbędzie się w dniach 17...19 marca 2020 roku, w dotychczasowej lokalizacji w samym centrum stolicy w Warszawskim Centrum Expo XXI przy ulicy Prądzyńskiego 12/14. Zapraszamy w godzinach 9...17, wstęp wolny po rejestracji.

eprasa.pl e017b7ba51

Inteligentny wykrywacz nietoperzy

Nietoperze są w Polsce gatunkiem zagrożonym i podlegają one ścisłej ochronie. Populacja tych fascynujących ssaków jest cały czas monitorowana. Zwierzęta te wykorzystują echolokalizację – rodzaj „widzenia za pomocą dźwięku" – do rozpoznawania okolicy w ciemnościach. Z uwagi na fakt, iż każdy gatunek nietoperza wydaje trochę inne dźwięki, nagrywanie i analizowanie sygnałów echolokacyjnych to świetny sposób na monitorowanie i określanie gatunku nietoperza, jaki przelatuje nad naszymi głowami.

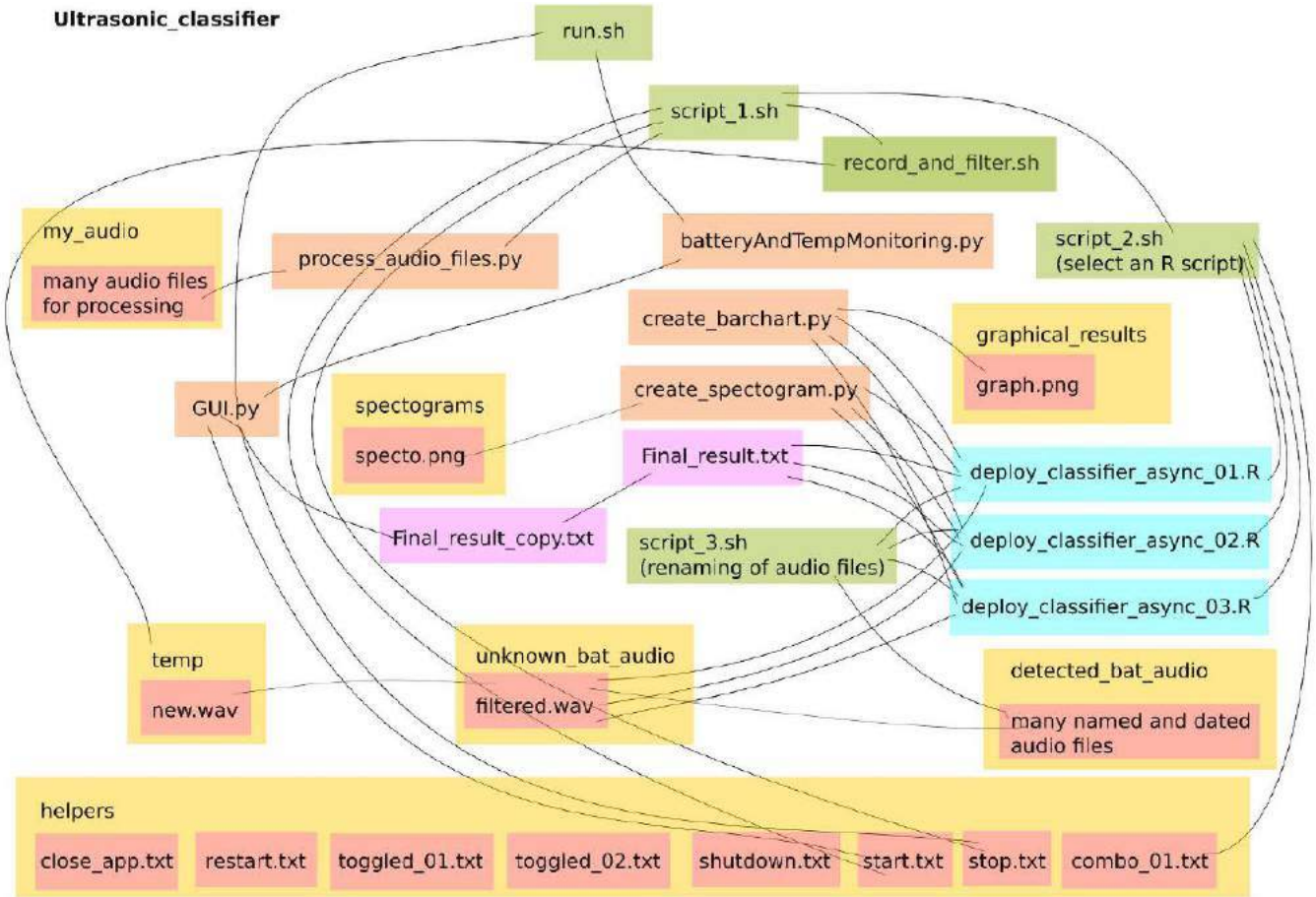
Nietoperze korzystają z systemu echolokalizacji. Emitują dźwięk o wysokich częstotliwościach, który odbija się od przeszkód, owadów etc. i wraca do ich czułych uszu. Pozwala to na „widzenie" w ciemności. Charakter emitowanych dźwięków pozwala zidentyfikować gatunek nietoperza, nawet, jeżeli znajduje się on dosyć daleko od nas. Jest to bardzo istotna informacja dla biologów monitorujących ilość nietoperzy na danym terenie. Analiza ta jest szczególnie przydatna, gdyż może być zautomatyzowana z wykorzystaniem opisanego poniżej prostego klasyfikatora. Dzięki temu, wykorzystując przenośny system oparty o komputer jednopłytkowy Raspberry Pi i dedykowane oprogramowanie możliwe jest wykrywanie i klasyfikowanie nietoperzy w terenie.

Prezentowane urządzenie wykrywające nietoperze może być zasilane z baterii 12 V i może być umieszczone w terenie na kilka dni lub nawet tygodni. Dane są przesyłane, co jakiś czas za pośrednictwem łącza radiowego LoRa. Zasada działania układu jest bardzo prosta – układ nagrywa 30 sekundowe próbki dźwięku i dokonuje jego analizy za pomocą systemu AI. Jeśli system wykryje w sygnale dźwięki charakterystyczne dla nietoperza to zmienia nazwę pliku na zidentyfikowany gatunek, dodaje do niego współczynnik określający pewność identyfikacji i datę. Pozostałe próbki audio są kasowane, by zaoszczędzić miejsce na dysku i zredukować obciążenie interfejsu komunikacyjnego.

Podstawowe cechy urządzenia:

- Mikrofon z pełnym widmem pomiarowym, zdolny do nagrywania dźwięku monofonicznego w jakości 384 kbps,
- Rezultaty mogą być wyświetlane w czasie rzeczywistym na dołączonym ekranie LCD, w postaci informacji o zidentyfikowanym gatunku lub jako widmo sygnału,
- Zasilanie z akumulatora 12 V lub dowolnego innego źródła zasilania o napięciu od 6 V do 16 V,
- Oprogramowanie zoptymalizowane pod kątem minimalizacji poboru prądu i wydajności obliczeń, dzięki wykorzystaniu klasyfikacji asynchronicznej,
- Średni czas pracy na 10 ogniwach 1,2 V NiMH typu AA to około 5 godzin,
- System zachowuje dane, nawet, jeżeli pewność detekcji wynosi 1%, ale ustawić można limit danych, po przekroczeniu, którego najgorsze pomiary będą kasowane,
- Możliwość przetwarzania wcześniej zebranych danych i danych z innych źródeł,
- Wykorzystanie w pełni otwartego oprogramowania,
- Możliwość uzupełniania modelu – trenowanie systemu uczenia maszynowego do wykrywania innych gatunków nietoperzy np. z innych obszarów geograficznych.

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 1. Schemat architektury oprogramowania systemu do wykrywania i identyfikacji nietoperzy

Wyzwania i problemy projektowe

Podczas realizacji projektu jego autor natknął się na szereg problemów związanych z koniecznością dobrania odpowiedniego rozwiązania technicznego do urządzenia. Pierwszym z nich był wybór odpowiedniego oprogramowania. Początkowo planował użyć pakietu do klasyfikacji muzyki „PyAudioAnalysis", który dawał możliwość wykorzystania algorytmów Random Forest, jak i rozpoznawania algorytmami uczenia maszynowego przy użyciu Tensorflow. Oba systemy działały nieźle, ale nie dawały zadowalających rezultatów. Po dalszych poszukiwaniach autor znalazł i zaimplementował pakiet napisany w R, który po zaledwie kilku godzinach optymalizacji, zapewnił bardzo dobre wyniki.

Drugim problemem było znalezienie danych audio dla nietoperzy dla kraju, w którym mieszka autor. Okazało się, że nie jest to takie proste, gdyż dane te są albo w ogóle niedostępne albo dostępne tylko dla wybranej grupy osób. Spowodowało to konieczność samodzielnego wyruszenia na audio-łowy i odnalezienie oraz nagranie kilku okolicznych gatunków nietoperzy. Autorowi udało się pozyskać próbki dźwiękowe od 6 gatunków tych zwierząt.

Jedynym problemem sprzętowym w systemie, było znalezienie przyzwoitego zasilacza. Musiał składać się z odpowiedniej baterii i przetwornicy zapewniającej napięcie 5 V. Jednocześnie musiał być wyposażony w możliwość pomiaru napięcia ogniwa i napięcia zasilania. Co zadziwiające, okazało się, że nie ma na rynku takich modułów dla Raspberry Pi. Utrudnieniem był dodatkowy wymóg – by częstotliwość pracy przetwornicy wynosiła powyżej 384 kHz. Dlatego w systemie zastosowano płytkę ewaluacyjną przetwornicy monolitycznej i osobny moduł z przetwornikami analogowymi podłączonymi do Raspberry Pi.

Oprogramowanie systemu także przyniosło szereg problemów. Projektowanie ogólnej architektury aplikacji było dosyć złożone. Na **rysunku 1** pokazano schemat całego software systemu. Za interfejs użytkownika odpowiada GTK 3, a reszta opiera się na różnych skryptach napisanych w Bashu i Pythonie do interakcji z głównym skryptem napisanym w języku r. Podczas gdy sam Python czy Bash są bardzo dobrze udokumentowane, to rozwiązywanie bardziej szczegółowych problemów z GTK 3 było bardzo trudne z uwagi na średniej jakości dokumentację jak i niewielkie wsparcie społeczności. Jak pisze sam autor „W porównaniu ze zwykłym programowaniem w Pythonie, GTK nie było przyjemnym doświadczeniem, chociaż bardzo satysfakcjonujące jest obserwowanie aplikacji w akcji". Natomiast nauka języka R nie była problemem, ponieważ jest to bardzo ogólny i dobrze opisany język.

Dużym problemem była równoległość prowadzenia obliczeń w oprogramowaniu. Niektóre części systemu, w szczególności moduł do nagrywania dźwięku na żywo, muszą być wykonywane płynnie. Zostało to osiągnięte w Bashu przy użyciu niewiarygodnie prostej składni – znak & (ampersand) i polecenie wait. Wszystko to odbywa się w dwóch bardzo schludnych wierszach kodu:

```
arecord -f S16 -r 384000 -d ${chunk_time} -c
-device=plughw:r/home/tegwyn/ultrasonic_classifier/
temp/new.wav &
wait
```

Wybór środowiska Bash do nagrywania fragmentów audio był dość oczywisty, ze względu na łatwość korzystania z bibliotek Alsa i zdolność do nagrywania w jakości 384 kbps. Bash pozwolił również na ścisłą kontrolę kolejności uruchamiania poszczególnych modułów, jako że niektóre bloki kody muszą być uruchamiane liniowo – działać jeden po drugim. Jest to najbardziej oczywiste w przypadku wdrażania modeli Random Forest, ponieważ trzeba je ładować do pamięci tylko raz na sesję, zamiast ładować za każdym razem, gdy wymagana jest klasyfikacja. Organizacja całego stosu była finalnie dosyć skomplikowana, ale dzięki dokumentacji każdego skryptu wszystko działa w zoptymalizowany sposób. Poszczególne skrypty komunikują się między sobą poprzez odpytywanie różnych plików tekstowych w katalogu „helpers", które bardzo często nie zawierają nawet żadnej zawartości.

eprasa.pl e017b7ba51

Potrzebne moduły i elementy

Do zestawienia prezentowanego urządzenia potrzebne będą:

- Raspberry Pi 4 z 4 GB pamięci RAM,
- Obudowa z wentylatorem. Dobrze jest także nakleić radiatory na układach Raspberry Pi,
- Moduł ADC Pi do monitorowania napięcia baterii i napięć zasilających,
- Płytka ewaluacyjna EVM3683-7-QN-01A do dostarczania 5 V,
- Moduł HAT Dragino LoRa GPS,
- Sensor temperatury i wilgotności Adafruit Si7021,
- Wyświetlacz TFT LCD (800×480) o przekątnej 5" z interfejsem dotykowym,
- Bateria 12 V lub inne podobne źródło zasilania,
- Mikrofon USB UltraMic 384 lub inny o szerokim pasmie (zapewniający jakość 384 kbps) obejmującym ultradźwięki,
- Oporniki 270 kΩ, 3,3 kΩ oraz 48,1 kΩ,
- Wodoodporna obudowa na system,
- Pakiet oprogramowania do środowiska R WavX bioacoustics do analizy i ekstrakcji danych akustycznych nietoperzy,
- Oprogramowanie do klasyfikacji Random Forest.

Budowa systemu

Montaż urządzenia zrealizować można w kilku prostych krokach:

1. Podłącz moduł z ADC do Pi. Mogą być wymagane dodatkowe kable przedłużające, by podłączyć mierzone sygnały,
2. Zainstaluj wentylator – Raspberry Pi 4 musi mieć wentylator. Powinien on być podłączony do jednego z pinów zasilania 5 V,
3. Znajdź na płytce ewaluacyjnej R10 i zastąp go rezystorem o rezystancji 270 Ω i niskiej tolerancji, najlepiej ±0,1%. Sprawdź, czy na wyjściu dostępne jest teraz napięcie 5,0 V. Na wejście modułu podłączyć można napięcie do 16 V,
4. Napięcie z akumulatora 12 V podłączamy do pinu 1 w module ADC poprzez opornik 48,1 kΩ,
5. Napięcie z wyjścia zasilacza 5 V podłączamy do pinu 2 modułu ADC poprzez rezystor 3,3 kΩ oraz bezpośrednio do styków 5 V na Raspberry Pi,
6. Do komputera podłączamy interfejsy USB i HDMI z ekranu dotykowego,
7. Po załączeniu włącznika na płytce zasilacza system uruchomi się i będzie gotowy do instalacji oprogramowania.

Oprogramowanie

Aby zainstalować całe niezbędne oprogramowanie na Raspberry Pi, musimy postępować zgodnie z poniższą instrukcją. Z uwagi na rozległość oprogramowania, nie będziemy prezentować tutaj kodu programu ani jego fragmentów – wszystkie pliki zaleźć można w repozytorium na GitHubie autora.

1. Na karcie Flash micro SD o pojemności 128 GB należy wgrać najnowszą wersje Raspbiana z wykorzystaniem dowolnego programu do nagrywania obrazów, jaki używamy,
2. Po uruchomieniu Raspberry Pi z nowym systemem, musimy utworzyć nowego użytkownika o loginie *tegwyn* (zamiast domyślnego loginu *pi*). Aby to zrobić wchodzimy w terminal i wpisujemy następujące komendy:

```
sudo adduser tegwyn
sudo adduser tegwyn sudo
echo 'tegwyn ALL=(ALL) NOPASSWD: ALL' | sudo tee /
etc/sudoers.d/010_tegwyn-nopasswd
sudo pkill -u pi
```

3. Logujemy się, jako tegwyn i pobieramy z repozytorium wszystkie niezbędne pliki. W tym celu w linii komend wpisujemy:

```
git clone https://github.com/paddygoat/ultrasonic_
classifier.git
```

4. Odnajdujemy plik *ultrasonic_classifier_dependancies_install_nano.sh* w folderze *home/ultrasonic_classifier* i otwieramy go z pomocą dowolnego, używanego przez nas edytora tekstowego. W pliku znajduje się link do bzip2-1.0.6, który musimy manualnie pobrać i zainstalować przed instalacją innych zależności,
5. Uruchamiamy cały skrypt do instalacji zależności. W tym celu w terminalu wpisujemy:

```
cd /home/tegwyn/ultrasonic_classifier/
chmod 775 ultrasonic_classifier_dependancies_
install.sh
bash ultrasonic_classifier_dependancies_install_
nano.sh
```

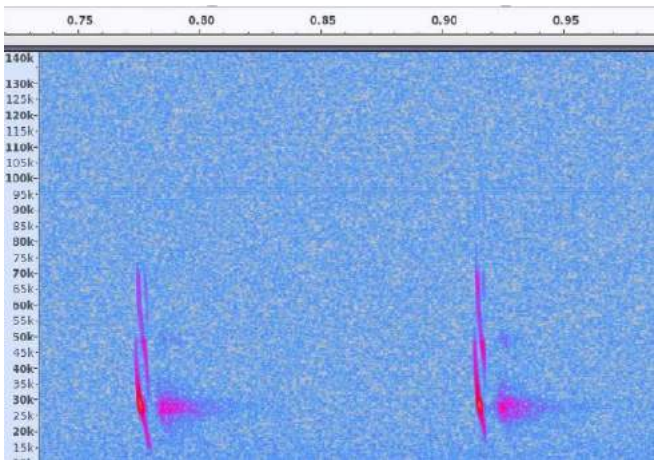
6. Odnajdujemy plik *run.sh* w folderze *home/ultrasonic_classifier* i edytujemy tam hasło w linii 156. Ponadto usuwamy z pliku linię 6 (`sudo -S jetson_clocks`), jako że jest ona dedykowana jedynie do pracy z system na platformie Nvidia Nano,
7. Na pulpicie powinna pojawić się ikona nietoperza. Wystarczy w nią kliknąć, aby uruchomić program. Widok okna programu pokazano na **rysunku 2**.

Rysunek 2. Okno programu do nagrywania i klasyfikacji dźwięków nietoperzy

Po uruchomieniu programu przez ikonę nietoperza na pulpicie można już zacząć korzystać z programu. Wybieramy opcję „Record and Classify" i naciskamy przycisk opisany „Graphical reporting". Aby przetestować działanie systemu możemy zadzwonić metalowymi kluczami do mikrofonu – system po nagraniu i przeanalizowaniu tego dźwięku powinien go rozpoznać i wyświetlić w kolumnie, jako „HOUSE_KEYS". Odświeżanie pomiarów odbywa się, co około 30 sekund. Jeśli chcemy, program pozwala także na oglądanie widm dźwięku w funkcji czasu. Przykład takiego widma pokazano na **rysunku 3**.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło: ***http://bit.ly/2Vka5MA***



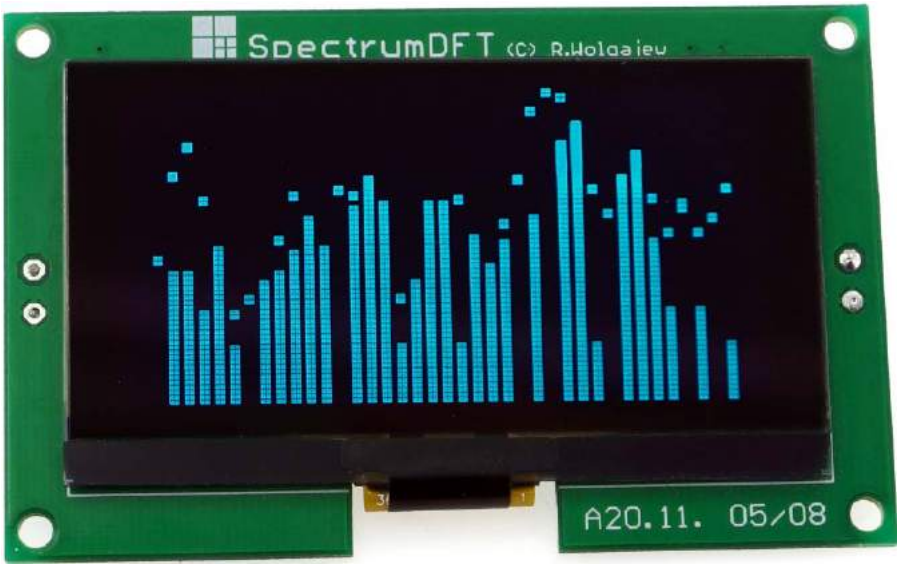
Rysunek 3. Widmo nagranego dźwięku – widoczne są miejsca, w których zarejestrowano dźwięk

eprasa.pl e017b7ba51

SpectrumDFT

Analizator widma sygnału akustycznego

Pomysł na analizator widma sygnału akustycznego z programową realizacją analizy częstotliwościowej „chodził za mną" od dłuższego czasu. Jak wiadomo potrzebny jest odpowiednio wydajny sprzęt (mikrokontroler) oraz wiedza z zakresu techniki DSP. Cóż tu ukrywać, na samym początku brakowało jednego, jak i drugiego. Jednak natknąłem się na bardzo ciekawy artykuł autorstwa Łukasza Podkalickiego (EP 12/2019) prezentujący arcyciekawe zagadnienia z zakresu DSP w odniesieniu do transformacji Fourier'a w ujęciu realizacji na prostych, 8-bitowych mikrokontrolerach o ograniczonej mocy obliczeniowej i niewielkiej ilości pamięci RAM. Autor pokazuje jak w prosty sposób jesteśmy w stanie wykonać dyskretną transformatę Fourier'a (DFT) sygnału audio.



Dyskretną transformatę Fourier'a (DFT) sygnału audio można wykonać przy użyciu arytmetyki stałoprzecinkowej i współczynników wektora rotującego (tzw. *twiddle factors*). Jakby tego było mało, autor prezentuje również praktyczną realizację 6-punktowego „kolorofonu" bazującego na niewielkim mikrokontrolerze firmy Atmel typu ATtiny13 i programowej realizacji DFT. Posiłkując się tym unikalnym materiałem postanowiłem wykonać prosty i efektowny analizator widma sygnału akustycznego z wykorzystaniem wspomnianej wcześniej techniki DSP.

Mój projekt wymagał jednak rzeczywistej analizy kilkudziesięciu punktów DFT co pociągało za sobą spore wymagania dotyczące mocy obliczeniowej mikrokontrolera wykraczające, zdawałoby się, poza możliwości typowego AVR-a, którymi zwykłem się zajmować. Mając już jednak spore doświadczenie w realizacji projektów z użyciem wspomnianej wcześniej rodziny mikrokontrolerów w naturalny sposób skierowałem się w stronę nowej rodziny AVR a mianowicie Xmega.

Mikrokontrolery rodziny Xmega, mimo że 8-bitowe, wyposażone zostały w wiele mechanizmów i peryferiów, które wydatnie zwiększają ich moce obliczeniowe. Wystarczy wymienić zegar pracujący z częstotliwością 32 MHz, system zdarzeń, wielopoziomowy kontroler przerwań czy układ DMA. Te cechy funkcjonalne, jak i cena niejednokrotnie niższa, niż w przypadku starszych „członków" rodziny AVR, spowodowały, iż zdecydowałem się na budowę prezentowanego urządzenia.

Budowa i działanie

Schemat urządzenia SpectrumDFT pokazano na **rysunku 1**. Zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy, którego „sercem" jest niewielki mikrokontroler firmy Microchip (dawniej Atmel) typu ATXmega16E5 odpowiedzialny za realizację całej założonej funkcjonalności. Taktowany jest wewnętrznym wysokostabilnym generatorem RC o częstotliwości 32 MHz i realizuje programową implementację 80-punktowej transformaty Fourier'a DFT, a wyniki obliczeń wyświetla w postaci wykresu widma na efektownym, graficznym wyświetlaczu OLED o rozdzielczości 128×64 piksele.

Sygnał audio podawany jest na wejście ADC0 wbudowanego w mikrokontroler 12-bitowego przetwornika ADC. Przetwornik próbkuje sygnał z częstotliwością 32 kHz, a wyniki trafiaja do odpowiedniej tablicy, która na drodze programowej poddawana jest obróbce DSP. Wynik działania tego procesu jest pokazywany na wyświetlaczu OLED.

Wyświetlacz do działania potrzebuje napięcia 12 V, w tym celu zastosowano nowoczesną przetwornicę typu step-up o oznaczeniu TPS61085 produkcji firmy Texas Instruments w podstawowej aplikacji. Przetwornica odznacza się doskonałymi parametrami elektrycznymi, z których najważniejsze to wysoka sprawność dochodząca do 93%, szeroki zakres napięcia wejściowego 2,3...6 V, opcja miękkiego startu oraz szereg wbudowanych zabezpieczeń (termiczne, od niskiego napięcia wejściowego). Duża częstotliwość przełączania 1,2 MHz pozwala stosować elementy o mniejszych

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5748

Podstawowe parametry:
- 40 pasm częstotliwościowych,
- wyświetlacz OLED o rozdzielczości 128×64,
- 4 tryby wyświetlania,
- sygnał wejściowy o maksymalnej amplitudzie 2 Vp-p,
- zasilanie napięciem z zakresu 4,5…6 V.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-5712	Spectrum – prosty analizator widma sygnału akustycznego (EP 9/2019)
AVT-5678	Stereofoniczny wskaźnik wysterowania (EP 6/2019)
AVT-5585	Sterownik wskaźnika wychyłowego do wzmacniacza (EP 1/2018)
AVT-1716	Wskaźnik wysterowania z pamięcią (EP 12/2012)
AVT-1517	Wskaźnik nie tylko wysterowania (EP 9/2012)
AVT-5219	Wizualizator do Winampa na USB (EP 1/2010)
AVT-5210	Analizator widma sygnału audio (EP 11/2009)

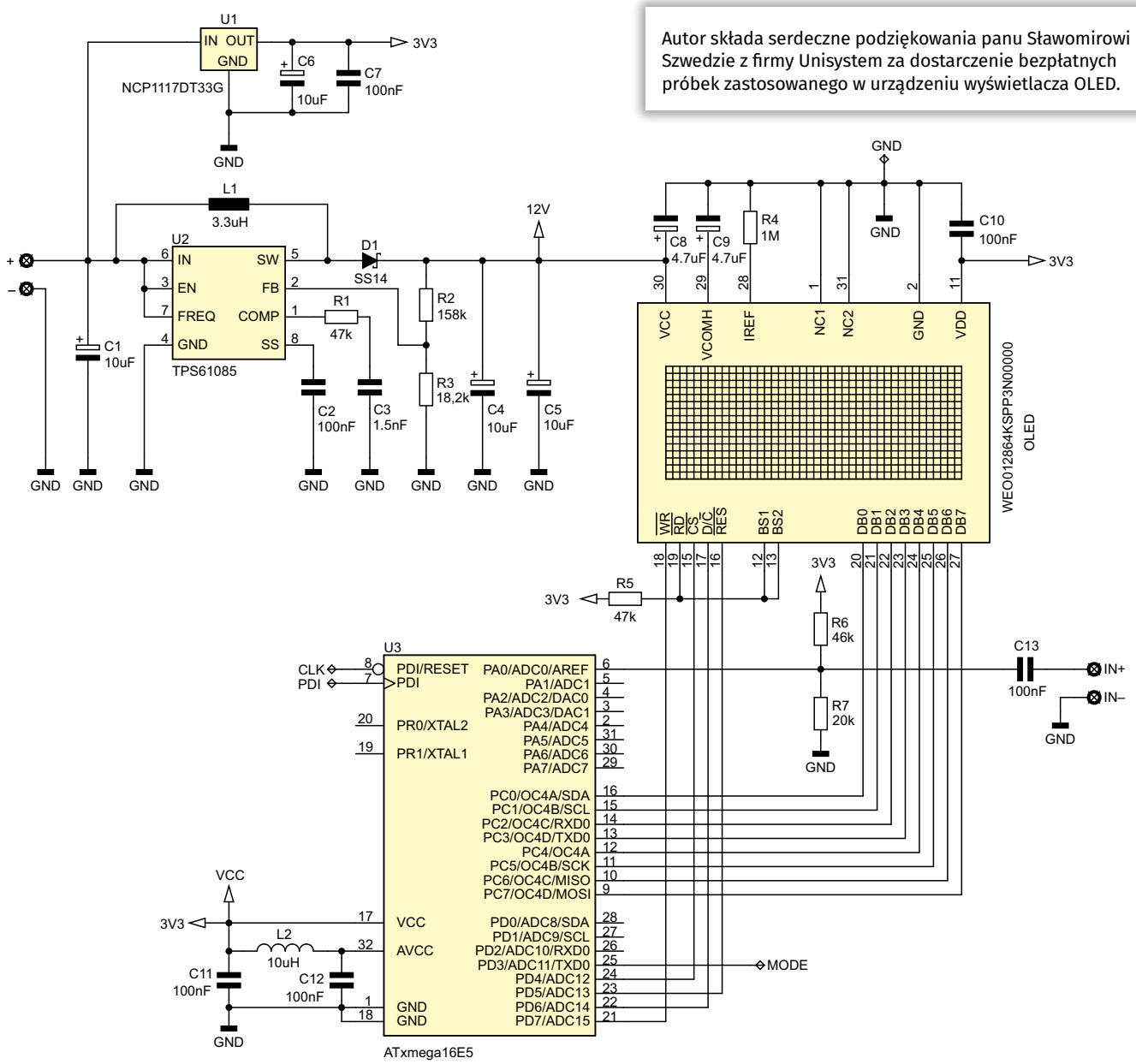
* **Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [**B**] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [**B**] zawiera elementy elektroniczne (w tym [**UK**] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [**C**] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [**B**] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [**A**] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [**A+**] – płytka drukowana [**A**] + zaprogramowany układ [**UK**] i dokumentacja
- wersja [**UK**] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
http://sklep.avt.pl. W przypadku braku dostępności na *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

eprasa.pl e017b7ba51

Autor składa serdeczne podziękowania panu Sławomirowi Szwedzie z firmy Unisystem za dostarczenie bezpłatnych próbek zastosowanego w urządzeniu wyświetlacza OLED.



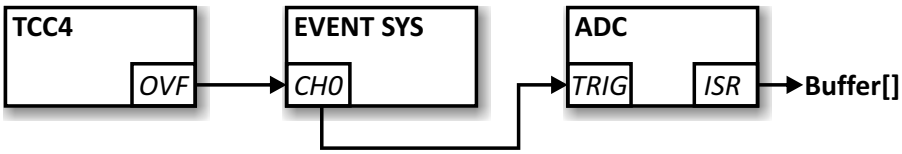
Rysunek 1. Schemat ideowy urządzenia

wymiarach (mniejsza indukcyjność i pojemność). Dodatkowo, układ TPS61085 wyposażono w wejście EN (Enable), przy pomocy którego możemy wyłączyć przetwornicę, jeśli zajdzie taka potrzeba (np. wygaszenie wyświetlacza) i tym samym ograniczyć pobór prądu ze źródła napięcia zasilającego.

Nie bez powodu wybrano ten rodzaj wyświetlacza. Jego właściwości użytkowe w porównaniu z typowym elementem LCD są nie do przecenienia, a cena jest zbliżona do ceny analogicznego elementu wykonanego w technologii LCD.

Główne zadanie układu, jakim jest akwizycja i przetwarzanie danych próbek sygnału audio, jest możliwe dzięki sprzęgnięciu ze sobą kilku podsystemów mikrokontrolera AVR, co pokazano na **rysunku 2**. Podstawowym podsystemem mikrokontrolera ATxmega16E5, inicjującym pomiar przetwornika ADC, jest układ czasowo-licznikowy TCC4. Jest on taktowany wysokostabilnym przebiegiem zegarowym o częstotliwości 32 MHz (tym samym, co rdzeń mikrokontrolera) i generuje zdarzenie przepełnienia licznika (OVF) co 1000 taktów zegara (PER=999), czyli 32000 razy na sekundę.

Zdarzenie przepełnienia licznika połączone jest z kanałem CH0 systemu zdarzeń (EVENT SYSTEM), dla którego stanowi źródło zdarzeń. Kanał CH0 systemu zdarzeń jest z kolei wyzwalaczem (TRIG) dla wbudowanego w strukturę mikrokontrolera przetwornika ADC, dzięki czemu możliwe jest próbkowanie wejściowego sygnału audio w równych odstępach czasu (32 kHz).



Rysunek 2. Schemat blokowy systemu akwizycji danych

REKLAMA

eprasa.pl e017b7ba51

Listing 1. Kod odpowiedzialny za inicjalizację układu czasowo-licznikowego TCC4

```
#define SAMPLING_FREQ 32000

//Uruchomienie timera TCC4 by
//przepełniał się 32000 razy/sek
TCC4.CTRLB = TC_WGMODE_NORMAL_gc;
TCC4.PER = F_CPU/SAMPLING_FREQ-1;
```

Listing 2. Kod odpowiedzialny za powiązanie zdarzenia przepełnienia licznika TCC4 z kanałem CH0 systemu zdarzeń

```
//Kanał 0 systemu zdarzeń będzie
//przekazywał zdarzenie przepełnienia TCC4
EVSYS.CH0MUX = EVSYS_CHMUX_TCC4_OVF_gc;
```

Przerwanie od zakończenia konwersji przetwornika ADC (ADCA_CH0_vect) odpowiedzialne jest za właściwą akwizycję danych oraz ustawianie stosownych flag dla programu obsługi aplikacji.

Warto wspomnieć o innej możliwości automatycznej akwizycji danych, którą to początkowo wykorzystywałem w programie obsługi aplikacji. Mowa o podsystemie DMA, dzięki któremu możliwa staje się akwizycja danych i ich automatyczne umieszczanie w buforze programowym bez udziału rdzenia mikrokontrolera, dzięki specjalnym wyzwalaczom podsystemu DMA, którym może być np. zdarzenie zakończenia konwersji przetwornika ADC. Początkowo wykorzystywałem tą zaawansowaną możliwość mikrokontrolera rodziny Xmega. Jednak program obsługi aplikacji nie wykonuje absolutnie żadnych zadań poza zbieraniem i obróbką danych, więc w końcowym programie zrezygnowałem z usług podsystemu DMA, gdyż nie wnosił on żadnych usprawnień.

Program sterujący

Kod odpowiedzialny za inicjalizację układu czasowo-licznikowego TCC4 pokazano na **listingu 1**, zaś kod odpowiedzialny za powiązanie zdarzenia przepełnienia licznika TCC4 z kanałem CH0 systemu zdarzeń pokazano na **listingu 2**. Dalej, na **listingu 3** pokazano kod odpowiedzialny za inicjalizację przetwornika ADC mikrokontrolera. Wybrano 8-bitowy tryb SINGLE ENDED przetwornika co podyktowane było potrzebą uproszczenia mechanizmów odpowiedzialnych za późniejsze obliczenie transformaty DFT badanego sygnału (ograniczenie zakresu zmiennych). Jako źródło referencji wybrano napięcie VCC/1,6, zaś jako wyzwalacz konwersji kanał CH0 systemu zdarzeń. Ponadto uruchomiono przerwanie po konwersji przetwornika ADC odpowiedzialne za akwizycję danych, którego ciało pokazano na **listingu 4**.

Zebraniu kompletnej porcji danych towarzyszy zatrzymanie akwizycji danych (wyłączenie timera TCC4) oraz ustawienie flagi *ADCdataReady*, dzięki czemu możliwe jest przetworzenie danych przez program

Listing 3. Kod odpowiedzialny za inicjalizację przetwornika ADC mikrokontrolera

```
//ADC config: 8bit single ended, no curr limit,
//ref = VCC/1.6, gain = x1, trigger - event ch0
//ADC Enabled
ADCA.CTRLA = ADC_ENABLE_bm;
//300ksps max sampling rate
ADCA.CTRLB = ADC_CURRLIMIT_NO_gc | ADC_RESOLUTION_8BIT_gc;
//Internal VCC / 1.6
ADCA.REFCTRL = ADC_REFSEL_INTVCC_gc;
//First event triggers channel conversion
ADCA.EVCTRL = ADC_EVSEL_0_gc | ADC_EVACT_CH0_gc;
//1MHz @ 32MHz
ADCA.PRESCALER = ADC_PRESCALER_DIV32_gc;
ADCA.CH0.CTRL = ADC_CH_GAIN_1X_gc | ADC_CH_INPUTMODE_SINGLEENDED_gc;
//pin PA0
ADCA.CH0.MUXCTRL = ADC_CH_MUXPOS_PIN0_gc;
ADCA.CH0.INTCTRL =
        //Interrupt on conversion complete
        ADC_CH_INTMODE_COMPLETE_gc |
        //High level
        ADC_CH_INTLVL_HI_gc;
```

Listing 4. Kod funkcji obsługi przerwania przetwornika ADC odpowiedzialnej za akwizycję danych

```
//Liczba próbek sygnału
#define N 80
#define DATA_ACQUISITION_ON TCC4_CTRLA = TC_CLKSEL_DIV1_gc
#define DATA_ACQUISITION_OFF TCC4_CTRLA = TC_CLKSEL_OFF_gc

ISR(ADCA_CH0_vect){
    static uint8_t Idx;

    Buffer[Idx++] = ADCA.CH0RESL;

    if(Idx == N){
        Idx = 0;
        ADCdataReady = 1;
        //Wyłączenie timera TCC4
        DATA_ACQUISITION_OFF;
    }
}
```

Listing 5. Kod funkcji odpowiedzialnej za obliczenie dyskretnej transformaty Fourier'a

```
//Multiplication factor, max 128
#define MULF 64

void DFT(void){
    uint16_t a, b;
    int32_t Re, Im;
    //Obliczamy moc sygnału dla poszczególnych
    //prążków częstotliwościowych
    for (uint8_t i=0; i<(N/2)+1; ++i){
        Re = Im = a = 0;
        b = 3*N/4;

        for (uint8_t j=0; j<N; ++j){
            Re += (Buffer[j] * Twiddle[a % N])/MULF;
            Im -= (Buffer[j] * Twiddle[b % N])/MULF;
            a += i;
            b += i;
        }
        Power[i] = (Re*Re + Im*Im)/(N*N);
    }
}
```

Listing 6. Kod funkcji odpowiedzialnej za wyznaczenie współczynników wektora rotującego

```
#define PI2 6.2832  //2*Pi

void calculateTwiddleFactors(void){
    for(uint8_t i=0; i<N; ++i) Twiddle[i] = (int16_t) (MULF*cos(i*PI2/N));
}
```

Listing 7. Kod funkcji odpowiedzialnej za wyznaczenie współczynników okna Hanna (Hanninga)

```
void calculateWindowFactors(void){
    for(uint8_t i=0; i<N; ++i) Window[i] = (int16_t) (MULF*(0.5-0.5*cos(i*PI2/(N-1))));
}
```

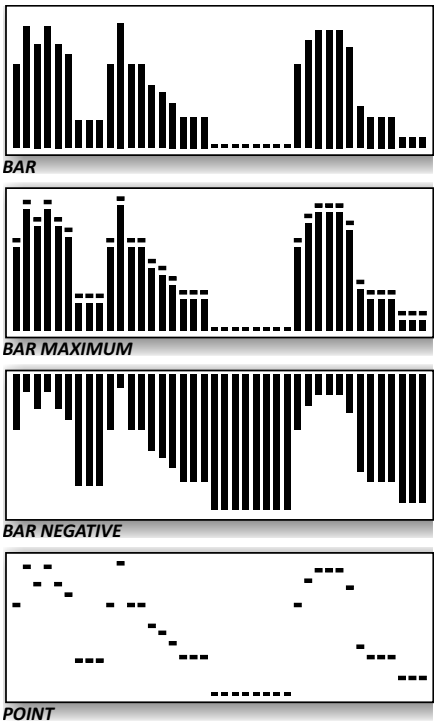
Listing 8. Kod odpowiedzialny za konfigurację zegara mikrokontrolera Xmega16E5

```
//Uruchamiamy wewnętrzny oscylator 32MHz
// i czekamy na ustabilizowanie się jego przebiegu
OSC.CTRL |= OSC_RC32MEN_bm;
while(!(OSC.STATUS & OSC_RC32MRDY_bm));
//Włączenie oscylatora 32M, jako źródła taktowania mikrokontrolera
CPU_CCP = CCP_IOREG_gc;
CLK.CTRL = CLK_SCLKSEL_RC32M_gc;
//Wyłączamy wewnętrzny oscylator 2MHz, gdyż nie jest już potrzebny
OSC.CTRL &= ~ OSC_RC2MEN_bm;
```


eprasa.pl e017b7ba51

główny aplikacji. Za przetworzenie danych, czyli obliczenie dyskretnej transformaty Fourier'a z próbek sygnału zebranych w tablicy *Buffer[]*, odpowiedzialna jest funkcja pokazana na **listingu 5**. Wynikiem działania funkcji *DFT()* jest obliczenie mocy poszczególnych prążków częstotliwości (co 400 Hz) i zapisanie ich w tablicy *Power[]*.

Właśnie to zadanie stanowi główny problem obliczeniowy, o którym wspomniano na wstępie artykułu. Wynika to z liczby obliczeń stałoprzecinkowych wykonywanych w ramach dwóch pętli, z których składa się wspomniana funkcja. Jak widać, liczba tych obliczeń zależy bezpośrednio od liczby punktów transformaty Fourier'a (N), która w naszym przypadku wynosi 80. Z kolei liczba punktów transformaty determinuje odległość kolejnych prążków mocy (tzw. BIN) a wynika z zależności BIN = częstotliwość próbkowania sygnału/liczba punktów transformaty (N). Dla naszego przypadku BIN=400 Hz (32 kHz/80), co oznacza że kolejne wartości częstotliwości, dla których liczona jest moc sygnału są wielokrotnością 400 Hz. Wartość ta jest kompromisem pomiędzy rozdzielczością mocy (BIN) a czasem niezbędnym na wykonanie funkcji DFT() przy przyjętej liczbie punktów transformaty (N). W naszym przypadku czas ten wynosi około 50 ms (zmierzony empirycznie), co determinuje częstotliwość odświeżania wykresu widma (tzw. framerate), która w tym przypadku wynosi 20 Hz.



Rysunek 3. Wizualizacje przedstawiające 4 tryby wyświetlania informacji o widmie sygnału audio

Dalsze zwiększanie liczby punktów transformaty (N), mimo iż pożądane, zmniejszyłoby częstotliwość odświeżania wykresu widma do wartości nieakceptowalnych i praktycznie nieużytecznych. To jest główne ograniczenie software'owe naszej implementacji i wynika w głównej mierze z 8-bitowej architektury mikrokontrolera Xmega, jak i maksymalnej, dostępnej częstotliwości taktowania rdzenia. Trzeba mieć na uwadze, że w ciągu wspomnianych 50 ms mikrokontroler Xmega moze wykonać niemal 1,6 mln instrukcji (jednotaktowych), co daje nam zarys sytuacji w zakresie złożoności obliczeniowej funkcji *DFT()*.

Funkcja *DFT()* korzysta z tablicy *Twiddle[]* współczynników wektora rotującego (tzw. *twiddle factors*), której wyznaczeniem zajmuje się funkcja *calculateTwiddleFactors()* pokazana na **listingu 6**. Oczywiście funkcja z listingu 6 jest niejako nadmiarowa, gdyż współczynniki takie moglibyśmy wyznaczyć sobie w arkuszu kalkulacyjnym i zapisać na stałe w pamięci programu (Flash) co zmniejszyłoby zajętość pamięci RAM mikrokontrolera oraz kod obsługi aplikacji. Ja zdecydowałem się na wyznaczenie ich w trakcie działania programu, gdyż po pierwsze, jest to szybsze, zaś po drugie i niemniej ważne, mikrokontroler wyposażono w dużą ilość pamięci RAM.

Warto podkreślić, że przed wykonaniem funkcji *DFT()* zebrana tablica danych wejściowych *Buffer[]* poddawana jest okienkowaniu, które ma na celu ograniczenie tak zwanych wycieków widma sygnału. Zastosowana funkcja okna jest typu Hanna (Hanninga), zaś wyznaczeniem stosownych współczynników okna (*Window[]*) zajmuje się funkcja *calculateWindowFactors()*, której to ciało pokazano na **listingu 7**. Spróbkowany przebieg wejściowy zebrany w tablicy *Buffer[]*, jest przemnażany przez funkcję okna *Window[]* przed wykonaniem transformaty Fourier'a w ramach funkcji *DFT()*.

Po wykonaniu funkcji *DFT()*, a przed wyświetleniem widma mocy sygnału, stosowne moce przeliczane są do skali logarytmicznej (dB). Wynika to głównie z dużej dynamiki sygnału *Power[]* i konieczności pokazania go na ograniczonej rozdzielczością pionową wyświetlacza OLED (64 piksele) skali sygnału. Przeliczenie, o którym mowa, wykonywane jest według następującej zależności: Power=10·$\log_{10}$(Power).

Na koniec przedstawię kod odpowiedzialny za uruchomienie wewnętrznego oscylatora 32 MHz mikrokontrolera Xmega, jako że podstawowo mikrokontroler ten uruchamiany jest z aktywnym oscylatorem o częstotliwości 2 MHz, zaś nasze urządzenie stawia dość wysokie wymagania obliczeniowe. Kod odpowiedzialny za konfigurację zegara mikrokontrolera Xmega16E5 pokazano na **listingu 8**.

Program obsługi aplikacji urządzenia SpectrumDFT przewiduje 4 tryby wyświetlania informacji o widmie sygnału audio, których przykładowe wizualizacje przedstawiono na **rysunku 3**. Warto podkreślić, że tryb trzeci (Bar maximum) integruje dodatkową funkcjonalność w postaci pokazywania wartości szczytowej w każdym z 40 pasm częstotliwościowych.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy urządzenia SpectrumDFT pokazano na **rysunku 4**. Zaprojektowano bardzo zwarty obwód drukowany o wielkości zbliżonej do zastosowanego wyświetlacza OLED zbudowany wyłącznie z elementów SMD umieszczonych tylko po stronie BOTTOM.

Moduł wyświetlacza OLED podłączony jest do płytki naszego urządzenia z użyciem gniazda ZIF o bardzo gęstym rastrze (0,5 mm), dlatego montaż naszego urządzenia rozpoczynamy właśnie od przylutowania tegoż gniazda. Najprostszym sposobem montażu elementów o tak dużym zagęszczeniu wyprowadzeń, niewymagającym jednocześnie posiadania specjalistycznego sprzętu, jest użycie typowej stacji lutowniczej, wraz z dobrej jakości cyną oraz odpowiednią ilością topnika. Niezbędna będzie, także dość cienka plecionka rozlutownicza, która umożliwi usunięcie nadmiaru cyny spomiędzy wyprowadzeń złącza. Należy

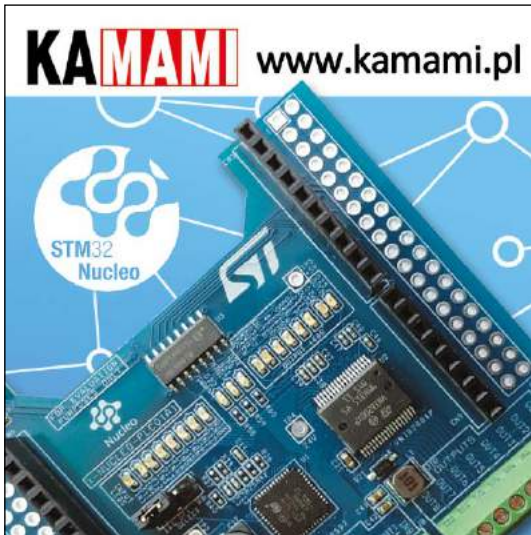
Wykaz elementów:

Rezystory: (obudowy SMD 0805)
R1, R5: 47 kΩ
R2: 158 kΩ 1%
R3: 18,2 kΩ 1%
R4: 1 MΩ
R6: 46 kΩ 1%
R7: 20 kΩ 1%

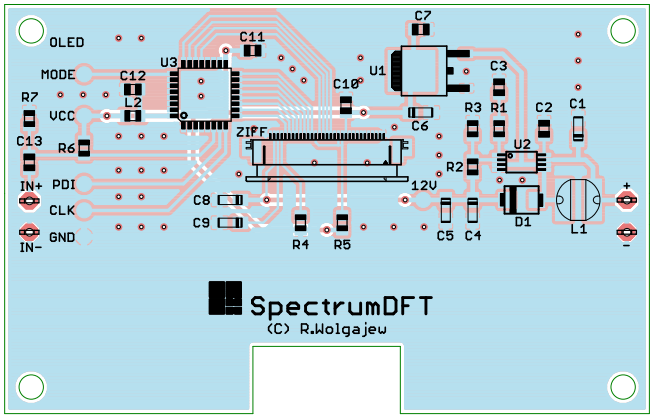
Kondensatory:
C1, C4…C6: 10 µF/16 V tantalowy (SMD A)
C2, C7, C10…C12: 100 nF (SMD 0805)
C3: 1,5 nF (SMD 0805)
C8, C9: 4,7 µF/16 V tantalowy (SMD A)

Półprzewodniki:
U1: NCP1117DT33G (TO252)
U2: TPS61085 (TSSOP8)
U3: ATxmega16E5 (TQFP32)
D1: SS14 (SMA)
OLED: OLED Winstar WEO012864KSPP3N00000 (128×64)

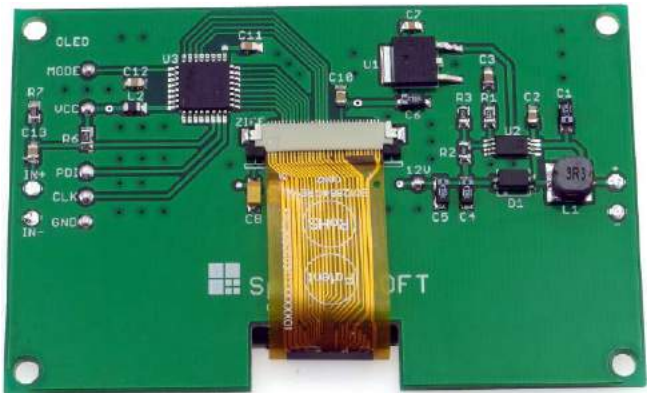
Inne:
L1: dławik mocy 3,3 µH typu DLG-0504-3R3
L2: dławik SMD 10 µH (SMD 0805)
ZIF: złącze typu ZIF (raster 0,5 mm, 31-pin, górny kontakt)

REKLAMA


eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 4. Sc hemat montażowy



Fotografia 1. Zmontowany obwód drukowany widziany od strony BOTTOM

przy tym uważać by nie uszkodzić termicznie tego elementu. Jakość wykonanego połączenia sprawdzamy pod lupą korzystając z najprostszego miernika ze sprawdzaniem ciągłości połączeń.

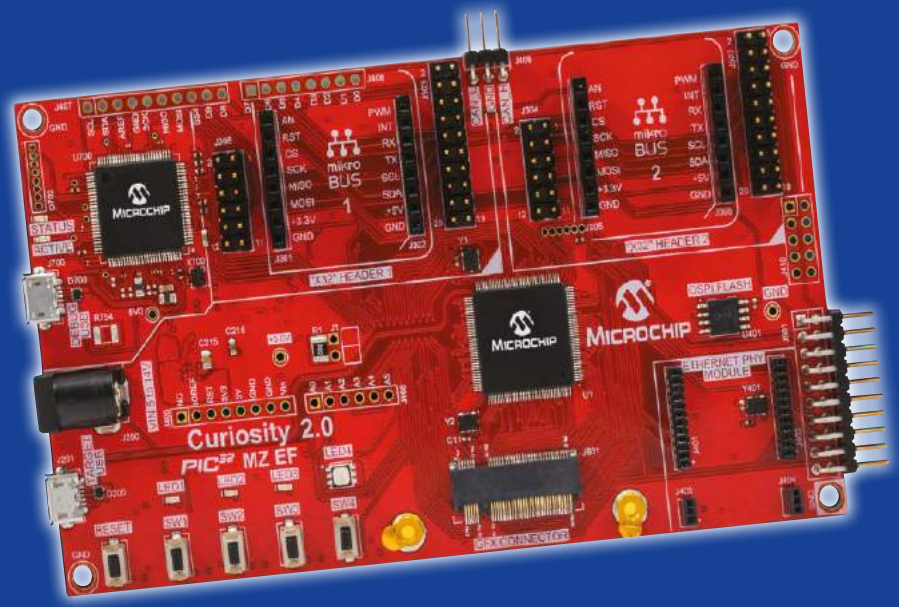
Następnie przechodzimy do przylutowania mikrokontrolera i przetwornicy napięcia TPS61085. Potem lutujemy pozostałe półprzewodniki a na samym końcu elementy bierne. Opcjonalny przycisk MODE sterujący trybem wyświetlania widma przylutowujemy pomiędzy wyprowadzenia pola lutowniczego MODE oraz masę zasilania. Na samym końcu podłączamy wyświetlacz OLED do złącza ZIFF po stronie BOTTOM, zaś sam element przyklejamy po stronie TOP (w miejscu wyznaczonym obrysem) korzystając z dwustronnej taśmy klejącej. Zmontowany obwód drukowany urządzenia widziany od strony BOTTOM pokazano na **fotografia 1**.

Źródło zasilania o napięciu z zakresu 4,5...6 V podłączamy przewodami do pól lutowniczych oznaczonych + i –. Z kolei sygnał wejściowy o maksymalnej amplitudzie 2 Vp-p podłączamy do pól lutowniczych oznaczonych IN+ i IN–.

Poprawnie zmontowany układ powinien działać po włączeniu zasilania. Dla pewności warto sprawdzić wartość napięcia przetwornicy step-up (punkt lutowniczy 12 V), które powinno oscylować w okolicach 12 V. Warto również podkreślić, iż domyślnym trybem wyświetlania informacji o widmie jest tryb „BAR MAXIMUM".

Robert Wołgajew, EP

Wygraj płytkę Microchip Curiosity PIC32MZ EF Dev Board 2.0



Firma Microchip organizuje konkurs dla czytelników Elektroniki Praktycznej, w ramach którego mogą oni zdobyć płytkę deweloperską Curiosity PIC32MZ EF 2.0 Development Board (model DM320209). Na płytce znajduje się mikrokontroler PIC32MZ2048EFM144, taktowany zegarem 200 MHz, wyposażony w 2 MB pamięci Flash i 512 Kb SRAM. Układ jest w stanie pracować z wyświetlaczami o rozdzielczości do WQVGA, bez potrzebny stosowania zewnętrznych kontrolerów. Dostępny jest też w pełni sprzętowy mechanizm kryptograficzny z generatorem liczb losowych o dużej przepustowości, umożliwiający realizację algorytmów AES, 3DS, SHA, MD5 i HMAC.
W zestawie z płytką dostarczany jest zintegrowany programator i debuger, co oznacza że nie ma potrzeby sięgania po dodatkowy sprzęt by rozpocząć prace. Warto także dodać, że płytka jest kompatybilna z modułami MikroElektronika mikroBUS Click.
Aby wziąć udział w konkursie należy zarejestrować się na stronie pod adresem: http://bit.ly/2T3C3cA.

eprasa.pl e017b7ba51

Modułowy odbiornik nasłuchowy na pasma 80 m i 40 m „Dosia”

Mikroprocesorowy moduł kontrolno-sterujący (2)

W poprzedniej publikacji o odbiorniku nasłuchowym na pasma KF 40 m i 80 m „Dosia” został opisany projekt mikroprocesorowego modułu kontrolno-sterującego, przeznaczonego do pomiaru częstotliwości pracy VFO, a także nastawiania i zapamiętywania kluczowych parametrów pracy urządzenia. Ostatnia część publikacji to obiecany czytelnikom, szczegółowy opis montażu całości urządzenia w dedykowanej obudowie, wraz z projektem estetycznego, dopasowanego panelu czołowego.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-3198

Podstawowe parametry:
- pomiar częstotliwości pracy VFO (na obu pasmach: 40 m oraz 80 m),
- zapamiętywanie kluczowych trybów pracy,
- możliwość zaadaptowania do innych konstrukcji,
- zasilanie 5 V DC.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

----	Modułowy odbiornik nasłuchowy na pasma 80 m i 40 m „Dosia” – mikroprocesorowy moduł kontrolno-sterujący (EP 02-2020)
AVT-3199,3197	Modułowy odbiornik nasłuchowy na pasma 40 i 80 m „Dosia” (EP 9-10-11/2017_2-4/2018)
----	Odbiornik nasłuchowy na pasmo 80 m (EP 6/2015)
AVT-2970	Odbiornik SDR na pasmo 2 m (EdW 2/2011)
AVT-2960	Minitransceiver SP5AHT (80 m/SSB) (EdW 11/2010)
AVT-2934	Odbiornik na pasmo 80 m (EdW 2/2010)
AVT-2925	Odbiornik nasłuchowy „Cypisek” (EdW 12/2009)

*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

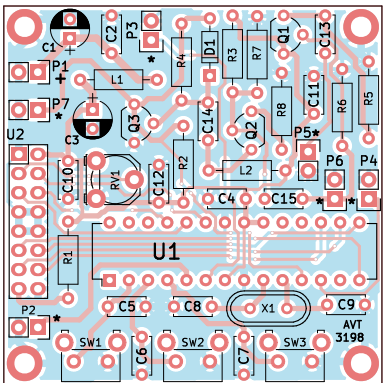
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
http://sklep.avt.pl. W przypadku braku dostępności na *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Montaż i uruchomienie modułu kontrolno-sterującego

Montaż modułu kontrolno-sterującego należy wykonać zgodnie ze schematem z **rysunku 4** pokazującym schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów. Montaż należy rozpocząć od elementów najniższych (rezystory, diody) aż do coraz wyższych (podstawka pod mikrokontroler, kondensatory, złącza portów zewnętrznych itd.).

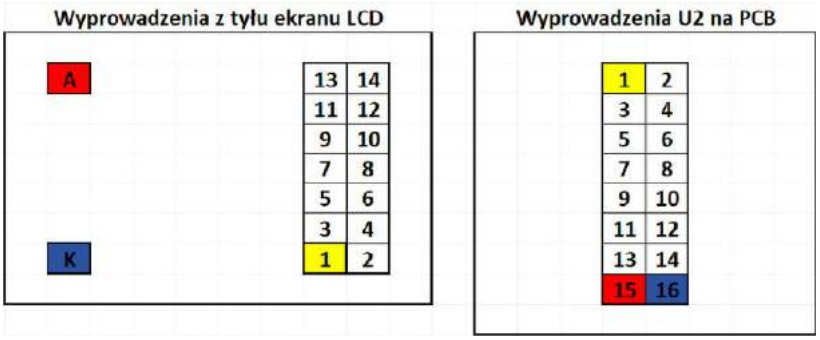
Jeżeli moduł będzie standardowo montowany i wykorzystywany w odbiorniku „Dosia”, to nie ma potrzeby montażu elementów opcjonalnego bloku wzmacniaczy wstępnych, a jedynie należy zamontować złącza „goldpin” dla portów: P1 (wejście zasilania modułu), P2...P4 (wyjścia sterujące innymi modułami odbiornika) oraz P7 (wejście pomiarowe „C”, przeznaczone do pomiaru częstotliwości cyfrowego sygnału z generatora VFO). Informacje dotyczące zakresu montażu elementów opcjonalnego bloku wzmacniaczy wstępnych wynikają wprost z opisu zasady działania i właściwości prezentowanego modułu, a także sposobu jego wykorzystania. W zależności od potrzeb montujemy dodatkowo: rezystory R2...R8, kondensatory C11...C15, dławik L2, diodę D1, tranzystory Q1...Q3 oraz (alternatywnie) wyprowadzenia



Rysunek 4. Widok płytki drukowanej modułu kontrolno-sterującego

REKLAMA

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 5. Powiązania kablowe modułu AVT-3198 z wyświetlaczem LCD

portów P5 (wejście pomiarowe „A") albo P6 (wejście pomiarowe „B").

Na **fotografii 1** pokazano zmontowany i zamocowany do płyty podstawy moduł kontrolno-sterujący – w wersji przeznaczonej do pracy w odbiorniku „Dosia", tzn. bez elementów opcjonalnego bloku wzmacniaczy wstępnych. Widać na niej m.in. przyciski sterujące SW1...SW3, potencjometr regulacji kontrastu LCD RV1 oraz elementy łączenia z wyświetlaczem LCD. Dokładny schemat powiązań kablowych modułu AVT-3198 z wyświetlaczem LCD U2, pokazano na **rysunku 5** (dla zwiększenia czytelności zrezygnowano z naniesienia na rysunku połączeń elektrycznych, jednak pełna informacja wynika z podanej numeracji wyprowadzeń lub kolorów poszczególnych pól). Fizyczna realizacja ostatniego z wymienionych tutaj połączeń: LCD-MCU została szczegółowo opisana w kolejnym ustępie – przy okazji omawiania szczegółów montażu całości urządzenia w dedykowanej obudowie „KRADEX Z-1". Prawidłowo zmontowany i uruchomiony moduł przeznaczony do zastosowania w odbiorniku „Dosia", wymaga jedynie regulacji kontrastu wyświetlacza LCD za pomocą potencjometru montażowego RV1.

Połączenia z pozostałymi modułami należy wykonać zgodnie ze schematem blokowo-montażowym odbiornika (rysunek 1 z pierwszej części artykułu). Pomocne będą także schematy elektryczne powiązanych modułów:

- filtrów w.cz. **AVT-3190**,
- mieszacza i amplifiltrów **AVT-3191**,
- generatora VFO **AVT-3195,**
- bloku ARW/AGC **AVT-3196**,

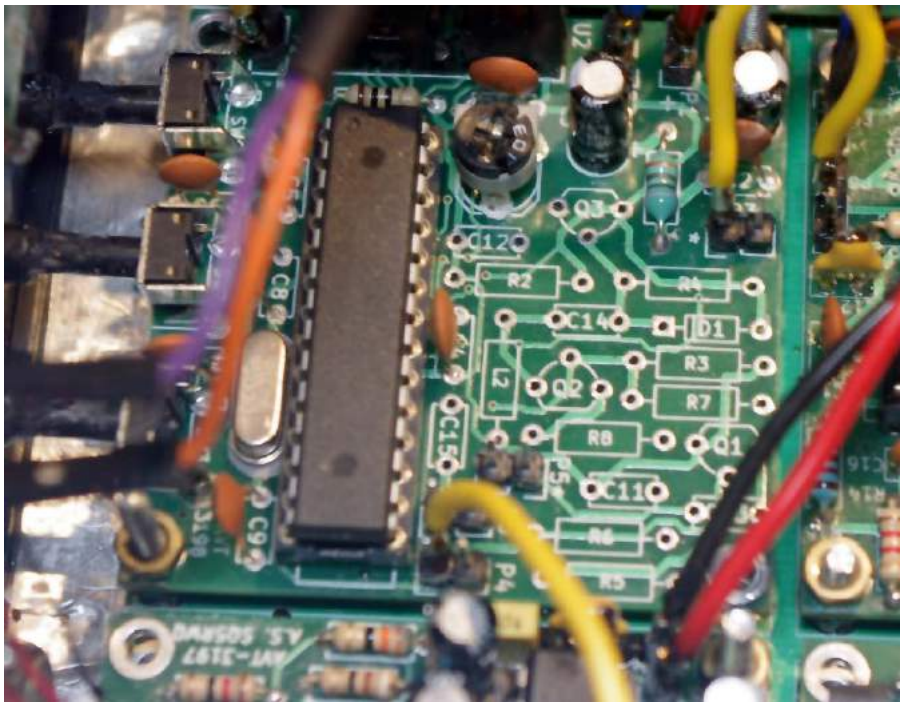
przedstawionych we wcześniejszych częściach publikacji.

Montaż paneli i całości urządzenia w dedykowanej obudowie

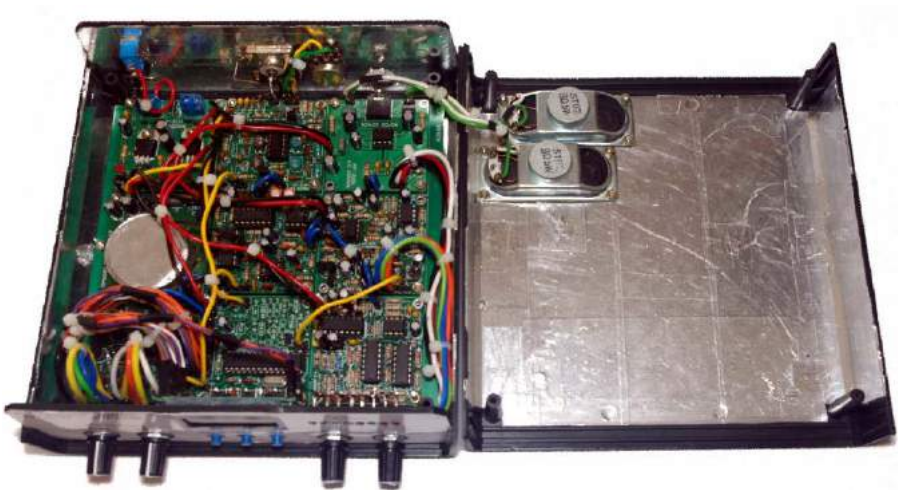
Poprawny i skuteczny montaż kompletnego odbiornika *„Dosia"* w dedykowanej obudowie *„KRADEX Z-1"* nie wymaga szczególnych umiejętności praktycznych, jednak wskazane jest zachowanie reguł pracy oraz kolejności działań, przedstawionych w dalszej części tego ustępu. Na **fotografii 2** zaprezentowano ogólny widok całości wnętrza zmontowanego egzemplarza modelowego odbiornika. Pokazuje w jaki sposób uporządkowane zostały poszczególne grupy połączeń kablowych oraz jak zaaranżowano rozmieszczenie zewnętrznych podzespołów, których montaż wprost na płytkach drukowanych poszczególnych modułów nie był możliwy. Jako swego rodzaju *„przewodnik montażu"* całego urządzenia powinna służyć ostateczna wersja schematu blokowo-montażowego odbiornika (rysunek 1 z pierwszej części artykułu).

Montaż finalnej wersji odbiornika warto rozpocząć od uporządkowania i pogrupowania połączeń kablowych pomiędzy poszczególnymi modułami oraz elementami znajdującymi się na tylnym panelu obudowy. **Fotografia 3** przybliża szczegóły montażu poszczególnych części modelowego egzemplarza odbiornika widziane z dogodnej perspektywy. Na **fotografii 4** widać dokładnie sposób zagospodarowania tylnego panelu obudowy, natomiast **fotografia 5** ukazuje jego zewnętrzną stronę – z naklejonymi opisami gniazda antenowego i słuchawek, wejścia i włącznika zasilania odbiornika oraz pokrętła tłumika sygnału w.cz. (potencjometru *„RF GAIN"*).

Potencjometr tłumika *„RF GAIN"* został ostatecznie zlokalizowany z tyłu obudowy z trzech zasadniczych powodów. Po pierwsze, prowadzenie długich ekranowanych przewodów

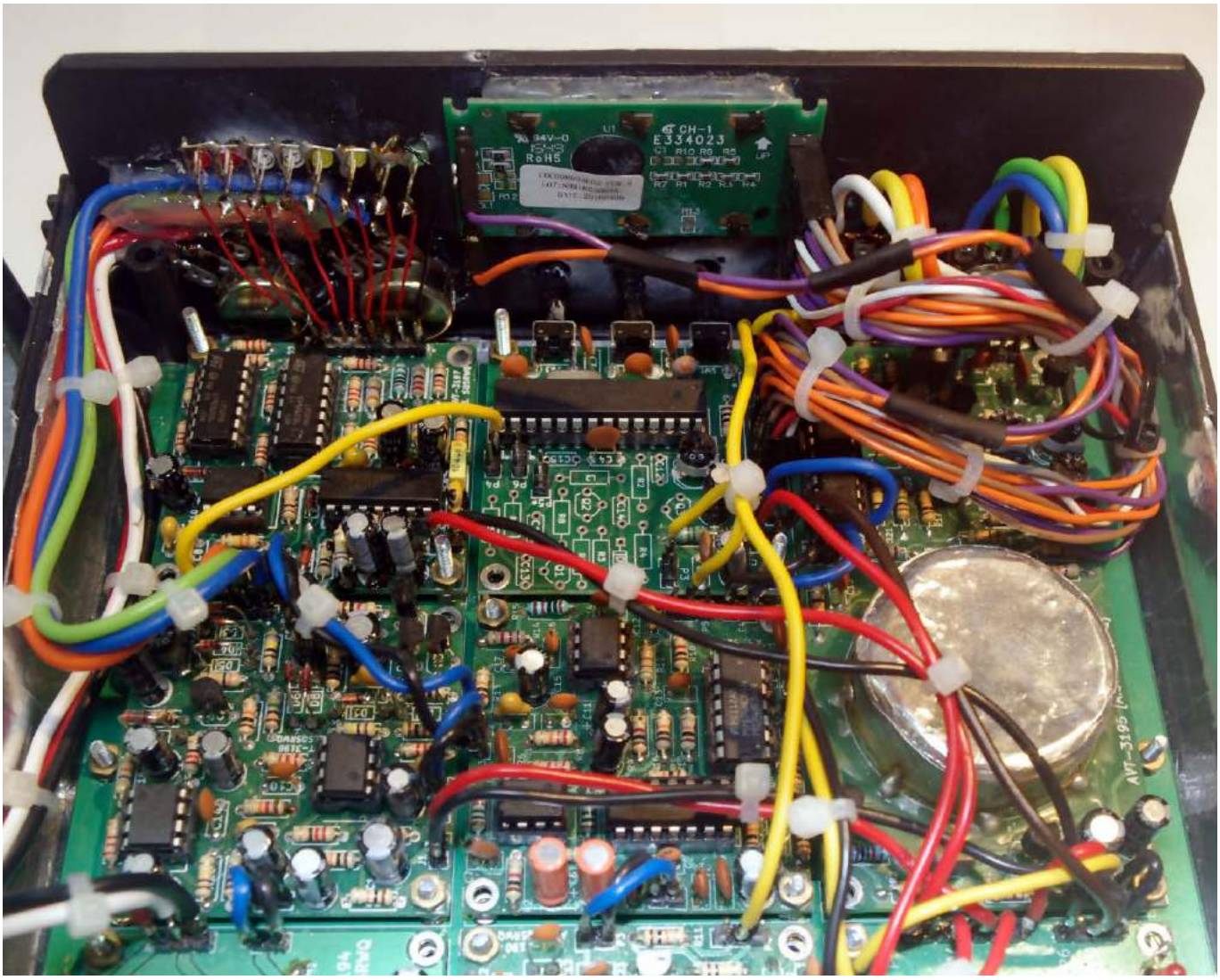


Fotografia 1. Zmontowany moduł kontrolno-sterujący



Fotografia 2. Widok całego wnętrza zmontowanego odbiornika

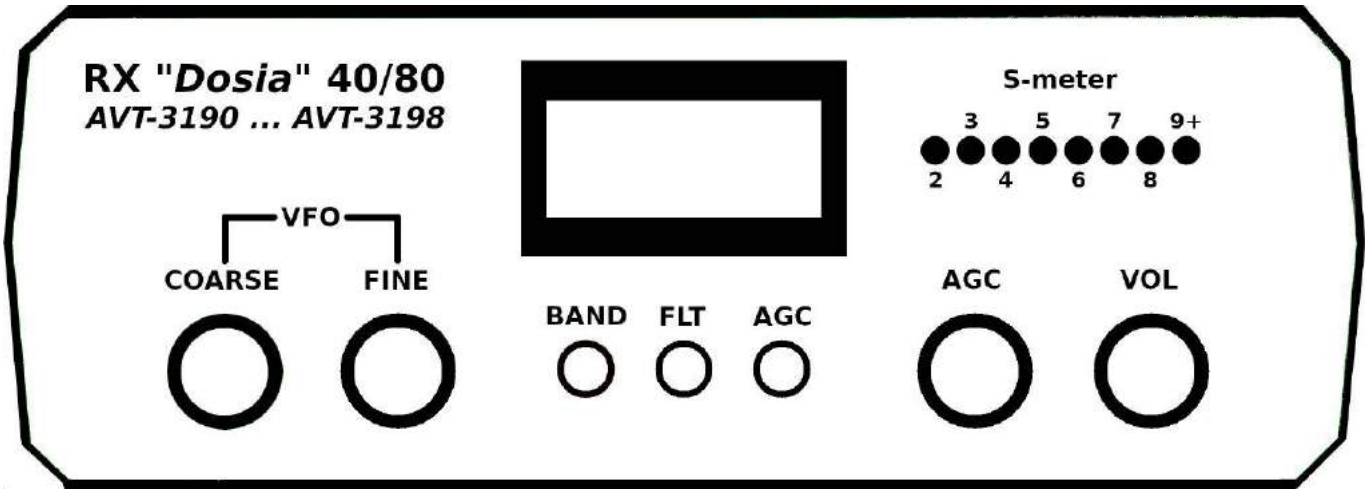
eprasa.pl e017b7ba51



Fotografia 3. Wnętrze zmontowanego odbiornika – widok przedniej części

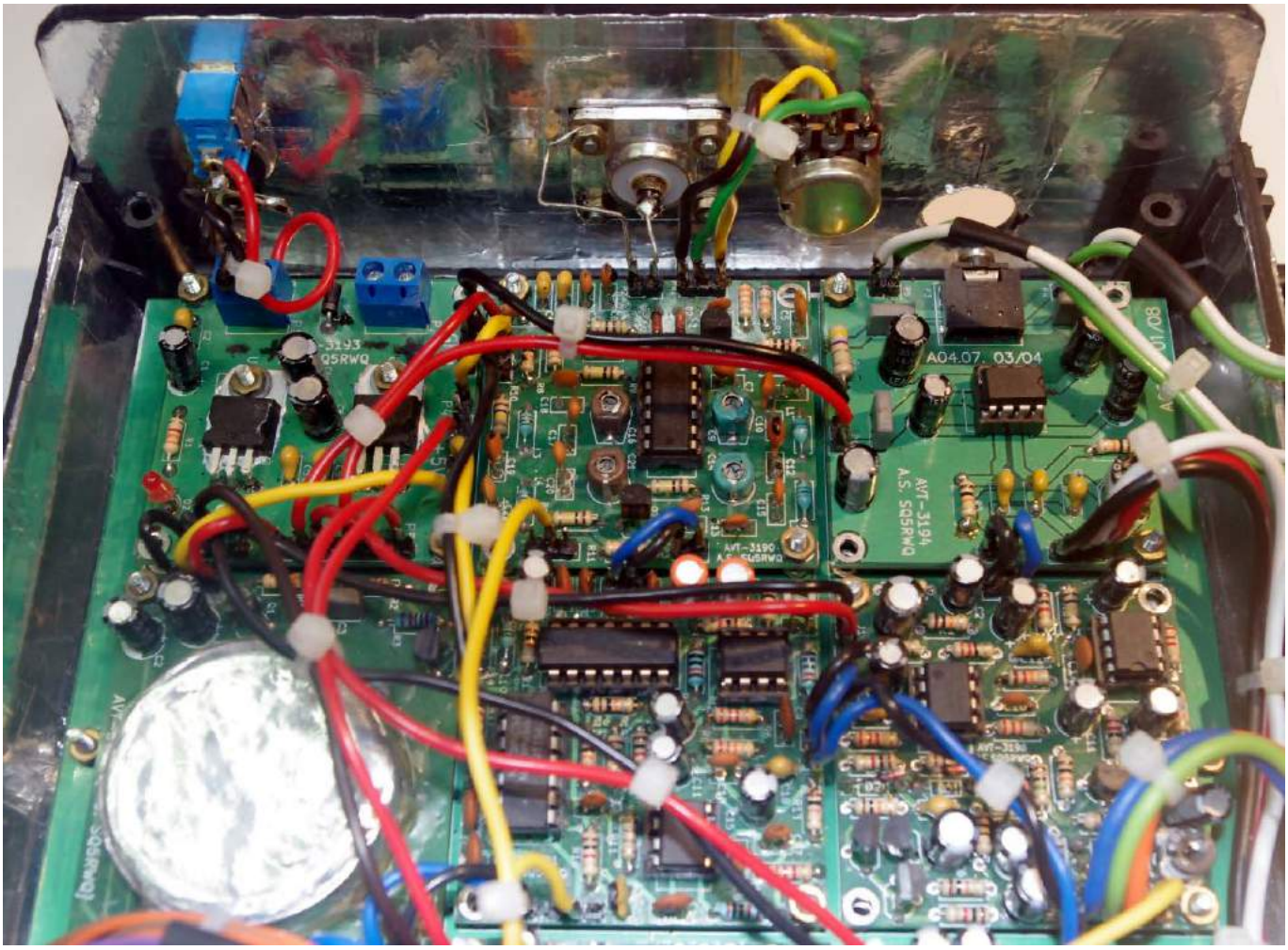
koncentrycznych na przedni panel obudowy mogłoby okazać się uciążliwym rozwiązaniem dla mniej doświadczonych konstruktorów. Po drugie, na przednim panelu obudowy jest stosunkowo niewiele miejsca i dlatego skupiono na nim tylko najważniejsze, absolutnie niezbędne elementy manipulacyjne. Po trzecie, z racji na bardzo wysoką odporność na przesterowania i ich intermodulacyjne skutki w odbiorniku homodynowym, jakim jest *„Dosia"*, regulowany tłumik w.cz. można potraktować jako element fakultatywny i w zasadzie może zostać pominięty (konieczne będzie jednak wtedy umieszczenie zwory pomiędzy „gorącymi" wyprowadzeniami tego potencjometru na PCB filtrów w.cz.).

Formatki naklejek opisowych na tylny panel obudowy są dostępne w materiałach dodatkowych do tego projektu (do wydrukowania w rozdzielczości 300 DPI – najlepiej na drukarce laserowej i papierze fotograficznym). W egzemplarzu modelowym elementy opisujące tylny panel obudowy zostały naklejone za pomocą odpowiednio przyciętych fragmentów przezroczystej taśmy samoprzylepnej dwustronnej. Następnie, dla zwiększenia ich trwałości i estetyki, naklejono na nie



Rysunek 6. Rysunek dedykowanej maskownicy przedniego panelu

eprasa.pl e017b7ba51



Fotografia 4. Wnętrze zmontowanego odbiornika - widok tylnej części

odcinki przezroczystej folii jednostronnie samoprzylepnej, oryginalnie przeznaczonej do wykonywania nadruków opisujących.

Po uporządkowaniu wszystkich możliwych połączeń wewnątrz układu odbiornika (przewody połączeniowe powinny być skrócone do niezbędnego minimum i, w miarę możliwości, skręcone w powiązane ze sobą pary lub trójki a następnie spięte odcinkami jak najcieńszych opasek samozaciskowych) można przystąpić do montażu elementów, które powinny trafić na przedni panel obudowy. **Rysunek 6** ukazuje dedykowany projekt maskownicy przedniego panelu odbiornika „Dosia" (dostępny w materiałach dodatkowych do tego projektu – do wydrukowania w rozdzielczości 300 DPI – najlepiej na drukarce laserowej). Maskownicę przedniego panelu należy wydrukować w dwóch egzemplarzach, przy czym pierwszy egzemplarz, to swego rodzaju „brudnopis", który po wycięciu i tymczasowym naklejeniu na przedni panel (np. za pomocą wodnego kleju roślinnego – do papieru) powinien posłużyć do wykonania odpowiednich otworów montażowych. Średnice otworów okrągłych (dla czterech potencjometrów i trzech przycisków) powinny zostać dostosowane do wymiarów (średnic) zastosowanych podzespołów, natomiast prostokątny otwór dla alfanumerycznego wyświetlacza LCD 2×8 znaków powinien odpowiadać wymiarom zewnętrznym czarnego, maskującego prostokąta (do sprawdzenia i ewentualnej korekty z konkretnym egzemplarzem ekranu). Otwory okrągłe (pod potencjometry i przyciski) dogodnie jest wykonywać specjalnym wiertłem wielostopniowym na odpowiednio grubej podkładce ze średnio twardego drewna – uważając bardzo przy tym, by nie przesadzić ze średnicą wykonywanych otworów. Natomiast prostokątny otwór pod ekran LCD można wykonać przez nawiercenie odpowiednio dużej ilości niewielkich otworów (∅= 2...3 mm) wzdłuż wnętrza jego obwodu i wypiłowania pilnikiem-iglakiem pozostałości po usunięciu wnętrza prostokąta. Dogodne może okazać się także wykorzystanie miniaturowej modelarskiej tarczy ściernej – w roli małej piły obrotowej.

Po wstępnym dopasowaniu wszystkich elementów montażowych do otworów w przednim panelu obudowy należy delikatnie przeszlifować jej wszystkie krawędzie oraz płaskie powierzchnie za pomocą drobnego papieru ściernego a następnie obmyć i odtłuścić. Na tak przygotowany przedni panel obudowy należy nakleić odpowiednio dociętą, finalną wersję maskownicy. Podobnie, jak to zaproponowano w odniesieniu do elementów opisujących tylny panel, maskownicę przedniego panelu warto jest okleić od przodu przezroczystą folią jednostronnie samoprzylepną i – tak przygotowaną – nakleić na płytę panelu za pomocą odcinków przezroczystej, cienkiej taśmy dwustronnie samoprzylepnej. ***Fotografia tytułowa*** przybliża to, jak powinien zostać ostatecznie zagospodarowany przedni panel obudowy. Otwory dla indykacyjnych diod LED S-metra (o średnicy 3 mm) należy wyciąć w maskownicy najlepiej specjalnym przyrządem do wykonywania otworów w galanterii skórzanej a w panelu nawiercić wiertłem o średnicy 3 lub 3,2 mm.

Po przygotowaniu panelu frontowego można przystąpić do wstępnego umiejscowienia na nim wszystkich podzespołów. Jeśli taka próba zakończy się pomyślnie, to można przystąpić do docelowego montażu poszczególnych podzespołów na panelu czołowym – oczywiście, od jego wewnętrznej strony.

W pierwszej kolejności należy zamontować potencjometry regulacji głośności „VOL" oraz progu zadziałania układu automatycznej regulacji wzmocnienia „AGC" a nad nimi umiejscowić diody LED indykatora S-metra. Potencjometry należy umieścić osią wyprowadzeń pod kątem około

eprasa.pl e017b7ba51

45-u stopni do poziomu tak, by nie wystąpiła kolizja mechaniczna z wyprowadzeniami diod LED. Wiązki przewodów, prowadzących do końcówek potencjometrów po zalutowaniu warto uformować na ciepło (np. za pomocą suszarki do włosów) i przymocować do przedniego panelu za pomocą kleju „na gorąco" – tak, by po zamknięciu obudowy ułożyły się w uporządkowany sposób, uniemożliwiający przenikanie zakłóceń z innych części układu i pozostałych kabli połączeniowych. Długość przewodów łączących potencjometry głośności i regulacji A.R.W. powinna być jak najmniejsza, jednak umożliwiająca dogodną realizację prac montażowych (w tym lutowanie i klejenie) na przednim panelu wyjętym z dedykowanych ramek w obudowie.

Diody LED wskaźnika siły sygnału odbieranego (S-metra) powinny zostać wciśnięte w otwory montażowe krótszymi elektrodami (katodami) powyżej dłuższych elektrod (anod), przy czym wyprowadzenia katod należy odgiąć ku górze w odległości około 0,5...1 cm od przezroczystych cokołów diod LED. Jeśli diody nie trzymają się ciasno w otworach montażowych, to ich pozycje można delikatnie utrwalić niewielką ilością kleju cyjanoakrylowego typu *„Kropelka"* w żelu, przy czym należy uważać na to, by nadmierna ilość kleju nie doprowadziła do deformacji maskownicy przedniego panelu lub zmatowienia soczewek diod LED.

W kolejnym kroku należy zamontować potencjometry strojenia generatora VFO: zgrubnego *„COARSE"* i dokładnego *„FINE"*. Należy je zamontować wyprowadzeniami do góry, a długość kabli połączeniowych dobrać tak, by możliwa była praca z panelem czołowym wyjętym z obudowy. W przypadku tego sposobu montażu łączenie przewodów do płytki modułu generatora VFO należy wykonać „na krzyż", ponieważ w innym wypadku strojenie generatora, realizowane przez kręcenie potencjometrami w prawo (zgodnie z kierunkiem obrotu wskazówek zegara), będzie powodowało zmniejszanie odbieranej częstotliwości. Należy wyjaśnić tutaj, że typowe potencjometry regulacyjne o średnicy obudowy równej 16 mm posiadają bolce, które po wprowadzeniu w dodatkowe otwory technologiczne, wykonane w panelu obudowy, pomagają utrzymać potencjometry we właściwych pozycjach w trakcie normalnej eksploatacji. W egzemplarzu modelowym zostały one wyłamane miniaturowymi szczypcami, a dodatkowych otworów ustalających nie wykonano. Natomiast pozycje potencjometrów regulacyjnych utrwalono dodatkowo za pomocą dobrej jakości pistoletu i kleju „na gorąco".

W kolejnym kroku należy trwale zamocować i podłączyć wyświetlacz LCD. Został on wstępnie ustabilizowany we wcześniej wykonanym otworze za pomocą niewielkiej ilości kleju cyjanoakrylowego typu *„Kropelka"* w żelu, a następnie pozycję wyświetlacza utrwalono od góry i od spodu za pomocą odpowiedniej (nie przesadzonej) ilości kleju „na gorąco". Połączenia elektryczne ekranu LCD z modułem kontrolno-sterującym wykonano zgodnie ze schematem powiązań kablowych, pokazanym na **rysunku 4**, za pomocą gotowych przewodów połączeniowych, zakończonych wsuwkami żeńskimi typu *„goldpin"*. To rozwiązanie zastosowano z uwagi na potencjalne trudności w ręcznym wykonaniu tak dużej ilości połączeń lutowanych i związanych z nim znacznym ryzykiem błędów montażowych. Należy zastosować najkrótsze dostępne przewody, by zminimalizować ryzyko powstawania zakłóceń w innych modułach odbiornika oraz w połączeniach między nimi. Trzeba bowiem pamiętać o tym, że częstotliwości przebiegów cyfrowych, występujących w połączeniach między mikrokontrolerem MCU a wyświetlaczem LCD są na tyle niskie, że w przypadku zbyt długich połączeń pochodzące z nich zakłócenia harmoniczne niewątpliwie będą przenikały do innych czułych obwodów całego układu. Na fotografii 3 widać rozwiązanie z modelowego egzemplarza odbiornika. Zbyt długą wiązkę kabli MCU-LCD pospinano dość ściśle kilkoma cienkimi poliestrowymi opaskami samozaciskowymi i zamocowano do słupka montażowego obudowy. Wiązka przebiega ponad modułem generatora VFO, który przy poprawnym wykonaniu powinien być bardzo odporny na wspomniane zakłócenia.

Po prawidłowym zamocowaniu mechanicznym i podłączeniu elektrycznym wyświetlacza LCD można przystąpić do podłączenia diod LED indykatora S-metra do jego modułu wykonawczego. To, jak to zrealizowano w egzemplarzu modelowym, pokazuje fotografia 3. W tym konkretnym przypadku autor projektu poszedł nieco „na łatwiznę" po to, by uprościć i przyspieszyć prace instalacyjne. Końcówki trwale zamocowanych w przednim panelu obudowy diod LED skrócono do dogodnych montażowo wymiarów. Ich anody podłączono wprost do odpowiednich wyprowadzeń *„goldpin"* w module S-metra za pomocą odcinków tzw. *„kynaru"* (połączenia w czerwonej izolacji). Natomiast katody diod LED połączono elektrycznie razem za pomocą krótkiego odcinka srebrzanki, a następnie dołączono także z zastosowaniem *„kynaru"* do odpowiedniego wyprowadzenia (masy) w module S-metra (połączenie w czarnej izolacji). Takie rozwiązanie jest co prawda niezbyt estetyczne, jednak pozwala na szybki i łatwy montaż i demontaż z użyciem krótkich połączeń lutowanych. Przy okazji widać, jak istotny okazał się zwarty montaż potencjometrów regulacji głośności i dołączonych do nich kabli przyłączeniowych.

Na fotografii 2 widać szczegóły podłączenia pary niewielkich głośników (w odbiorniku zastosowano scalony wzmacniacz stereofoniczny), którą to pracę warto jest wykonać jako ostatni element montażu, ponieważ głośniki są zamocowane do górnej części obudowy. Głośniki zamocowano do obudowy za pomocą trwałych połączeń śrubowych, a przewody łączące je z wyjściami wzmacniacza audio spięto w wiązki za pomocą cienkich opasek. Wiązki przewodów do głośników mają najmniejsze możliwe długości, które umożliwiają jednak ich swobodny montaż w rozłożonej na dwie części obudowie odbiornika. Ponieważ w przewodach głośnikowych mogą płynąć stosunkowo duże prądy robocze, a pracujące głośniki generują stosunkowo silne pole elektromagnetyczne o częstotliwościach akustycznych, stwarzające ryzyko powstawania zakłóceń, a nawet pasożytniczych sprzężeń elektroakustycznych, to głośniki zlokalizowano właśnie bezpośrednio nad modułem wzmacniaczy audio, minimalizując tym samym wpływ tych elementów układu na jego małosygnałowe, wrażliwe na zakłócenia bloki.

Na koniec opisu montażu odbiornika w dedykowanej obudowie warto podkreślić

Fotografia 5. Aranżacja i opis tylnego panelu odbiornika

eprasa.pl e017b7ba51

fakt, że w egzemplarzu modelowym zastosowano nieco uproszczone ekranowanie, polegające na wstępnym wyklejeniu wnętrza obudowy samoprzylepną folią metalową (tu zastosowano dobrej jakości grubą folię produkcji renomowanej firmy *„Scotch-3M”*), która miejscowo była łączona galwanicznie z elementami masy całego układu. Zastosowanie takiego rozwiązania daje nie tylko ekranowanie czułych na zakłócenia zewnętrzne ustrojów odbiornika, ale dodatkowo zapewnia także pewną izolację termiczną całości urządzenia, poprawiającą znacznie średnioterminową stabilność częstotliwości pracy generatora VFO.

Obsługa i eksploatacja odbiornika

Obsługa i eksploatacja poprawnie zmontowanego, uruchomionego i zestrojonego odbiornika nasłuchowego *„Dosia”* nie powinny nastręczać jego Konstruktorowi żadnych trudności. Do odbiornika należy podłączyć zewnętrzne zasilanie +12 VDC o odpowiedniej wydajności prądowej oraz antenę odbiorczą, zakończoną zakręcaną wtyczką typu UC-1 (w tym przypadku możliwe jest też zastosowanie połączenia opartego o parę łączy BNC).

Początkującym radioamatorom, zwłaszcza tym, którzy mają niewielkie doświadczenie w konstruowaniu własnych anten i/lub niezbyt komfortowe tzw. „warunki antenowe”, polecam zastosowanie bardzo uproszczonej anteny typu „Mini-Whip”, skonstruowanej wg projektu krótkofalowca PA0RDT (jest to niewielka antena z wbudowanym własnym wzmacniaczem elektrycznym) – jednak zdecydowanie wystawionej jak najbardziej na zewnątrz poza bryłę budynku, w którym ma być eksploatowany odbiornik nasłuchowy. Zewnętrzne zasilanie stałoprądowe odbiornika można zrealizować co najmniej na dwa sposoby: za pomocą akumulatora (czy akumulatorów) lub ogniw elektrochemicznych albo z użyciem taniego, wygodnego w użyciu „wtyczkowego” zasilacza impulsowego. Pierwsze z tych rozwiązań ma te nieocenione zalety, że niewątpliwie nie generuje zakłóceń w paśmie radiowym i może być wykorzystywane „w terenie”, gdzie nie ma dostępu do sieci zasilania 230 VAC. Natomiast drugie z nich jest po prostu wygodne tam, gdzie można skorzystać z sieci energetycznej 230 VAC. Tu należy pospieszyć z wyjaśnieniem, że nie wszystkie miniaturowe „wtyczkowe” przetwornice impulsowe 230 VAC/12 VDC generują uciążliwe zakłócenia w radiowym pasmie KF (autor tego projektu sam jest w posiadaniu takiego urządzenia zasilającego, zakupionego akurat w sieci sprzedaży AVT), jednak nie jest to obowiązującą regułą. Zatem eksploatując odbiornik nasłuchowy „Dosia” w warunkach domowych, korzystne może okazać się zastosowanie odpowiedniego zasilacza transformatorowego, w którym napięcie zmienne 230 VAC o częstotliwości 50 Hz jest zamieniane na napięcie stałe stabilizowane +12 VDC bez generowania zakłóceń elektromagnetycznych o częstotliwościach przenikających do czułych obwodów odbiornika.

Po podłączeniu odbiornika do anteny i włączeniu zasilania należy wybrać pasmo i dostroić urządzenie do pożądanej częstotliwości pracy. Na rysunku 3 (z pierwszej części artykułu) pokazano i opisano panel LCD wraz z przyciskami, które zmieniają stan pracy urządzenia i równocześnie informacje, które są wyświetlane na ekranie ciekłokrystalicznym. W górnej linijce wyświetlacza pokazywana jest zmierzona częstotliwość pracy odbiornika, równa częstotliwości roboczej generatora VFO. Pomiar i wyświetlanie tej częstotliwości jest realizowane z dokładnością do 0,01 kHz, czyli 10 Hz, co należy uznać za zupełnie satysfakcjonującą precyzję jak na stosunkowo prosty odbiornik nasłuchowy.

W dolnej linijce wyświetlacza monitorowane są trzy parametry – kolejno od lewej: aktualnie odbierane pasmo KF (***„BAND”***, wartość ***„80”*** – pasmo 80 metrów lub ***„40”*** – pasmo 40 metrów), aktualnie załączony filtr akustyczny (***„FLT”***, wartość ***„PH”*** – filtr foniczny SSB lub ***„CW”*** – filtr telegraficzny) oraz stan załączenia układu automatycznej regulacji wzmocnienia (***„AGC”***, ***„A–„*** – układ wyłączony lub ***„A+”*** – układ załączony). Po ustawieniu pożądanych parametrów roboczych należy dostroić odbiornik do wybranej częstotliwości. W tym celu należy użyć umieszczonych po lewej stronie czołowego panelu obudowy (**fotografia tytułowa**) potencjometrów strojenia generatora VFO. Potencjometr ***„COARSE”*** służy do zgrubnego dostrojenia odbieranej częstotliwości, natomiast potencjometr ***„FINE”*** jest przeznaczony do dokładnego ustawienia częstotliwości nasłuchu.

Po prawej stronie przedniego panelu obudowy dostępne są potencjometry regulacji progu czułości automatycznej regulacji wzmocnienia ***„AGC”*** oraz głośności odbioru ***„VOL”***. Układ automatycznej regulacji wzmocnienia w zasadzie może być załączony na stałe, a jego próg czułości zadziałania ustawiony na minimalny poziom – tak, aby uzyskać komfortowy odsłuch w bardzo szerokim zakresie dynamiki odbieranych sygnałów radiowych. Głośność odbioru należy ustawić wg indywidualnych upodobań i dysponowanych warunków technicznych (w odniesieniu do zastosowanych typów głośników i/lub słuchawek), a w przypadku implementacji potencjometru tłumika sygnału antenowego w.cz. ***„RF GAIN”*** można go użyć wtedy, gdy odbierana stacja jest zbyt silna lub sąsiednie stacje powodują intermodulacyjne zniekształcenia odbioru (jakkolwiek, w przypadku tego odbiornika homodynowego jest to dość mało prawdopodobne).

Siłę odbieranego sygnału, niezależnie od ustawień potencjometrów: głośności oraz progu czułości automatycznej regulacji wzmocnienia, można obserwować na diodach LED wyświetlacza S-metru, którego wskazania mogą okazać się przydatne, także w przypadku eksperymentów konstruktorskich z wykorzystywaną anteną odbiorczą.

Na koniec tego ustępu warto przypomnieć Czytelnikom i Konstruktorom fakt, że odbiornik nasłuchowy *„Dosia”*, po włączeniu zasilania będzie potrzebował od kilku do kilkudziesięciu minut (w zależności od panujących warunków otoczenia oraz sposobu i jakości konstrukcji) na ustabilizowanie się odbieranej częstotliwości roboczej (po włączeniu zasilania urządzenia) – głównie z powodu zmian temperatury elementów generatora VFO mających wpływ na generowaną częstotliwość.

Podsumowanie projektu

Drogi Czytelniku i Konstruktorze urządzeń radiokomunikacyjnych! Jeśli czytasz ten tekst, to prawdopodobnie szczęśliwie przeszedłeś przez pełny cykl publikacji o modułowym odbiorniku nasłuchowym „Dosia”, którego jest to właśnie ostatni odcinek. Został on poświęcony opisowi modułu kontrolno-sterującego oraz temu, jak skutecznie i estetycznie zabudować całe urządzenie w dedykowanej obudowie z tworzywa sztucznego.

Warto w tym miejscu podkreślić fakt, że modułowa konstrukcja oraz podział projektu na wiele mniejszych bloków funkcjonalnych miały na celu umożliwienie mniej doświadczonym konstruktorom skupienie się na osobnym uruchamianiu mniejszych, a więc i prostszych bloków funkcjonalnych oraz na stopniowym zdobywaniu mniejszych porcji wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych. Autor tego projektu żywi głęboką nadzieję, że to podejście się sprawdziło w praktyce. Dodatkową zaletą konstrukcji modułowej jest możliwość wykorzystania poszczególnych modułów w innych, własnych konstrukcjach oraz zastępowanie poszczególnych modułów w odbiorniku „Dosia” blokami wg innych koncepcji technicznych.

Na koniec chciałbym podkreślić, że chociaż ten cykl publikacyjny o odbiorniku nasłuchowym „Dosia” należy uznać za definitywnie zakończony, to w niedalekiej przyszłości planowana jest kontynuacja tego projektu, w ramach której poszczególne bloki funkcjonalne będą zastępowane ich nowocześniejszymi wersjami o atrakcyjniejszych parametrach technicznych i użytkowych.

Adam Sobczyk SQ5RWQ
sq5rwq@gmail.com

eprasa.pl e017b7ba51

TYLKO DLA PRENUMERATORÓW

niezbędnik elektronika

1. Intel-Quartus-Prime-19.4

Rewolucyjne oprogramowanie Intel Quartus Prime Design zawiera wszystko, czego potrzebujesz do projektowania układów Intel FPGA, SoC i złożonych programowalnych urządzeń logicznych (CPLD), od wprowadzania projektu i syntezy do optymalizacji, weryfikacji i symulacji. Znacząco zwiększone możliwości urządzeń z wielomilionowymi elementami logicznymi zapewniają projektantom idealną platformę do spełnienia możliwości projektowych nowej generacji.

2. Lattice-FPGA-Diamond

Kompletne środowisko projektowania oparte na GUI, dla układów FPGA firmy Lattice.

3. Lattice-FPGA-Radiant

Oprogramowanie Lattice Radiant oferuje wszystkie najlepsze w swojej klasie narzędzia i funkcje, które pomagają użytkownikom efektywnie i wydajnie tworzyć aplikacje oparte na układach FPGA firmy Lattice, od zarysu projektu do gotowych plików. Jest to kompletne, ujednolicone środowisko z nowym przeprojektowanym interfejsem użytkownika.

4. NXP-i.MX-Pin-Tool-v7

Narzędzie Pins dla procesorów i.MX jest następcą oprogramowania Processor Expert. Nowe narzędzie Pins sprawia, że konfiguracja pinów jest łatwiejsza i szybsza dzięki intuicyjnemu i łatwemu interfejsowi użytkownika, który następnie generuje normalny kod C, który można następnie wykorzystać w dowolnej aplikacji C i C ++. Narzędzie Pins konfiguruje sygnały pinów multipleksowanych, a także tworzy pliki wycinków drzewa urządzeń (.dtsi) i raporty w formacie CSV.

5. STM32CubeMX-v5.5.0

Najnowsza wersja narzędzia ułatwiającego konfigurację mikrokontrolerów STM32 za pomocą interfejsu graficznego. Pozwala skonfigurować GPIO i ustawienia zegara dla całego systemu oraz interaktywnie przypisać urządzenia peryferyjne. Tworzy kod w języku C wykorzystujący biblioteki HAL, który może być dołączony do projektu.

EP 2/2020
1. Autodesk Eagle 9.5.2
Dobrze znany i ceniony program do projektowania i optymalizacji płytek PCB, także wielowarstwowych.

2. Libre PCB 0.1.3
Bezpłatne wieloplatformowe oprogramowanie EDA do opracowywania płytek drukowanych. Posiada intuicyjny, nowoczesny i łatwy w obsłudze graficzny interfejs użytkownika.

3. Microchip Atmel Studio 7.0 build 2397
Zintegrowane środowisko programistyczne (IDE) do pisania i debugowania aplikacji dla układów AVR i ARM w systemach Windows.

4. NotePad++ 7.8.2
Darmowy edytor kodu źródłowego i zamiennik Notatnika, który obsługuje kilka języków programowania. Jego działanie w środowisku MS Windows podlega licencji GPL.

5. Siemens LOGO! Soft Comfort 8.2 SP1
Oprogramowanie LOGO! Soft Comfort jest intuicyjne i łatwe w obsłudze. Wspiera pracę w trybie sieciowym, symulacja projektu, tworzenie programu i dokumentacja są łatwo dostępne dzięki funkcjonalności drag&drop.

6. SiLabs Simplicity Studio 4
Simplicity Studio upraszcza proces tworzenia IoT, umożliwiając dostęp do wszystkiego, czego potrzebują programiści, aby zrealizować swoje projekty za pomocą zintegrowanego środowiska programistycznego (IDE) opartego na Eclipse 4.5.

7. Ti Clock Tree Tool
nteraktywne oprogramowanie do konfiguracji drzewa zegarowego. Dostarcza informacji o zegarach i modułach w układach TI.

8. Ti Code Cmposer Studio 9.2.0.13
Zintegrowane środowisko programistyczne (IDE), które obsługuje portfolio mikrokontrolerów i procesorów Embedded firmy TI.

9. Ti Pin Mux Tool 4.0.1537
Narzędzie programowe, które zapewnia graficzny interfejs użytkownika do konfigurowania ustawień multipleksowania pinów, rozwiązywania konfliktów i określania charakterystyk komórek we / wy dla jednostek MPU TI.

10. Zofz PCB 3D Gerber Viewer
ZofzPCB jest darmową przeglądarką plików Gerber, która pokaże więcej niż tylko to, jak będzie wyglądać płytka po wykonaniu w fabryce. Pozwala na realistyczną, trójwymiarową wizualizację plików CAD/CAM.

EP 1/2020
1. Arduino 1.8.10
Środowisko programistyczne, które umożliwia wykorzystanie języków C oraz C++ do pisania kodów współpracujących z mnóstwem gotowych płytek i modułów. Oferuje bazę gotowych bibliotek jak EEPROM, Firmata, GSM, Servo, TFT, WiFi, itp.

2. Microchip-MPLAB-X-IDE
Zintegrowane środowisko programistyczne MPLAB X IDE to rozszerzalny, wysoce konfigurowalny program, który zawiera potężne narzędzia pomagające odkrywać, konfigurować, rozwijać i debugować projekty na układach firmy Microchip.

3. Segger-Embedded-Studio-for-ARM
Embedded Studio to potężne IDE (zintegrowane środowisko programistyczne) bazujące na języku C / C ++ dla systemów wbudowanych.

4. Segger-Embedded-Studio-for-RISC-V
Embedded Studio for RISC-V to środowisko programistyczne dla układów opartych na otwartej architekturze RISC-V.

5. STM32Cube-MX-Packs
STM32Cube to podstawowy zestaw komponentów oprogramowania, takich jak HAL, interfejsy API LL, oprogramowanie pośrednie i przykłady aplikacji. Pakiety rozszerzeń zawierają wbudowane komponenty oprogramowania, które uzupełniają funkcje STM32Cube.

6. ST-MCU-Finder
Aplikacja umożliwia eksplorację pełnego portfolio mikrokontrolerów STM32 Arm Cortex-M i STM8 oraz płyt rozwojowych z dowolnego urządzenia mobilnego lub bezpośrednio ze środowiska komputerowego programisty.

EP 12/2019
1. LTspiceXVII
LTspice XVII jest to prosty w obsłudze program, przeznaczony do projektowania i przeprowadzania symulacji analogowych i mieszanych układów elektronicznych.

2. Espressif-ESP32-IDF
Platforma programistyczna Espressif IDF jest przeznaczona do tworzenia aplikacji internetu rzeczy (IoT) z Wi-Fi, Bluetooth, zarządzaniem energią i kilkoma innymi funkcjami systemu dla modułów serii ESP32.

3. FTDI-FT9xx-Toolchain
Bezpłatne narzędzie do programowania i debugowania kodu dla układów serii FT9xx, oparte na wtyczkach do darmowego popularnego IDE używającego kompilatora GCC.

4. Microchip-MPLAB-Mindi
Program przeznaczony do komputerowej symulacji i analizy analogowych układów elektronicznych.

5. Microchip-MPLAB-X-IDE
Zintegrowane środowisko programistyczne MPLAB X IDE które zawiera potężne narzędzia pomagające odkrywać, konfigurować, rozwijać i debugować projekty na układach firmy Microchip.

6. STM32CubeIDE-1.1.0
Zaawansowana platforma programistyczna C / C ++ z konfiguracją urządzeń peryferyjnych, generowaniem kodu, kompilacją kodu i funkcjami debugowania dla mikrokontrolerów i mikroprocesorów STM32.

7. STM32CubeMX-5.4.0
Najnowsza wersja narzędzia ułatwiającego konfigurację mikrokontrolerów STM32 za pomocą interfejsu graficznego.

EP 11/2019
1. Intel-Quartus-Prime-19.3
Rewolucyjne oprogramowanie Intel Quartus Prime Design zawiera wszystko, czego potrzebujesz do projektowania układów Intel FPGA i SoC.

2. NXP-i.MX-Pins-Tool
Narzędzie Pins konfiguruje sygnały pinów multipleksowanych, a także tworzy pliki wycinków drzewa urządzeń.

3. ST-STM32CubeIDE
Zaawansowana platforma programistyczna C / C ++ z konfiguracją urządzeń peryferyjnych, generowaniem kodu, kompilacją kodu i funkcjami debugowania dla mikrokontrolerów i mikroprocesorów STM32.

4. TI-MSP430-tools
Pakiet zawiera kompletne narzędzia do debugowania i kompilatora C / C ++ typu open source do aplikacji opartych na mikrokontrolerach MSP430.

EP 10/2019
1. Lattice Radiant Software 1.1
Oferuje wszystkie najlepsze w swojej klasie narzędzia i funkcje, które pomagają użytkownikom efektywnie i wydajnie tworzyć aplikacje oparte na układach FPGA firmy Lattice

2. CodeWarrior Development Studio for Microcontrollers v11.1
Zintegrowane środowisko programistyczne (IDE) od NXP Semiconductors

3. LPCXpresso v8.2.2
Zintegrowane środowisko programistyczne (IDE) od NXP bazujące na Eclipse

4. S32 Design Studio for Power Architecture v2.1
Bezpłatne zintegrowane środowisko programistyczne (IDE) dla motoryzacyjnych i bardzo niezawodnych mikrokontrolerów opartych na architekturze Power Architecture (rdzeń e200) i ARM

5. ST-TrueStudio-9.3.0
Elastyczne i rozszerzalne środowisko, z wbudowanymi funkcjami edycji, kompilacji i debugowania kodu dla programistów mikrokontrolerów STM32

EP 9/2019
1. ADI-LTSpice-XVII-9-2019
Program do projektowania i testowania analogowych i mieszanych układów elektronicznych.

2. AutotraxDEX-2019.8.09
Pakiet narzędzi do projektowania płytek drukowanych.

3. Intel-Quartus-Prime-19.2
Bezpłatny pakiet oprogramowania przeznaczonego do projektowania FPGA firmy Intel.

4. STM32CubeMX-5.3.0
Narzędzie ułatwiające konfigurację mikrokontrolerów STM32 za pomocą interfejsu graficznego.

EP 8/2019
1. Infineon-DAvE-4.4.2
Pakiet programistyczny DAvE firmy Infineon, w wersjach dla Win64 Generuje kod dla najnowszych mikrokontrolerów XMC1xxx i XMC4xxx.

2. Lattice Semiconductor-Diamond-FPGA
Kompletne środowisko projektowania oparte na GUI, dla układów FPGA firmy Lattice.

3. Microchip MPLAB Harmony
Najnowsza wersja środowiska programistycznego firmy Microchip wspierająca programowanie mikrokontrolerów z rdzeniem PIC32 tej firmy

4. NXP-i.MX-Pin-Tool
Konfigurator graficzny przeznaczony dla procesorów iMX.

EP 7/2019
1. ADI-LTSPICE
LTspice to program do projektowania i testowania analogowych i mieszanych układów elektronicznych.

2. ADI-SigmaStudio
Graficzne narzędzie programistyczne dla procesorów SigmaDSP. Pozwala inżynierom bez doświadczenia w pisaniu kodu DSP na łatwe wdrożenie DSP do swoich projektów.

3. CodeWarrior for QorIQ LS Series ARMv8 ISA
Środowisko programistyczne (IDE) opracowane przez Freescale dla procesorów serii QorIQ LS. Układy te oferują wyjątkową wydajność obliczeniową i energetyczną, dedykowane są do aplikacji sieciowych.

4. Infineon-ModusToolbox
Nowy pakiet narzędzi programistycznych opracowanych przez Cypress, który ma usprawnić projektowanie produktów dla Internetu Rzeczy.

5. Infineon-PSoC-Software
Pakiet narzędzi programistycznych opracowanych przez Cypress, który ma pomóc w pełnym wykorzystaniu możliwości układów PsoC. Zawiera PSoC Creator , PSoC Designer i PSoC Programmer.

6. SiliconLabs-SimplicityStudio4
Simplicity Studio to zintegrowane środowisko programistyczne (IDE) oparte na Eclipse.
Zawiera zestaw narzędzi do profilowania energii, konfiguracji i analizy sieci bezprzewodowej.

7. TI-Code Composer Studio Version 9
Code Composer Studio to zintegrowane środowisko programistyczne (IDE), które obsługuje portfolio mikrokontrolerów TI i procesorów wbudowanych.

EP 6/2019
1. Labcenter-Proteus
Pakiet oprogramowania EDA, zawiera aplikacje wspomagające tworzenie schematów, projektowanie płytek i narzędzia do symulacji.

2. NXP-MCUXpresso-Config-Tools
Oprogramowanie służące do konfigurowania mikrokontrolerów zamontowanych na płytkach MCUXpresso.

3. NXP-MCUxpresso-IDE
Środowisko IDE MCUXpresso oparte na Eclipse dla mikrokontrolerów NXP w tym mikrokontrolerów LPC.

4. ST-STM32CubeIDE
Konfigurator graficzny wspomagający programowanie mikrokontrolerów STM32.

5. ST-TouchGFXDesigner
Oprogramowanie ułatwiające tworzenie interfejsu graficznego w systemach z STM32.

6. ST-TrueSTUDIO-9.2.0
Elastyczne i rozszerzalne środowisko, z funkcjami edycji, kompilacji i debugowania dla mikrokontrolerów STM32.

EP 05/2019
1. FlexGUI Mixed Signal Audio Software
Oprogramowanie firmy Cirrus Logic przeznaczone do obsługi płytek ewaluacyjnych do budowania zaawansowanych torów obróbki sygnałów audio.

2. WISCE Development Tools Suite
Narzędzie programowe firmy Cirrus Logic służące do wspierania procesów konstrukcji oraz produkcji urządzeń.

3. Intel Quartus Prime Pro Edition 19.1.0.240
Bezpłatny pakiet oprogramowania, środowisko projektowe dla układów FPGA.

4. EasyEDA version 3.0.11
Program do projektowania i symulowania obwodów oraz projektowania płytek drukowanych.

EP 03/2019
1. Atollic TrueSTUDIO for STM32
Pakiet IDE do tworzenia programów dla mikrokontrolerów STM32.

2. Siemens LOGO! Web Editor
Edytor stron internetowych dla sterownika LOGO! v8

3. Analog Devices LTspice XVII
Popularny symulator układów elektronicznych, teraz rozwijana przez firmę Analog Devices.

4. Siemens LOGO!Soft Comfort v8.1
Środowisko projektowe przeznaczone dla sterowników LOGO! firmy Siemens.

5. WaveDrom Editor v1.6.3
WaveDrom tworzy wykres czasowy lub przebieg na podstawie opisu tekstowego.

6. Tina 9 TI
Symulator układów elektronicznych wspierany i rozwijany przez firmę Texas Instruments.

7. TI Code Composer Studio 8.3 for Windows
Pakietu programów przeznaczonych do tworzenia aplikacji dla procesorów firmy Texas Instruments.

8. NXP Pins Tool for i.MX Processors
Konfigurator graficzny przeznaczony dla procesorów iMX.

9. NXP MCUXpresso IDE
Środowisko IDE MCUXpresso oparte na Eclipse z wbudowanymi funkcjami edycji, kompilacji i debugowania kodu.

EP 02/2019
1. SiFive Freedom Studio
Zintegrowane środowisko programistyczne przeznaczone do tworzenia programów dla mikrokomputerów SiFive RISC-V.

2. SiFive RISC V OpenOCD GCC
Wtyczka dla popularnego edytora Eclipse umożliwiająca tworzenie programów dla mikrokomputerów SiFive RISC-V.

3. SiFive Segger RISC V Embedded Studio
Środowisko programistyczne firmy Segger pozwalające na tworzenie i uruchamianie programów dla mikrokomputerów SiFive RISC-V.

4. NXP Pins Tool for i.MX Application Processors
Konfigurator graficzny przeznaczony dla procesorów i.MX.

5. ST TouchGFX Designer 4.10
Oprogramowanie ułatwiające tworzenie interfejsu graf. w sys. embedded wykorzystujących mikrokontrolery STM32.

EP 1/2019
1. Analog Devices - ADALM2000
Oprogramowanie typu „przenośne laboratorium" dla modułu ADALM2000 firmy Analog Devices.

2. ST STM32CubeMX release 5.0.0
Konfigurator graficzny mikrokontrolerów STM32.

3. ST TouchGFX
Zaawansowane rozwiązanie graficznego interfejsu użytkownika dla mikrokontrolerów. Uruchamiany na 32-bitowych mikrokontrolerach, TouchGFX zapewnia wysokiej klasy grafikę.

4. SEGGER Embedded Studio for ARM Version 4.12
IDE przeznaczone do tworzenia programów dla mikrokontrolerów z rdzeniem ARM zawierające nowy linker i bibliotekę LTO.

5. ST Atollic TrueSTUDIO for STM32 9.2
Znany pakiet IDE do tworzenia programów dla mikrokontrolerów STM32.

6. NXP MCUXpresso IDE
Środowisko IDE MCUXpresso oparte na Eclipse z wbudowanymi funkcjami edycji, kompilacji i debugowania kodu.

7. NXP MCUXpresso Config Tools
Oprogramowanie służące do konfigurowania mikrokontrolerów zamontowanych na płytkach MCUXpresso. Generuje kod w języku C, który może być wykorzystany w tworzonej aplikacji.

8. Espressif Systems ESP32 IDF
Najnowsza wersja środowiska programistycznego dla układów ESP32 firmy Espressif.

9. FTDI EVE Tools
Pakiet programów narzędziowych przeznaczonych dla układu graficznego FT800.

10. FTDI FT9XX Tools
Pakiet programów narzędziowych przeznaczonych do tworzenia aplikacji dla układów z rodziny FT9XX, serii mikrokontrolerów z 32-bitowym rdzeniem RISC FT32 oraz układów Vinculum.

EP 12/2018
1. Analog Devices SigmaStudio 4.2
Program firmy Analog Devices przeznaczona do graficznego tworzenia aplikacji dla procesorów DSP tego producenta.

2. Silicon Labs Simplicity Studio v4
Pakietu programów wspomagających tworzenia aplikacji dla mikrokontrolerów firmy Silicon Labs.

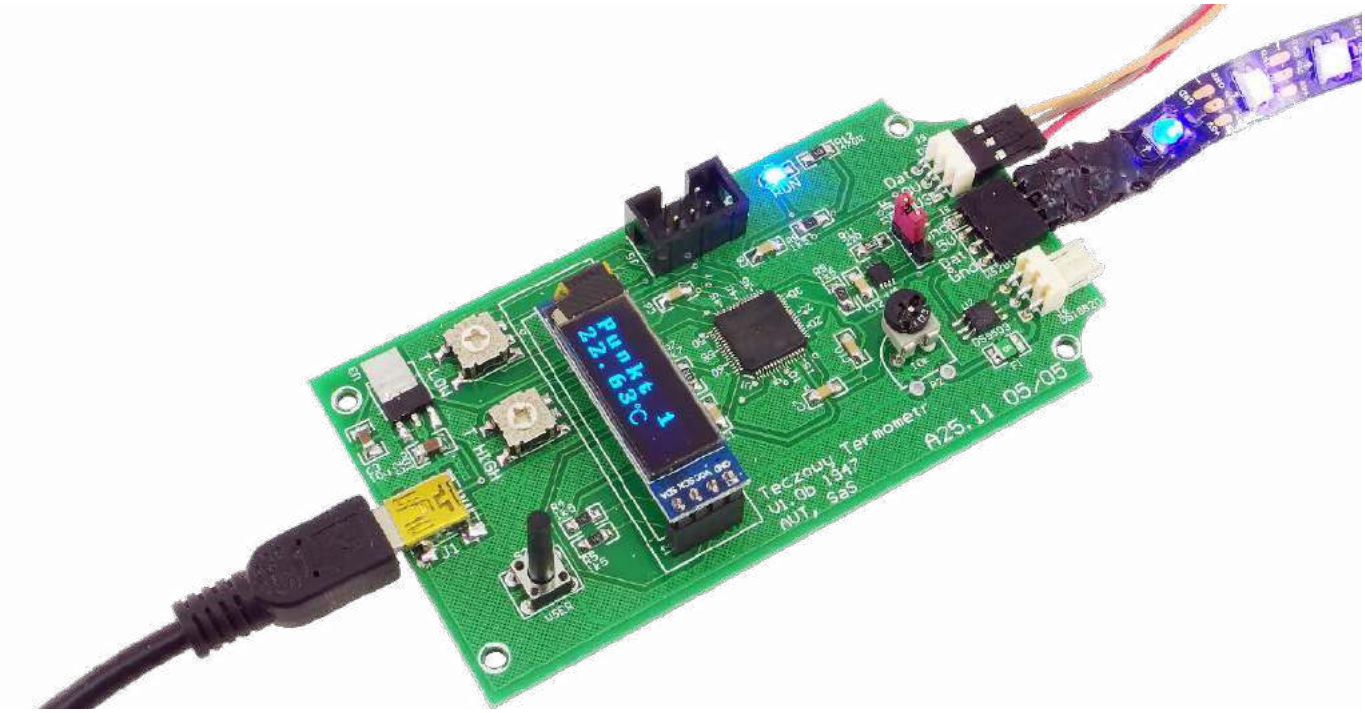
3. Cypress PSoC Creator 4.2
Środowisko programistyczne firmy Cypress przeznaczona do tworzenia aplikacji dla mikrokontrolerów PSoC.

4. ST Atollic TrueSTUDIO 9.1.0
Zintegrowane środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów z rdzeniem ARM.

5. Cypress WICED Studio 6.2.1
Platforma do tworzenia oprogramowania dla urządzeń IoT.

6. TI TINA 9
Symulator układów elektronicznych wspierany i rozwijany przez firmę Texas Instruments.

eprasa.pl e017b7ba51



Termometr tęczowy

Prezentowana konstrukcja to termometr, którego skala jest wykonana z 32 diod LED RGB. Termometr pozwala na ustawienie zakresu temperatur reprezentowanego przez diody. Całość konstrukcji dopełnia niewielki wyświetlacz OLED.

Urządzenie wyróżnia się nietypowym wyglądem. Wskazywanie temperatury na pasku wielobarwnych diod LED jest czytelne nawet z dużej odległości, a dodatkowo może być ciekawą ozdobą pomieszczenia. Nieskomplikowana konstrukcja pozwala na wykonanie termometru przez każdego kto ma możliwość lutowania elementów SMD, co w dzisiejszych czasach jest konieczne, ponieważ wiele elementów nie jest dostępnych w obudowach THT.

Budowa i działanie

Schemat termometru pokazano na **rysunku 1**. Urządzenie nie posiada zasilacza, tę rolę pełni dowolna ładowarka z wtykiem mini USB. Należy tylko zwrócić uwagę, aby jej wydajność prądowa była nie mniejsza niż 1 A. Optymalnym wyborem będzie ładowarka o wydajności 2 A ponieważ właśnie taki prąd mogą pobrać diody przy maksymalnej jasności świecenia kolorem białym. Napięcie 3,3 V służące do zasilania mikrokontrolera, wyświetlacza OLED i termometrów jest stabilizowane przez U3.

Pracą urządzenia steruje mikrokontroler STM32F072RBT6. Ma on cenną właściwość negowania sygnałów TX i RX interfejsu UART. Jest to istotna cecha dla tego projektu, ponieważ do transmisji danych do LED WS2812 wykorzystano właśnie interfejs UART, który w tym nietypowym zastosowaniu wymaga zanegowania wyjścia. Wydaje się, że UART nie może bezpośrednio wysterować WS2812. Gwarantowany poziom „H" dla WS2812 wynosi 0,7 Vdd co przy 5 V daje 3,5 V. Mikrokontrolerowi zasilanemu z 3,3 V brakuje 200 mV. Można by zasilić mikrokontroler napięciem 3,6 V ale takie stabilizatory nie są łato dostępne. Ponadto, przy zasilaniu 5,2 V (takie napięcie może dostarczyć ładowarka bo jest zgodne ze specyfikacją USB) poziom „H" będzie interpretowany przy 3,62 V. Jednak dzięki budowie peryferiów STM32F072 można bez dodatkowych układów sterować WS2812. Wyjście UART mikrokontrolera może pracować jako OD(OC) – otwarty dren (otwarty kolektor), w każdym możliwym trybie, nie tylko half-duplex jak w innych mikrokontrolerach. Ponadto, praktycznie wszystkie linie GPIO, w tym UART, akceptują napięcia 5 V. W innych mikrokontrolerach możemy nie znaleźć takich rozwiązań. Ustawiając wyjście TX w tryb OD (**rysunek 2**) oraz podciągając je rezystorem 1,5 kΩ do 5 V powodujemy, że poziom „H" ma wartość 5 V.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5749

Podstawowe parametry:
- 32 punktowa linijka LED WS2812 służąca do wskazywania temperatury,
- odczyt temperatury z maksymalnie 5 czujników DS18B20 dołączonych do wspólnej magistrali,
- ustawianie wartości temperatury reprezentowanej przez początek i koniec skali,
- zasilanie 5 V co najmniej 1 A.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

Projekt 243	Pirometr tęczowy (EP 6/2019)
AVT-5635	Bezprzewodowy, energooszczędny system pomiaru temperatury (EP 8-9/2018)
AVT-5623	4-kanałowy termometr z interfejsem Wi-Fi (EP 4/2018)
AVT-5566	THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT-5535	Termometr 2-kanałowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
AVT-5518	Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)
AVT-1863	Termometr z interfejsem Bluetooth (EP 8/2015)
AVT-1790	Termometr XXL (EP 2/2014)
AVT-5489	8-kanałowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT-5420	Wielopunktowy termometr z rejestracją (EP 10/2013)
AVT-5373	Tlogger – rejestrator temperatury (EP 12/2012)
AVT-1705	Moduł do pomiaru temperatury z interfejsem RS485 (EP 9/2012)

*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [**B**] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [**B**] zawiera elementy elektroniczne (w tym [**UK**] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [**C**] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [**B**] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [**A**] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [**A+**] – płytka drukowana [**A**] + zaprogramowany układ [**UK**] i dokumentacja
- wersja [**UK**] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
http://sklep.avt.pl. W przypadku braku dostępności na *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

eprasa.pl e017b7ba51

Ze względu na to, że połączenie pomiędzy sterownikiem a taśmą LED może mieć znaczną długość, na płytce przewidziano miejsce na układ U4 typu 74HC(T)2G00DP. Może on pełnić rolę konwertera 3,3 V na 5 V ale tylko w wersji HCT, gdzie poziom „H" odpowiada napięciu 2,4 V lub wyższemu. Gdy zastosuje się układ serii HC, to występują takie same problemy jak w przypadku sterowania LED przez mikrokontroler.

Do komunikacji 1-Wire używany jest interfejs UART3 w trybie 1-Wire master-slave. Rezystor R8 wymusza stan wysoki w czasie bezczynności na magistrali. Układ U2 typu DS9503 zabezpiecza GPIO przed skutkami przepięć, które mogą pojawić się, gdy przewód łączący czujnik z mikrokontrolerem będzie długi. Bezpiecznik F1 zabezpiecza przed skutkami zwarcia na magistrali.

Magistrala I²C jest używana do komunikacji z opcjonalnym wyświetlaczem (nie jest on niezbędny do pracy termometru). Elementy R4, R5 podciągają linie SCL, SDA do zasilania. Nastawniki szesnastkowe SW1, SW2 pozwalają ustawić dolną i górą temperaturę reprezentowaną przez początek i koniec skali termometru. Potencjometr P2 umożliwia regulację jasności świecenia LED.

Program sterujący

Program termometru nie jest tak prosty, jakby się wydawało. Po resecie mikrokontrolera, w czasie gdy wyświetlany jest test wyświetlacza, skanowana jest magistrala 1-Wire komendą SEARCH_ROM=0xF) w celu wyszukania termometrów DS18B20. Ich cechą charakterystyczną jest ID=0x28. Adresy odczytane przez funkcję skanującą są zapamiętane w tablicy. Liczbę termometrów ograniczono do pięciu. Naturalnie skanowanie 1-Wire, nie trwa kilka sekund, czas testu został wydłużony.

W pętli głównej programu, co 800 ms, wysyłana jest komenda konwersji temperatury do wszystkich termometrów przyłączonych do magistrali (komendy SKIPROM=0xCC i CONVERTTEMP=0x44). Po 750 ms, komendą READ_SCRATCHPAD=0xBE odczytywane są dane z każdego termometru, łącznie z CRC (Większość programów dostępnych w internecie odczytuje tylko dwa pierwsze bajty). Dzięki kontroli CRC, eliminowane są błędy odczytu, a także sytuacja, gdzie zwarcie magistrali powoduje odczyt temperatury 0°C. Poza CRC testowana jest obecność sygnału PRESENCE oraz to, czy po czasie wymaganym specyfikacją, magistrala przyjmie poziom wysoki. Dzięki temu zwarcie na magistrali nie jest interpretowane jako odpowiedź układu slave. Takich prostych zabezpieczeń często są pozbawione programy dostępne w siecie i w głównej mierze dotyczą programów dla Arduino.

Odczytana temperatura jest wyświetlana na pasku LED. Aby wysyłać dane z częstotliwością 800 kHz interfejs UART musi pracować z prędkością 2,4 Mb/s 7N1 z włączoną inwersją na linii TX (**rysunek 3**). Nietypowa prędkość wynika z tego, że bit wysyłany do LED jest podzielony na trzy odcinki czasowe, każdy o czasie około 400 ns. Pierwszy odcinek zawsze przyjmuje poziom wysoki, drugi przyjmuje wartość wysyłanego bitu, trzeci zawsze przyjmuje poziom niski. Transmisja 7N1 składa się z dziewięciu bitów, na które składa się:

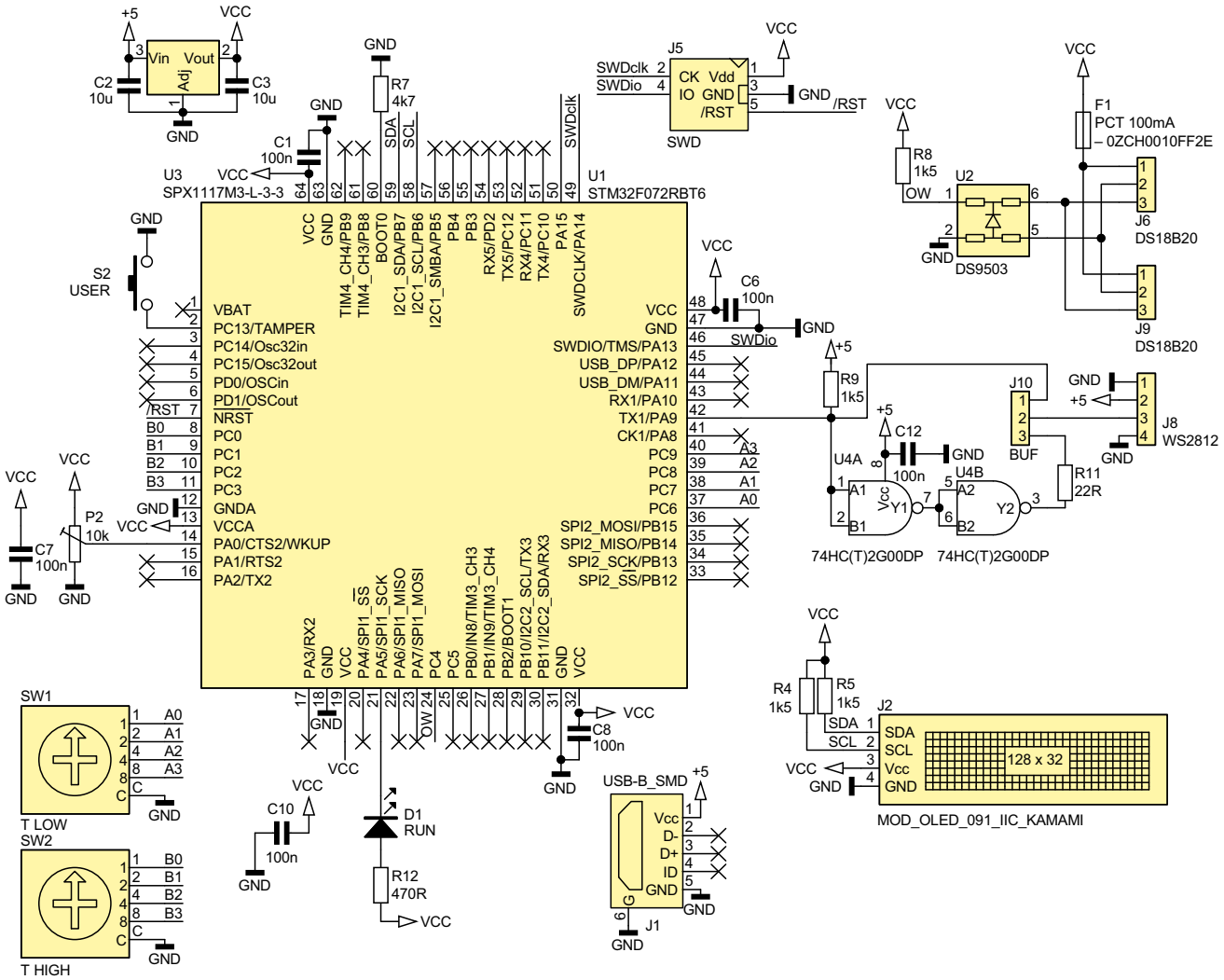
- jeden bit startu = 0,
- siedem bitów danych,
- jeden bit stopu = 1.

Można to zapisać tak:

0ddddddd1

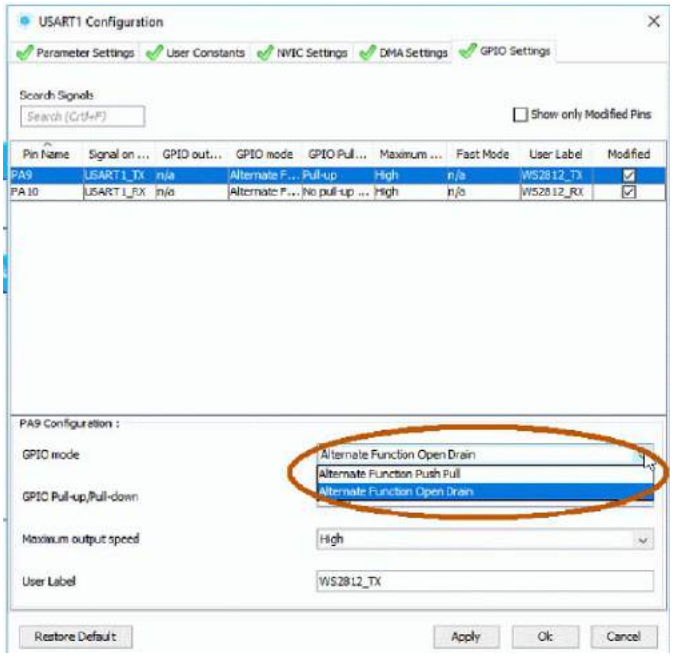
Na niebiesko wyróżniono bit startu, pomarańczowo stopu. Po zanegowaniu, sekwencja wygląda jak poniżej:

1ddddddd0

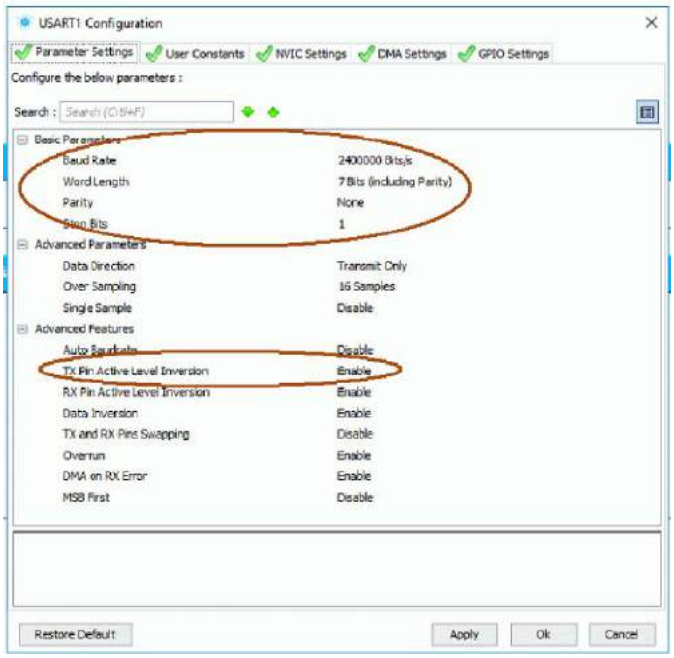


Rysunek 1. Schemat termometru

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 2. Konfiguracja wyjścia interfejsu UART



Rysunek 3. Konfiguracja interfejsu UART dla sterowania diodami WS2812

Wysłanie trzech bitów zero:

100100100

Na żółto wyróżniono transmitowane bity. Wysłanie trzech bitów jeden:

110110110

Można więc zauważyć stałą sekwencję:

1x01x01x0

Wystarczy w miejsca „x" wstawić kolejno transmitowane bity.

Wysyłaniem danych przez UART, zajmuje się mechanizm DMA. Dzięki czemu, CPU traci tylko około 2% mocy obliczeniowej, kiedy to DMA zatrzymuje CPU w czasie gdy oba układy chcą skorzystać z tego samego obszaru pamięci RAM. Dla porównania AVRmega/tiny jest w stanie sterować LED przez UART w przerwaniach (nie ma DMA) co powoduje obciążenie CPU na poziomie 80...90%. Przewaga ARM jest druzgocąca. Pętla główna programu wykonuje się typowo w ok 300 ns. Aby uzmysłowić sobie jak to krótki czas, warto wiedzieć, że czas dostępu do pamięci RAM, w komputerach z lat 80..90 opartych o Z-80, 6502, wynosił 120...150 ns natomiast AVR taktowany 16 MHz może w tym czasie wykonać od 3 do 6 rozkazów.

W czasie gdy dane są wysyłane do LED przez DMA, może być obsługiwany wyświetlacz OLED. Informacje które, mają być na nim wyświetlone, są odwzorowane w buforze zlokalizowanym w pamięci RAM, po czym z użyciem kolejnego kanału DMA, wysyłane do wyświetlacza.

W pętli głównej są jeszcze odczytywane nastawniki szesnastkowe, i przetwornik ADC. 64 wyniki przetwarzania ADC są uśredniane, a po konwersji z 12-bit na 8-bit, sterują jasnością LED. Stan przycisku zmieniającego numer wyświetlanego termometru jest badany w przerwaniu co 1 ms, gdzie programowy filtr RC uśrednia wyniki likwidując skutki drżenia styków.

Po zakończeniu pętli głównej CPU jest usypiane. Co 1 ms timer systemowy budzi CPU, który wykonuje kolejny obieg pętli resetując przy okazji timer Watchdoga. Co około 25 obiegów (25 ms) pętli głównej transmitowane są dane do LED, a co 100 ms do OLED. Rzadziej, bo co 500 ms, zmieniany jest stan diody LED D1 „RUN", sygnalizującej pracę pętli głównej, dlatego nie jest ona obsługiwana w procedurze obsługi przerwania systemowego 1 ms. W końcu, co 30 sekund, skanowana jest magistrala 1-Wire. Pozwala to reagować na dołączenie/odłączenie kolejnych termometrów.

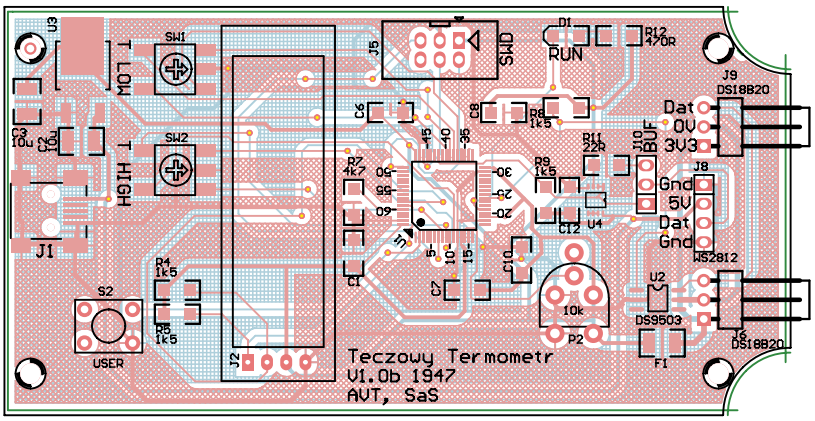
Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB pokazuje **rysunek 4**. Montaż jest typowy i nie wymaga omawiania. Na początek warto wlutować stabilizator i sprawdzić poprawność jego działania. Najczęściej nie ma potrzeby montowania U4, jest potrzebny tylko wtedy, gdy przewód łączący diody z termometrem jest długi przez co ma znaczną pojemność.

Potencjometr P1 można zamontować na warstwie bottom płytki, dzięki czemu, po wywierceniu otworu w obudowie, łatwo będzie można regulować jasność świecenia LED.

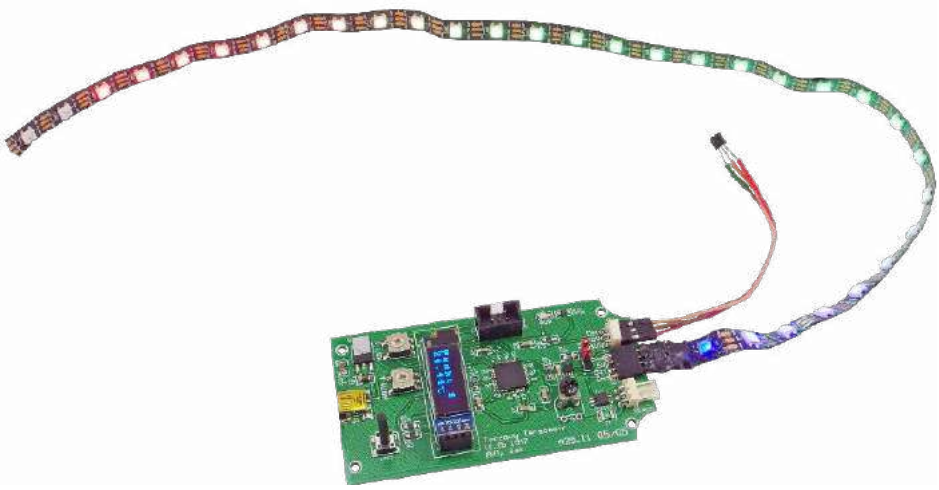
Płytkę zaprojektowano tak aby można umieścić ją w obudowie HAMMOND HM-1591CFL. Obudowa jest za wysoka przez co wyświetlacz należałoby umieścić na długich goldpinach a przycisk przedłużyć. Jeśli wyświetlacz LCD będzie zamontowany w gnieździe trzeba będzie podłożyć pod niego gąbkę lub inny materiał, który utrzyma go w pozycji poziomej.

Program do mikrokontrolera wgrywamy za pośrednictwem złącza J5. Ostatnie czynności uruchomieniowe to podłączenie jednego lub kilku termometrów DS18B20, 32 diody WS2812 i dołączenie zasilania (**fotografia 1**) Nastawnikami SW1 i SW2 ustawia się temperaturę dolnego i górnego końca skali. SW1 wyraża temperaturę w stopniach Celsjusza pomnożonej przez dwa, co daje zakres regulacji 0...32°C. SW2 działa podobnie tyle, że z offsetem 20 stopni. Przykładowe nastawy SW1, SW2 oraz odpowiadające im



Rysunek 4. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

eprasa.pl e017b7ba51



Fotografia 1. Działający termometr z dołączoną taśmą i czujnikiem

Tabela 1. Przykładowe nastawy SW1 i SW2 oraz odpowiadające im temperatury

Nastawa SW1	Temperatura	Nastawa SW2	Temperatura
0	0	0	20
1	2	1	22
2	4	2	24
3	6	3	26
..	..	..	..
15	31	15	51

temperatury zestawiono w **tabeli 1**. Zakres wyświetlanych temperatur najlepiej ustawić na 32 stopnie lub więcej. Gdy będzie mniejszy, np. 15 stopni, to zmiana o 1 stopień spowoduje zaświecenie dwóch LED.

Oprogramowanie wykrywa błędy i sygnalizuje je. W przypadku braku termometru DS18b20 lub błędów w komunikacji, na wyświetlaczu OLED pojawi się komunikat: „Error DS18B20", a na taśme LED zaświecą na czerwono trzy diody w pobliżu środka skali.

Przycisk S2 umożliwia zmianę termometru, z którego temperatura jest wyświetlana. Każde kolejne naciśnięcie to kolejny termometr. Gdy wyświetlane są dane ostatniego termometru, kolejne naciśnięcie wyświetli dane pierwszego.

Zasilanie urządzenia

Według danych katalogowych diod WS2812B, maksymalny prąd jednej struktury wynosi 18 mA. Teoretycznie, diody mogą więc pobrać: 32 szt.·18 mA·3 (RGB) struktury =1,7 A.

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD1206)
R4 R5 R8 R9: 1,5 kΩ
R11: 22 Ω
R7: 4,7 kΩ
R12: 470 Ω
P2: 10 kΩ potencjometr montażowy

Kondensatory: (SMD1206)
C1 C6 C7 C8 C10 C12: 100 nF
C2 C3: 10 µF
C9 C11: 10 µF

Półprzewodniki:
U1: STM32F072RBT6
U2: DS9503
U3: SPX1117M3-L-3-3
U4: 74HC(T)2G00DP (TSSOP8)
D1: Dioda LED zielona SMD1206

Pozostałe:
J2: modOLED091 IIC (KAMAMI id 564691)
Q1: 8 MHz HC49-S
F1: PCT 100 mA – 0ZCH0010FF2E
J1: Gniazdo USB-B Mini
J5: Złącze T821-1-06-S1
J6 J9: Złącze NS25-W3K
J8: Złacze TB-5.0-PP-3P + TB-5.0-PIN24 (3 piny)
J10: Goldpin 3×1 + zwora
SW1 SW2: RTE1600G44
S2: Mswitch 5×7
moduł KamodWS2812-8 (KAMAMI id: 557918) × 4 szt.

W praktyce, kolor raczej nie będzie biały, jeśli będzie to np. żółty to pobór prądu spada do 1,2 A. Jeśli intensywność świecenia (PWM) będzie ustawiona na 80% wszystkie świecące diody będą pobierały 921 mA. Trzeba pamiętać, że intensywność świecenia a wypełnienie PWM to dwie różne rzeczy. Początkowy wzrost wypełnienia daje duże zmiany jasności świecenia, później zmiany są coraz mniej widoczne. Zmiana PWM z 0 na 10% jest bardzo widoczna, a z 90 na 100% prawie niewidoczna. W oprogramowaniu termometru zastosowano korektę programową przez co regulacja potencjometrem P1 wydaje się być liniowa. Pobór prądu przez mikrokontroler i inne elementy urządzenia można pominąć bo nie przekracza 50 mA.

SaS
sas@elportal.pl

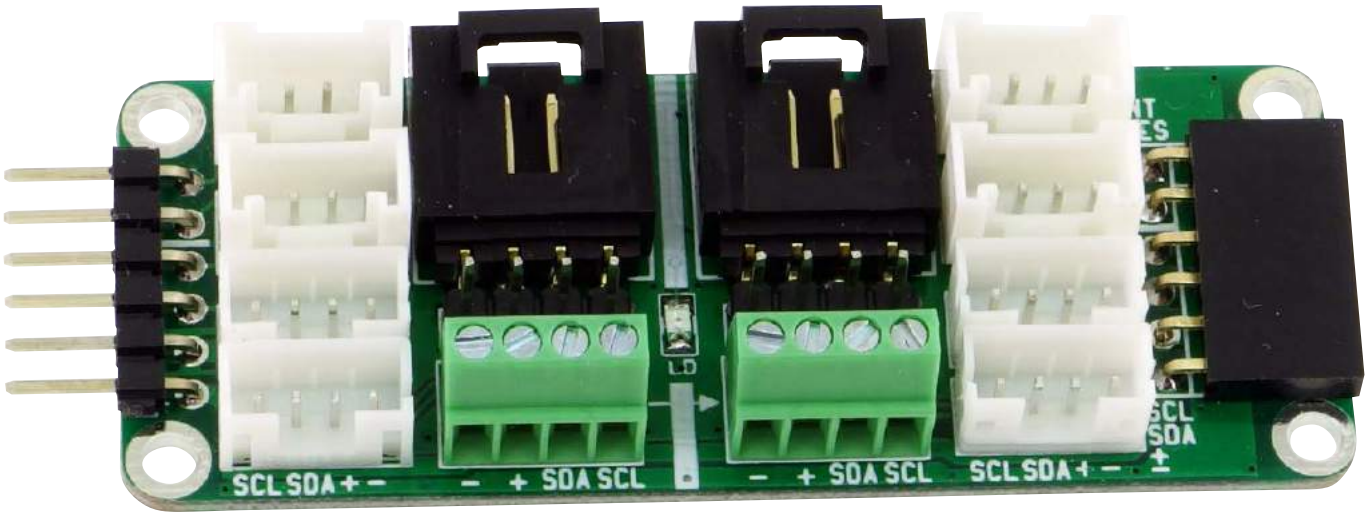
REKLAMA

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA MATERIAŁY DODATKOWE MEDIA

Aby skorzystać z materiałów dodatkowych dołączonych do numeru, należy:

1. Wejść na stronę **www.media.avt.pl**,
2. Zarejestrować się lub zalogować,
3. Wybrać wydanie „Elektroniki Praktycznej", które ma trafić do biblioteki osobistej,
4. Odpowiedzieć na proste pytanie dotyczące bieżącego numeru,
5. Pobrać pliki.

eprasa.pl e017b7ba51



I²C Extender

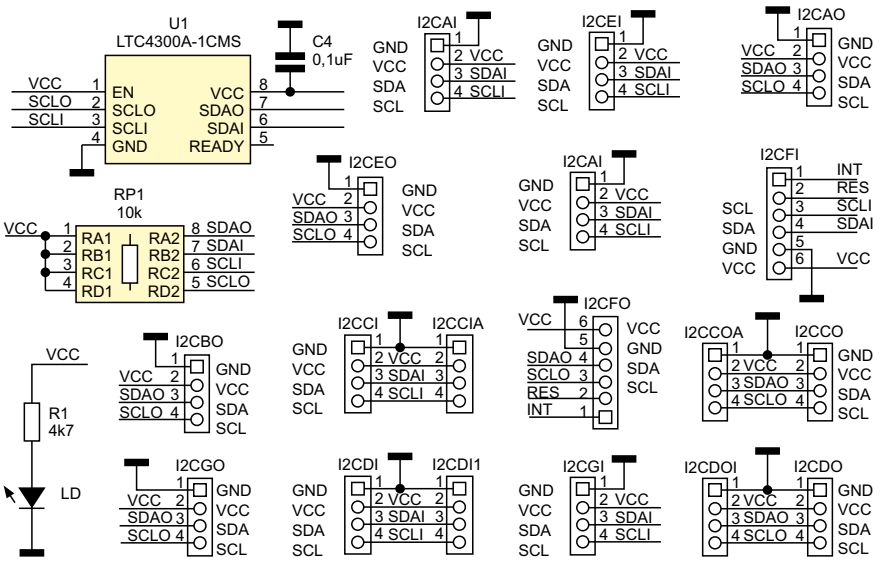
Przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C

Magistrala I²C jest bardzo wygodnym i tanim sposobem wymiany informacji pomiędzy układami scalonymi w obrębie urządzenia. Jednak czasem dobrze mieć możliwość przedłużenia lub rozgałęzienia magistrali przynajmniej o kilkadziesiąt centymetrów. Ułatwia to np. odczyt rozmieszczonych w różnych punktach urządzenia czujników, bez potrzeby stosowania interfejsów szeregowych o większym zasięgu.

Głównym zadaniem opisanego minimodułu jest buforowanie sygnału I²C, ale dodatkowo został wyposażony w zestaw złącz dla najpopularniejszych standardów płytek prototypowych (Grove, Qwiic, Arduino Brick, Pmod). Dzięki temu pełni funkcję huba pomiędzy różnymi systemami i zwalnia z konieczności posiadania przejściówek.

Budowa i działanie

W minimodule zastosowano specjalizowany układ bufora i kontrolera Hot-Swap magistrali I²C typu LTC4300A-1 firmy Analog Devices. Budowę wewnętrzną układu pokazano na **rysunku 2**. W swej strukturze zawiera kluczowane bufory sygnałów SDA, SCL sterowane sygnałem ENABLE i wbudowanym



Rysunek 1. Schemat modułu

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5751

Podstawowe parametry:
- umożliwia realizację funkcji Hot-Plug,
- umożliwia połączenie kilku modułów w topologii gwiazdy,
- wyposażony w zestaw złącz dla najpopularniejszych standardów płytek prototypowych (Grove, Qwiic, Arduino Brick, Pmod),
- pracuje poprawnie w zakresie napięć zasilania 2,7…5,5 V.

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1: 4,7 kΩ SMD0805
RP1: 10 kΩ drabinka rezystorowa CRA06S08

Kondensatory:
C4: 100 nF SMD0805

Półprzewodniki:
LD: LED SMD0805
U1: LTC4300A-1CMS MSOP8

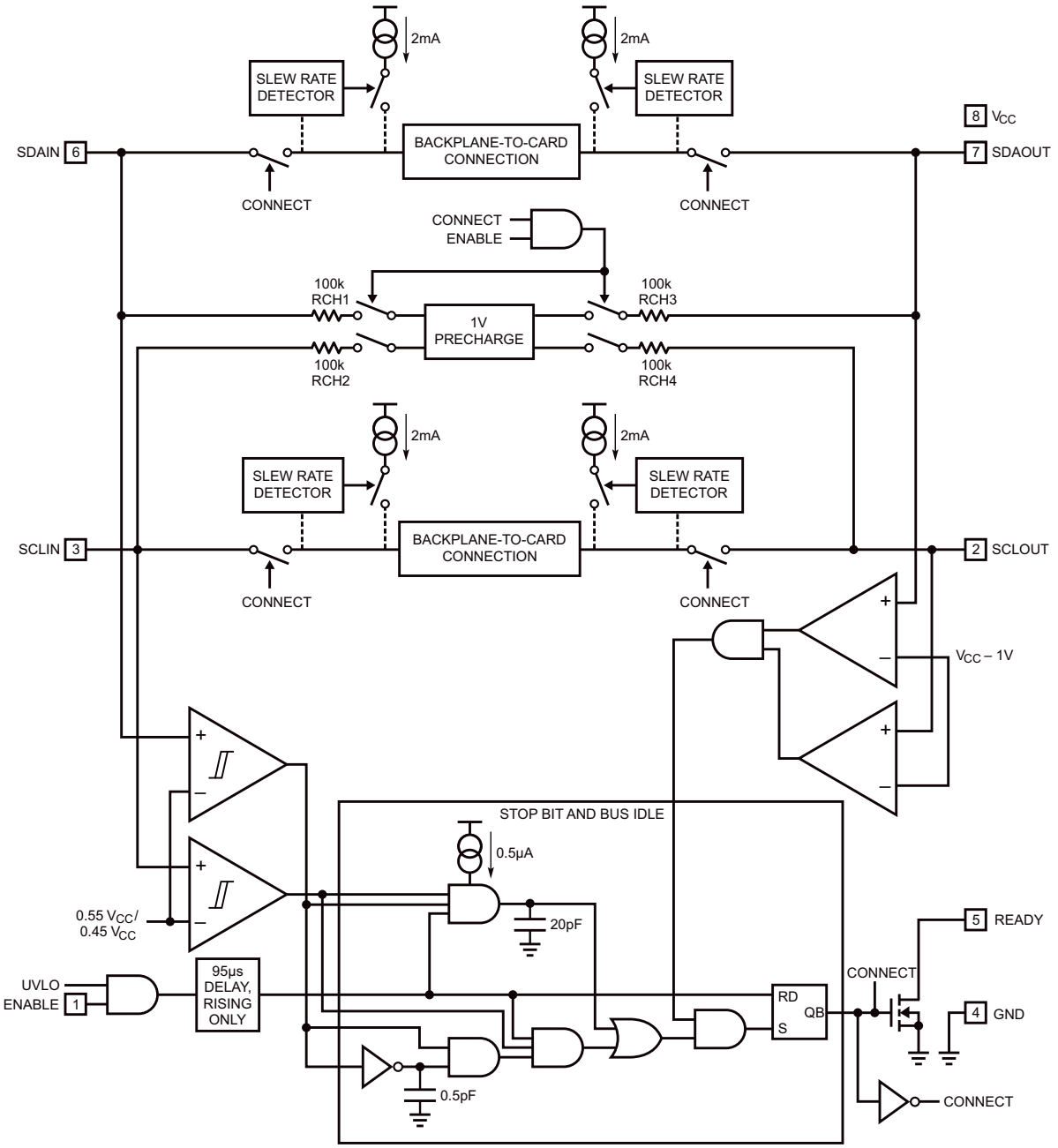
Pozostałe:
I2CAI, I2CAO: Złącze EH4 kątowe
I2CBI, I2CBO: Złącze SIP4 proste męskie
I2CCI, I2CCIA, I2CCO, I2CCOA: Złącze JST 2 mm proste
I2CDI, I2CDI1, I2CDO, I2CDO1: Złącze Grove proste
I2CEI, I2CEO: Złącze JST4 1 mm
I2CFI: Złącze SIP6 kątowe męskie
I2CFO: Złącze SIP6 kątowe żeńskie
I2CGI, I2CGO: Złącze śrubowe 2,54 mm
MPT0.5/4-2.54

*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [**B**] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [**B**] zawiera elementy elektroniczne (w tym [**UK**] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [**C**] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [**B**] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [**A**] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [**A+**] – płytka drukowana [**A**] + zaprogramowany układ [**UK**] i dokumentacja
- wersja [**UK**] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! *http://sklep.avt.pl*. W przypadku braku dostępności na *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 2. Budowa wewnętrzna układu LTC4300A-1

układem ULVO. Bufory izolują fragmenty magistrali, która po zastosowaniu LTC4300A-1 podzielona jest na mniejsze segmenty, co zapewnia zmniejszenie pojemności obciążającej nadajniki układów.

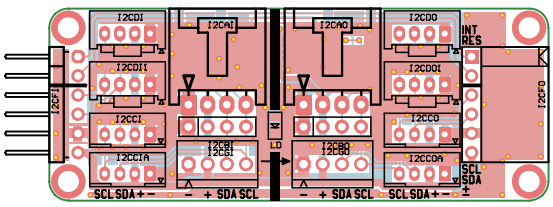
Sygnał ENABLE umożliwia rozłączenie segmentów magistrali, cecha ta jest niewykorzystana w module, ale jest niezbędna przy systemach modułowych podłączanych w trybie Hot-Plug. Wyłączenie układu eliminuje możliwość zakłócenia działającej części urządzenia podczas podłączania nowego modułu. Układ ma wbudowane akceleratory czasu narastania zboczy, umożliwiające zastosowanie większych wartości rezystorów podciągających. Połączenie kilku układów LTC4300A-1 umożliwia zastosowanie magistrali I²C w topologii gwiazdy.

Schemat modułu pokazano na **rysunku 1**. Oprócz układu LTC4300A-1 zawiera jedynie rezystor drabinkowy podciągający sygnały magistral do zasilania oraz kondensator odsprzęgający. Sygnały „wejściowe" I²C doprowadzone są do bloku złącz I2CxI, buforowane sygnały „wyjściowe" I²C dostępne jest na złączach I2CxO. Dioda LD sygnalizuje obecność zasilania.

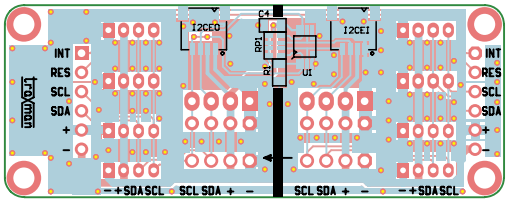
Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej. Rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunkach 3** i **4**. Montaż jest typowy i nie wymaga szczegółowego opisu. Poprawnie zmontowany układ nie wymaga uruchamiania i jest gotowy do pracy po podłączeniu zasilania.

Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl



Rysunek 3. Schemat montażowy, strona TOP



Rysunek 4. Schemat montażowy, strona BOTTOM

eprasa.pl e017b7ba51

Rozgałęźnik dla serwomechanizmów

Serwomechanizmy modelarskie cechują się surowymi wymogami do jakości zasilania i kształtu impulsów sterujących. Równoległe łączenie kilku serw do jednego wyjścia układu sterującego może powodować problemy. Prezentowany układ pomoże je rozwiązać.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5752

Podstawowe parametry:
- buforowanie sygnału logicznego dla czterech wyjść,
- układ wyprowadzeń w standardzie zgodnym z większością serwomechanizmów,
- możliwość zasilania ze sterownika lub z zewnętrznego zasilacza,
- zasilanie napięciem od 2…6 V.

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R2: 3,3 kΩ SMD0805

Kondensatory:
C1: 1000 µF 16 V raster 5 mm THT
C2: 100 nF SMD0805
C3…C6: 10 µF 10V SMD0805

Półprzewodniki:
US1: 74HC125 SO14

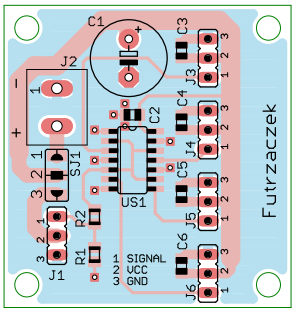
Pozostałe:
J1, J3…J6: goldpin 3 pin 2,54 mm THT
J2: ARK2 5 mm

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! *http://sklep.avt.pl*. W przypadku braku dostępności na *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Ten prosty układ regeneruje sygnał sterujący dla czterech serwomechanizmów oraz dystrybuuje zasilanie do nich. Każde z wyjść ma odrębny bufor cyfrowy, więc nieprawidłowe działanie jednego serwomechanizmu nie wpłynie negatywnie na pracę pozostałych.

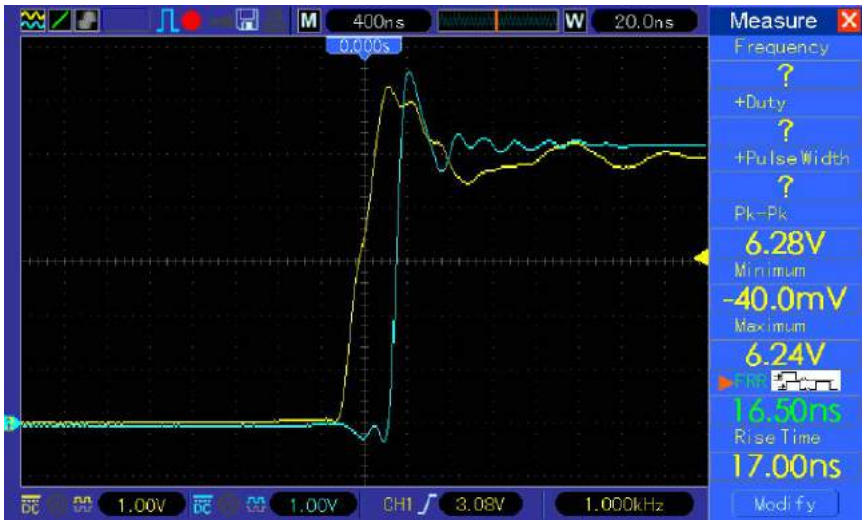


Rysunek 1. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki

Budowa i działanie

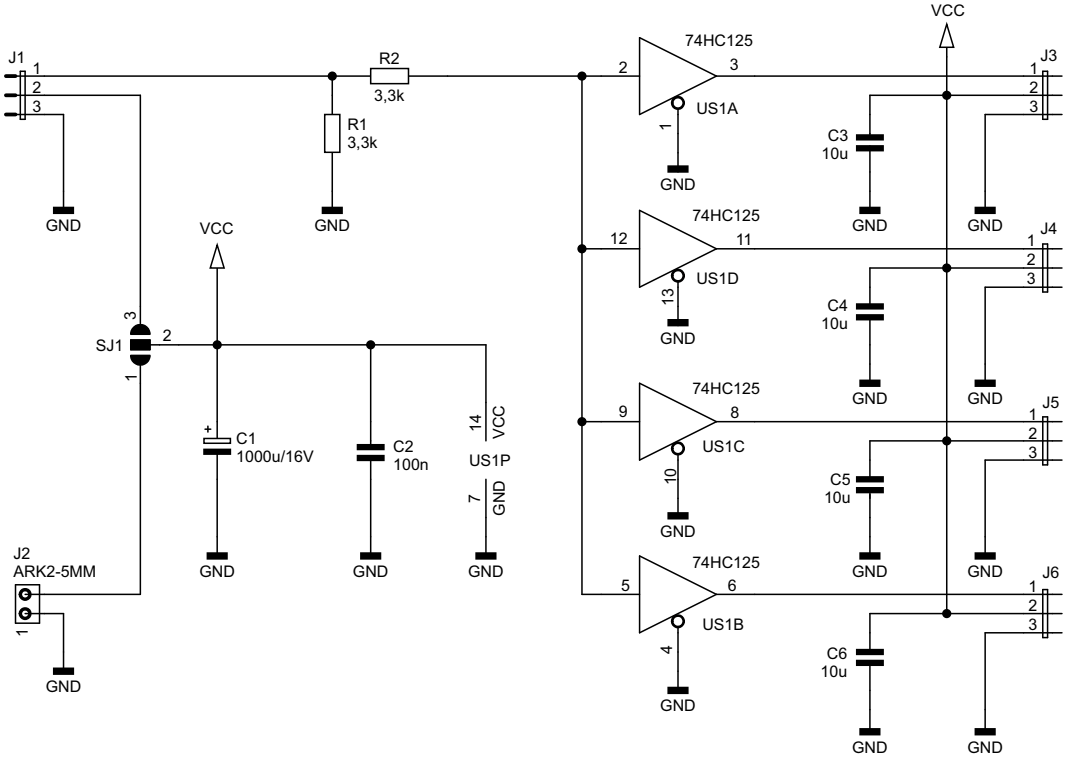
Schemat ideowy pokazano na **rysunku 3**. Rolę bufora cyfrowego pełni układ 74HC125, który cechuje się znikomym poborem prądu oraz zdolnością do regeneracji zboczy sygnału wejściowego, a to za sprawą wbudowanych przerzutników Schmitta. Wejścia aktywujące zostały zwarte z masą, przez co wszystkie wyjścia pracują.

Wejście sygnałowe jest spolaryzowane do masy rezystorem R1, którego zadaniem



Rysunek 2. Oscylogram napięcia na wejściu i wyjściu układu

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 3. Schemat ideowy układu

jest również odprowadzanie do masy ładunków elektrostatycznych. Rezystor R2 ogranicza prąd płynący przez diody zabezpieczające wejścia buforów w razie, gdyby na wejściu pojawił się impuls napięcia o nieprawidłowej wartości.

Zasilanie dla układu jest wybierane przy użyciu kropli cyny, którą należy nanieść na odpowiednie pola lutownicze SJ1. Może ono pochodzić z układu sterującego (pola 2-3) lub z zewnętrznego zasilacza (pola 1-2), jeżeli układ sterujący ma zbyt małą wydajność prądową wyjścia zasilającego lub spadek napięcia na przewodach jest nieakceptowalny. Kondensatory redukują impedancję wewnętrzną źródła zasilania, co poprawia pracę serwomechanizmów, które prąd pobierają głównie impulsowo.

Układ wyprowadzeń w złączach: J1 (wejściowym) i J3…J6 (wyjściowych) jest następujący: 1 – sygnał, 2 – zasilanie, 3 – masa. Jest spotykany w większości serwomechanizmów dostępnych na rynku.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 38×40 mm, a wzór ścieżek oraz schemat montażowy pokazuje **rysunek 1**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe. Zmontowany i gotowy do działania układ pokazuje fotografia tytułowa.

Pobór prądu z zasilania (przy braku serwomechanizmów podłączonych do złącz J3…J6) jest na poziomie pojedynczych mikroamperów. Opóźnienie wprowadzane przez bufory jest pomijalnie małe, wynosi około 17 ns, co udowadnia oscylogram z **rysunku 2.** Przebieg żółty to sygnał wejściowy, a niebieski – wyjściowy, widoczna jest poprawa jakości zbocza narastającego. Pomiar wykonano przy napięciu zasilającym 5 V.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

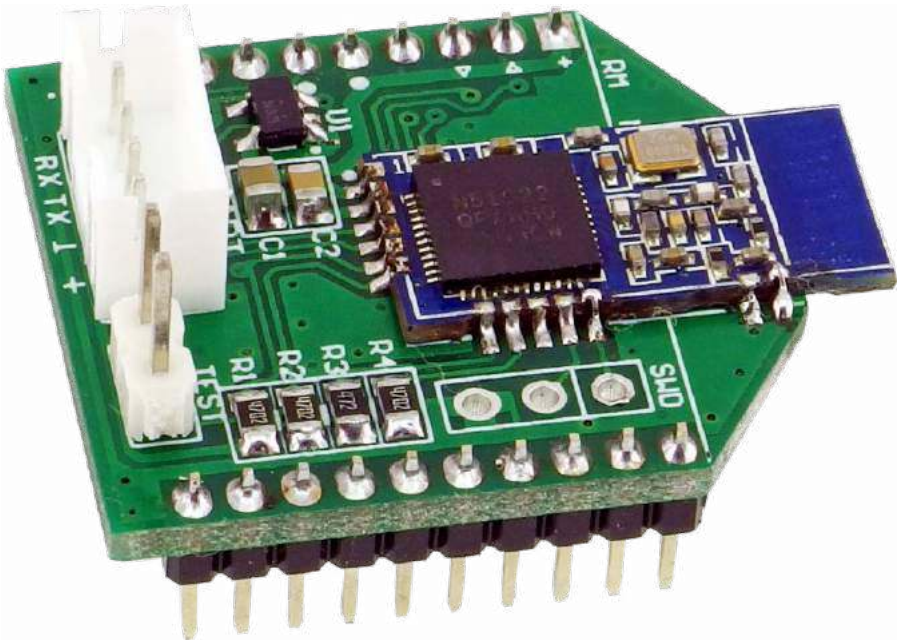
100% ELEKTRONIKI NA AVT.PL/PRENUMERATA

Prenumerujesz Elektronikę Praktyczną + Elektronikę dla Wszystkich?
Skorzystaj z promocji 1+1=3 i zamów bezpłatną prenumeratę Elektronika

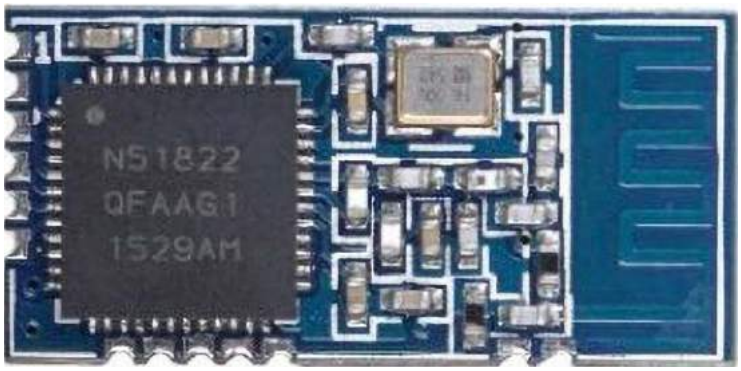
eprasa.pl e017b7ba51

Moduł XBee Bluetooth BLE4.1

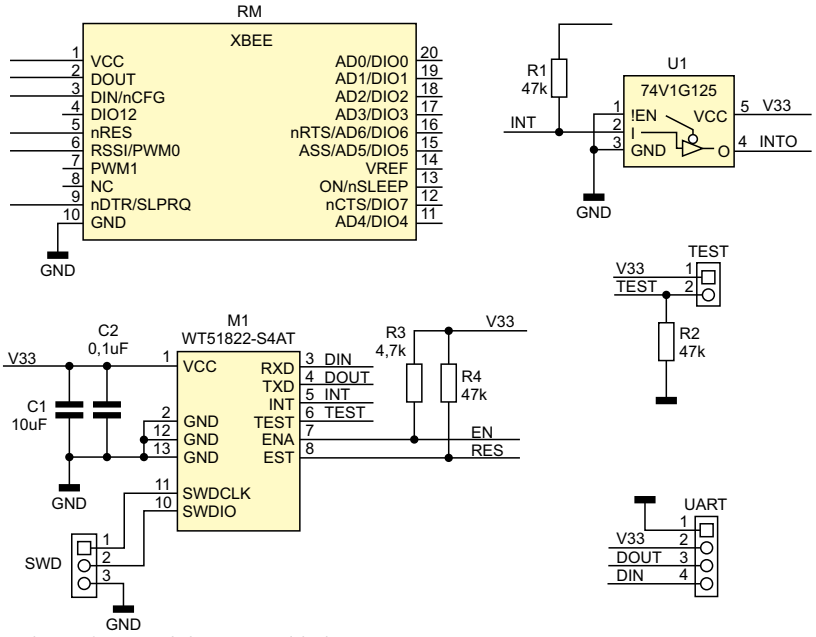
Prezentowany moduł Wireless-Tag WT51822-S4AT jest jednym z najmniejszych i łatwiejszych w aplikacji rozwiązań komunikacyjnych BLE4.1. Wyposażony jest w układ Nordic nRF51822 i dzięki niewielkim rozmiarom (18,5×9,1×2 mm), małej ilości niezbędnych do pracy elementów zewnętrznych oraz szybkiej konfiguracji jest ciekawą alternatywą dla tanich, słabo udokumentowanych modułów lub rozbudowanych modułów renomowanych producentów, które w prostszych aplikacjach nie wykorzystują nawet części swoich możliwości.



Płytka rozszerza zestaw opisanych w EP rozwiązań komunikacyjnych zachowujących zgodność z podstawką XBee. Zastosowany moduł WT51822-S4AT, którego wygląd pokazano na **fotografii 1**, odpowiada za realizację



Fotografia 1. Moduł WT51822-S4AT (za notą Wireles-tag)



Rysunek 1. Schemat elektryczny układu

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5754

Podstawowe parametry:
- konwerter UART-Bluetooth 4.1,
- domyślne parametry transmisji 9600,8,N,1,
- konfiguracja przy pomocy komend AT,
- zasilany napięciem 3,3 V.

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R2, R4: 47 kΩ SMD0805
R3: 4,7 kΩ SMD0805

Kondensatory:
C1: 10 μF/10 V SMD0805
C2: 100 nF SMD0805

Półprzewodniki:
M1: Moduł BT WT51822-S4AT
U1: SN74LVC1G125DBV SOT-23-5

Pozostałe:
RM: Podstawka XBee 2×10 pin SIL 2 mm
TEST: Listwa SIP2 + Zwora
UART: Złącze PH 4 pin 2 mm

*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! *http://sklep.avt.pl*. W przypadku braku dostępności na *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

eprasa.pl e017b7ba51

transmisji szeregowej UART z wykorzystaniem BLE4.1. Można śmiało nazwać go „radiowym” odpowiednikiem konwerterów UART/USB produkcji FTDI. Dzięki zastosowaniu WT51822-S4AT, w łatwy sposób można zwiększyć funkcjonalność istniejącego projektu, opartego o procesor bez komunikacji radiowej o monitorowanie lub sterowanie poprzez Bluetooth, wprowadzając aplikację w świat IoT i to dosłownie w ciągu kilku minut!

Budowa i działanie

Schemat układu pokazano na **rysunku 1**. Moduł WT51822-S4AT zasilany jest napięciem 3,3 V z podstawki zgodnej z Xbee. Interfejs UART, dodatkowo oprócz złącza Xbee, razem z zasilaniem wyprowadzony jest na złącze PH UART, co ułatwia zastosowanie w systemach pozbawionych podstawki XBee. Bramka U1 buforuje sygnał przerwania generowany przez M1 po odebraniu danych.

Zwora TEST służy do szybkiego przetestowania modułu, który w trybie tym niezwłocznie odsyła odebrane dane do sparowanego urządzenia, czyli realizuje funkcję loop-back, ale korzystając z interfejsu radiowego BLE – bez konieczności sterowania przez UART. Sprawdzenie działania modułu może więc odbyć się przy wykorzystaniu terminala szeregowego Bluetooth, bez napisania linijki kodu. Sygnał EN aktywuje UART modułu M1. Do wyprowadzeń XBee oprócz sygnałów DIN/DOUT doprowadzone są sygnały EN i RES.

Montaż

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat i rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 2**. Montaż modułu nie wymaga opisu, po zmontowaniu wygląda jak na fotografii tytułowej.

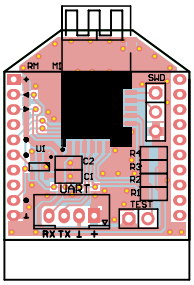
Uruchomienie

Do uruchomienia modułu przydatny będzie konwerter XBee-PC (AVT5513), po zamontowaniu modułu **XBee Bluetooth** w płytkę XBee-PC, możemy podłączyć ją do komputera PC. Następnie należy uruchomić terminal komunikacji szeregowej np.: Tera Term lub inny umożliwiający wysyłanie komend AT wykorzystywanych do konfiguracji modułu. Domyślnie WT51822-S4AT ma ustawione parametry transmisji 9600,8,N,1 i tak należy skonfigurować terminal.

Podstawową komendą jest odczyt parametrów modułu AT+RX, który zwraca nazwę, prędkość transmisji oraz adres MAC, natomiast komenda AT+VERSION zwraca wersję modułu. Każda komenda AT wysłana do modułu wymaga zakończenia \r. Aby zmienić nazwę (maksymalnie 20 bajtów) wydajemy komendę AT+NAME=NowaNazwaModułu, jeżeli operacja przebiegnie poprawnie otrzymamy potwierdzenie OK. Od tego momentu moduł gotowy jest do pracy.

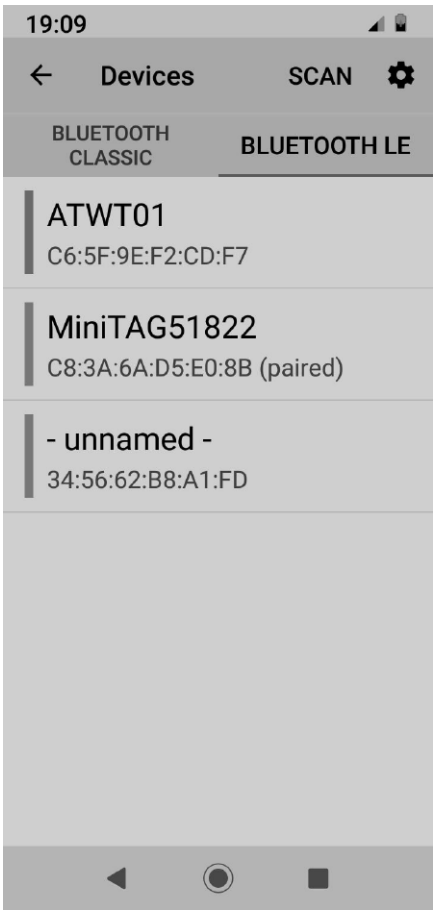
Przebieg konfiguracji w Tera Term przedstawiono na **rysunku 3**. Moduł obsługuje prędkości transmisji pomiędzy 1200-230400 bps, producent jednak nie zaleca ustawiania większej niż 57600 bps ze względu na możliwe przekłamania w transmisji. Komendą AT+BAUD=xxxx można ustawić wymaganą prędkość transmisji. Jeżeli nie jest wymagana pełna moc nadajnika możemy dostosować ją do wymogów aplikacji (zasięgu) komendą AT+RFPM=x gdzie x=0-8 ustawia moc +4 dBm do –40 dBm zgodnie z dokumentacją. Komenda AT+RESET restartuje moduł, a AT+DEFAULT przywraca ustawienia domyślne.

Po konfiguracji moduł gotowy jest do sparowania. Do tego celu użyjemy smartfona z systemem Android i zainstalowanym monitorem portu szeregowego Bluetooth. W moim przypadku jest to Serial Bluetooth Terminal 1.29 dostępny w sklepie Google Play, którego autorem jest Kai Morich. Pierwszą czynnością jest włączenie interfejsu Bluetooth w smartfonie, następnie w aplikacji terminala należy zeskanować dostępne urządzenia (**rysunek 4**). Na liście dostępnych modułów znajduje się także ATWT01, dla którego należy zdefiniować profile usług. Konfiguracji dokonujemy poprzez wybór i przytrzymanie nazwy

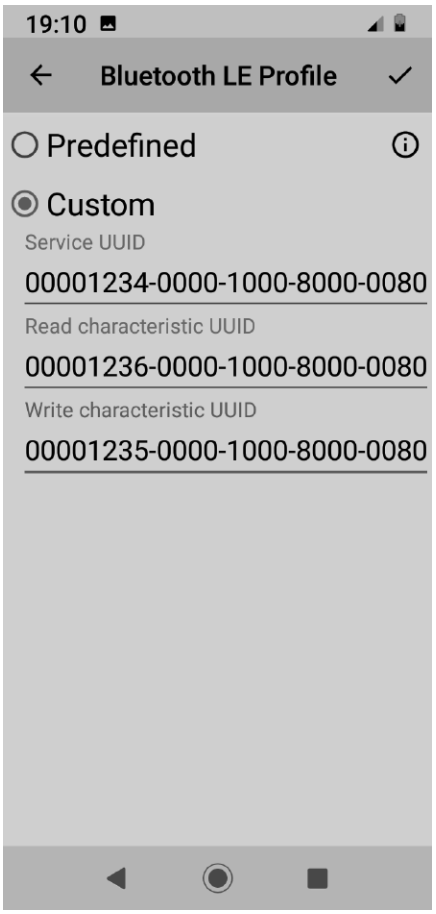


Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

Rysunek 3. Konfiguracja modułu w programie Tera Term



Rysunek 4. Wyszukiwanie urządzeń BT



Rysunek 5. Definiowanie UUID

eprasa.pl e017b7ba51

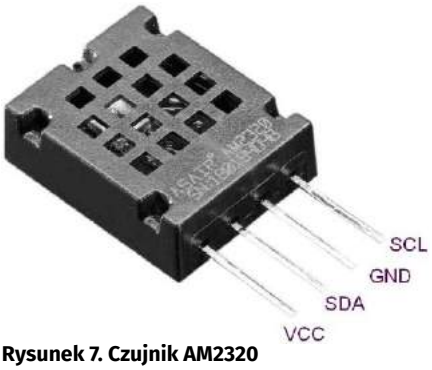
Rysunek 6. Transmisja testowa z terminalem

modułu ATWT01, co wywoła opcje Connect i Edit. Należy zdefiniować profile (Edit) zgodnie z **rysunkiem 5**. Następnie łączymy się z modułem (Connect), co potwierdzone zostanie także w okienku terminala. Od tego momentu można sprawdzić komunikację pomiędzy modułem **XBee Bluetooth** podłączonym do PC, a terminalem BLE w smartfonie (**rysunek 6**).

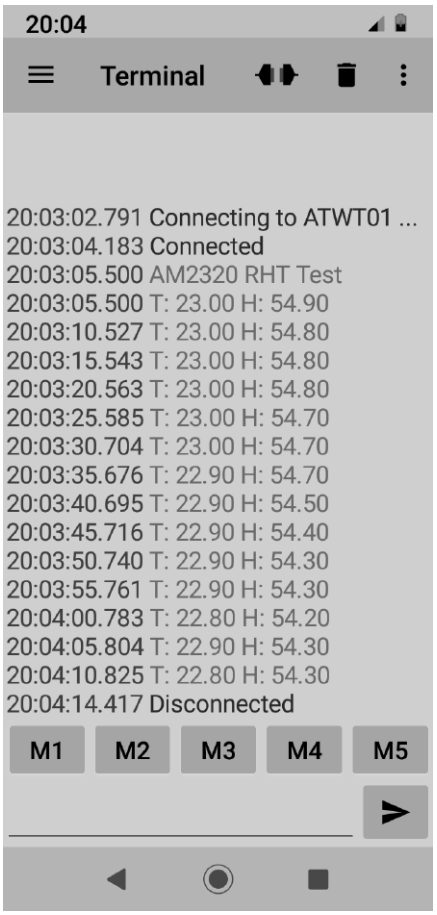
Dla bardziej użytecznego wykorzystania WT51822, podłączymy go do portu szeregowego Arduino MKR Zero (sygnały i zasilanie w standardzie 3,3 V), do magistrali I2C podłączymy czujnik temperatury i wilgotności AM2320. Wyprowadzenia czujnika AM2320 pokazuje **rysunek 7**. Konieczne jest podwieszenie magistrali I²C rezystorami 2,2 kΩ i odsprzęgnięcie zasilania kondensatorem 100 nF. Po wgraniu szkicu z **listingu 1 i** nawiązaniu połączenia w terminalu szeregowym BLE, co 5 sekund będzie odczytywana wartość zmierzonej temperatury i wilgotności (**rysunek 8**).

Z pewnością udało się zmieścić w kilku minutach. Jak dobrze, że dzisiaj dostępne są tak zaawansowane technicznie, a jednocześnie tak proste w zastosowaniu podzespoły. Powodzenia w tworzeniu własnych aplikacji z modułem **XBee Bluetooth**.

Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl



Rysunek 7. Czujnik AM2320



Rysunek 8. Działanie aplikacji przykładowej

Listing 1. Przykładowy szkic w Arduino

```
#include „Adafruit_Sensor.h”
#include „Adafruit_AM2320.h”

Adafruit_AM2320 am2320 = Adafruit_AM2320();

void setup() {
    Serial1.begin(9600);
    while (!Serial1) {
        delay(100);
    }
    Serial1.println(„AM2320 RHT Test”);
    am2320.begin();
}

void loop() {
    Serial1.print(„T: „); Serial1.print(am2320.readTemperature());
    Serial1.print(„ H: „); Serial1.println(am2320.readHumidity());
    delay(5000);
}
```

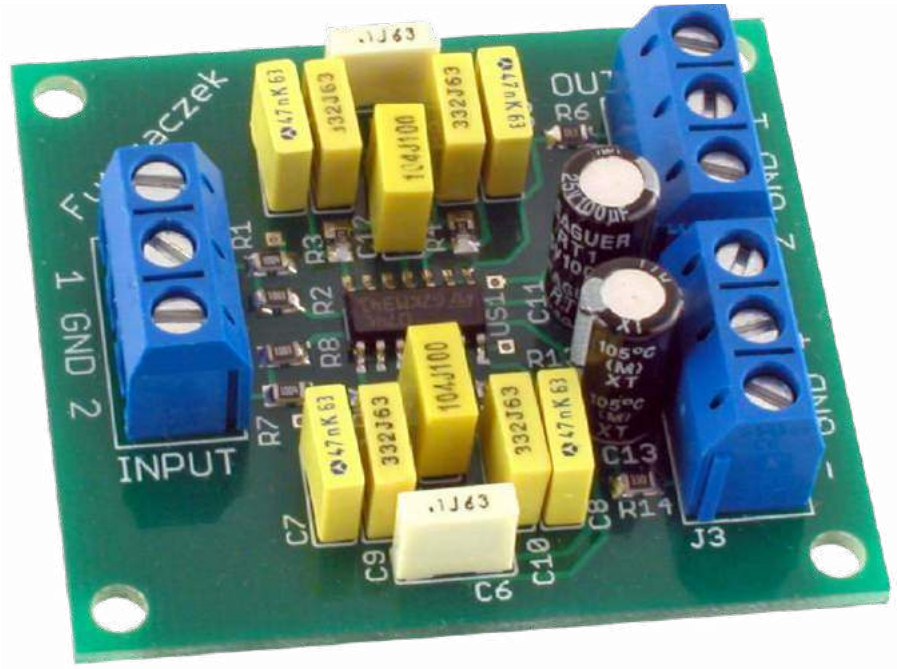
REKLAMA

O projektach, mini, soft
i wielu innych dyskutuj
na https://forum.ep.com.pl

eprasa.pl e017b7ba51

Filtr pasmowo-zaporowy 50 Hz

Systemy audio, zwłaszcza zawierające mikrofony, mają tendencję do „łapania” przydźwięku o częstotliwości 50 Hz, który jest emitowany przez wszechobecne przewody elektryczne. Opisany układ pozwala w prosty sposób ograniczyć jego poziom, w minimalnym stopniu naruszając przy tym pozostałą część widma sygnału.



Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5753

Podstawowe parametry:
- dwa niezależne kanały dla sygnału audio,
- wzmocnienie w paśmie przepustowym: 0 dB,
- maksymalne tłumienie: ok. 35 dB,
- pasmo pracy: ok. 20 Hz…50 kHz,
- zasilanie napięciem symetrycznym ±9…15 V,
- rezystancja wejściowa: 1 MΩ,
- rezystancja wyjściowa: ok. 33 Ω.

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R9: 1 MΩ SMD0805
R2, R6, R7, R10, R14, R15: 1 kΩ SMD0805
R3, R4, R11, R12: 62 kΩ SMD0805
R5, R13: 30 kΩ SMD0805
R8, R16…R18: 33 Ω SMD0805

Kondensatory:
C1, C6, C12, C14: 100 nF MKT
C2, C3, C7, C8: 47 nF MKT
C4, C5, C9, C10: 3,3 nF MKT
C11, C13: 100 µF/25 V

Półprzewodniki:
US1: TL084 SO14

Pozostałe:
J1…J3: ARK3/500

*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
http://sklep.avt.pl. W przypadku braku dostępności na *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Długie oraz nieprawidłowo ekranowane przewody połączeniowe mogą być źródłem przydźwięku sieciowego (tzw. brumu) o częstotliwości 50 Hz, który jest doskonale słyszalny przez ludzkie ucho. Jeżeli jego wyeliminowanie przez usunięcie przyczyny nie jest możliwe, wówczas pozostaje jedynie tłumienie tej składowej w gotowym sygnale.

Nie można tego dokonać prostym filtrem górnoprzepustowym, ponieważ z sygnału zniknęłyby wszystkie częstotliwości z zakresu niskich tonów, których obecność jest konieczna dla prawidłowego odbioru dźwięku. Z tego powodu należy użyć filtra o charakterystyce pasmowo-zaporowej, który w jak najmniejszym stopniu wpłynie na pozostałą część widma filtrowanego sygnału. **Rysunek 1** obrazuje przebieg pożądanej charakterystyki.

Budowa i działanie

Schemat ideowy układu został pokazany na **rysunku 2**. Jest wykonany w technice czysto analogowej, a użyte komponenty są tanie i łatwo dostępne. Składa się z dwóch kanałów o identycznej budowie, zatem omówiony zostanie jeden z nich.

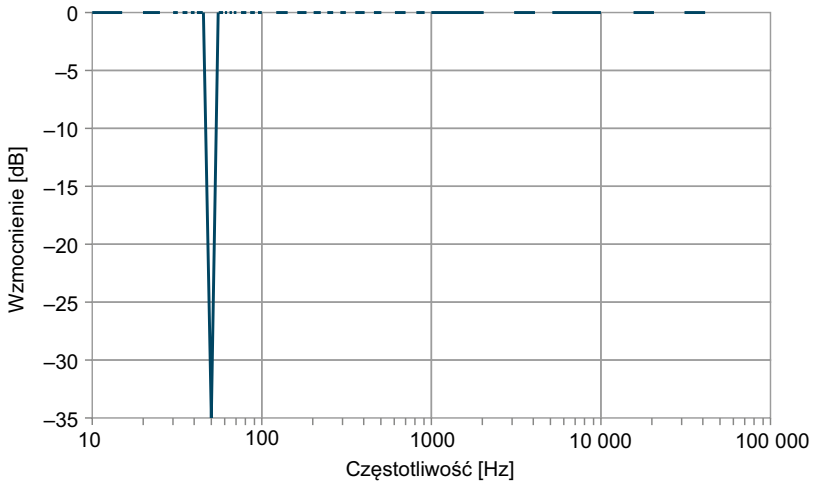
Sygnał wejściowy – pożądane jest, aby nie posiadał składowej stałej – podaje się na złącze J1. Rezystor R1 polaryzuje wejście wzmacniacza operacyjnego oraz, w razie konieczności, kondensator wyjściowy źródła sygnału, jeżeli takowego nie posiada. Ustala on tez rezystancję wejściową równą 1 MΩ.

Wzmacniacz operacyjny US1B pełni rolęi wtórnika napięciowego, aby zapewnić jak najmniejszą oraz stałą impedancję dla sterowania następnym stopniem. Zadaniem rezystora R2 jest ochrona delikatnego wejścia wzmacniacza przed wyładowaniami elektrostatycznymi, które jest zbudowane w oparciu o tranzystory JFET. Ponieważ prądy polaryzujące wejścia wzmacniacza są znikomo małe, rzędu pikoamperów, ich kompensacja nie jest konieczna.

Następnym blokiem jest filtr pasmowo-zaporowy typu „podwójne T”, którego elementy składowe zostały dobrane do częstotliwości 50 Hz. Wtórnik na układzie US1A zmniejsza impedancję wyjściową całego układu oraz dostarcza sygnału sprzężenia zwrotnego, który jest pobierany z dzielnika rezystancyjnego R6, R7. Dzielnik ustala dobroć filtru, która musi stanowić kompromis pomiędzy szerokością pasma zaporowego, wartością tłumienia oraz stabilnością układu – przy bezpośrednim sprzężeniu węzła C1, R5 z wyjściem układu US1A, można otrzymać generator drgań sinusoidalnych. Wartości rezystancji dzielnika dobrano eksperymentalnie podczas testowania prototypu. Rezystancja wewnętrzna tego dzielnika dodaje się również do rezystancji R5, która powinna być równa połowie rezystancji rezystorów R3 i R4.

REKLAMA

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 1. Pożądany przebieg charakterystyki amplitudowej układu

Rezystor R3 poprawia stabilność pracy układu przy obciążeniu jego wyjścia pojemnością o znaczącej wartości (np. długim przewodem ekranowanym) lub przy zwarciu go do masy, np. przez układ wyciszania dźwięku zawarty w dołączonym torze audio.

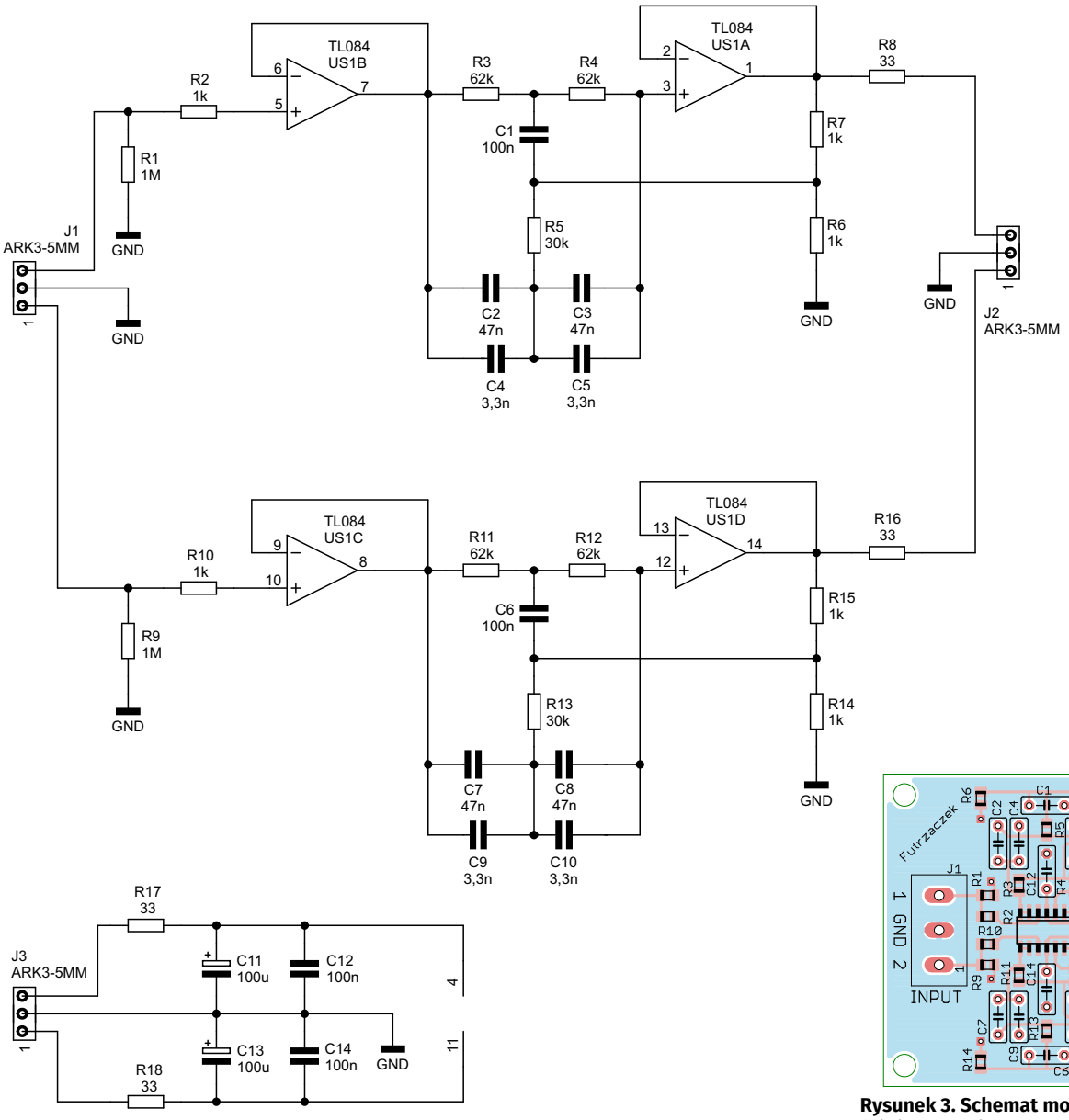
Zasilanie układu jest filtrowane przez proste układy RC o częstotliwości odcięcia ok. 48 Hz, które skutecznie eliminują większość zakłóceń o wysokich częstotliwościach. Mogłyby one przedostać się do sygnału wyjściowego.

Montaż i uruchomienie

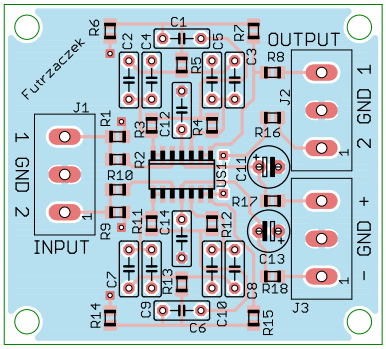
Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 50×45 mm, której wzór ścieżek oraz schemat montażowy pokazuje **rysunek 3**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe

Wszystkie elementy są umieszczone po stronie TOP obwodu drukowanego. Montaż polecam rozpocząć od przylutowania podzespołów w obudowach SMD, ze względu na znaczną gęstość upakowania ich pomiędzy znacznie wyższymi podzespołami THT.

Prawidłowo zmontowany układ nie wymaga jakichkolwiek czynności uruchomieniowych i jest od razu gotowy do pracy. Na zaciski złącza J1 podawany jest sygnał, który ma zostać poddany filtracji, zaś zaciski

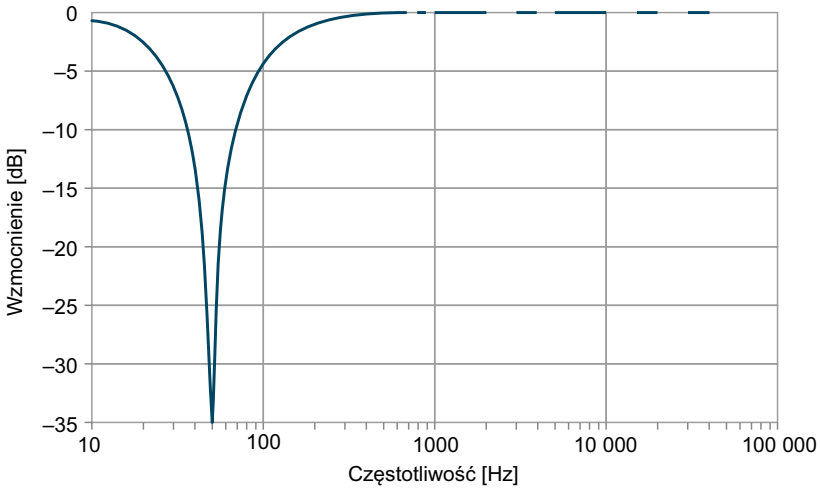


Rysunek 2. Schemat ideowy układu

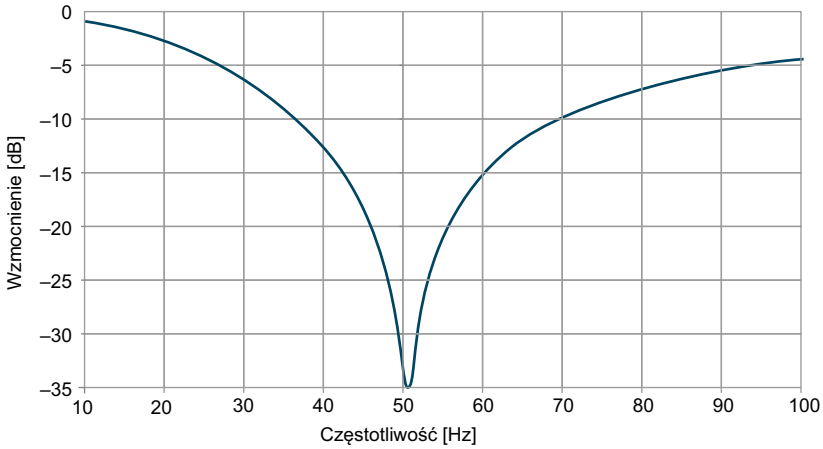


Rysunek 3. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki – strona TOP

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 5. Przebieg charakterystyki amplitudowej w pełnym zakresie częstotliwości



Rysunek 6. Przebieg charakterystyki amplitudowej w zawężonym zakresie częstotliwości

złącza J2 są wyjściem układu – numeracja kanałów jest taka sama, jak na wejściu.

Do złącza J3 należy doprowadzić napięcie stałe, symetryczne, dobrze filtrowane, choć niekoniecznie stabilizowane o wartości od ±9...15 V. Jego wartość rzutuje na maksymalną amplitudę niezniekształconego napięcia wyjściowego: przy ±9 V jest to ok. 5 V, zaś przy ±15 V około 11 V. Pobór prądu wynosi ok. 3 mA, bez podanego sygnału.

Pomiary przeprowadzone na prototypie, polegały na zdjęciu charakterystyki amplitudowej w funkcji częstotliwości: ku[dB]=f(f) przy zasilaniu napięciem ±15 V oraz amplitudzie sygnału wejściowego 500 mV. Przebieg charakterystyki w zakresie 10 Hz…50 kHz pokazuje **rysunek 4**. Posiada jedno wyraźne minimum dla częstotliwości ok. 50 Hz, a poza tym miejscem wzmocnienie wynosi 0 dB (1 V/V). Charakterystyka nie posiada żadnych zafalowań, więc pozostała część pasma pozostanie niezmieniona.

Na **rysunku 5** znajduje się fragment charakterystyki w okolicy częstotliwości blokowanej – zakresie 10…100 Hz, wykonany z krokiem 1 Hz. Maksymalne tłumienie wynosi ok. 35 dB i jest osiągane dla częstotliwości 51 Hz. Dla 50 Hz jest to zaledwie jeden decybel mniej. Udało się uzyskać tak dobre odwzorowanie prawidłowej charakterystyki pomimo użycia standardowych elementów RC o tolerancji 5%. Przebieg charakterystyki w drugim kanale był niemal identyczny.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

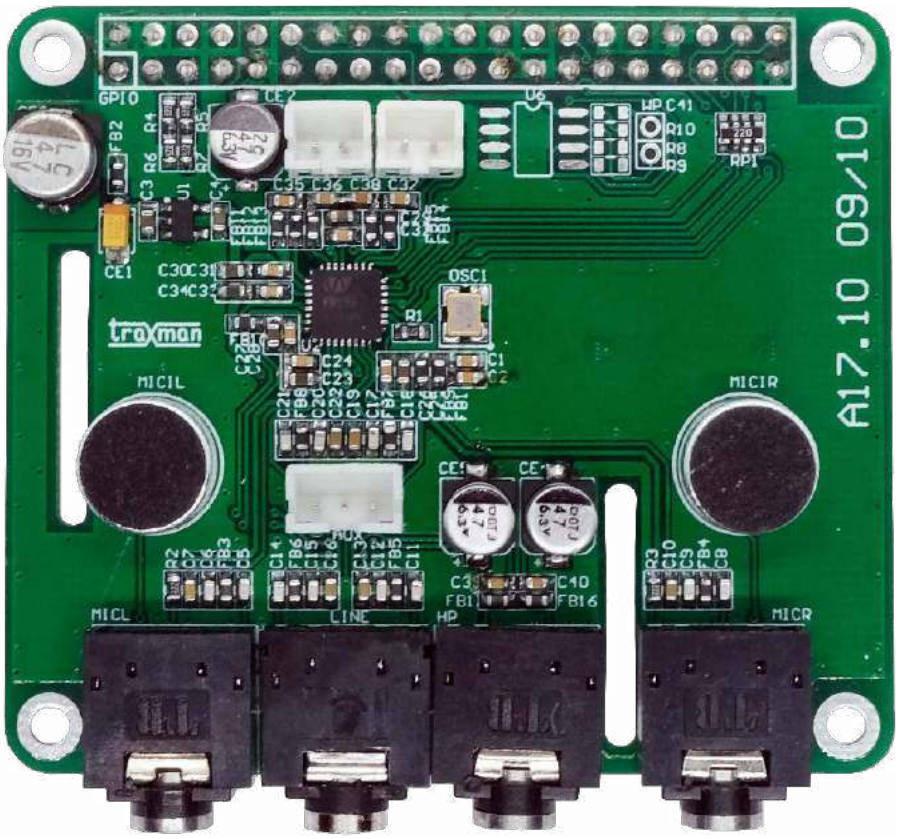
eprasa.pl e017b7ba51

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.
Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 300,– zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przysyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

PROJEKT NR 249

Karta muzyczna dla Raspberry Pi

Odtwarzanie dźwięku przez Raspberry Pi jest tematem rozpoznanym i nie stanowi większego problemu. Możemy użyć wbudowane wyjście PWM lub jedną z dostępnych nakładek HAT z przetwornikiem DAC. Coraz częściej konieczne jest też nagrywanie dźwięku, przykładowo dla uzupełnienia obrazu z kamery w systemach wizyjnych lub rozpoznania i analizy mowy w systemach asystentów głosowych opartych o Raspberry Pi. W tym przypadku konieczna jest karta w wejściami mikrofonowymi, a najlepiej z pełnym kompletem złącz wejść i wyjść.



Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R4, R5: 22 Ω 1% SMD0603
R2, R3: 2,2 kΩ 1% SMD0603
R6, R7: 4,7 kΩ 1% SMD0603
R8…R10: 4,7 kΩ 1% SMD0603
RP1: 22 Ω 1%

Kondensatory:
C1, C35…C38: 1 nF SMD0603
C2, C24, C25, C28, C31…C33, C41: 100 nF SMD0603
C3, C4, C23, C26, C27, C29, C30, C34: 10 µF SMD0603
C5, C6, C8, C9, C11, C12, C14, C15, C17, C18, C20, C21: 100 pF SMD0603
C7, C10, C13, C16, C19, C22: 4,7 µF SMD0603
C39: 22 pF SMD0603
C40: 220 pF SMD0603
CE1: 22 µF/10 V tantalowy SMD A
CE2…CE5: 47 µF/10 V SMD

Półprzewodniki:
U1: ADP122AUJZ-3.3 SOT23-5
U2: WM8960CGEFL QFN32
U6: AT24LC32 SO8

Inne:
FB1…FB10: ferryt BLM18AG102 SMD0603
FB11…FB17: ferryt BLM18AG101 SMD0603
OSC1: generator SMD 24 MHz 3,2×2,5 mm
MICIL, MICIR: wkładka pojemnościowa LD-MC-0905P
GPIO: IDC40
HP, LINE, MICL, MICR: gniazdo Mini Jack 3,5 mm z wyłącznikami
AUX: Złacze JST 3 pin, 2 mm
SPKL, SPKR: Złacze JST 2 pin, 2 mm
WP: Listwa SIL2 2 mm + zwora (opcja)

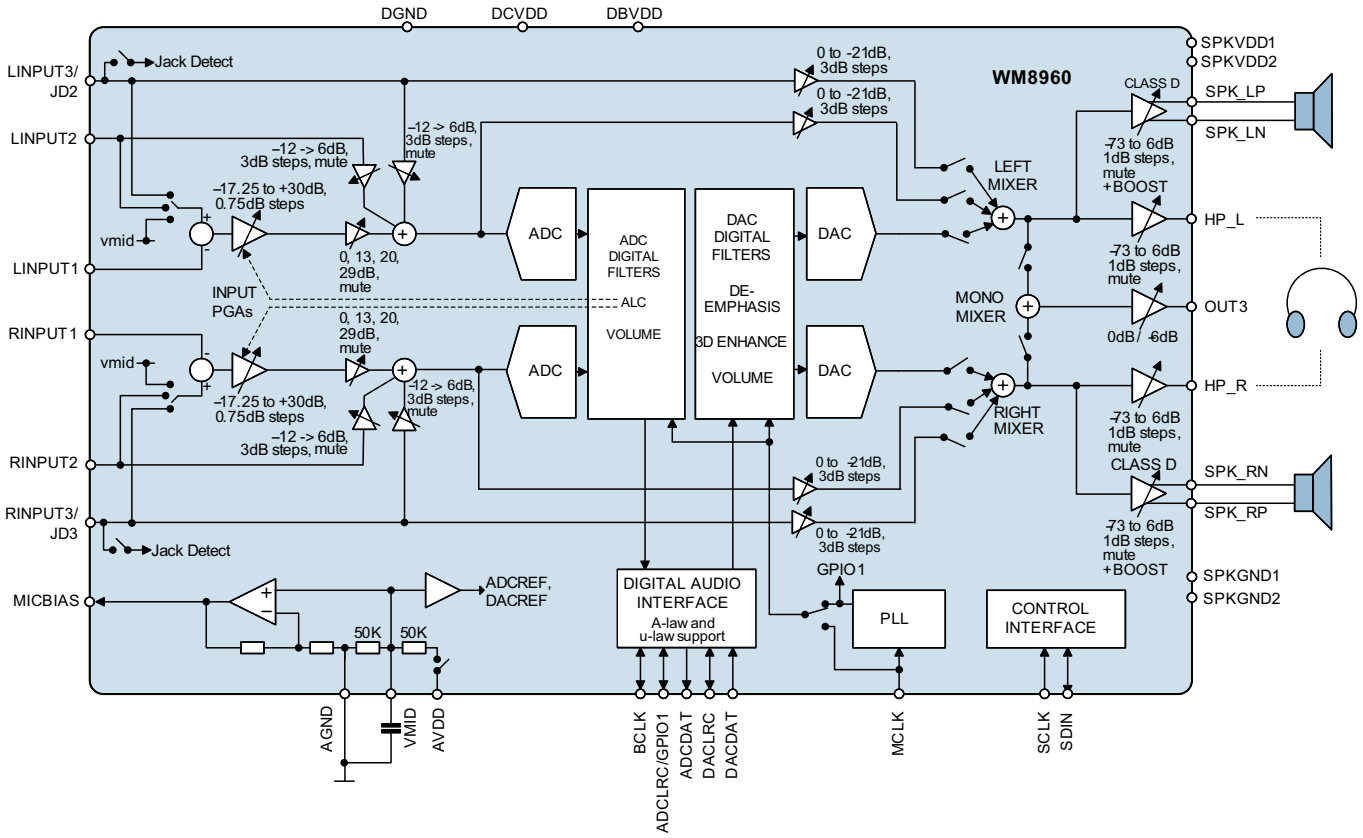
Prezentowana karta wzorowana jest na HAT WM8960 Waveshare i jest z nim zgodna programowo, ale posiada kilka rozszerzeń zwiększających elastyczność zastosowań i w pełni wykorzystuje możliwości sprzętowe kodeka.

Budowa i działanie

Strukturę wewnętrzną kodeka WM8960 pokazano na **rysunku 1**. Układ posiada w torze wejściowym trzy wejścia analogowe LINPUT1...3 z wbudowanymi regulowanymi wzmacniaczami do współpracy ze źródłami o poziomie mikrofonowym i liniowym, wbudowany automatyczny regulator wzmocnienia ALC/limiter, bramkę szumów sumator sygnałów wejściowych, a w torze wyjściowym mikser z możliwością odsłuchu wejść, wzmacniacz słuchawkowy (HP) z wyjściem linowym i dwukanałowy wzmacniacz mocy 2×1 W współpracujący bezpośrednio z głośnikami (SPK). Konfiguracja układu odbywa się przez interfejs I²C, do przesyłu cyfrowego sygnału audio używany jest interfejs I²S. Układ w aplikacji wymaga niewielu elementów zewnętrznych.

Schemat ideowy urządzenia pokazano na **rysunku 2**. Moduł zasilany jest z dwóch źródeł, wzmacniacz mocy układu U2 WM8960 korzysta bezpośrednio z +5 V dostępnego na złączu GPIO a, część sygnałowa karty zasilana jest +3,3 V dostarczanego przez niskoszumny stabilizator LDO U1 typu ADP122. Wszystkie potencjały zasilające U2 odsprzęgnięte są zespołem dławika ferrytowego i kondensatorów ceramicznych.

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny WM8960 (za notą producenta)

Za taktowanie U1 (MCLK) odpowiada generator OSC1 o częstotliwości 24 MHz. Cyfrowy interfejs audio I²S (SDI, SDO, LRCK, BLCK) doprowadzony jest do złącza GPIO poprzez rezystory szeregowe RP1. Sygnały wyjściowe ze wzmacniacza mocy po filtracji dolnoprzepustowej FB12...15, C35...37 doprowadzone są do złącz JST 2,00 mm SPKL, SPKR. Sygnał ze wzmacniacza słuchawkowego po separacji składowej stałej CE4, CE5 doprowadzony jest do gniazda HP typu Jack 3,5 mm. Wyjście słuchawkowe pełni też rolę wyjścia liniowego audio.

Wszystkie sygnały wejściowe przed doprowadzeniem do WM8960 podlegają filtracji RF w filtrach dolnoprzepustowych PI, składających się z kondensatorów i dławika ferrytowego (np. C8, 9, FB4). Tor mikrofonowy podłączony jest do wejścia LIN/RIN U2.

Płytka posiada wbudowany mikrofon stereofoniczny, w postaci dwóch typowych wkładek mikrofonowych MICIL/MICIR typu LD-MC-0905P. Do podłączenia zewnętrznych mikrofonów pojemnościowych służą gniazda MICL/R. Mikrofon zewnętrzny musi posiadać wtyk Jack 3,5 mm TRS, z rozdzielonym sygnałem audio i zasilaniem (sygnał audio styk L (*Tip*), zasilanie styk R (*Ring*), masa GND (*Sleeve*), tak połączona jest większość monofonicznych mikrofonów dla PC. Jeżeli chcemy korzystać tylko z zewnętrznej wkładki mikrofonowej, należy zewrzeć styki T/R oraz doprowadzić masę ze styku S. Zasilanie mikrofonów dostarczane jest ze stabilizatora wbudowanego w WM8960, poprzez wyprowadzenie MICBIAS. Podczas korzystania z mikrofonu zewnętrznego, zasilanie i sygnał audio odłączony jest od mikrofonów wbudowanych. Sygnał liniowy można podłączyć do gniazd LINE typu Jack 3,5 mm stereo lub AUX typu JST PH 2,00 mm.

Układ WM8960 konfigurowany jest poprzez interfejs I²C, rezystory R6, R7 podciągają magistralę. Na płytce jest pozostawione miejsce na opcjonalna pamięć EEPROM U6, dla spełnienia wymogów HAT, w modelu nie jest ona wlutowana.

Montaż i uruchomienie

Karta zmontowana jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu, rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 3**. Zmontowaną płytkę pokazuje fotografia tytułowa. Prawidłowo zmontowany DAC nie wymaga uruchamiania, konieczna jest konfiguracja systemu operacyjnego.

Przed instalacją warto zaktualizować system i po aktualizacji sprawdzić obecność układu WM8960, na magistrali I²C pod adresem 0x1A poleceniem:

```
i2cdetect -y 1
```

Jeżeli układ został wykryty poprawnie, należy zainstalować oprogramowanie do jego obsługi:

```
git clone https://github.com/
waveshare/WM8960-Audio-HAT
cd WM8960-Audio-HAT
sudo ./install.sh
sudo reboot
```

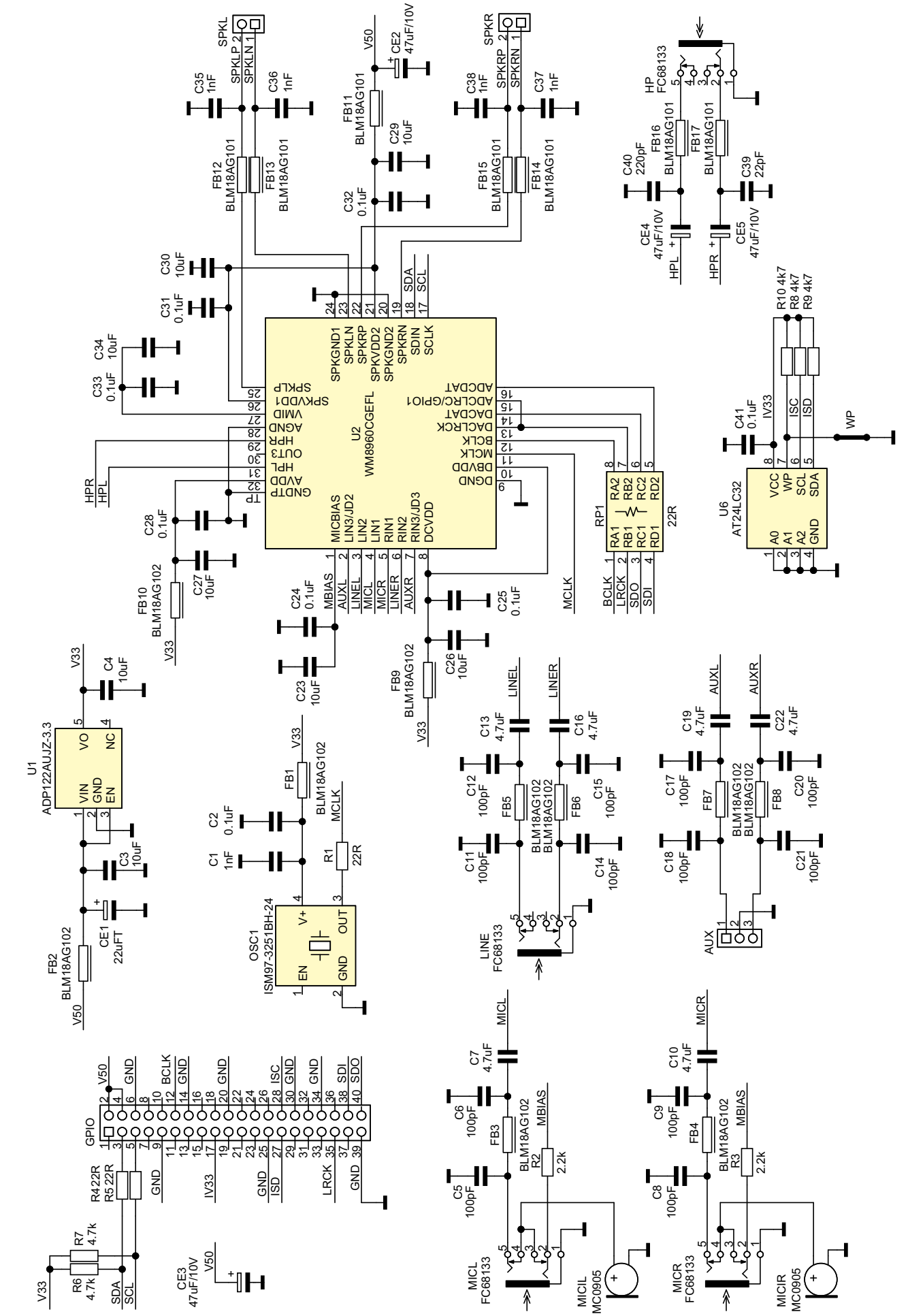
Po instalacji karta audio powinna pojawić się na liście dostępnych urządzeń odtwarzających, co można sprawdzić poleceniem:

```
aplay -l
```

Karta w systemie testowym zgłasza się jako urządzenie card1:

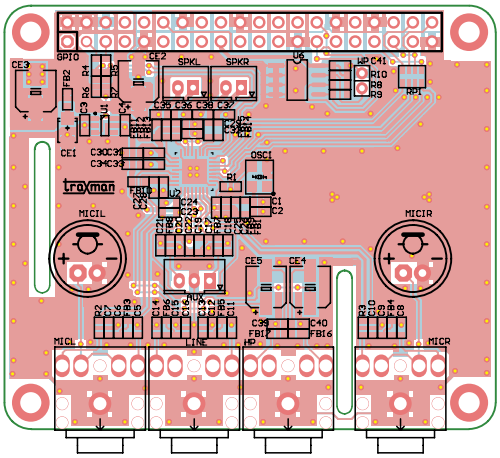
```
pi@raspberrypi:~ $ aplay -l
**** List of PLAYBACK Hardware
Devices ****
card 0: ALSA [bcm2835 ALSA],
device 0: bcm2835 ALSA
[bcm2835 ALSA]
  Subdevices: 7/7
  Subdevice #0: subdevice #0
  Subdevice #1: subdevice #1
  Subdevice #2: subdevice #2
  Subdevice #3: subdevice #3
  Subdevice #4: subdevice #4
  Subdevice #5: subdevice #5
  Subdevice #6: subdevice #6
card 0: ALSA [bcm2835 ALSA],
device 1: bcm2835 IEC958/HDMI
[bcm2835 IEC958/HDMI]
  Subdevices: 1/1
  Subdevice #0: subdevice #0
card 0: ALSA [bcm2835 ALSA],
device 2: bcm2835 IEC958/HDMI1
[bcm2835 IEC958/HDMI1]
  Subdevices: 1/1
  Subdevice #0: subdevice #0
card 1: wm8960soundcard [wm8960-
soundcard], device 0: bcm2835-
i2s-wm8960-hifi wm8960-hifi-0 []
  Subdevices: 1/1
  Subdevice #0: subdevice #0
```


eprasa.pl e017b7ba51

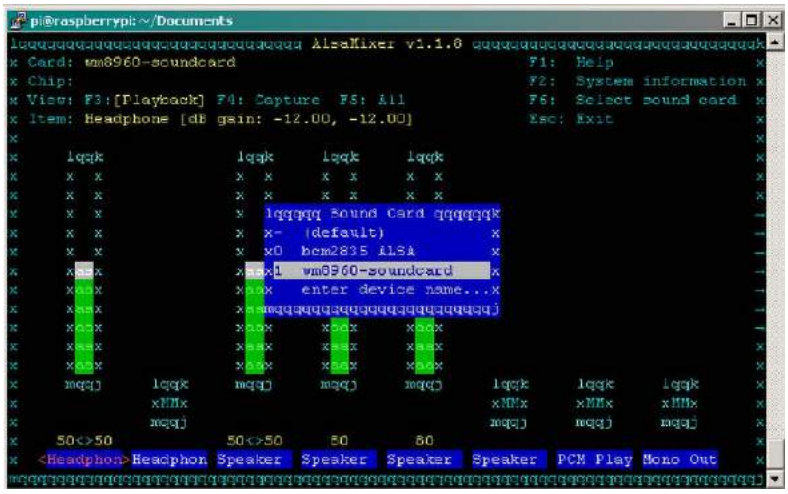


Rysunek 2. Schemat elektryczny modułu

eprasa.pl e017b7ba51

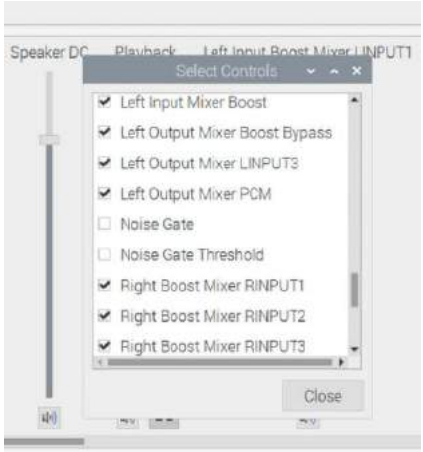


Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów



Rysunek 4. Tekstowa nakładka miksera ALSA

Rysunek 5. Wybór karty w ALSA



Rysunek 6. Dostosowanie wyświetlanych kontrolek

Po sprawdzeniu instalacji i detekcji karty w systemie należy sprawdzić poprawność nagrywania dźwięku:

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo arecord
-f cd -Dhw:1 | aplay -Dhw:1
Recording WAVE 'stdin' : Signed
16 bit Little Endian, Rate 44100
Hz, Stereo
Playing WAVE 'stdin' : Signed 16
bit Little Endian, Rate 44100 Hz,
Stereo
Aborted by signal Interrupt...
```

i odtwarzania:

```
sudo aplay -D hw:1,0 test.wav
```

Ze względu na kilka wejść i wyjść oraz sporą ilość ustawień WM8960 konieczne jest posiłkowanie się mikserem audio. W tym celu uruchamiamy mikser ALSA:

```
sudo alsamixer
```

Tekstowa nakładka miksera wygląda jak na **rysunku 4**, w pierwszej kolejności wybieramy klawiszem F6 kartę z WM8960 (mogą być widoczne też źródła dźwięku z SoC BCM), klawiszami strzałek lewo/prawo przemieszczamy się po parametrach, klawiszami góra/dół zmieniamy wybraną wartość, klawiszem *m* możemy wyłączyć parametr np. wyciszyć wyjście. Opanowanie ustawień wymaga spojrzenia do dokumentacji kodeka i sprawdzenia przepływu sygnału i wpływu zmian ustawień na zapisywany i odtwarzany dźwięk. Szczególną uwagę trzeba poświęcić konfiguracji w torze mikrofonowym przy użyciu ALC/limitera/bramki szumów. Konfigurację można zapisać i odtworzyć z pliku korzystając z polecenia:

```
sudo alsactl store
sudo alsactl restore
```

Zdecydowanie wygodniejsza jest obsługa miksera w trybie graficznym. W tym celu uruchamiamy konfigurację audio z menu *Preferences\Audio Device Settings*. Pierwszą czynnością jest wybór karty wm8960-soundcard (Alsa mixer) (**rysunek 5**). Następnie, warto dostosować wyświetlane kontrolki poprzez wybór *Select Controls*, co znacząco ułatwia sprawne poruszanie się po ustawieniach miksera (**rysunek 6**). Klawiszem *Make default* można ustawić domyślną kartę dźwiękową.

Do odtwarzania plików w konsoli można używać aplay (wav) lub mpg123 (mp3), a w trybie graficznym VLC media player. Do nagrywania i obróbki dźwięku polecam program Audacity, po wcześniejszej konfiguracji aktywnych wejść i wyjść.

Adam Tatuś, EP

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?
Zajrzyj na
www.ep.com.pl/EPwtoku

eprasa.pl e017b7ba51

Zautomatyzowane czy inteligentne?

Systemy automatyki domowej

Automatyzacja budynków mieszkalnych jest odpowiedzią na zmiany naszego trybu życia. Szukamy rozwiązań, które zdejmą z nas część obowiązków, oraz udogodnień, dzięki którym poczujemy się bardziej komfortowo. Jednocześnie chcemy wszystko kontrolować, ale oczekujemy, że będzie to możliwe w łatwy i wygodny sposób. Producenci systemów automatyki domowej starają się wychodzić naprzeciw naszym wymaganiom.

Dziś dom nie jest tylko schronieniem, jest miejscem łączącym takie sfery życia jak praca, rozrywka, wypoczynek czy fitness. Dostosowanie do tylu różnych funkcji wymaga nie tylko odpowiedniego wyposażenia, ale także możliwości konfigurowania, dostosowywania do aktualnych potrzeb. Oprócz tego dom powinien być miejscem, które zapewnia optymalne warunki dla dobrego samopoczucia i zdrowia, oraz miejscem w którym czujemy się komfortowo i bezpiecznie.

Realizacja tych wszystkich zadań wymaga zastosowania nowych technologii, które nazywane są systemami automatyki domowej, systemami smart home czy instalacjami inteligentnego domu. Dotyczą one wielu różnych dziedzin składających się na funkcjonowanie domu. Wyszczególnimy teraz najważniejsze z nich i opiszemy jakie mają możliwości i jakie przynoszą korzyści.

Fotografia 1. Żarówka LED do systemów smart home

Fotografia 2. Komplet oświetlenia do systemów smart home – żarówki, przełącznik oraz mostek łączący wiele urządzeń

eprasa.pl e017b7ba51

Oświetlenie

Jedną z pierwszych instalacji, która ewoluowała w kierunku automatyki domowej jest instalacja oświetleniowa. Sterowanie elementami oświetlenia pozwala realizować wiele funkcji i przyczynia się do poprawy komfortu, zdrowia i bezpieczeństwa.

Komponenty oświetleniowe zaliczane do produktów **smart home** w przeważającej części są wykonane z zastosowaniem technologii LED. Pozwalają nie tylko na włączanie i wyłączanie sterowane centralnie i/lub zdalnie. W takich źródłach światła niemal zawsze można ustawić temperaturę barwy światła oraz jego intensywność. Niektóre produkty występują w wersjach RGB i pozwalają ustawić kolor emitowanego światła.

Automatyczne sterowanie oświetleniem przede wszystkim przekłada się na oszczędność energii. Światło włączane jest tylko tam, gdzie rzeczywiście jest potrzebne i wyłączane automatycznie, gdy wszystkie osoby opuszczą pomieszczenie lub światło dzienne jest wystarczająco intensywne. Do realizacji takiej funkcjonalności, oprócz sterowanych źródeł światła niezbędne są czujniki obecności, czujniki ruchu i czujniki oświetlenia. Oszczędności wynikające z inteligentnego sterowania oświetleniem szacuje się na ok. 20% łącznych kosztów energii oświetlenia.

Ustawienie temperatury barwowej pozwala dobrać najbardziej optymalne światło do aktualnej pory dnia i warunków pogodowych. Taka funkcjonalność wpływa pozytywnie na kondycję naszego wzroku, ale także na nasze samopoczucie. Światło o cieplej barwie uspokaja, pozwala się skupić, dobrze się przy nim pracuje, natomiast światło zimne pobudza naszą aktywność, ale jednocześnie szybciej nas męczy.

Sterowanie intensywnością oświetlenia pozwala zredukować zużycie energii, ale tylko nieznacznie. Oszczędności szacuje się na poziomie 10...15%. Głównym uzasadnieniem dla tej funkcjonalności jest nasz komfort. O późnej porze intensywne światło wywołuje efekt oślepienia. Zredukowanie mocy światła w odpowiednich godzinach dostosuje je do naszego dobowego rytmu. Natomiast słabe oświetlenie nocne umożliwi bezpieczne poruszanie się, a jednocześnie nie zakłóci snu innych osób.

Rosnąca popularność źródeł światła LED RGB sprawia, że są coraz częściej stosowane jako domowe oświetlenie dekoracyjne. Największą popularnością cieszą się taśmy rgb, które można nazwać oświetleniem do zadań specjalnych. Zwykle nie stanowią one oświetlenia funkcjonalnego, natomiast ich podstawową funkcją jest nadanie wnętrzom wyjątkowego charakteru poprzez oświetlanie różnych detali lub powierzchni światłem o dowolnym kolorze. Dodatkowo barwa światła może być zmieniana w zależności od pory dnia lub na życzenie domowników.

Fotografia 3. Włącznik dotykowy, bezprzewodowy

Fotografia 4. Moduł ściemniacza oświetlenia sterowny poprzez Wi-Fi

Fotografia 5. Moduł wykonawczy np. do sterownia oświetleniem

HVAC

Ten akronim to skrót od *Heating, Ventilation, Air Conditioning* i odnosi się do systemów odpowiedzialnych za utrzymanie właściwej jakości powietrza w pomieszczeniach.

Najistotniejszym parametrem powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych jest jego temperatura. Nie ma jednej prostej reguły określającej optymalną temperaturę dla człowieka, ponieważ każdy z nas inaczej ją odczuwa. Jest to uwarunkowane naszym wiekiem, płcią, rodzajem wykonywanej pracy, aktywnością fizyczną a nawet uwarunkowaniami genetycznymi. Za niska temperatura wywołuje dyskomfort, nie pozwala normalnie funkcjonować i może niekorzystnie wpłynąć na zdrowie. Nie zaleca się, także przegrzewania domów. Zbyt wysoka temperatura również pogarsza nasze samopoczucie, sprawia, że stajemy się bardziej ospali, a jednocześnie przyczynia się do problemów ze snem. Wzrasta też nasza podatność na infekcje, co jest efektem wysuszenia śluzówek.

Zalecane wartości temperatur dla różnych pomieszczeń warto utrzymywać według poniższego schematu:

- salon/pokój dzienny: 20...22°C,
- pokój dziecięcy: 20...22°C,
- sypialnia: 16...18°C,

Fotografia 6. Głowica regulująca temperaturę grzejnika oraz czujnik temperatury

Fotografia 7. Panel sterujący do systemu regulacji temperatury

eprasa.pl e017b7ba51

Fotografia 8. Bezprzewodowy czujnik parametrów powietrza

- kuchnia: 17...19°C,
- łazienka: 22...24°C,
- pomieszczenie gospodarcze, spiżarnia: 12...14°C

To obrazuje, jak elastyczny i rozbudowany powinien być system odpowiedzialny za utrzymanie optymalnej temperatury. Niemal każde pomieszczenie wymaga zainstalowania czujnika i systemu regulującego temperaturę. W zależności od warunków – w czasie zimy wymagane jest ogrzewanie, natomiast w czasie lata, schładzanie temperatury pomieszczeń. Natomiast dla uzyskania optymalnych warunków mieszkaniowych, przy jednoczesnym zachowaniu możliwych oszczędności, ustawienia powinny być korygowane zarówno w cyklu dobowym jak i rocznym.

Utrzymywanie odpowiedniej temperatury, zarówno ogrzewanie jak i schładzanie wymaga dużego nakładu energetycznego, a więc jest kosztowne. Obniżenie temperatury pomieszczeń o 1°C przynosi oszczędności rzędu 10% kosztów ogrzewania w sezonie grzewczym. Inteligentne sterowanie tym parametrem przekłada się na znaczne korzyści. Prostym i skutecznym zabiegiem jest obniżanie temperatury na czas nieobecności domowników – pobyt w pracy czy w szkole. Jednak ważne jest, aby przywrócić komfortowe warunki przed powrotem domowników, ponieważ proces regulacji temperatury powietrza cechuje się pewną bezwładnością. Nie można też przesadzać z różnicą temperatur, ponieważ wywoła to efekt wychłodzenia ścian i powrót do pierwotnej temperatury będzie trwał długo i będzie wymagał dodatkowej energii, co w efekcie zniweluje oszczędności. Różnica temperatur rzędu 3°C może już wywołać taki efekt.

Drugim ważnym parametrem, ściśle powiązanym z temperaturą jest wilgotność powietrza, która określa zawartość pary wodnej w powietrzu. Prawidłowa wilgotność w pomieszczeniach zamkniętych powinna mieścić się w granicach 30...65%. Zakres najbardziej optymalny dla człowieka to 40…60%. Taka wilgotność sprzyja zdrowiu człowieka, ale jest również korzystna dla podłóg, mebli, ubrań oraz książek. Minimalna wartość wilgotności powietrza w mieszkaniach nie powinna być niższa niż 30%, ponieważ wtedy doświadczamy nadmiernego wysychania błon śluzowych oraz zintensyfikowanego unoszenia w powietrzu drobinek pyłu. Informacje na ten temat zawierają normy PN-EN 15251:2012 oraz PN-EN 7730:2006.

Wilgotność powietrza w domu zmienia się w zależności od pory roku. W zimie, przy działającym ogrzewaniu i nieczęstym wietrzeniu pomieszczeń, wilgotność powietrza jest bardzo niska, może spaść nawet do 20%. W okresie ciepłego lata z obfitymi opadami, wilgotność może wynosić nawet 80...90%. Tak wysoka wartość sprawia, że odczuwamy chłód i zmagamy się z niezbyt dobrym samopoczuciem, a nawet może powodować choroby górnych dróg oddechowych. Ponadto, zbyt duża ilość pary wodnej w powietrzu powoduje zawilgocenie ścian i zaparowane szyby, co sprzyja powstawaniu grzybów i pleśni. W takich nie schnie pranie ani umyte podłogi.

Sposobem na utrzymanie właściwej wilgotności powietrza w domu jest zapewnienie właściwej wentylacji. Obecne, bardzo szczelne budownictwo powoduje, że wentylacja grawitacyjna nie zawsze jest wystarczająco wydajna. Jej skuteczność zależy od m.in. od różnicy temperatur na zewnątrz i wewnątrz pomieszczeń czy siły wiatru. Niezbędne staje się stosowanie systemu wentylacji wymuszonej, która w sposób mechaniczny wymusza wymianę powietrza. Składa się z wentylatora, kanałów i kratek wywiewnych zlokalizowanych w pomieszczeniach oraz wyrzutu powietrza zużytego na zewnątrz budynku. Zaawansowane systemy wentylacyjne wyposażone są w rekuperator, który pozwala odzyskać znaczną część ciepła z powietrza usuwanego z pomieszczeń.

Systemy wentylacji, powinny także zadbać o czystość powietrza. W powietrzu mogą znajdować się pyły zawieszone, nieprzyjemne zapachy, alergeny, bakterie, wirusy a nawet substancje szkodliwe i toksyczne. Za pomocą odpowiednich czujników takie zanieczyszczenia można wykrywać, a w przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości należy zapewnić odpowiednią cyrkulację oraz oczyszczanie powietrza. Takie działania chronią zdrowie i zapewniają dobre samopoczucie, a także poprawią komfort oddychania w przypadku alergików i astmatyków.

Sterowanie pracą instalacji HVAC nie jest proste. Optymalne nastawy urządzeń zależą od wielu czynników zewnętrznych oraz tych panujących w pomieszczeniach. Satysfakcja użytkowników pomieszczeń jest głównym celem, który jednak musi być osiągnięty w sposób najefektywniejszy ekonomicznie oraz jak najmniej dokuczliwy dla środowiska. Dlatego oprócz informacji z czujników temperatury i wilgotności system powinien uwzględniać wskazania czujników dwutlenku węgla, zanieczyszczeń i detektorów ruchu, aby dostosować wydajność do ilości i rozlokowania osób oraz ich aktywności fizycznej. Oszczędności wynikające z optymalnego sterownia instalacją HVAC mogą sięgnąć nawet 40% bez negatywnego wpływu na komfort mieszkańców.

Multimedia

Instalacje dbające o zdrowie i komfort są najważniejsze, jednak klienci coraz większą wagę przykładają do szeroko rozumianych funkcji multimedialnych automatyki domowej. Do tej kategorii należą systemy

Fotografia 9. Czujnik dymu

Fotografia 10. Nowoczesny panel sterujący

eprasa.pl e017b7ba51

Fotografia 11. Panel sterujący i centralka do systemu smart home

odpowiedzialne za rozrywkę i zabawę oraz systemy realizujące interakcje z użytkownikiem, umożliwiające sterowanie i monitorowanie, lokalne oraz zdalne. Mogą być bardzo złożone i integrować takie urządzenia, jak: telewizor smart tv, system audio wraz z nagłośnieniem wszystkich pomieszczeń, router internetowy, sieciowe urządzenie magazynujące dane NAS (*Network Attached Storage*), urządzenia typu Gateway realizujące dostęp sieciowy do innych systemów, monitoring, domowe komputery PC, konsole do gier, tablety i smartfony, oraz urządzenia pełniące funkcje asystentów głosowych i paneli sterujących.

Fotografia 12. Inteligentny czujnik ruchu

Podstawową funkcją takiej instalacji jest dostęp różnych urządzeń do zasobów lokalnej sieci. Umożliwia to przesyłanie strumieniowe treści multimedialnych pomiędzy dowolnymi urządzeniami w sieci lokalnej. Dzięki temu telewizor służy oglądaniu nie tylko transmisji telewizyjnych czy treści internetowych, ale także materiałów z domowej kolekcji, obrazu z tabletu czy domofonu. Ulubiona muzyka z naszego smartfona może rozbrzmiewać w tym pomieszczeniu, w którym właśnie przebywamy, a gdy zmienimy miejsce, muzyka „podąży" za nami.

System multimedialny może być połączony z innymi systemami automatyki domowej. Wtedy urządzenia, takie jak smartfon czy tablet, stają się uniwersalnymi pilotami i pozwalają sterować niemal wszystkimi funkcjami różnych instalacji. Sterowanie może być realizowane poprzez komendy głosowe interpretowane przez urządzenia pełniące funkcje asystentów głosowych oraz poprzez gesty z pomocą urządzeń typu Motion Sensor. Dedykowane panele sterujące stają się wtedy zbędne, a wszelkie polecenia wydajemy w bardzo wygodny sposób.

Fotografia 13. Asystent głosowy

Rozszerzeniem tej funkcjonalności jest sterowanie zdalne. Systemy sterowania, które wychodzą poza mieszkanie – umożliwiają dostęp przez internet, pozwalają w łatwy sposób kontrolować np. oświetlenie i temperaturę oraz monitorować mieszkanie, korzystając z oprogramowania komputerowego albo aplikacji mobilnej. Zarówno na laptopie jak i smartfonie czy tablecie do dyspozycji są te same opcje.

Fotografia 14. Centralka bezprzewodowa – Gateway dla urządzeń smart home

Fotografia 15. Gniazdo zasilania sterowane bezprzewodowo

Bezpieczeństwo i ochrona

Systemy odpowiedzialne za bezpieczeństwo obejmują wiele aspektów, spośród których możemy wyłonić 3 główne kategorie. Pierwsza kategoria dotyczy ochrony przed zagrożeniami takimi jak pożar, zalanie czy groźba zatrucia. Sieć czujników rozmieszczonych w krytycznych miejscach szybko wykryje wycieki wody, pojawienie się ognia lub dymu, tlenku węgla, gazu czy spalin. Zaprogramowany scenariusz działań natychmiast zablokuje dopływ wody, gazu lub odłączy zasilanie odpowiednich gałęzi instalacji, a w razie potrzeby rozpocznie się intensywne wietrzenie pomieszczeń. Kolejnym krokiem będzie ostrzeżenie mieszkańców o niebezpieczeństwie poprzez odpowiednie komunikaty lub alarm i w razie potrzeby automatyczne powiadomienie odpowiednich służb ratowniczych i właścicieli.

Druga kategoria dotyczy ochrony przed włamaniem. Czujniki zamontowane w oknach i drzwiach natychmiast wykryją próbę włamania i uruchomią sekwencje alarmową. Rozbudowane systemy posiadają czujniki ruchu, które zasygnalizują o obecności zanim dojdzie do czegoś złego. Zwykle połączone są z monitoringiem z funkcją rejestracji, możliwością podglądu on-line oraz dwukierunkową komunikacją głosową.

Chronione powierzchnie podzielone są na strefy, a te mogą posiadać niezależne harmonogramy czasowe. W zależności od miejsca i momentu zadziałania czujników uruchamiane są różne scenariusze alarmowe, np. natychmiastowy, z opóźnieniem, z poinformowaniem firmy ochroniarskiej lub tylko z powiadomieniem do właściciela. Pozwala to uniknąć fałszywych alarmów. Stan instalacji – czujników, zamków, alarmu i kamer można na bieżąco monitorować, a cała historia zdarzeń jest zapisywana, co pozwala łatwo ustalić np. kiedy zostały otwarte drzwi.

Jeszcze jedną funkcją tego systemu jest symulacja obecności. Wiarygodne udawanie obecności domowników wymaga sterownia oświetleniem, roletami, a nawet muzyką. To z pewnością zniechęci potencjalnych włamywaczy.

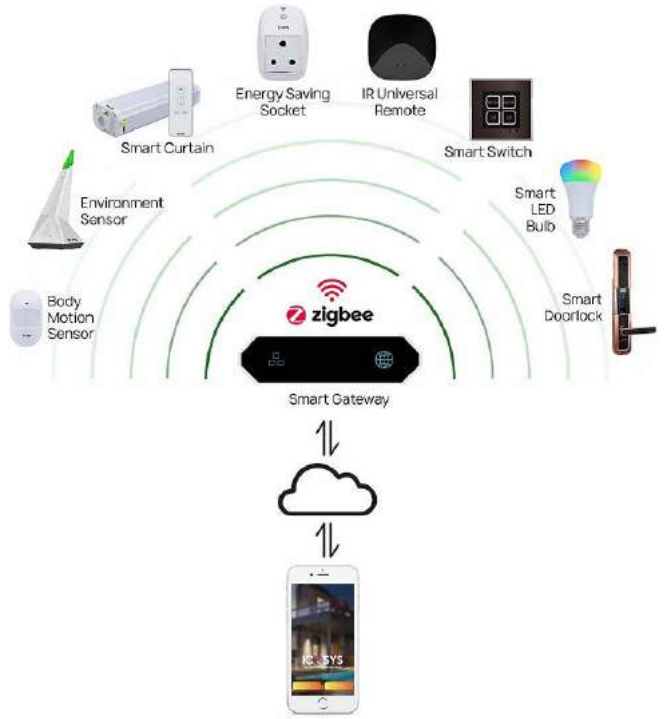
Niebezpieczeństwo

Oprócz wielu korzyści nowoczesne systemy niosą ze sobą pewne ryzyko. Niektóre z elementów wyposażenia domu jak smartfony czy tablety mogą zostać wyniesione na zewnątrz i posłużą do uzyskania dostępu

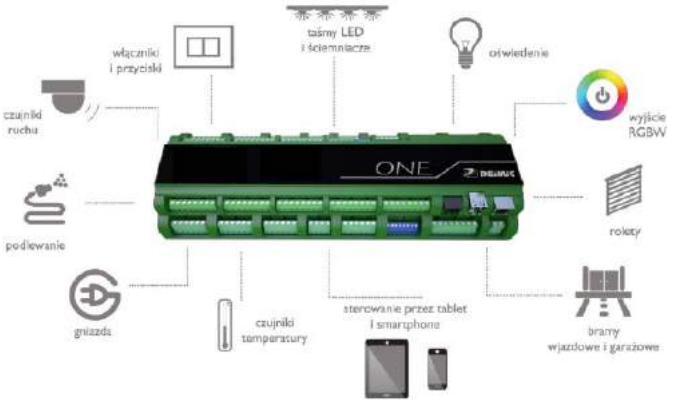
eprasa.pl e017b7ba51

do domowej sieci. Większość producentów takiego sprzętu zakłada, że będą one używane tylko przez domowników. Osoba niepowołana, może wykorzystać takie urządzenie do zmiany ustawień, haseł, konfiguracji sprzętu i oprogramowania.

Innym zagrożeniem jest możliwość naruszenia sfery prywatnej. Wiele systemów zarządzanych jest przez aplikacje mobilne i równie wiele korzysta z przechowywania danych w chmurze. Uzyskanie dostępu do konta użytkownika, czy to przez skradzione urządzenie, czy przez uzyskanie danych do logowania, daje osobom trzecim dostęp do prywatnych danych. Jeśli trafią w niepowołane ręce mogą być wykorzystane w złym celu.



Fotografia 16. Funkcje centralki bezprzewodowej



Fotografia 17. Centrala instalacji przewodowej

Fotografia 18. Czujnik drzwiowy oraz odbiornik – bramka

Zautomatyzowany czy inteligentny?

Każdy nowoczesny budynek zostaje wyposażony w systemy automatyki budynkowej, czyli możliwość pełnego sterowania urządzeniami domowymi, oświetleniem, klimatyzacją itd.

Ograniczenie ingerencji człowieka w działanie takich instalacji wymaga możliwości komunikacji pomiędzy nimi tak, aby tworzyły spójny system. Taki system można odpowiednio zaprogramować i wtedy zacznie działać niemal samodzielnie.

Aby umożliwić komunikację i interakcję pomiędzy różnymi urządzeniami zostają one połączone siecią. W zależności od standardu, połączenie może być bezprzewodowe (np. Bluetooth, WLAN/Wi-Fi, Z-Wave/ZigBee) lub kablowe (Ethernet, Powerline itp.). W kompleksowych systemach znajduje się centralna jednostka sterująca zwana Gateway, która umożliwia komfortowe zarządzanie całym systemem oraz nadzoruje komunikację połączonych ze sobą urządzeń. Zbiera i zapisuje dane z czujników, oraz rozsyła nastawy i zadania dla urządzeń końcowych. Gateway może być sterowany z dedykowanych paneli sterujących.

System integrujący wszelkie instalacje automatycznego sterowania w budynku nazywany jest systemem zarządzania budynkiem BMS (*Building Management System*). Łączy on wszystkie systemy w jedną całość, kontroluje pracę i parametry poszczególnych urządzeń, ostrzega o ewentualnych problemach. Jednak BMS odnosi się przede wszystkim do takich budynków jak biurowce, hotele, centra handlowe czy szpitale i pozwala sprawnie, a ponadto oszczędnie zarządzać całym obiektem z jednego miejsca.

Fotografia 19. Zestaw urządzeń do ochrony pomieszczeń

Pojęcia inteligentnego domu, czy też smart home okazują się być bardzo enigmatyczne i mieszają się z takimi hasłami jak inteligentne instalacje czy automatyka budynkowa. Jednak z pewnością dotyczą takiego miejsca (domu, mieszkania), w którym wszystkie niezależne instalacje tworzą jeden zintegrowany, w pełni zautomatyzowany system, który według preferencji i potrzeb swoich mieszkańców zarządza wszystkimi instalacjami. Przejście od zwykłej automatyki do inteligentnego domu zwiększa komfort mieszkańców, ich poczucie bezpieczeństwa oraz ogranicza zużycie energii.

Niestety taki opis pozostawia pewien niedosyt. Sterowanie zgodnie, z nawet najbardziej skomplikowanym harmonogramem, integrujące nawet bardzo wiele urządzeń, to tylko rozbudowana automatyka, a nie inteligentny system. Jednak w najnowszych rozwiązaniach optymalizacja pracy urządzeń i systemów w budynku nie polega jedynie na szybkim reagowaniu na bodźce, czy na szybkim wykonywaniu poleceń, ale również na przewidywaniu tego, co się wydarzy lub może wydarzyć i odpowiednim dopasowaniu działań. Zastosowanie takich technik jest szczególne istotne w układach HVAC, w których bezwładność działania zawsze była problemem.

Dzięki rozwojowi systemów magazynowania energii elektrycznej, m.in. Power Wall oraz źródeł ekologicznej energii, nowa technika znajduje zastosowanie w optymalizacji kosztów energii. Uwzględniając prognozy kosztów, prognozy pogody, dobowe taryfy opłat i dobowe zapotrzebowanie użytkowników inteligentna instalacja może

eprasa.pl e017b7ba51

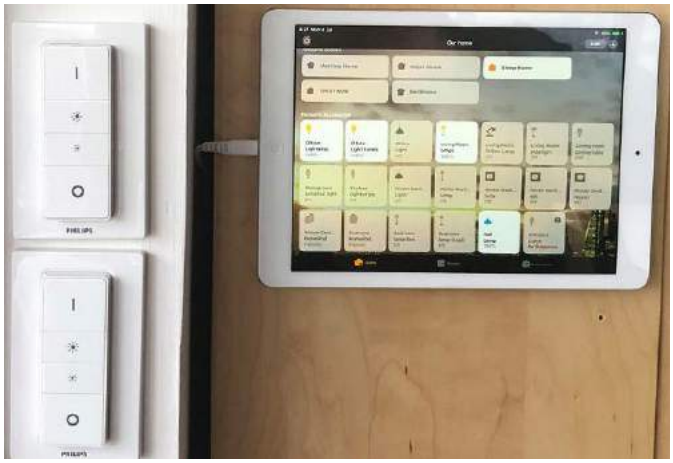
tak balansować użyciem źródeł i magazynów energii, aby koszty były jak najmniejsze.

Technika prognozowania opiera się na sterowaniu predykcyjnym MPC (model predictive control). Tradycyjne regulatory ze sprzężeniem zwrotnym dostosowują swoje działanie do odpowiedzi na zmiany wielkości wyjściowych układu. W sterowaniu predykcyjnym regulator dostosowuje swoje działanie z wyprzedzeniem, zanim nastąpią zmiany wielkości wyjściowych układu.

Nie tylko zalety

Wysokie koszty inwestycyjne są wciąż zasadniczą wadą, która odstrasza potencjalnych zainteresowanych do instalowania rozbudowanych systemów inteligentnego domu. Wprawdzie koszty zaoszczędzonej energii są silnym kontrargumentem ale całkowity zwrot nakładów finansowych jest procesem długotrwałym w odniesieniu do aktualnych kosztów systemów automatyki.

Przeważająca większość nowoczesnych systemów automatyki domowej to systemy bezprzewodowe. Montaż nie wymaga kucia ścian i dodatkowej instalacji, wystarczy podłączyć wszystkie elementy systemu za pomocą łączności bezprzewodowej. Jednak problemem stała się kompatybilność urządzeń różnych producentów. Choć sytuacja poprawia się, to wciąż jest wiele do zrobienia na tej płaszczyźnie. Decydując się na jednego producenta unikniemy problemów z rozbudową instalacji, ale może nas ograniczać niewystarczający wachlarz rozwiązań. Przy łączeniu różnych elementów rozwiązań typu smart, główną barierą są niejednolite możliwości komunikacyjne urządzeń różnych producentów. Różne protokoły, karty rozszerzeń i standardy komunikacyjne często prowadzą do tego, że pełna komunikacja między wszystkimi systemami w budynku nie jest możliwa. Z tego też powodu, dla ujednolicenia standardów komunikacyjnych powstała fundacja OCF (*Open Connectivity Foundation*), której celem jest opracowanie i rozwój standardowej specyfikacji dla możliwie wszystkich urządzeń skojarzonych z systemami smart.



Fotografia 20. Rozbudowany panel sterujący

Podsumowanie

Żyjemy coraz szybciej i czas nabiera coraz większej wartości. Chcemy żyć wygodniej, dlatego szukamy rozwiązań umilających i ułatwiających nasze życie. Systemy inteligentnych domów pozwalają zaoszczędzić czas realizując za nas wiele zadań. Oraz zapewniają komfort dostosowując dom do naszych preferencji i aktualnych potrzeb. Te oraz wiele innych przydatnych funkcjonalności realizują z zachowaniem jak najlepszego bilansu energetycznego. W czasach, gdy ograniczanie emisji CO_2 jest egzekwowane wysokimi karami finansowymi, a internet staje się miejscem wszystkich rzeczy, takie cechy mogą mieć decydujące znaczenie.

Damian Sosnowski, EP

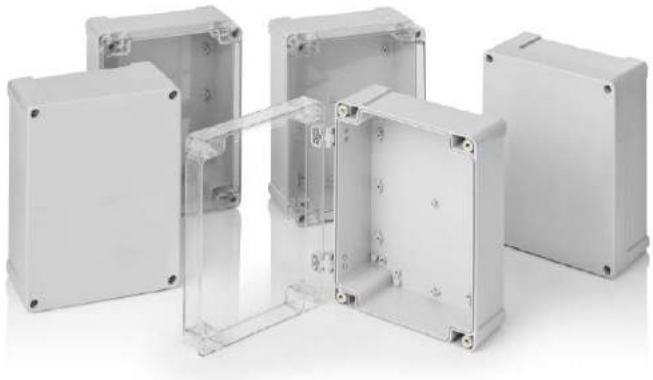
REKLAMA

Usługi wraz z produktami

z oferty Kradex – producenta obudów z tworzyw sztucznych dla elektroniki

Dzisiejszy rynek elektroniki stawia wiele wymagań. Obudowy, będące ważnym komponentem, od którego tak naprawdę zaczyna się przyszły produkt, to dziś nie tylko kwestia wyboru koloru, materiału czy pasujących do elementów elektronicznych, pożądanych wymiarów. To cały proces, który ma nie tylko zapewnić wykonanie urządzenia, ale także nieść ze sobą dodatkowe wsparcie. Firma Kradex będąc na rynku blisko 34 lata, zna i rozumie problemy i oczekiwania współczesnych projektantów elektroniki i producentów oraz stara się wychodzić naprzeciw tym oczekiwaniom.

Więcej informacji:
Kradex
04-205 Warszawa, ul. Naddnieprzańska 32
tel. 22-613-08-88, faks 22-812-10-68
kradex@kradex.com.pl, ***www.kradex.com.pl***



Fotografia 1. Produkty z nowej linii obudów hermetycznych

Wraz z nowymi obudowami do oferty zaczęły dołączać akcesoria mające ułatwiać pracę z produktem. Jedną z pierwszych obudów, do której przygotowane zostały, kolejne po płytach montażowych, dedykowane akcesoria jest ZP.240.190.105 z nowej linii obudów hermetycznych (**fotografia 1**). Kierując się potrzebami klientów firma Kradex opracowała zawiasy oraz uchwyty montażowe.

Zastosowanie zawiasów to przede wszystkim wygodny dostęp do wnętrza obudowy (**fotografie 2 i 3**). Dodatkowo mogą być wyposażone w blokadę, która zatrzymuje pokrywę w pozycji otwartej w przypadku, gdy pokrywa otwiera się do góry. Zawiasy dostępne są w dwóch wersjach: z blokadą lub bez.

Fotografia 2. Zawiasy typu ZHINGE10

Fotografia 3. Obudowa z zamontowanymi zawiasami

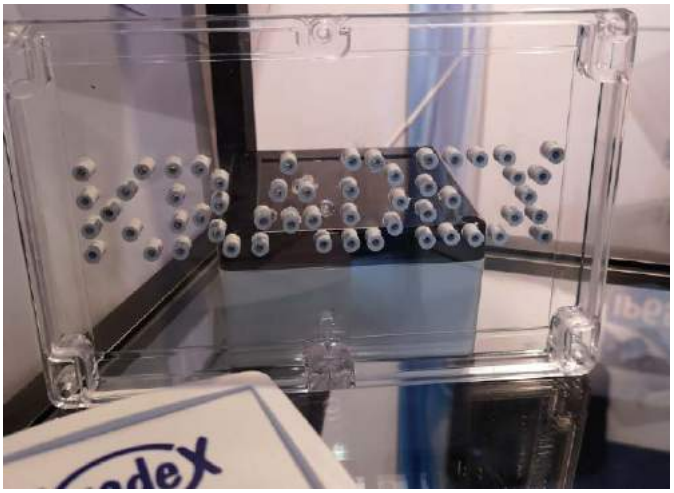
Fotografia 4. Uchwyty montażowe typu ZWM10

Fotografia 5. Obudowa z zamontowanymi uchwytami

Uchwyty montażowe umożliwiają przymocowanie urządzenia do ściany bez konieczności otwierania pokrywy (**fotografie 4 i 5**). Jest to przydatne, gdy zachodzi konieczność montażu w niesprzyjających warunkach (np. w klimacie tropikalnym) lub jeśli na obudowie znajduje się plomba gwarancyjna.

Powyższe akcesoria dostępne są w opcji dodatkowej. Uchwyty i zawiasy oferowane są także w innych wersjach, dla kolejnych produktów i są to: ZWM20 oraz ZHINGE20. Klient może nie tylko kupić poszczególne elementy, ale także zlecić frezowanie odpowiednich otworów i montaż zawiasów, tak, aby otrzymać złożony produkt i przystąpić swobodnie do dalszych prac nad swoim urządzeniem.

Takie ułatwienie to tylko jedna z nowych usług. Opracowanie nowego urządzenia wymaga wielu przygotowań i często kompromisów pomiędzy kosztami a założeniami projektu. Niejednokrotnie koncepcja lub istniejące elementy elektroniczne, pomimo wielu propozycji po prostu nie pasują do dostępnych na rynku obudów. Natomiast



Fotografia 6. Dodatkowe słupki montażowe mogą być umieszczone w dowolnym miejscu i w dowolnej konfiguracji

eprasa.pl e017b7ba51

wykonanie zupełnie nowej obudowy wiąże się z dodatkowymi kosztami i czasem, jaki jest do tego potrzebny. To jeden z częstych dylematów, z jakim spotykają się, także klienci marki Kradex. Chcąc zaproponować rozwiązanie w takiej sytuacji do oferty została wprowadzona usługa wgrzewania dodatkowych słupków montażowych. Dodatkowe, trwałe umiejscowienie słupków w dowolnym miejscu i dowolnej konfiguracji (**fotografia 6**) rozwiązuje problem klientów posiadających już wykonaną płytkę elektroniczną lub chcących zmienić obudowę na inną, np. bardziej funkcjonalną. Dzięki temu można w obudowie zamontować dwie, trzy, a nawet kilka płytek w różnych miejscach. Usługa dostępna jest w ofercie dla tworzyw: PC i ABS.

Fotografia 7. Obudowa z dedykowanym frontem

Podążając za kolejnymi potrzebami, w ofercie oprócz nadruków, dzięki którym klient może wykonać obrandowanie swojego produktu czy możliwości doboru koloru obudowy według palety barw RAL, dostępne jest także lakierowanie. Dodatkowa warstwa w postaci lakieru zwiększa twardość powłoki i nadaje jej unikatowy, elegancki wygląd.

Dla tych klientów, których produkty tego wymagają, zostało wprowadzone ekranowanie EMC obudów. Zastosowanie tego rozwiązania zapewnia zadowalające działanie urządzenia, elementu lub systemu w jego środowisku elektromagnetycznym, bez powodowania zakłóceń. Ekranowanie EMC powstaje poprzez naniesienie specjalnej warstwy izolującej wewnątrz obudowy.

Dla tych, którzy wymagają większej funkcjonalności dla swoich produktów, Kradex oferuje wykonanie frontów foliowych, etykiet oraz tabliczek znamionowych (**fotografia 7**). Są opracowywane na podstawie projektu dostarczonego przez klienta. W przypadku gdy klient nie posiada jeszcze gotowej koncepcji, zespół specjalistów służy pomocą przy projektowaniu. Elementy produkowane są w wariancie z klejem do samodzielnego montażu lub bez. Najczęściej wykorzystywane materiały to różnego rodzaju folie poliwęglanowe lub poliestrowe.

Fotografia 8. Klawiatury membranowe dostosowane do różnych produktów

Kradex dysponuje również gotowymi klawiaturami membranowymi z określoną liczbą przycisków funkcyjnych dostosowanych do naszych produktów. Istnieje możliwość wykonania klawiatury pod indywidualne potrzeby klienta oraz nadruków na przyciskach funkcyjnych (**fotografia 8**).

Planując nowe usługi, firma wzięła pod uwagę także fakt, że wielu odbiorców oczekuje wsparcia w obszarze kompletowania podstawowych elementów. Ma to na celu przede wszystkim oszczędność czasu i lepsze rozplanowanie montażu. Dlatego do oferty sukcesywnie są wprowadzane usługi takie jak: wkręcanie dławnic, przykręcanie wcześniej dostarczonej elektroniki, naklejanie paneli frontowych, skręcanie zawiasów i zaczepów, wkładanie uszczelki i inne, których klienci będą potrzebować. Takie kompleksowe podejście zapewnia klientom komfort i pewność, że dokonany wybór będzie dla nich owocował wieloma dodatkowymi korzyściami.

REKLAMA

Nie przegap marcowego wydania
Elektroniki dla Wszystkich

W numerze między innymi:

Solarna ładowarka akumulatorów żelowych z korekcją temperaturową
Praktyczna realizacja popularnej idei, opisanej w tym numerze w piątej części cyklu MPPT. Prezentowany układ po wymianie procesora na silniejszy (ATtiny 85) może też realizować algorytmy MPPT.
STM32L011K4T6 w sprzęcie retro
Odtworzenie pilota zdalnego sterowania. Poznaj przykład zastosowania nowoczesnego mikrokontrolera z rodziny STM32 do podtrzymania świetności sprzętu, który dziś zasługuje na miano sprzętu retro.
Arduino – wyświetlacze graficzne
W odcinku Kursu Arduino rozwiązujemy problemy wiążące się ze sterownikiem SH1106, z adresami łącza I2C oraz próbujemy zrozumieć podstawowe zasady kodowania obrazów bitmapowych.
PAW – Pseudoanalogowy wskaźnik
Technika cyfrowa zdominowała wszystkie dziedziny elektroniki. Ma to zalety ale i wady. Wadą cyfrowych wyświetlaczy jest problem z określeniem kierunku zmian wielkości mierzonej. Problem rozwiązuje miernik wskazówkowy zrealizowany na wyświetlaczu.
Porównanie zasilaczy forward i flyback
Doświadczony praktyk szczegółowo omawia różnice układowe i konstrukcyjne pomiędzy dwoma zasilaczami o tej samej mocy, zrealizowanymi w dwóch najpopularniejszych konfiguracjach.

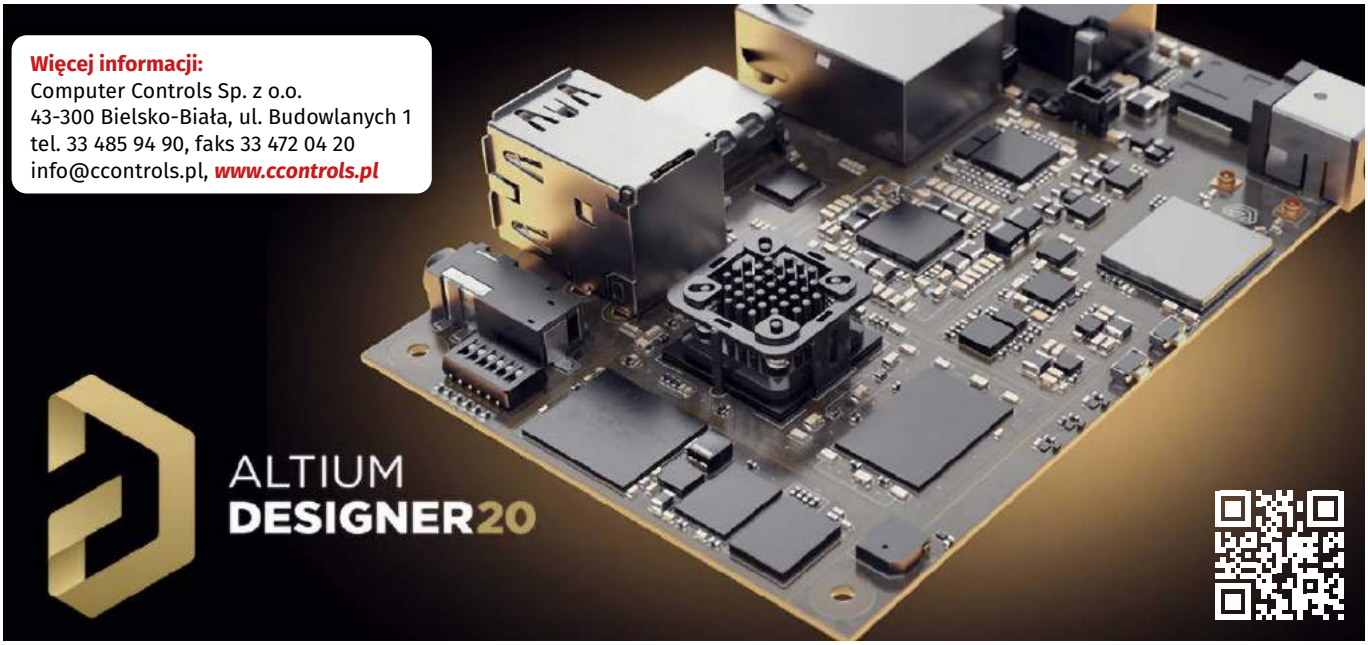
Ponadto w numerze:
- Generator zadanej liczby impulsów
- Minigenerator sygnału zegarowego syntezera DDS
- Automatyczna tylna lampka rowerowa
- Z potrzeby chwili... Termometr z jedną diodą LED
- **Szkoła Konstruktorów –** Przedstaw jeden ze swoich wcześniejszych układów elektronicznych albo zaproponuj układ, który chciałbyś zrealizować
- **Szkoła Konstruktorów –** Zaproponuj/przedstaw swój system albo tylko elementy systemu inteligentnego domu

EdW możesz zamówić na *www.ulubionykiosk.pl.*

Do kupienia także w Empikach i wszystkich większych kioskach z prasą.

www.elportal.pl

eprasa.pl e017b7ba51



Nowe funkcje w Altium Designer 20

Pod koniec ubiegłego roku, firma Altium opublikowała nową wersję swojego sztandarowego produktu do projektowania PCB – Altium Designer 20.

Nowa wersja, jak co roku, zawiera szereg nowych funkcjonalności, ułatwiających i przyspieszających pracę projektanta elektroniki. Główne zmiany, jakie wprowadzono w programie, to:

1. Dynamiczna kompilacja schematu

W Altium Designer 20 wprowadzono automatyczną kompilację schematu, co pozwala zaoszczędzić czas i daje użytkownikowi dostęp do aktualnych danych w czasie rzeczywistym. Model połączeń projektu jest teraz uaktualniany po każdej operacji użytkownika, co oznacza, że kompilacja projektu nie jest już konieczna, aby zobaczyć zawartość panelu Navigator, uruchomić BOM lub wykonać ECO. Wraz z wprowadzeniem dynamicznej kompilacji, polecenie Compile PCB Project zostało zmienione na Validate PCB Project, które wykonuje wyłącznie test ERC.

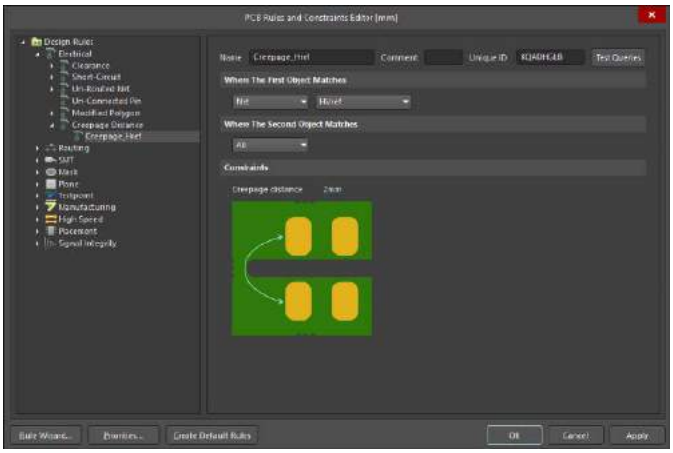
2. Renderowanie schematu przy użyciu DirectX

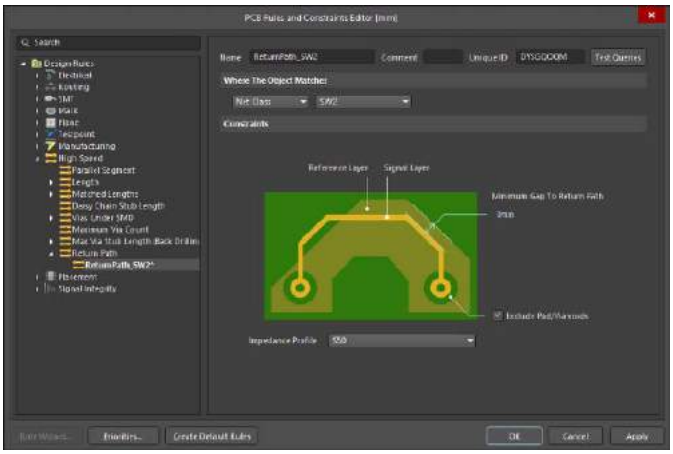
Dzięki renderowaniu schematu przy użyciu DirectX, znacząco zwiększono szybkość i płynność przesuwania, zoomowania czy kopiowania i wklejania treści na schemacie.

3. Nowe reguły projektowe

W Altium Designer 20 wprowadzono nową regułę projektową Creepage Distance, pozwalającą sprawdzać odległość między obiektami sieci rozdzielonymi wycięciem w płytce, co jest wymagane w obwodach wysokiego napięcia.

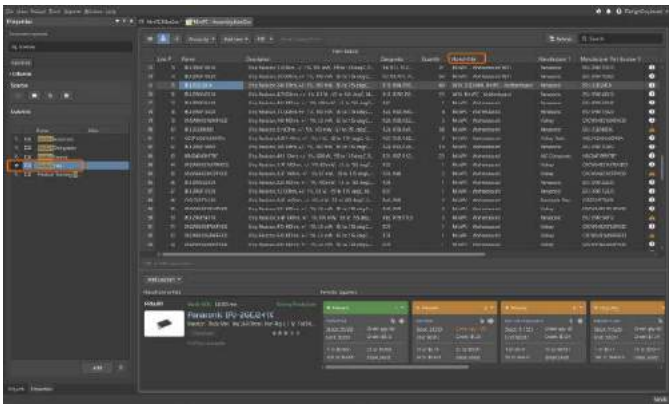
Altium Designer 20 pozwala także sprawdzać integralność ścieżki powrotu dla wszystkich płaszczyzn odniesienia przy





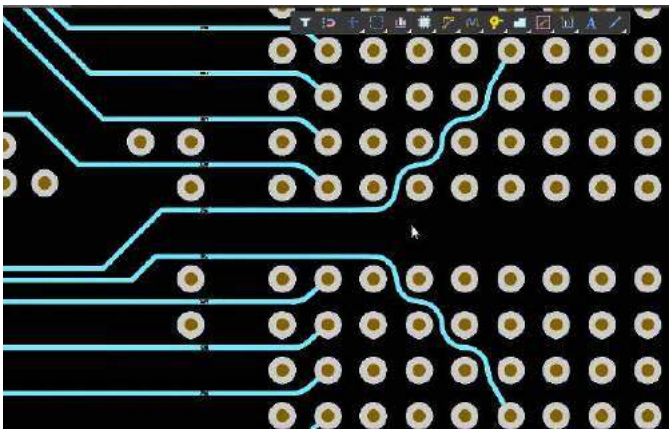
eprasa.pl e017b7ba51

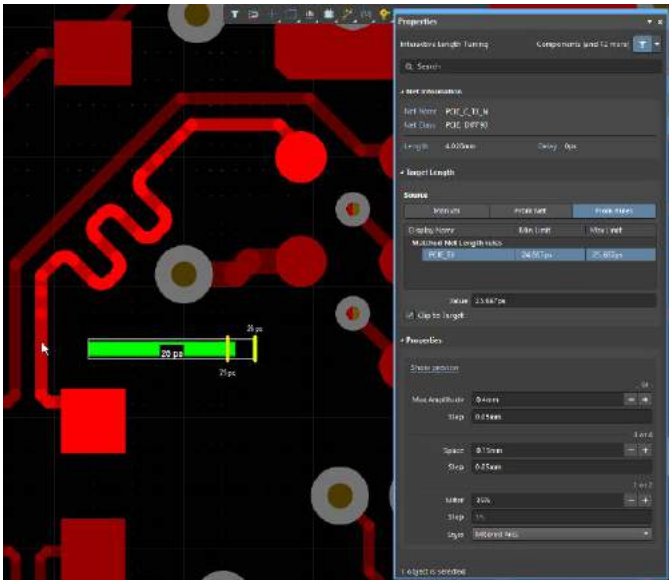
użyciu reguły Return Path. Właściwe ścieżki powrotu umożliwiają powrót prądów do masy przez bardzo niską impedancję, co eliminuje problemy z sygnałami high speed. Takie, jak przesłuchy czy błędy danych.



4. Ulepszenia w projektach wielopłytkowych

Altium Designer 20 wprowadziło szereg zmian w projektach Multi-board, między innymi obsługę tworzenia spisu elementów (BOM) z całego projektu wielopłytkowego oraz możliwość eksportu złożenia 3D do PDF 3D.

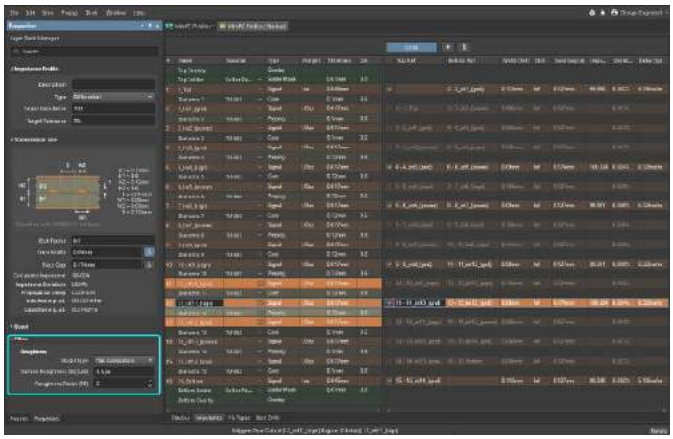




5. Zmiany w routingu

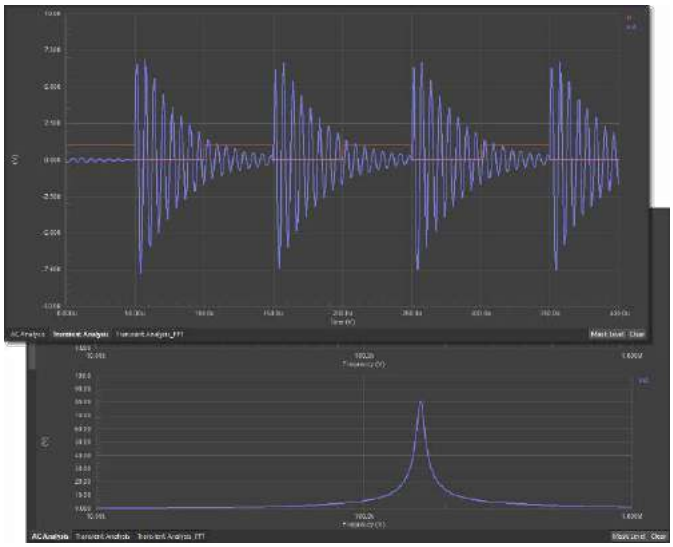
Nowe tryby routingu pozwalają na zaawansowane omijanie przeszkód na gęstej płytce PCB czy pod układami BGA, bez konieczności stosowania dodatkowych warstw sygnałowych. Inteligentny algorytm unikania przeszkód pozwala ominąć przeszkody za pomocą łuków, dzięki czemu, wolne przestrzenie na płytce zostaną wykorzystane w najbardziej efektywny sposób. Edycja ścieżek w celu poprawy integralności sygnału może być czasochłonna, zwłaszcza gdy trzeba edytować poszczególne łuki i wydłużenia ścieżek. Altium Designer 20 zawiera nowy silnik wygładzania ścieżek oraz zaawansowane funkcje push i shove, aby przyspieszyć ten proces i zwiększyć produktywność.

Nowy Altium Designer wprowadza także możliwość wyrównywania połączeń na PCB w oparciu o czas propagacji sygnału w danych ścieżkach, parach różnicowych czy połączeniach xSignal, z uwzględnieniem czasu propagacji w przelotkach czy padach.



6. Zmiany w menedżerze warstw

Zmiany obejmują wprowadzenie w kalkulatorze impedancji obsługi struktur typu coplanar, możliwość definiowania chropowatości warstw przewodnika, która ze względu na efekt naskórkowości wpływa na impedancję dla szybkich sygnałów oraz większą kontrolę nad właściwościami fizycznej struktury płytki.



7. Nowy silnik symulacji Spice

Altium Designer 20 wprowadza nowy, zaawansowany silnik symulacji SPICE. Zapewnia on natychmiastowe korzyści w zakresie wydajności i zapewnia skalowalne podstawy do przyszłego rozwoju symulacji obwodów mieszanych w Altium Designer. Nowy silnik i jego podstawowe algorytmy oferują wydajność wielokrotnie wyższą niż poprzednio, w połączeniu ze znacznie poprawioną konwergencją rozwiązań, dokładnością i niezawodnością.

Nowa wersja, posiada także szereg innych, mniejszych zmian w edytorze schematu, edytorze PCB, dokumentach Draftsman czy na poziomie całego środowiska, wpływających na usprawnienie pracy z programem.

Dariusz Polus

eprasa.pl e017b7ba51

Nowa klasa dla momentu obrotowego i prędkości

Nowa rodzina przekładni GPT z różnymi współczynnikami przełożenia

Nowe metalowe przekładnie planetarne GPT charakteryzują się kompaktową budową, dużym momentem obrotowym oraz wieloma precyzyjnymi stopniami przełożenia. Są niezwykle wytrzymałe i tolerują zarówno częste jak i nagłe zmiany obciążenia. Przekładnie pracują z dużą wydajnością i mogą współdziałać z różnymi silnikami umożliwiając rozmaite konfiguracje napędu wału.

Więcej informacji:
FAULHABER Polska sp. z o.o.
60-204 Poznań
ul. Górki 7
tel. +48 61 278 72 53
faks +48 61 278 72 54
info@faulhaber.pl
www.faulhaber.com

Przekładnie GPT z czystego metalu uzyskują wartości eksploatacyjne porównywalne do droższych technologii występujących na rynku, takich jak komponenty ceramiczne. Przekładnie dostępne są o średnicach 22, 32 i 42 milimetrów. Osiągają maksymalne wartości momentu obrotowego i prędkości. W porównaniu z poprzednimi modelami, ciągła prędkość wejściowa jest ponad dwukrotnie większa, przekracza 10000 obr./min. Dodatkowo mogą pracować z prędkościami wejściowymi do 20000 obr./min. w trybie pracy przerywanej. Seria 42GPT wytrzymuje przerywany moment obrotowy do 25 Nm, przy czym jej długość została

eprasa.pl e017b7ba51

zredukowana do 71 milimetrów. Przekładnie GPT zostały zaprojektowane jako niezwykle wytrzymałe, tolerujące zarówno ciągłe, jak i bardzo nagłe i chwilowe zmiany obciążenia, a jednocześnie są znacznie krótsze od pozostałych modeli w tej samej średnicy.

Przekładnie mogą być wyposażone w cztery stopnie redukcyjne. Każdy stopień jest indywidualnie zoptymalizowany dla uzyskania najlepszych wartości momentu obrotowego i prędkości. Ważną

cechą tej rodziny produktów jest duża liczba dostępnych przełożeń redukcyjnych oraz ich niezwykle równomierne rozłożenie. Dzięki temu moc silnika wykorzystywana jest w sposób optymalny: przy tej samej prędkości wejściowej możemy uzyskać większy moment obrotowy, a większa prędkość może być osiągnięta przy tym samym momencie obrotowym. Ponadto zużycie mocy zostało znacznie zredukowane dzięki o wiele lepszej wydajności w porównaniu z poprzednimi generacjami produktu. Nowa rodzina GPT nadaje się idealnie do zastosowań wymagających precyzyjnego pozycjonowania dzięki bardzo niskiej charakterystyce luzów.

Dzięki dużym wartościom eksploatacyjnym oraz niezwykłej wytrzymałości przekładnie z nowej rodziny są odpowiednie dla wielu wymagających zastosowań. Ich kompaktowa budowa doskonale sprawdza się w połączeniu z nową rodziną płaskich silników bezszczotkowych BXT, w których rozmiar to zasadnicze ograniczenie w przypadku integracji z siłownikami poszczególnych aplikacji. W połączeniu z nową rodziną przekładni GPT, dostępny jest także szeroki wybór silników DC. Idealnie pasują one do różnych zastosowań w robotyce – do inspekcji, montażu, rehabilitacji lub protez – jak również do produkcji, automatyki laboratoryjnej, maszyn pakujących, aparatury pomiarowo testowej i obsługi półprzewodników.

REKLAMA

eprasa.pl e017b7ba51

TouchGFX środowisko graficzne dla kontrolerów STM32

System procesorowy z wbudowanym ekranem, potrzebuje do obsługi grafiki programistycznego interfejsu użytkownika zwanego skrótowo GUI. W przypadku projektów z zaawansowanymi funkcjami, zamiast samodzielnie tworzyć taki interfejs od podstaw, wygodniej jest skorzystać z gotowych rozwiązań. TouchGFX to darmowy, także dla zastosowań komercyjnych, interfejs graficzny dla urządzeń z kontrolerami z rodziny STM32. Artykuł poświęcony jest podstawom tworzenia GUI przy pomocy TouchGFX w powiązaniu z innymi narzędziami dla kontrolerów STM32.

W połowie 2018 roku firma ST przejęła duńską firmę Draupner Graphics producenta TouchGFX, wysokiej jakości biblioteki graficznej przeznaczonej dla systemów mikroprocesorowych. Tym samym dla 32-bitowych kontrolerów z rodziny STM32 stało się ogólnie dostępne drugie obok STemWin środowisko GUI. Najważniejsze cechy biblioteki TouchGFX:

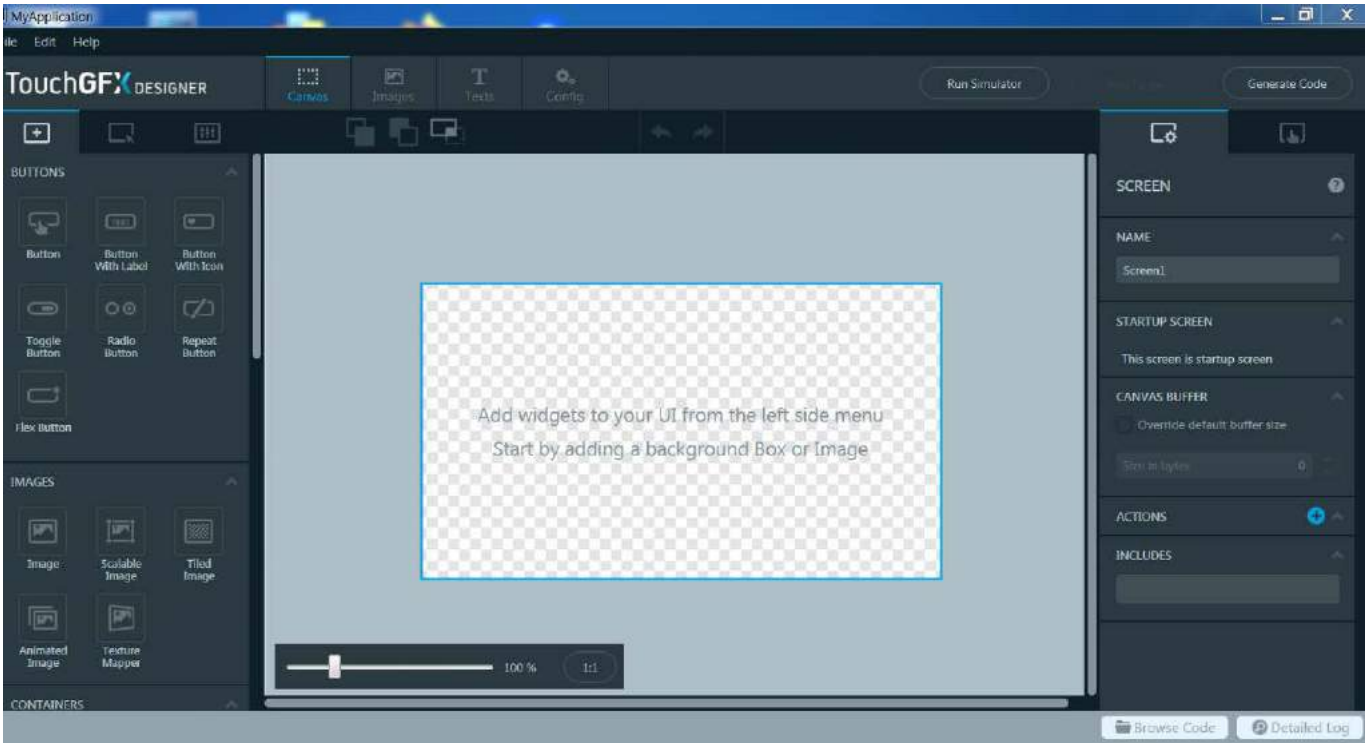
- jest przystosowana do współpracy z różnymi kontrolerami rodziny STM32, wyświetlaczami TFT o różnej rozdzielczości, wyposażonymi w kontrolery dotyku dla ekranów rezystancyjnych i pojemnościowych,
- obsługuje przeźroczystość, animacje, różne alfabety narodowe w tym polski,
- jest napisana w języku C++. Przy pomocy prostych procedur pośredniczących, biblioteka może także współpracować z funkcjami w czystym C,
- biblioteka pracuje pod nadzorem systemu operacyjnego czasu rzeczywistego,
- częścią biblioteki jest narzędzie TouchGFX Designer. Metodą „przeciągnij i upuść" pozwala tworzyć GUI z podglądem na ekranie jego rzeczywistego wyglądu. Designer umożliwia symulację działania GUI a na koniec generuje kod obsługi grafiki, umieszczany w programie użytkownika.

Co ważne, pakiet TouchGFX jest już w znacznym stopniu zintegrowany z innymi narzędziami używanymi do pisania oprogramowania dla kontrolerów ST.

Integracja TouchGFX z narzędziami ST

Dla większości użytkowników, kontakt z kontrolerami STM32 rozpoczyna się od płyty ewaluacyjnej na której można testować własne programy. Niektóre z nich, z serii DISCOVERY przystosowane są do współpracy z ekranem graficznym. Płyty wraz z oprogramowaniem do generacji kodu STM32CubeMX czy pakietem programistycznym STM32CubeIDE stanowią jednolite środowisko projektowe. Rzeczą naturalną była integracja TouchGFX z pozostałymi elementami

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 1. Wygląd TouchGFX Designer-a

środowiska. Korzystając z STM32CubeMX i TouchGFX da się wygenerować działający kod z zaprojektowanym GUI dla wyświetlacza, jednak trzeba się przy tym trochę naklikać.

Należy zacząć od zainstalowania TouchGFX Designera, który będzie służył do projektowania i testowania budowanego GUI oraz wygeneruje kod do osadzenia w programie głównym. Pakiet instalacyjny można pobrać z (link 1). Na dzień pisania artykułu do wyboru były dwie wersje: 4.10.0 i 4.12.3 różniące się nieco możliwościami, można pobrać i zainstalować równolegle obie. Po rozpakowaniu i uruchomieniu pliku nastąpi standardowa procedura instalacyjna. Najwygodniej zainstalować oprogramowanie TouchGFXDesigner-a zgodnie z sugestią w katalogu głównym twardego dysku. Warto także odświeżyć instalację STM32CubeMX do najnowszej wersji co najmniej 5.4.0.

Po zainstalowaniu TouchGFXDesigner nadaje się od razu do pracy. Po jego uruchomieniu można wybierać płytę na której pracujemy, rodzaj wyświetlacza, projektować interfejs graficzny, przetestować go na symulatorze, a nawet zaprogramować posiadaną płytę, co pozwoli obejrzeć na docelowym wyświetlaczu przygotowane GUI. Jednak integracja kodu odpowiedzialnego za GUI z pozostałą częścią oprogramowania np. obsługą urządzeń zewnętrznych i wewnętrznych interfejsów kontrolera jest łatwiejsza, gdy działanie TouchGFXDesigner-a zostaje wywołane podczas tworzenia projektu przy pomocy STM32CubeMX.

Przykład projektu dla płyty STM32F746G-DISCO

Teraz krok po kroku pokażę jak stworzyć program, którego działanie polega na przełączaniu pomiędzy dwoma ekranami. Program jest prosty i będzie funkcjonował bez konieczności dopisania własnych procedur, wszystko zostanie wyklikane.

Zaczynamy od otwarcia STM32CubeMX i wskazania płyty dla której ma powstać nowy projekt. W tym przypadku będzie to STM32F746G-DISCO. Należy zgodzić się na inicjalizację z predefiniowanymi ustawieniami. Po utworzeniu nowego projektu należy zablokować interfejs eternetowy klikając kolejno:

Pinout & Configuration → Connectivity → ETH → Mode: Disable

Następnie należy przejść do zakładki Project Manager i podać wybraną nazwę dla projektu oraz miejsce gdzie ma być zapisany na dysku. Dalej trzeba określić środowisko programistyczne dla którego ma zostać wygenerowany kod. W przykładzie będzie to SW4STM32 więc kolejne ustawienia na tej zakładce będą wyglądały tak:

Project Manager → Application Structure: Advanced

Project Manager → Tolchain/IDE: SW4STM32, Generate under root: v

Project Manager → Firmvare Package Name and Version: STM32Cube FW_F7 V1.15.0

Wybieramy opcję GENERATE CODE, a po zakończeniu zapisu wygenerowanego kodu można przejść do działań związanych z wyświetlaczem i GUI. Zaznaczamy:

Pinout & Configuration → Middleware → GRAPHICS a następnie Graphics Framework: TouchGFX, Display Interface: Display Parallel Interface using LTDC.

Trzeba określić, do którego portu jest podłączone wyprowadzenie XRES wyświetlacza, dla płyty STM32F746G-DISCO będzie to PI.12. Klikamy w nastepującej kolejności:

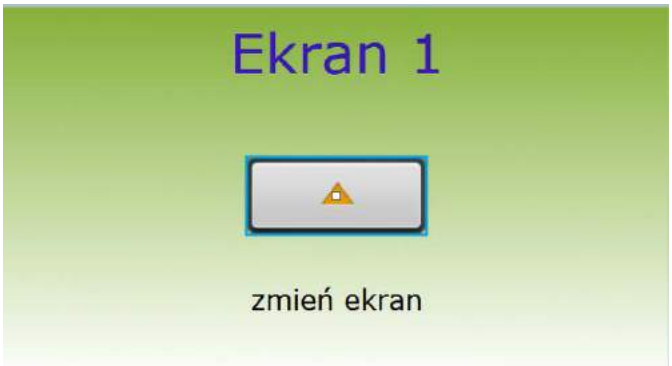
Configuration → Platform Settings → LCD Reset Pin XRES: PI12[LCD_DISP[RK043FN048H-CT672B_DISP]].

Żeby możliwe było uruchamianie TouchGFX Designer-a z STM32CubeMX, trzeba podać ścieżkę dostępu do pliku wykonywalnego TouchGFX Designer-4.12.3.exe lub TouchGFX Designer-4.10.0.exe jeżeli będziemy korzystali ze starszej wersji:

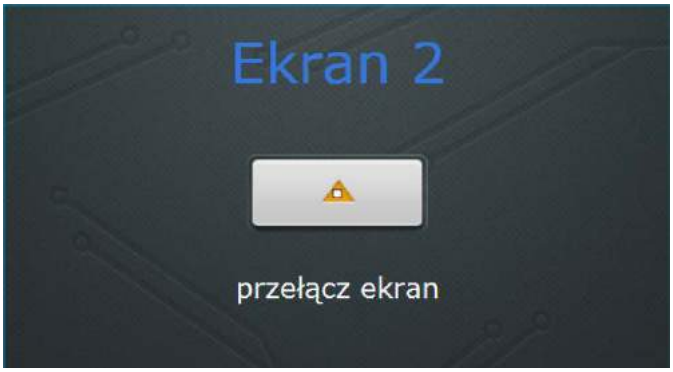
Configuration → TouchGFX → Location: c:\TouchGFX\4.12.3\designer\TouchGFXDesigner-4.12.3.exe.

W zakładce Configuration → TouchGFX uaktywnia się klawisz Execute, którego naciśnięcie spowoduje przejście do TouchGFX Designer-a. Po otwarciu, gotowy do pracy z nowym projektem TouchGFX Designer wygląda jak na **rysunku 1**. Centralny pulpit służy do układania graficznych komponentów tworzonej strony naszego GUI. Z lewej strony otwarta jest zakładka z dostępnymi komponentami (widgetami). Z prawej strony widać zakładkę służącą do ustawiania parametrów użytych komponentów. W momencie wywołania TouchGFX Designer wygenerował wstępnie pliki, które dodał do katalogów stworzonych wcześniej przez STM32CubeMX. Jeden z wygenerowanych plików: nazwa_projektu\TouchGFX\nazwa_projektu.touchgfx (nazwa_projektu należy zastąpić podaną w STM32CubeMX nazwą generowanego projektu), należy ręcznie wyedytować i zmienić linię

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 2. Wygląd ekranu 1 z przykładu pierwszego



Rysunek 3. Wygląd ekranu 2 z przykładu pierwszego

`"PostGenerateCommand": "touchgfx update_project --project-file=../.cproject ",`
na:
`"PostGenerateCommand": " echo test ".`

Tworzenie projektu nowego ekranu zazwyczaj rozpoczyna się od ustawienia tła, którym może być obrazek z pliku o formacie .bmp lub .png. Obrazek trzeba wcześniej przygotować w dowolnym programie graficznym. Wymiary obrazka powinny być takie same jak pozioma i pionowa rozdzielczość wyświetlacza płyty, w tym przypadku 480×272 pikseli. Po wybraniu widgetu image, należy go ułożyć w lewym górnym rogu pulpitu. W zakładce parametrów otwieramy listę STYLE wybierając opcję No Style. Poniżej w opcjach IMAGE klikamy na '+' żeby wskazać na katalog z wykonanym plikiem tła i wczytać go do listy używanych w projekcie GUI plików graficznych. Wskazujemy na wczytany obrazek, który po kliknięciu powinien pojawić się na pulpicie jako tło ekranu.

W podobny sposób jak widget image, umieszczamy na pulpicie widget Text Area. Na zakładce parametrów w polu Text wpisujemy „Ekran 1". Zmieniając parametry dobieramy wielkość czcionki, kolor i położenie. Umieszczamy na pulpicie widget Button. W opcjach STYLE można wybrać jeden z predefiniowanych kształtów dla przycisku albo, tak jak w przypadku tła, przygotować obrazki z wyglądem przycisku naciśniętego i zwolnionego a następnie na listach Pressed Image i Released Image wskazać położenie obrazków. W momencie naciskania i zwalniania klawisza umieszczonego na ekranie, obrazki będą automatycznie zastępowane. W opcjach NAME zmieniamy nazwę przycisku na „button1". Przygotowany ekran powinien wyglądać podobnie jak na **rysunku 2**.

Przechodzimy do zakładki Screens (z lewej strony pulpitu). Naciskając na '+' inicjujemy drugi ekran, który wypełniamy widgetami w podobny sposób jak poprzedni. Na **rysunku 3** pokazano przykładowy wygląd drugiego ekranu.

Na koniec zaprojektujemy zdarzenia jakie ma wywołać naciśnięcie button1 na ekranie 1 i button2 na ekranie 2. W tym celu należy otworzyć zakładkę INTERACTIONS z prawej obok zakładki gdzie edytuje się parametry komponentów. Klikamy na przycisk Add Interaction. Z kolejnych list wybieramy:

Trigger: Button is clicked

Choose clicked source: button1

Action: Change screen a poniżej wskazać jako ekran docelowy Screen2

Ponownie klikamy na przycisk Add Interaction i projektujemy zdarzenie dla button2. Jako ekran docelowy wskazujemy Screen1.

Żeby sprawdzić czy wszystko zostało poprawnie zaprojektowane uruchamiamy symulator przyciskiem Run Simulator. Na ekranie komputera powinien wyświetlić się zaprojektowany ekran 1 a po wskazaniu kursorem przycisku i kliknięciu lewym przyciskiem myszy powinien na jego miejscu pojawić się ekran 2. Jeżeli wszystko działa zgodnie z oczekiwaniem klikamy przycisk Generate Code a po pojawieniu się komunikatu o pomyślnym utworzeniu kodu, zamykamy TouchGFX Designer.

W STM32CubeMX wybieramy opcję GENERATE CODE i przechodzimy do edytora naszego środowiska programistycznego – w tym opisie będzie to SW4STM32. Teraz trzeba dostosować wygenerowany przez oba narzędzia kod tak, aby poprawnie pracował a kompilacja odbywała się bez błędów. Ponieważ TouchGFX Designer dołącza w generowanym kodzie odwołania do symulatora trzeba je wyłączyć z kompilacji. W SW4STM32 wskazuje się plik lub katalog i wywołując opcję:

Properties → C/C++ Build → Settings → Exclude resource from build: [v] zaznacza opcję wyłączenia.

Podaję lokalizację katalogów i plików do wyłączenia:

TouchGFX: simulator

TouchGFX → generated: simulator

Midlewares → ST → Touchgfx → touchgfx → framework → source → platform → hal: simulator

Midlewares → ST → Touchgfx → touchgfx → framework → include → platform → hal: simulator

oraz:

Midlewares → ST → Touchgfx → touchgfx → framework → source → platform → driver → touch: SDL2TouchControler.cpp

Midlewares → ST → Touchgfx: touchgfx_backup

Po usunięciu w taki sposób wszystkich błędów kompilacji, płyta powinna dać się zaprogramować i wyświetlony zostanie ekran 1. Jednak klawisz na ekranie nie będzie działał bo w naszym programie brakuje podłączenia do sterowników ekranu dotykowego. Aby uruchomić dotyk będziemy potrzebowali plików z firmware package STM32Cube_FW_F7_V1.15.0. Spakowany plik można pobrać stąd (link 2). Dla zachowania porządku pliki będą kopiowane grupami do utworzonych w drzewie projektu podfolderów, które zostaną dodane do folderu

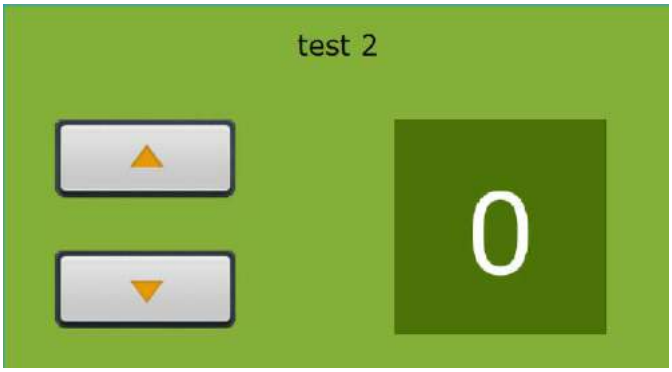
Project Explorer → nazwa_projektu → Drivers.

Z folderu z firmware package ...\Drivers\BSP\STM32746G-Discovery\

Listing 1. Zmiany w pliku: STM32F7TouchController.cpp

```
UZUPEŁNIĆ:
#include „STM32F7TouchController.hpp"
/* USER CODE BEGIN BSP user includes */
#include „stm32746g_discovery_ts.h"
/* USER CODE END BSP user includes */


USUNĄĆ BLOK KOMENTARZA:
void STM32F7TouchController::init(){
    /* USER CODE BEGIN F4TouchController_init */
    /* Add code for touch controller Initialization */
    BSP_TS_Init(LCD_GetXSize(), LCD_GetYSize());
    /* USER CODE END F4TouchController_init */
}

bool STM32F7TouchController::sampleTouch(int32_t& x, int32_t& y){
    /* USER CODE BEGIN  F4TouchController_sampleTouch  */
    TS_StateTypeDef state = { 0 };
    BSP_TS_GetState(&state);
    if (state.touchDetected){
        x = state.touchX[0];
        y = state.touchY[0];
        return true;
    }
    return false;
    /* USER CODE END F4TouchController_sampleTouch  */
}
```


eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 4. Wygląd ekranu z przykładu drugiego

kopiuj do utworzonego w drzewie projektu ... Drivers → BSP → src pliki:

stm32746g_discovery_sdram.c
stm32746g_discovery_ts.c
stm32746g_discovery.c

Z folderu z firmware package ...\Drivers\BSP\STM32746G-Discovery\

kopiuj do utworzonego w drzewie projektu ... Drivers → BSP → inc pliki:

stm32746g_discovery_sdram.h
stm32746g_discovery_ts.h
stm32746g_discovery.h

Z folderu z firmware package ...\Drivers\BSP\Components\ft5336\

kopiuj do utworzonego w drzewie projektu ... Drivers → Components → ft5336 pliki:

ft5336.c
ft5336.h

Z folderu z firmware package ...\Drivers\BSP\Components\Common\

kopiuj do utworzonego w drzewie projektu ... Drivers → Components → Common plik:

ts.h

Należy podać ścieżki dostępu do utworzonych podkatalogów dla obu kompilatorów MCU GCC Compiler i MCU G++ Compiler:

Drivers\BSP
Drivers\BSP\inc
Drivers\Components
Drivers\Components\Common
Drivers\Components\ft5336

Na koniec należy podłączyć pliki sterowników do plików GUI. W tym celu należy otworzyć w edytorze naszego IDE plik TouchGFX → target: STM32F7TouchController.cpp i wykonać zmiany zaznaczone na żółto w **listingu 1**. Od tego momentu po kompilacji i zaprogramowaniu płyty, przyciski na wyświetlaczu powinny działać w taki sam sposób jak podczas testów na symulatorze TouchGFX Designer-a.

Przykład projektu z dodanym kodem użytkownika

Poprzedni przykład był bardzo prosty, ale też niewiele potrafił zrobić. Stwórzmy trochę bardziej skomplikowany projekt, który będzie wymagał dopisania odrobiny dodatkowego kodu użytkownika. W projekcie będzie jeden ekran z dwoma klawiszami. Naciśnięcie klawiszy będzie zwiększało lub zmniejszało stan licznika, którego zawartość zostanie wyświetlana na ekranie.

Projekt ekranu pokazany został na **rysunku 4**. Tło i klawisze wstawiamy w sposób opisany w poprzednim przykładzie. Nadajemy nazwę jednemu z klawiszy „buttonUp" a drugiemu „buttonDown". Okienko do wyświetlania aktualnego stanu licznika stworzone zostało z kolejnego obrazka z ciemnym tłem w kształcie prostokąta 150×150 pikseli. Na nim osadzony został widget Text Area o nazwie „textCounter". W zakładce parametrów usuwamy zaznaczenie opcji Auto-size i powiększamy zajmowany przez niego obszar tak aby wypełniał ciemniejszą podkładkę. W polu Typography wybieramy czcionkę Large Verdana 40 px a opcję Alignment ustawiamy na justowanie do środka. W opcji Text wpisać <d> co oznacza, że widget będzie dokonywał konwersji przypisanej zmiennej na cyfry dziesiętne. Naciskamy przycisk '+' co uaktywni zakładkę WILDCARD1, którą otwieramy. Na zakładce w polu Initial value wpisujemy 0 i zaznaczamy opcję Use wildcard buffer, pozostawiając domyślny rozmiar buforu.

Teraz dostosujemy do naszych potrzeb właściwości typograficzne czcionki użytej do wyświetlania zawartości licznika. Na belce funkcyjnej ponad pulpitem klikamy napis Texts, a potem wybieramy zakładkę Typographies. Powiększamy użytą do wyświetlania licznika czcionkę Large Verdana, zwiększając wymiar Size do 80. W polu Wildcard Ranges wpisujemy 0...9, będzie to zakres znaków dziesiętnych dopuszczonych do wyświetlenia. W polu Wildcard Characters wpisujemy myślnik '–' który będzie służył jako znak liczb ujemnych.

Dodajemy interakcję dla buttonUp uzupełniając kolejne pola:

Trigger: Button is clicked
Choose clicked source: buttonUp
Action: Call new virtual function
Function Name: buttonUpClicked
Interaction Name: InteractionButtonUp

Dodajemy interakcję dla buttonDown uzupełniając pola:

Trigger: Button is clicked
Choose clicked source: buttonDown
Action: Call new virtual function
Function Name: buttonDownClicked
Interaction Name: InteractionButtonDown

Tak jak w wcześniejszym przykładzie generujemy kod, usuwamy wywołujące błędy kompilacji odwołania do symulatora, dodajemy sterowniki ekranu dotykowego. Teraz pozostało dopisać fragment kodu powodującego zmianę stanu wyświetlanego licznika po naciśnięciu klawiszy. TouchGFX Designer wykonał już część pracy, deklarując wirtualne funkcje do obsługi naciśnięć klawiszy, nadając im nazwy które wpisaliśmy wcześniej w interakcjach: buttonUpClicked i buttonDownClicked. Można to podejrzeć w pliku TouchGFX → generated → gui_generated → src → nazwa ekranu_screen: Nazwa ekranuViewBase.cpp

gdzie utworzone zostały puste funkcje. Można je przysłonić własnymi funkcjami użytkownika, które umieścimy, w także już wygenerowanych i przeznaczonych do tego plikach. W pliku

TouchGFX → gui → include → gui → nazwa ekranu_screen: nazwa ekranuView.hpp

w sekcji public deklarujemy nazwy dodawanych funkcji, a w sekcji protected deklarujemy zmienną, w której będzie przechowywana zawartość licznika:

```
public:
 virtual void buttonUpClicked();
 virtual void buttonDownClicked();
protected:
```

Listing 2. Definicje funkcji do umieszczenia w pliku: nazwa ekranuView.cpp

```
void Screen1View::buttonUpClicked(){
    counter++;
    if (counter>16) counter =-16;
    Unicode::snprintf(textCounterBuffer, TEXTCOUNTER_SIZE, „%d", counter);
    //Invalidate text area, which will result in it being redrawn in next tick
    textCounter.invalidate();
}

void Screen1View::buttonDownClicked(){
    counter--;
    if (counter<-16) counter =16;
    Unicode::snprintf(textCounterBuffer, TEXTCOUNTER_SIZE, „%d", counter);
    //Invalidate text area, which will result in it being redrawn in next tick
    textCounter.invalidate();
}
```


eprasa.pl e017b7ba51

int counter;

W pliku TouchGFX → gui → src → gui → nazwa ekranu_screen: nazwa ekranuView.cpp umieszczamy definicje naszych funkcji tak jak na **listingu 2**, które będą wywoływane po naciśnięciu odpowiednich przycisków. Wyświetlana zawartość licznika będzie się zmieniała w zakresie od –16 do 16.

Projekty dla płyty STM32F429I-DISCO

W sposób podobny do opisanego, można wygenerować projekt z użyciem biblioteki TouchGFX dla innych płyt rozwojowych firmy ST. Różnice będą polegały na zmianie sposobu sterowania wyświetlaczy i zastosowanych kontrolerów dotyku. Na przykładzie płyty STM32F429I-DISCO pokażę co trzeba zmienić.

Po inicjacji nowego projektu w STM32CubeMX dla STM32F429I-DISCO należy:

ustawić częstotliwość zegara wyświetlacza na 6 MHz:

Clock Configuration → LCD-TFT clocks.

Włączyć SPI5 w trybie Half Duplex Master. Po wyborze środowiska graficznego TouchGFX i włączeniu wyświetlacza należy w opcjach Configuration → Platform Settings ustawić:

Chip Select: PC2[CSX[LCD-RGB_CSX]]

WRX High: PD13[WRX_DCX[LCD-RGB_ WRX_DCX]]

RDX High: PD12[RDX[LCD_RGB_RDX]]

SPI_PIN: SPI:Half-Duplex Master SPI5

Po przygotowaniu projektu ekranów i wygenerowaniu plików, przechodzimy do edytora w używanym środowisku programistycznym. Tak jak w poprzednich przykładach wyłączamy z kompilacji katalogi i pliki powodujące wystąpienie błędów, np. odwołania do symulatora. Na koniec instalujemy pliki do obsługi kontrolera dotyku. Potrzebne pliki znajdziemy w firmware package STM32Cube_FW_F4_V1.24.0 do pobrania stąd (link 3). W drzewie katalogów projektu dodajemy podkatalog DRV_F429I:

Drivers → BSP → DRV_F429I

Z folderu z firmware package ...\STM32Cube_FW_F4_V1.24.0\Drivers\BSP\STM32F429I-Discovery\ kopiujemy pliki:

stm32f429i_discovery_io.c

stm32f429i_discovery_io.h

stm32f429i_discovery_ts.c

Listing 3. Zmiany jakie należy wykonać w pliku: STM32F4TouchController.cpp

```
DOPISAĆ:
/* USER CODE BEGIN BSP user includes */
#include <stm32f429i_discovery_ts.h>
/* USER CODE END BSP user includes */

ODKOMENTOWAĆ:
void STM32F4TouchController::init(){
    /* USER CODE BEGIN F4TouchController_init */
    /* Add code for touch controller Initialization*/
    BSP_TS_Init(LCD_GetXSize(), LCD_GetYSize());
    /* USER CODE END  F4TouchController_init  */
}

bool STM32F4TouchController::sampleTouch(int32_t& x, int32_t& y){
    /* USER CODE BEGIN  F4TouchController_sampleTouch  */
    TS_StateTypeDef state;
    BSP_TS_GetState(&state);
    if (state.TouchDetected){
        x = state.X;        //state.x na state.X
        y = state.Y;        //state.y na state.Y
        return true;
    }
    return false;
 /* USER CODE END F4TouchController_sampleTouch */
}
```

stm32f429i_discovery_ts.h

stm32f429i_discovery.c

stm32f429i_discovery.h

do utworzonego podkatalogu DRV_F429I.

Dodajemy ścieżkę dostępu do utworzonego podkatalogu dla obu kompilatorów MCU GCC Compiler i MCU G++ Compiler. W pliku TouchGFX → target: STM32F4TouchController.cpp wykonujemy zmiany takie jak zaznaczono na **listingu 3**. W pliku Drivers → BSP → DRV_F429I: stm32f429i_discovery.c komentujemy całą definicję funkcji:

//void LCD_Delay(uint32_t Delay)

//{

// HAL_Delay(Delay);

//}

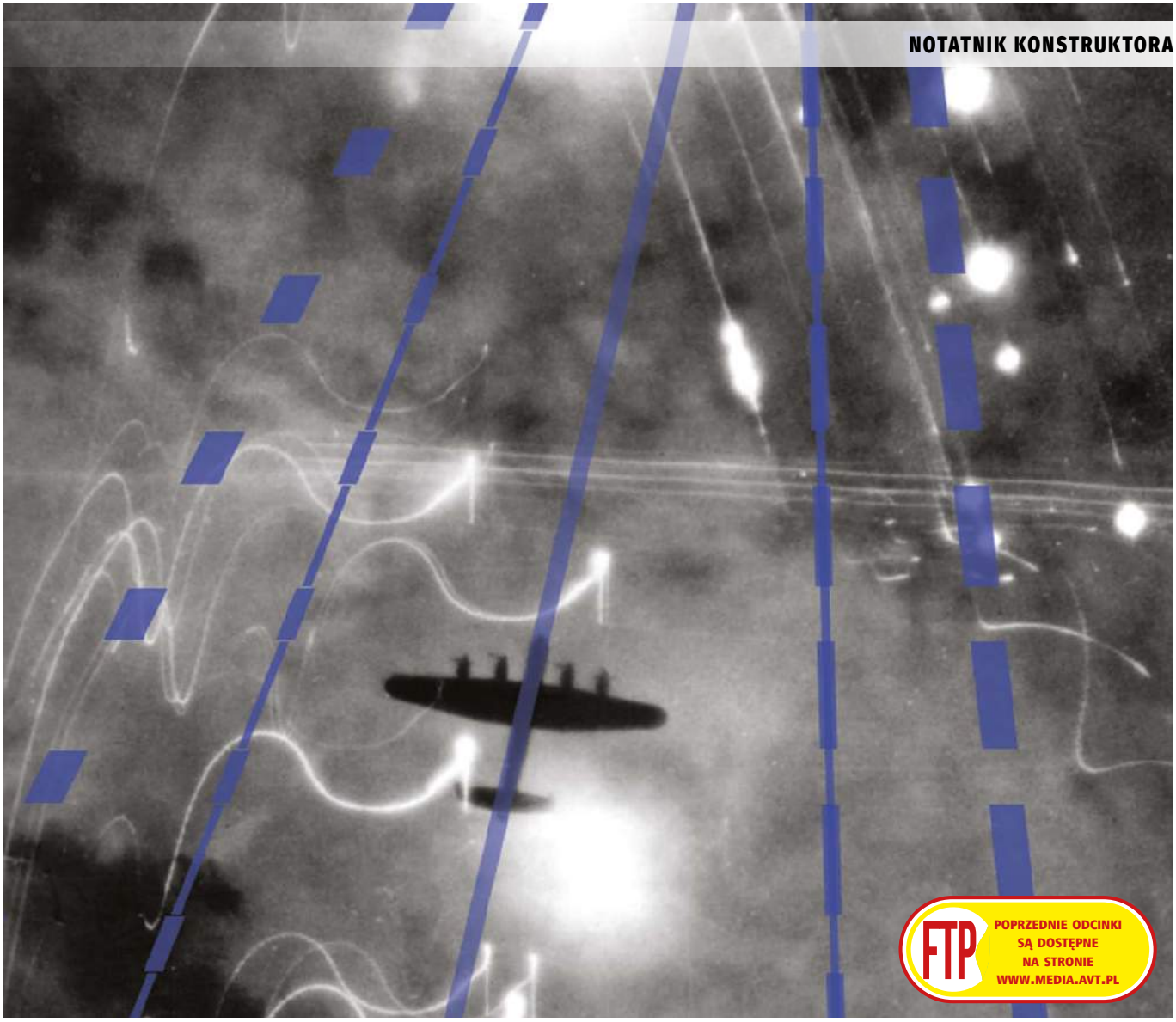
Ryszard Szymaniak, EP

Link 1: ***http://bit.ly/2uuZaEK***

Link 2: ***http://bit.ly/2vgeMwf***

Link 3: ***http://bit.ly/2w1miet***

REKLAMA



Symulacja i pomiar czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora (8)

Model namiernika celu lotnictwa RAF

W tym odcinku zajmiemy się tematem nawiązującym do historii II Wojny Światowej. Będzie mowa o jednej z metod naprowadzania bombowców RAF na cele znajdujące się na terytorium Niemiec stosowanej w nalotach dywanowych w latach 1942 do 1945. Nie zbudujemy oczywiście całego systemu, spróbujemy natomiast wczuć się w rolę nawigatora obsługującego urządzenie końcowe.

Dziś, w epoce galopującego postępu elektroniki nie zdajemy sobie sprawy z tego, jak pomysłowe urządzenia stosowano już podczas II Wojny Światowej. Każda wojna, poza wszystkimi okrucieństwami jakie ze sobą niesie, jest potężnym stymulatorem rozwoju niemal każdej dziedziny nauki i przemysłu. Nas najbardziej interesuje elektronika, zbudujemy więc wirtualny i rzeczywisty model radionamiernika – urządzenia montowanego w każdym Lancasterze, prawdopodobnie też w Stirlingach czy Halifaksach. Nasza konstrukcja

eprasa.pl e017b7ba51

jest oparta na współczesnych elementach elektronicznych, nie jest to wierna replika urządzenia oryginalnego, a jedynie model i to wykonany według autorskiej wizji tego urządzenia. Tak czy inaczej eksperymenty pozwolą przynajmniej częściowo wczuć się w rolę nawigatora historycznego samolotu bombowego.

Odrobina historii

Zanim zaczniemy budowę modelu radionamiernika warto zapoznać się z wydarzeniami, które decydowały o jego powstaniu. Tematyka jest bardzo fascynująca, zachęcam Czytelników do sięgnięcia do źródeł.

Rozpoczęta w roku 1939 wojna szybko ogarnęła całą Europę. Od września 1940 roku lotnictwo Luftwaffe regularnie bombardowało cele położone na terenie Wielkiej Brytanii, co nie pozostawało bez odpowiedzi ze strony RAF (*Royal Air Force*). Operacje prowadzone zarówno przez Luftwaffe, jak i RAF charakteryzowały się wyjątkowym okrucieństwem. Obydwie strony stosowały taktykę niszczenia obiektów cywilnych, co miało prowadzić do obniżania morale społeczeństwa, a w konsekwencji szybkiego poddania się.

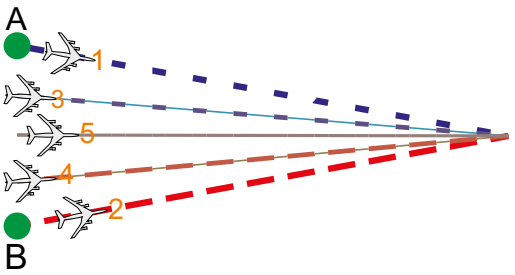
Pierwsze naloty RAF-u przebiegały bardzo chaotycznie, w zasadzie bez większej strategii. Siły uderzeniowe były rozrzucane na dużej przestrzeni, co ułatwiało zadanie naziemnej obronie przeciwlotniczej oraz myśliwcom, dla których pojedyncze bombowce były łatwym celem. Duże straty czyniły niemieckie myśliwce nocne, których zadaniem było patrolowanie terytorium Niemiec i ochrona przed atakami prowadzonymi w ciemności. W miarę upływu czasu udoskonalano taktykę, do uzbrojenia wchodziły bombowce wyposażane w lepsze urządzenia nawigacyjne i celownicze. Korzystano ze specjalnych eskadr realizujących pozorowane ataki mylące obronę przeciwlotniczą. Wyposażanie samolotów Luftwaffe w radary powodowało dalszą komplikację operacji i konieczność wprowadzania odpowiednich środków zaradczych. Były nimi m.in. metalizowane taśmy (tzw. *window*) zrzucane w razie zagrożenia, które dość skutecznie zakłócające odczyty radarów.

Jednym z większych wyzwań było opracowanie metody naprowadzania bombowców na cel. Pamiętajmy, że nie było w tych czasach pocisków kierowanych. Samolot musiał bardzo precyzyjnie nadlecieć nad cel i z zegarmistrzowską precyzją wypuścić bombę z luku. Celowniczy uwzględniał kurs samolotu, jego wysokość i prędkość. Konieczne były również odpowiednie korekty na wiatr. Terminy nalotów dobierano z uwzględnieniem prognoz pogody, tak aby cele były rozpoznawalne nawet w nocy. Obrona stosowała jednak często zasłony dymne.

Aby zapewnić jak największą dokładność naprowadzania bombowców nalot składał się z kilku eskadr realizujących odrębne zadania. Oprócz wspomnianych już samolotów pozorujących duże znaczenie miały tzw. pathfindery – samoloty wstępnie znakujące cele za pomocą zrzucanych flar o uzgodnionej kolorystyce. Po nich nadlatywały samoloty supporters, których zadaniem była likwidacja ewentualnych stanowisk obrony p.lot. Wykorzystywały do tego celu bomby burzące. Ostateczną ścieżkę dolotu wyznaczały żółte markery wypuszczane przez skrajne bombowce szyku. Coraz większym wsparciem była elektronika, i tu dochodzimy do sedna.

Radionamiernik RAF

Wyobraźmy sobie system naprowadzania, w skład którego wchodzą dwie oddalone od siebie o pewną odległość stacje nadawcze A i B emitujące kierunkowe wiązki. Częstotliwości nośne tych stacji są modulowane sygnałem dźwiękowym przypominającym nieco znaki telegrafu Morse'a. Nadajnik A emituje kropki, a nadajnik B kreski. Stacje są ze sobą zsynchronizowane tak, że w przerwach między dwiema sąsiednimi kropkami mieści się dokładnie jedna kreska.



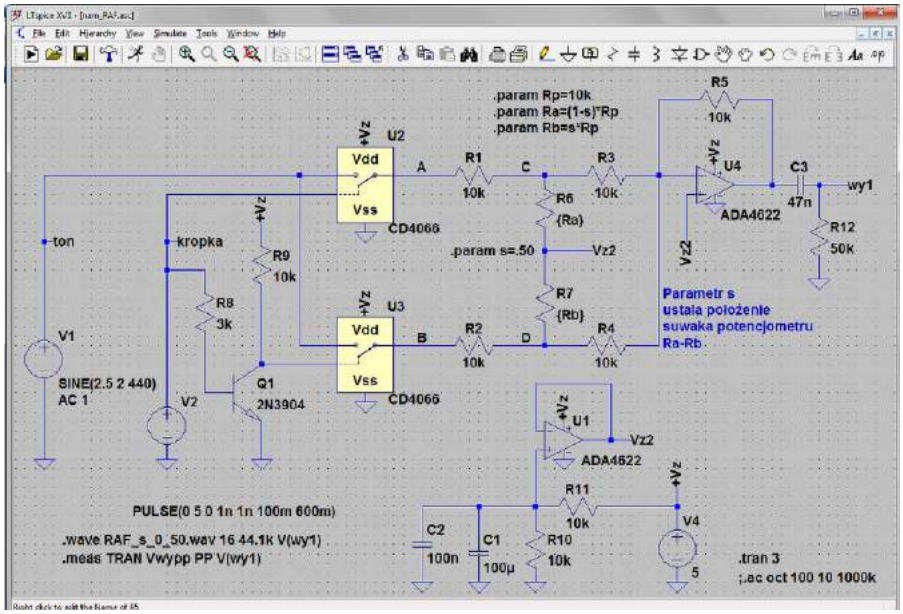
Rysunek 1. Ilustracja zasady działania radionamiernika

Emisja przebiega w sposób ciągły, bez żadnych przerw. Anteny obu nadajników są nakierowane na cel. Nawigator odbiera oba sygnały jednocześnie za pomocą zainstalowanego w samolocie urządzenia. Słyszany przez niego sygnał dźwiękowy zależy od kursu jakim leci samolot. Nawigator samolotu 1 (**rysunek 1**) będzie słyszał tylko kropki, nawigator samolotu 2 usłyszy tylko kreski. Nawigatorzy samolotów 3 i 4 będą słyszeć zarówno kreski, jak i kropki, przy czym w samolocie 3. głośniejsze będą kropki, a w samolocie 4. kreski. Nawigatorzy tych samolotów muszą informować pilotów o konieczności korekty kursu. Samoloty 1. i 3. muszą odbić w prawo, a samoloty 2. i 4. w lewo. Tylko samolot nr 5 leci dokładnie na cel. Jego nawigator słyszy w słuchawkach ciągły ton. Zakładając, że bombowce lecą dobrym kursem, pozostaje jeszcze ustalenie sposobu informowania załogi o momencie zrzutu bomb. Jest to jednak odrębny problem, którym nie będziemy się zajmować.

Projekt

Do budowy modelu radionamiernika zastosujemy popularne klucze analogowe CD4066 oraz wzmacniacz operacyjny AD4622. Ciągły sygnał akustyczny o częstotliwości 440 Hz jest generowany w pierwszym kanale generatora arbitralnego Analog Discovery 2. Kanał drugi wykorzystamy do generowania przebiegu kluczującego ustalającego czasy trwania kropek i kresek. Jest jednak pewien problem: zestaw AD2 zawiera tylko generator dwukanałowy, a potrzebne są trzy sygnały. Na szczęście kluczowanie np. kresek można zrealizować przez zanegowanie impulsów kluczujących kropki. Wykorzystamy do tego tranzystor NPN typu 2N3904 (Q1).

Do zasilania zastosujemy pojedyncze napięcie 5 V z zasilacza napięcia dodatniego AD2. Konieczne w związku z tym będzie wytworzenie sztucznej masy na poziomie połowy napięcia zasilającego. Napięcie to wyznaczają rezystory dzielnika R10, R11 (**rysunek 2**), a bufor wykonany na układzie U1 (AD4622) zapewnia małą impedancję sztucznej masy (Vz2).



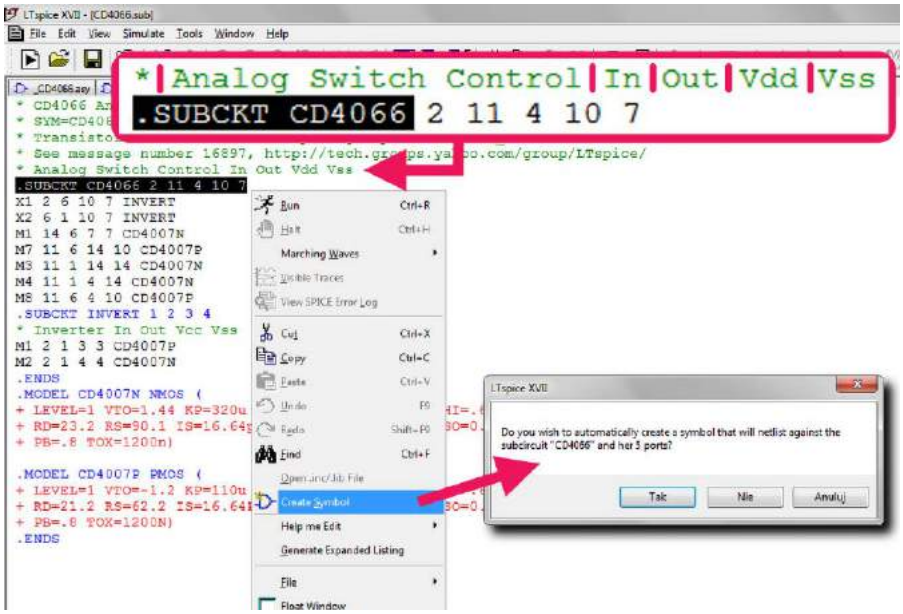
Rysunek 2. Schemat modelu radionamiernika RAF narysowany w symulatorze LTspice

eprasa.pl e017b7ba51

Sygnał akustyczny – sinusoida o amplitudzie 2 V jest generowany przez źródło V1. Należy zapewnić składową stałą równą połowie napięcia zasilającego (2,5 V). Sygnał ten jest podawany na dwa klucze CD4066 (U2 i U3) włączane naprzemiennie za pośrednictwem źródła impulsów sterujących V2 i inwertera Q1. W symulatorze wykorzystujemy do tego źródło Voltage z opcją PULSE. Przyjmujemy parametry: PULSE(0 5 0 1n 1n 100m 600m), co oznacza: napięcie początkowe 0 V, napięcie w stanie włączenia 5 V, czas zwłoki 0, czasy narastania i opadania 1 ns, czas trwania impulsu 100 ms, okres powtarzania 600 ms. Znak „kropki" trwa więc 100 ms, a „kreski" 500 ms. „Kropka" pojawia się na wyjściu klucza U2 (punkt A), „kreska" zaś na wyjściu klucza U3 (punkt B).

Sygnały są balansowane za pomocą elementów R1, R2, i potencjometru złożonego z rezystorów R6 i R7. Rezystancje R6 i R7 są zadane parametrycznie, gdyż muszą pozostawać w ścisłej zależności wynikającej z ustawienia wirtualnego suwaka potencjometru. Rezystor R6 ma oporność: Ra=(1–s)·Rp, gdzie parametr s określa położenie suwaka potencjometru (s może być większe od 0 i mniejsze od 1), a Rp to rezystancja całkowita potencjometru – przyjmujemy 10 kΩ. Rezystor R7 ma rezystancję: Rb=s·Rp. Zmieniając położenie suwaka, zmieniamy stosunek amplitud sygnałów „kropki" i „kreski". Znaki te są następnie sumowane w układzie z elementami U4, R3, R4 i R5. Aby można było odsłuchać sygnał generowany podczas symulacji, konieczne jest odcięcie składowej stałej występującej w sygnale wyjściowym. Zapewnia to kondensator C3. Rezystor R12 stanowi obciążenie układu.

Zmieniając położenie suwaka potencjometru symulujemy odejście z kursu naszego wirtualnego bombowca. W słuchawkach będą wówczas słyszane „kropki" i „kreski" w proporcjach zależnych od położenia suwaka. Tylko w środkowym położeniu usłyszymy jeden ciągły ton. Dla załogi bombowca oznacza to lot dokładnie w kierunku celu.

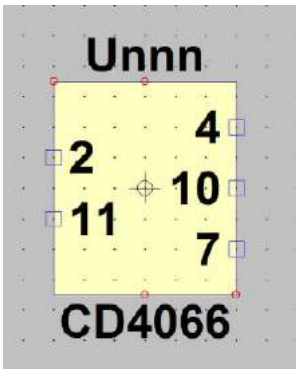


Rysunek 3. Automatyczne tworzenie symbolu na podstawie danych zawartych w pliku CD40066.sub

Brakujący element w bibliotece

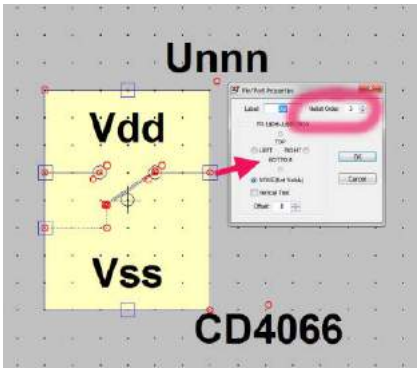
Wszystko byłoby ładnie, gdyby nie to, że w standardowej bibliotece LTspice nie ma elementu CD4066, musimy go więc jakoś dołączyć do zestawu. Znalezienie modelu LTspice często nie jest łatwe. Zwykle poszukiwania prowadzimy na stronach internetowych producentów, ale nie zawsze znajdziemy odpowiednie pliki. Ja znalazłem bibliotekę zawierającą modele wielu układów rodziny CD4000, do której prowadzi link ***http://zpostbox.ru/CD4000.zip***. Zawartość należy skopiować na dysk i rozpakować plik CD4066.sub. Ważne jest określenie folderu, do którego trafi rozpakowany plik. Może to być folder, w którym są przechowywane standardowe elementy biblioteczne programu LTspice (C:\Program Files\LTC\LTspiceXVII\lib\sym), a jeśli nie chcemy mieszać oryginalnych plików z dołączanymi, plik CD4066.sub można zapisać w dowolnym innym folderze, do którego jednak trzeba będzie później podać ścieżkę dostępu.

Do użycia klucza CD4066 konieczne jest jeszcze zdefiniowanie jego symbolu graficznego wstawianego do schematu. Najwygodniejszą metodą jest skorzystanie z możliwości automatycznego utworzenia symbolu. W tym celu otwieramy w edytorze LTspice plik CD4066.sub, np. przeciągając go z menedżera plików do okna programu LTspice (**rysunek 3**), ustawiamy kursor na pierwszej linii pod komentarzem zawierającej frazę: .SUBCKT CD4066 i klikamy prawym przyciskiem myszki. Pojawia się menu, z którego należy wybrać polecenie Create Symbol. Program żąda jeszcze od nas potwierdzenia automatycznego wygenerowania symbolu klucza CD4066, na co oczywiście wyrażamy zgodę. Proponowany symbol ukazuje się na ekranie (**rysunek 4**). Można go zaakceptować bez zmian lub poddać edycji według własnych upodobań.



Rysunek 4. Proponowany przez symulator LTspice symbol klucza CD4066

Praktycy zauważą, że w znalezionej bibliotece jest błąd w przyporządkowaniu wyprowadzeń do funkcji układu CD4066, co do celów symulacji nie ma znaczenia. Aby jednak nie wprowadzać w błąd Czytelników, którzy nie zaznajamiając się z artykułem od razu spróbują użyć elementu do symulacji, zmienimy nieco wygląd symbolu klucza. Wprowadzimy dodatkowe elementy graficzne, które jednoznacznie będą objaśniały funkcje poszczególnych wyprowadzeń. Nowy symbol pokazano na **rysunku 5**. Oznaczenia liczbowe widoczne w symbolu z rysunku 4 są jedynie etykietami i nie biorą udziału w tworzeniu listy połączeń tworzonego schematu. Istotne są natomiast numery porządkowe przypisane do poszczególnych pinów. Edycję tych parametrów przeprowadza się po kliknięciu prawym przyciskiem myszki na żądanym wyprowadzeniu, w wyniku czego zostaje wyświetlone okno właściwości (rysunek 5). Za pomocą dostępnych narzędzi edycyjnych (linia, elipsa, prostokąt, kopiowanie, przesuwanie, rozciąganie itd.) modyfikujemy symbol zgodnie z rysunkiem. Położenie poszczególnych wyprowadzeń układu zależy zwykle od pełnionych przez nie funkcji - wejścia najczęściej są umieszczane z lewej strony, wyjścia z prawej, zasilanie od góry, masa od dołu. Numery porządkowe wynikają z danych zawartych w pliku CD4066.sub. Odczytujemy z niego, że: wejście sterujące kluczem (Analog Switch Control) ma numer 1, wejście – 2, wyjście – 3, zasilanie Vdd – 4, masa Vss – 5 (rysunek 3). Funkcje wyprowadzeń podano w komentarzu nad definicją. W przypadku klucza oznaczanie pinu jako wejście lub wyjście jest umowne, gdyż



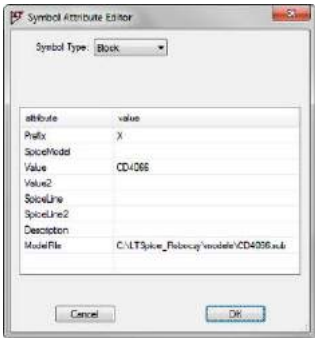
Rysunek 5. Zmodyfikowany według własnego uznania symbol klucza CD4066

eprasa.pl e017b7ba51

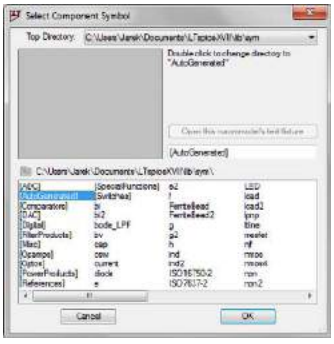
klucz jest elementem dwukierunkowym i powyższe funkcje mogą się zamieniać miejscami.

Jak widać na rysunku 5 w wyprowadzeniach zasilania pozostawiono widoczne etykiety, w pozostałych zostały ukryte. Po narysowaniu symbolu graficznego można go zapisać jako CD4066.asy. Jeśli symbol był tworzony z zastosowaniem funkcji automatycznej generacji, to plik zostanie zapisany w katalogu C:\....\LTspiceXVII\lib\sym\AutoGenerated. Po zapisaniu symbolu nie zamykamy jeszcze edytora, gdyż do używania tak zdefiniowanego elementu, konieczne jest jeszcze określenie kilku atrybutów. Przeznaczone do tego celu okno edycyjne jest wywoływane np. naciśnięciem kombinacji Ctrl-A. (**rysunek 6**). Obowiązkowo należy wypełnić pola:

```
Prefix = X
Value = CD4066
ModelFile = C:\LTspice_
Roboczy\modele\CD4066.sub
```



Rysunek 6. Okno edycji własności definiowanego elementu



Rysunek 7. Lokalizacja folderu, w którym został umieszczony symbol klucza

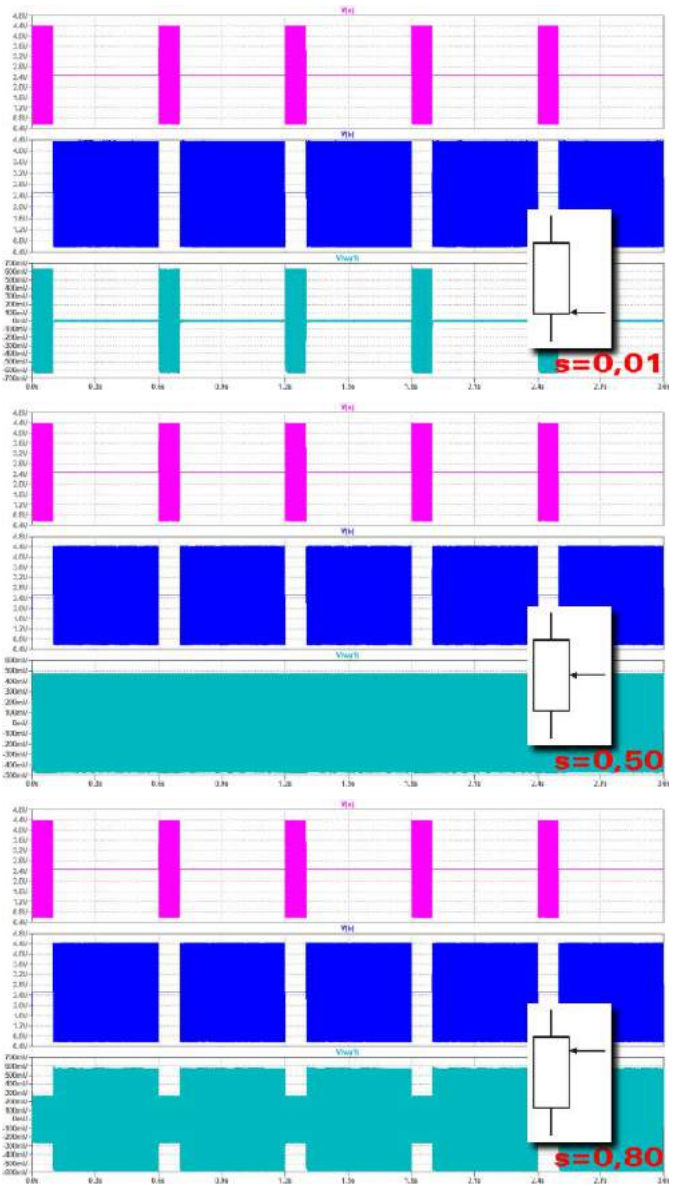
Jak widać, symbol został zapisany we własnym katalogu, dlatego w ostatniej pozycji dołączono ścieżkę dostępu. Mimo, że symbol schematowy klucza zawiera elementy graficzne, to został przygotowany na podstawie symbolu blokowego, dlatego na wyświetlanej u góry liście wybrano opcję „Block". Pozostaje jeszcze umieszczenie oznaczenia schematowego i nazwy elementu. Wprowadzamy je używając komendy *Attribute Window* (Ctrl-W) i podświetlając pole „InstName", a następnie akceptujemy wybór przyciskiem ekranowym OK. Oznaczenie Unnn umieszczamy w dogodnym miejscu. Podobnie postępujemy z nazwą. W tym przypadku wybieramy pole „Value". Na tym kończy się definiowanie klucza. Jeszcze raz zapisujemy wyniki naszej pracy i możemy przystąpić do rysowania schematu.

Symbol klucza umieszczamy na schemacie naciskając przycisk F2, co powoduje wyświetlenie standardowej biblioteki elementów LTspice. Nasz klucz został umieszczony w katalogu [AautoGenerated] (**rysunek 7**). Pełny schemat pokazano na rysunku 2.

Symulacja

Aby wczuć się w rolę nawigatora bombowca proponuję wykonać serię symulacji, zmieniając za każdym razem położenie suwaka z pozycji np. 0,1 do 0,9 co 0,1 (decyduje o tym parametr s) i dodatkowo 0,01 oraz 0,99. Każda symulacja kończy się utworzeniem pliku dźwiękowego WAV. W poleceniu .wave RAF_s_0_50.wav 16 44.1k V(wy1) zawarta jest proponowana nazwa pliku (zamieniając ją warto uwzględnić frazę opisującą nastawę potencjometru – w powyższym przypadku 0,50). Pozostałe parametry określają rozdzielczość próbkowania (16 bitów) i częstotliwość próbkowania (44,1 kHz). Ostatni parametr tego polecenia określa węzeł, z którego pobierany jest sygnał (wy1). Przykładowe przebiegi dla położenia suwaka potencjometru w pozycjach 0,01, 0,5 i 0,8 pokazano na **rysunku 8**. Wykresy powstały w wyniku wykonania symulacji czasowej TRAN 3 tworzących 3-sekundowe sekwencje dźwiękowe.

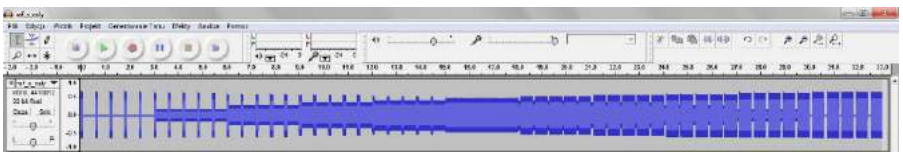
Na koniec warto wszystkie sygnały złączyć w całość, np. za pomocą programu Audacity, i odsłuchać dźwięki, które mógł słyszeć w słuchawkach nawigator Lancastera podczas prowadzonego bombardowania (**rysunek 9**). Niestety nasz „podsłuchiwany" nawigator przestrzelił ścieżkę i wypadł z prawidłowego kursu.



Rysunek 8. Wyniki symulacji modelu radionamiernika dla różnych położeń suwaka potencjometru a) s=0,01, b) s=0,50, s=0,80

Weryfikacja praktyczna

Przedstawiona symulacja pozwala przede wszystkim sprawdzić założenia funkcjonalne projektu. W układzie rzeczywistym można spodziewać się pewnych różnic w odniesieniu do przyjętego w symulacji układu idealnego, co wynika choćby z zastosowania elementów o określonej tolerancji parametrów. Na przykład rozrzut rezystancji rezystorów wchodzących w skład sumatora sygnałów analogowych może wpływać na to, że nawet w przypadku idealnego zbalansowania sygnałów, w sygnale wyjściowym wystąpi przewaga któregoś ze znaków: „kropki" lub „kreski". Przymykamy na to oko, tym bardziej, że do modelu zastosowano rezystory 10-procentowe.



Rysunek 9. Złożony w programie Audacity sygnał symulacji przeprowadzonych z różnymi ustawieniami suwaka potencjometru

eprasa.pl e017b7ba51

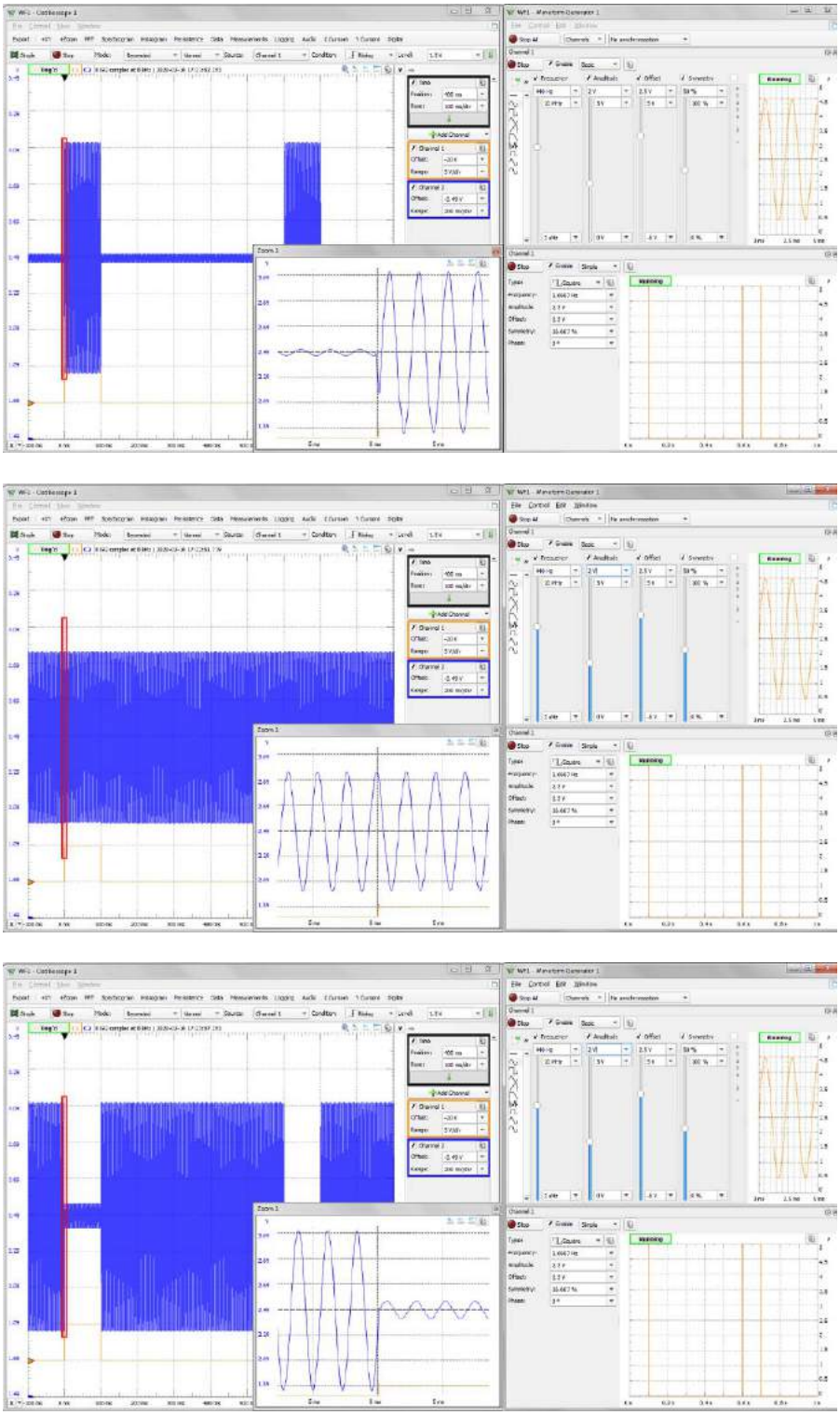
Układ tradycyjnie montujemy na breadboardzie (**fotografia 1**). Źródłem sygnału akustycznego w układzie rzeczywistym jest 1. kanał generatora arbitralnego Analog Discovery 2. Ustawiamy w nim częstotliwość 440 Hz, amplitudę 2 V, offset 2,5 V, przebieg sinusoidalny. Sygnał kluczujący jest generowany w kanale 2. Tym razem wybieramy przebieg prostokątny o częstotliwości 1,6667 Hz, amplitudzie 2,5 V, offsecie 2,5 V i współczynniku wypełnienia 16,667%. Parametry te odpowiadają tym, które przyjęto w symulacji: „kropka" trwa 100 ms, „kreska" 500 ms. Aby nie komplikować układu nie uwzględniono w nim wzmacniacza słuchawkowego. Zastosowano jedynie kondensator separujący składową stałą. Wyjście za tym kondensatorem można dołączyć do dowolnego wzmacniacza akustycznego. W układzie modelowym wykorzystano do tego gniazdko słuchawkowe i przewód zakończony wtykiem jack 2,5 mm. Masę gniazdka połączono z rzeczywistą (nie sztuczną) masą układu.

Wrażenia akustyczne trudno przedstawić słowem drukowanym. Można natomiast stwierdzić, że są one bardzo zbliżone do wyników symulacji. Nasuwa się wniosek, że gdyby tak działał prawdziwy radionamiernik RAF-u, to nawigator nie miałby łatwego zadania. Obsługa takiego urządzenia wymagałaby pewnego osłuchania i nabrania doświadczenia. Być może pracę nawigatorów należałoby porównać z radiotelegrafistami używającymi alfabetu Morse'a, którzy raczej nie wsłuchiwali się w pojedyncze znaki, a odczytywali słowa na podstawie melodii telegramów.

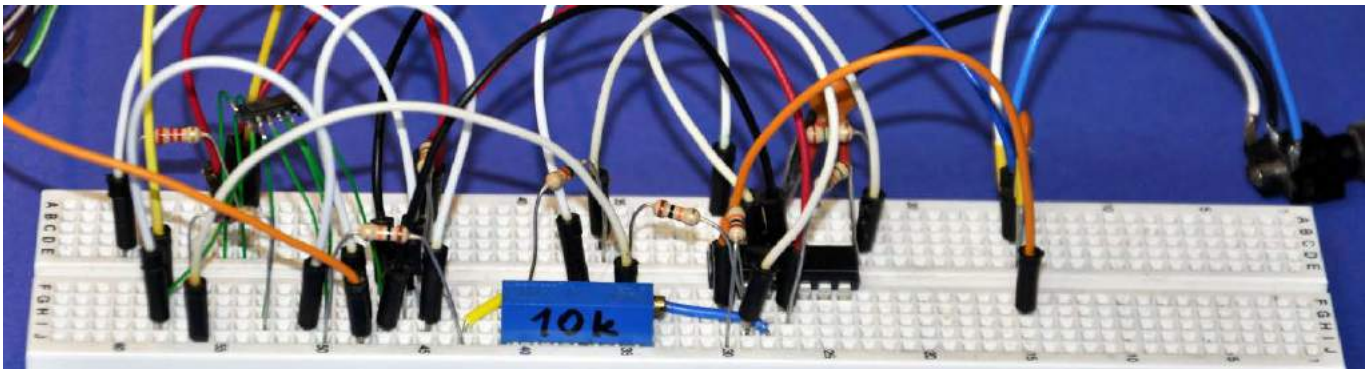
Punkt środowy naszego modelu radionamiernika odpowiadający dokładnemu kursowi na cel nieco się rozmywa. Ciekawe w jakim stopniu przekładałoby się to na odchylenie od kursu, a tym samym na dokładność naprowadzenia bombowca nad cel.

Właściwie to jest wszystko co można powiedzieć na temat urządzenia, którym zajmowaliśmy się w artykule. Potwierdzeniem słuszności założeń projektu są wyniki symulacji oraz pomiary urządzenia rzeczywistego pokazane na **rysunku 10**. Zachęcam Czytelników do samodzielnego wykonania modelu i odsłuchania generowanych przez niego sygnałów. A w następnym odcinku zajmiemy się harmonicznymi.

Jarosław Doliński, EP



Rysunek 10. Wyniki pomiarów urządzenia rzeczywistego za pomocą Analog Discovery 2



Fotografia 1. Układ zmontowany na płytce stykowej

eprasa.pl e017b7ba51

CY3280-MBR3 – klawiatura dotykowa w praktyce

Cypress znany jest z dostarczania rozwiązań dla realizacji pojemnościowych klawiatur dotykowych Capsense. Praktycznie każdy z procesorów PSoC posiada dedykowane do ich obsługi peryferia i bloki programowe. Nie zawsze jednak zastosowanie tych ciekawie wyposażonych procesorów jest wymagane lub wręcz zasadne, aby projekt klawiatury dotykowej zakończył się sukcesem.

Rodzina kontrolerów CY8CMBR3xxx dedykowana została obsłudze klawiatur pojemnościowych o różnym stopniu złożoności. Układy CY8CMBR3, których zestawienie cech prezentuje **tabela 1**, mają w zamierzeniu producenta zastąpić klawiatury z przycisków mechanicznych, co znajduje potwierdzenie w nazwie MBR (*Mechanical Button Replacement*) i co oczywiste starszą rodzinę układów CY8CMBR2.

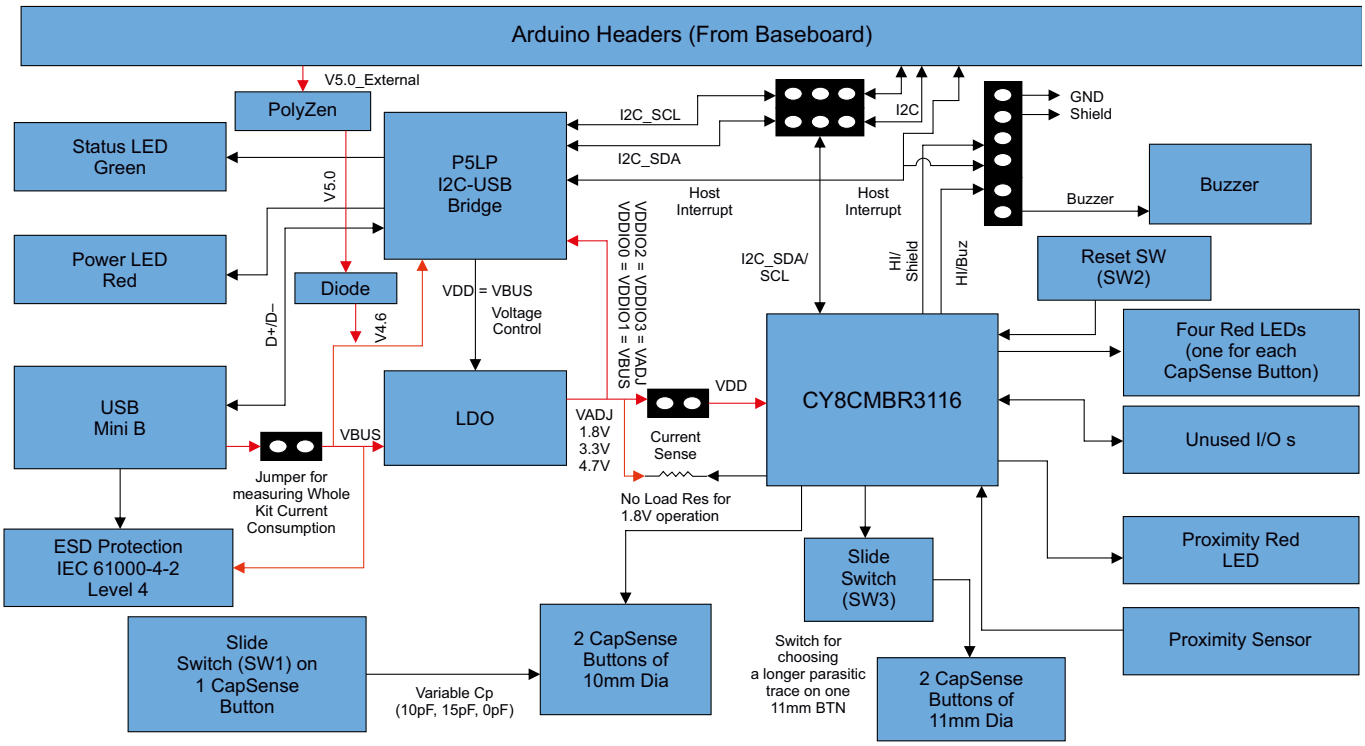
Układy umożliwiają detekcję poprzez szkło o grubości do 15 mm lub przez tworzywo do 5 mm. Podniesiona została odporność na zakłócenia, zwiększona odporność na zabrudzenia klawiatury i płyny, funkcjonalność została uzupełniona o możliwość wykrywania zbliżenia lub obecności przedmiotu (*proximity*). Układy mają rozszerzoną możliwość sterowania sprzętowego współpracujących diod LED w tym jasności i czasu sygnalizacji w zależności od stanu klawiatury, kontroli buzzera oraz generacji przerwania dla systemu nadrzędnego. Pracują poprawnie w zakresie zasilania 1,71...5,5 V w temperaturze –40 do 85°C. Układy rodziny CY8CMBR3xxx w zależności od ilości wyprowadzeń dostępne są w obudowach SO8, SOIC i QFN.

W zależności od wymogów aplikacji istnieje wybór pomiędzy prostym kontrolerem CY8CMBR3012 obsługującym tylko dwa klawisze (SO8), aż do CY8CMBR3116 (QFN24), któy umożliwia budowę klawiatury złożonej z 16 klawiszy. Układy komunikują się z procesorem nadrzędnym poprzez magistralę I²C, która służy nie tylko do odczytu jej stanu, ale także do pełnej konfiguracji i strojenia działania klawiatury w urządzeniu docelowym. Podstawowy z układów typu CY8CMBR3002, pozbawiony jest komunikacji I²C, a stan klawiszy przekazywany jest poprzez dwa piny GPIO, co przydaje się

Tabela 1. Porównanie procesorów rodziny PSoC4000

Lp	Opcja wyposażenia	CY8CMBR3116	CY8CMBR3106S	CY8CMBR3110	CY8CMBR3108	CY8CMBR3102	CY8CMBR3002
1	Liczba klawiszy dotykowych	16	11	10	8	2	2
2	Liczba obsługiwanych suwaków	×	2	×	×	×	×
3	Liczba czujników zbliżeniowych	2	2	2	2	2	×
4	Elektroda ekranująca	✓	✓	✓	✓	✓	×
5	Guard Sensor	✓	×	✓	✓	×	×
6	Tolerancja płynów	✓	×	✓	✓	✓	×
7	Automatyczny próg działania	✓ Configurable	✓ Configurable	✓ Configurable	✓ Configurable	✓ Configurable	✓
8	Kontrola czułości	✓	✓	✓	✓	✓	×
9	Liczba driverów GPO/LED	8	0	5	4	1	2
10	Kontrola jasności i czasu załączenia LED	✓	×	✓	✓	✓	×
11	Wyjście przerwania	✓	✓	✓	✓	×	×
12	Interfejs I²C	✓	✓	✓	✓	✓	×

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 1. Schemat blokowy zestawu CY3280-MBR3

w najprostszych aplikacjach. Koszt jednostkowy układów zawiera się w przedziale od 0,38$ do 1,38$.

Zestaw uruchomieniowy

Wraz z układami udostępniony został zestaw uruchomieniowy – CY3280MBR3 oraz bogate materiały pomocnicze w tym oprogramowanie EZ-Click (aktualnie w wersji 2.0) ułatwiające zapoznanie się z technologią. Wygląd zestawu pokazano na fotografii tytułowej. Zestaw dostępny jest w sklepie producenta za akceptowalną kwotę 25$. W skład zestawu wchodzi płytka CY3280-MBR3, kabel mini USB, dodatkowa nakładka z tworzywa o grubości 1mm ułatwiająca sprawdzenie jakości działania dotyku przy grubszym materiale obudowy oraz kroplomierz dla sprawdzenia odporności klawiatury na zachlapania. Zestaw jest całkowicie samodzielny i gotowy do działania po podłączeniu zasilania, ale oczywiście nie wyczerpuje to wszystkich jego możliwości. Do obsługi klawiatury zastosowano układ CY8CMBR3116. Schemat blokowy zestawu pokazano na **rysunku 1**. Na płytce umieszczono programator/konwerter USB/I²C oparty o PSoC5, podobny do używanych w pozostałych zestawach PSoc-Kit.

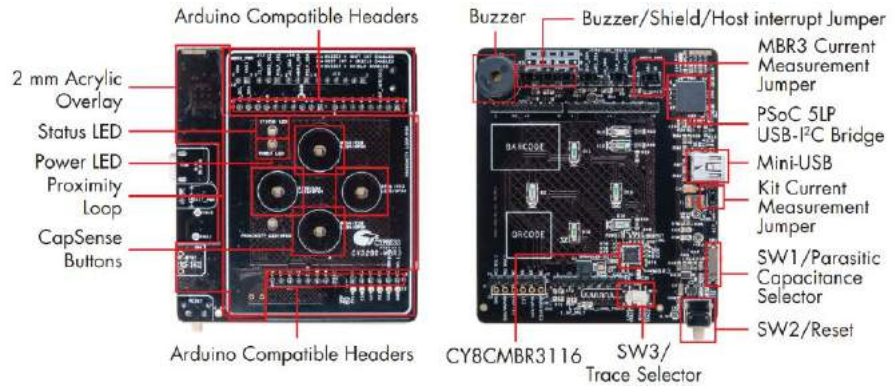
CY3280-MBR3 obsługuje cztery pola dotykowe oraz pole zbliżeniowe, posiada diody LED sygnalizujące stan klawiatury oraz wbudowany buzzer. Pole BTN2 posiada możliwość zmiany pojemności rozproszonej przy pomocy przełącznika SW1, a pole BTN4 ma możliwość wydłużenie ścieżki łączącej przy pomocy przełącznika SW3 w celu organoleptycznej oceny wpływu zmian na działanie klawiatury – z takim rozwiązaniem spotykam się pierwszy raz w zestawie uruchomieniowym. Całość uzupełnia klika zwór konfiguracyjnych oraz złącza o rozstawie zgodnym z Arduino m.in. dla współpracy z zestawami PSoC Kit. Podobnie jak inne „mikromocowe" zestawy uruchomieniowe, CY3280-MBR3 umożliwia pomiar całkowitego pobieranego prądu w celu oceny energochłonności klawiatury, służy do tego zwora KIT PWR, w miejsce której można wpiąć miliamperomierz. Rozmieszczenie elementów zestawu pokazano na **rysunku 2**.

Oprogramowanie

Konfiguracja zestawu odbywa się przy pomocy darmowego oprogramowania EZ-Click (**rysunek 3**), w którym zgodnie z nazwą można „wyklikać" konfigurację CY8CMBR3116-LQXI obsługującego klawiaturę. Ze strony producenta można pobrać przykłady dla CY3280 (*CY3280MBR3Setup_RevSB.exe*) jak i dla płytek z PSoC4 (*CY8CMBR3xxx_Host_APIs_Demo_Project.zip*). Po zainstalowaniu i uruchomieniu można otworzyć projekt przykładowy (LED Toggle, Proximity Detection, Water Tolerance z katalogu *CY3280-MBR3 EVK\1.0\Firmware*) lub skonfigurować klawiaturę samodzielnie zakładając nowy projekt.

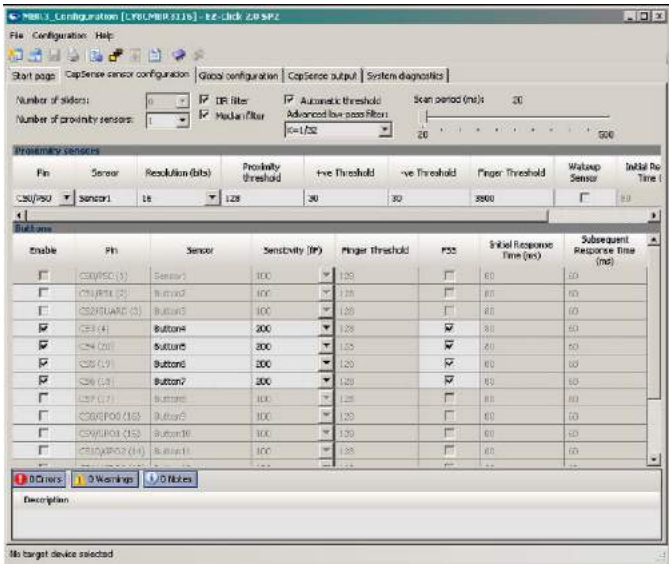
Obsługa oprogramowania jest intuicyjna i po zapoznaniu się z podstawowymi danymi z karty katalogowej układu przebiega bez problemu. W kilku prostych krokach wybieramy układ, konfigurujemy podłączoną klawiaturę w zakładce CapSense Sensor Configuration, określając połączenia pól dotykowych i zbliżeniowych, określamy konfigurację LED w zakładce Global Configuration, która w niektórych przypadkach może być dosyć rozbudowana. Po wykonaniu tych czynności ładujemy projekt do zestawu lub przygotowanego urządzenia kontrolując jego działanie.

Oprogramowanie EZ-Click pełni także funkcję testową, szczególnie przydatną podczas sprawdzania i strojenia gotowego projektu klawiatury w urządzeniu docelowym. W zakładkach CapSense Output i System

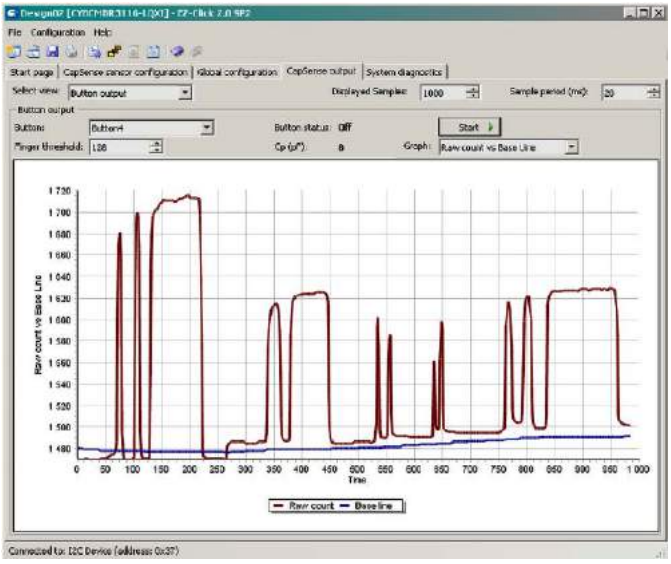


Rysunek 2. Rozmieszczenie elementów zestawu uruchomieniowego

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 3. Wygląd głównego okna darmowego oprogramowania EZ-Click



Rysunek 4. Możliwość podglądu i oceny działania klawiatury

Diagnostic **rysunek 4**, mamy udostępnioną możliwość podglądu i oceny działania klawiatury oraz optymalizacji parametrów lub niestety czasem podjęcia decyzji o zmianie projektu fizycznego płytki drukowanej....

Wykres przedstawia pracę przycisku dotykowego w pierwszej części wykresu (do 250) bez zmian grubości tworzywa, następnie do próbki 700 zwiększona zostaje grubość frontu do 2 mm przy pomocy nakładki z zestawu i powyżej próbki 750 przycisku zalanego wodą. Podobne symulację można przeprowadzić dla zwiększonej pojemności w polu BTN2 lub długiej ścieżki do pola dotykowego BTN4 – i to wszystko bez linijki kodu programu. Jeżeli na tym etapie klawiatura spełnia wymogi użytkownika, można wygenerować pliki nagłówkowe *.h dla kontrolera do użycia z wybranym procesorem lub systemem SoC lub plik dla programatora I²C *.hex.

Podsumowanie

Zestaw jest ciekawą i akceptowalną kosztowo propozycją dla sprawdzenia kontrolerów klawiatury dotykowej, udostępnione oprogramowanie, sprzęt oraz dostarczone wsparcie ułatwiają realizacje własnych projektów klawiatur bez niepotrzebnej straty czasu i kosztownych zmian projektowych. Łatwa konfiguracja nie zwalnia jednak od zapoznania się z materiałami producenta m.in:

- CY3280-MBR3 Quick Start Guide.pdf
- EZ-Click User Guide_001-90407_C_0.pdf
- CY3280-MBR3 EVK UserGuide.pdf
- 001-64846_AN64846_Getting_Started_with_CapSense.pdf

Adam Tatuś, EP

Klub Aplikantów Próbek

to inicjatywa redakcji „Elektroniki Praktycznej". W kontaktach z firmami redakcja często otrzymuje do przetestowania próbki podzespołów, modułów, a nawet całych urządzeń elektronicznych. Są to zwykle najnowsze typy/modele produktów na rynku. Z chęci podzielenia się z Czytelnikami tymi próbkami zrodziła się inicjatywa pod nazwą Klub Aplikantów Próbek. Członkiem KAP staje się każdy, kto zgłosi chęć przetestowania próbki. Wykaz i krótki opis próbek, którymi dysponuje redakcja EP, można znaleźć na stronie ***http://bit.ly/339j0Sb***. Wystarczy wybrać rodzaj próbek i zwrócić się majlem na adres: Szef Pracowni Konstrukcyjnej: grzegorz.becker@ep.com.pl z prośbą o przesłanie bezpłatnych próbek, podając ich nazwę i adres wysyłki. Warto dopisać jaki jest plan zastosowania tych próbek. Nie jest to konieczne, ale może mieć znaczenie przy podziale próbek w przypadku większej liczby zgłoszeń. Mile widziane, choć nieobowiązkowe, jest też przysłanie do redakcji EP opisu wykonanej aplikacji próbek, oczywiście po jej wykonaniu z zastosowaniem otrzymanej próbki. Autorom przysłanych opisów przyznamy punkty, które będą im dawały pierwszeństwo przy ubieganiu się o kolejne próbki. Najciekawsze opisy aplikacji opublikujemy na forum ep.com.pl lub na łamach „Elektroniki Praktycznej".

Dla pełnej jasności jeszcze raz podkreślamy, że próbki przekazujemy bezpłatnie i nie trzeba ich zwracać do redakcji. Z uwagi na ograniczoną liczbę dostępnych próbek i niemałe zainteresowanie nimi, prosimy o opisanie swojego pomysłu na projekt na naszym forum internetowym, w dziale poświęconym Klubowi Aplikantów Próbek ***http://bit.ly/2qeN28e***. Ponadto, by zwiększyć swoje szanse na bycie wybranym do realizacji projektu w oparciu o nasze próbki, należy polubić fanpage Elektroniki Praktycznej na Facebooku (***http://bit.ly/2WygFO9***) oraz udostępnić post, w którym opisujemy rozdawane próbki. W przypadku podobnie interesujących pomysłów na projekty, będziemy uwzględniać to jako dodatkowe kryterium wyboru.

www.ep.com.pl/kap

eprasa.pl e017b7ba51

Pomiar pojemności i stopnia naładowania akumulatorów

Obecnie wiele urządzeń dostępnych na rynku posiada wbudowane akumulatory – smartfony, przenośne urządzenia medyczne, odtwarzacze multimedialne, opaski fitness, elektronarzędzia – przykłady można by mnożyć w nieskończoność. Wygoda użytkowania tych systemów wymaga, by były one wyposażone w jakąś metodę szacowania poziomu naładowania zastosowanych ogniw. Niestety, nie jest to tak proste, jak mogłoby się wydawać, m.in. z uwagi na szeroką gamę dostępnych obecnie ogniw.

Od czasu pojawienia się telefonów komórkowych i innych popularnych urządzeń mobilnych (laptopy, tablety, odtwarzacze multimedialne etc.) akumulatory i związane z nimi wskaźniki poziomu naładowania stały się integralną częścią informacji w międzyludzkiej komunikacji. Są dla nas tak samo ważne, jak od 100 lat wskaźniki poziomu paliwa w samochodach. Kierowcy nie tolerują niedokładnych wskaźników zużycia paliwa, ale już użytkownicy telefonów komórkowych często nie oczekują wysokiej dokładności czy rozdzielczości pomiaru poziomu naładowania ogniwa. Nic jednak nie stoi na przeszkodzie, by systemy te były precyzyjne.

W poniższym artykule omówiono systemy pomiaru poziomu naładowania różnego rodzaju akumulatorów oraz różne problemy uniemożliwiające dokładne mierzenie poziomu naładowania ogniw. W artykule opisano, w jaki sposób można stosować systemy dokładnego pomiaru zużycia energii z akumulatora we własnych aplikacjach zasilanych bateryjnie.

Rodzaje ogniw

W systemach elektronicznych stosuje się wiele różnych rodzajów akumulatorów, różniących się „chemią", czyli zastosowanymi materiałami elektrod i elektrolitem. W zależności od tego, z jakich materiałów składa się ogniwo, zmieniają się parametry pracy ogniwa, m. in. zakres napięć pracy, a także inne dodatkowe cechy, wynikające ze specyfiki danego systemu elektrochemicznego.

Akumulatory litowo-jonowe są produkowane masowo dopiero od około 1997 roku, po rozwiązaniu różnych problemów technicznych podczas ich opracowywania. Ponieważ oferują najwyższą gęstość energii pod względem objętości i masy (**rysunek 1**), są stosowane w różnych systemach, od telefonów komórkowych po samochody elektryczne.

Ogniwa litowe mają szereg specyficznych cech, a jedną z najistotniejszych jest to, że wymagają szeregu mechanizmów bezpieczeństwa. System musi być w stanie zapobiec przeładowaniu, zbyt głębokiemu rozładowaniu lub odwrotnemu podłączeniu akumulatora do źródła zasilania, ponieważ wysoce reaktywny lit może stanowić zagrożenie – ogniwo może zapalić się lub nawet wybuchnąć.

Anoda akumulatora litowo-jonowego wykonana jest na ogół z grafitu, a katoda wykonana jest z tlenków metali z dodatkiem litu. Metal ten dodawany jest do materiału katody tak, by minimalizować

eprasa.pl e017b7ba51

zakłócenie struktury sieci krystalicznej tlenku metalu, z którego wykonana jest ta elektroda. Proces ten nazywa się interkalacją. Ponieważ lit silnie reaguje z wodą, akumulatory litowe są zbudowane z wykorzystaniem innych niż płynne elektrolitów, najczęściej organicznych soli litu. Podczas ładowania akumulatora atomy litu są jonizowane na katodzie i transportowane przez elektrolit do anody. Gdy czerpie się prąd z ogniwa, zachodzi proces odwrotny.

Istotne parametry ogniwa i ich ewolucja w czasie

Podstawowym parametrem każdego ogniwa jest napięcie pracy. W przypadku większości akumulatorów napięcie na ogniwie spada, wraz z rozładowywaniem się. Nominalne napięcie typowego ogniwa litowo-jonowego wynosi 3,6 V, jednakże przy pełnym naładowaniu wynosi ono 4,2 V, a przy pełnym rozładowaniu spaść może nawet do 2,5 V [3], ale przyjmuje się, że poziom 3,0 V jest najniższym bezpiecznym napięciem [4]. Wiele innych parametrów również zmienia się w czasie pracy ogniwa – krótkookresowo (w czasie cyklu ładowania i rozładowania) oraz długookresowo (w czasie wielu cykli, czy długiego przechowywania akumulatora). Należy mieć świadomość tych zmian, konstruując układ do monitorowania stopnia naładowania ogniw w systemie elektronicznym.

Pojemność akumulatora

Najważniejszą cechą akumulatora (oprócz znamionowego napięcia) jest jego pojemność (C). Określana jest w amperogodzinach (Ah) – jest to wartość zdefiniowana jako maksymalna ilość ładunku, jaką akumulator może dostarczyć do momentu rozładowania. Pojemność ogniwa producent podaje dla określonego zestawu warunków, ale zmienia się ona stale od momentu zejścia akumulatora z linii produkcyjnej.

Na **rysunku 2** pokazano zależności parametrów ogniw litowo-jonowych od temperatury. Górna krzywa pokazuje pojemność naładowanego akumulatora w różnych temperaturach. Akumulator może wytrzymać około 20% więcej ładunku w wyższej temperaturze niż w temperaturze –20°C i mniej. Dolne krzywe pokazują, że temperatura ma istotny wpływ na dostępny ładunek podczas rozładowywania. Wykres pokazuje również, że w pełni naładowany akumulator rozładowany dwoma różnymi prądami (0,2 C i 1,0 C, gdzie C to wartość prądu, który rozładuje ogniwo w jedną godzinę – na przykład dla ogniwa 120 mAh, prąd C=120 mA), aż do poziomu 2,5 V, wykazuje odmienne zachowanie.

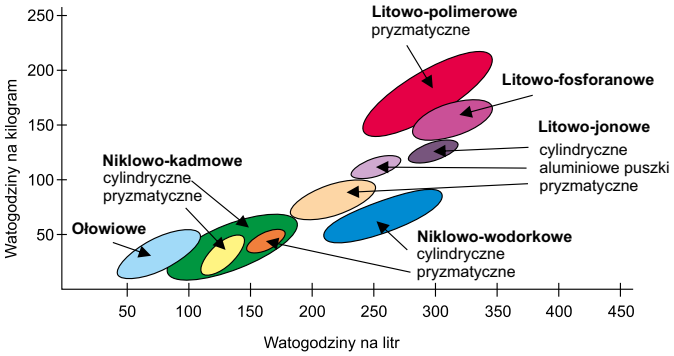
Zachowanie ogniwa zależy nie tylko od temperatury, ale także prądu rozładowywania. Przy danej temperaturze i szybkości rozładowania, pojemność ogniwa litowego wynika z różnicy między górną i dolną krzywą na rysunku 2. Tak więc, pojemność ogniw litowych jest znacznie mniejsza w niskich temperaturach lub przy dużym prądzie rozładowania (lub przez oba te czynniki naraz).

Po rozładowaniu wysokim prądem lub w niskiej temperaturze akumulator nadal ma znaczny ładunek resztkowy, który można następnie wykorzystać, ale tylko przy niskim prądzie (w tej samej temperaturze) lub w wyższej temperaturze.

Zjawiska te wielu z nas obserwuje na co dzień, szczególnie zimą. Na przykład telefon komórkowy na zimnie może rozładować się zupełnie, ale w momencie, gdy wrócimy z nim do ciepłego pomieszczenia i ogniwo się rozgrzeje do temperatury pokojowej, telefon wróci do stanu używalności.

Samorozładowanie

Akumulatory tracą ładunek w wyniku niepożądanych reakcji chemicznych, a także przez obecność zanieczyszczeń w elektrolicie. Procesy te trwają cały czas, nieprzerwanie, niezależnie od tego czy ogniwo jest w danym momencie eksploatowane czy też nie. Zjawiska te składają się na tzw. samorozładowanie ogniwa. Typowe wartości samorozładowania, w temperaturze pokojowej dla różnych rodzajów akumulatorów pokazano w **tabeli 1**. Reakcje chemiczne, biorące udział w samorozładowaniu, są napędzane termicznie, więc samorozładowanie jest wysoce zależne od temperatury (**rysunek 3**).



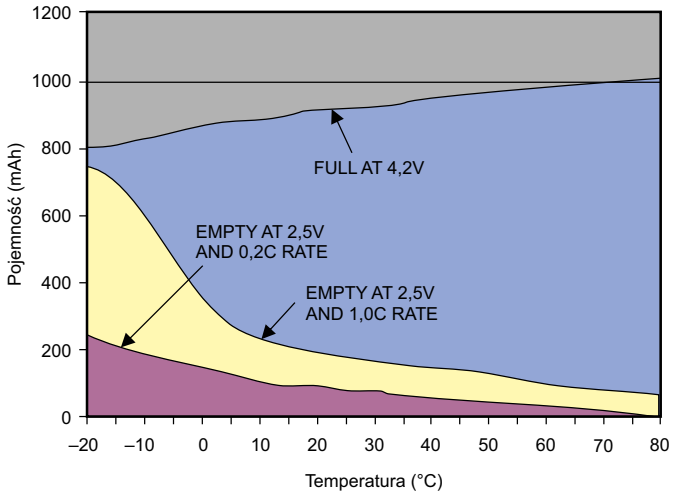
Rysunek 1. Gęstość energii w różnego rodzaju ogniwach elektrolitycznych [2]

Samorozładowanie można modelować dla różnych typów akumulatorów, stosując równoległy opór dla prądów upływowych z ogniwa, co dobrze oddaje makroskopowy mechanizm tego zjawiska [2].

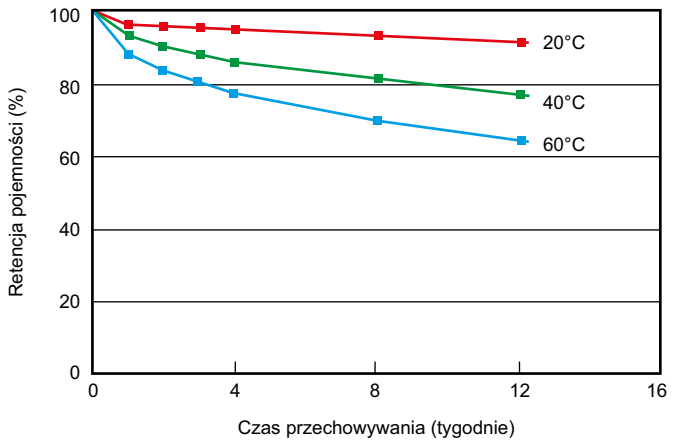
Starzenie się

Pojemność akumulatora zmniejsza się wraz ze zwiększaniem się liczby cykli ładowania i rozładowania (**rysunek 4**). Spadek ten jest określany ilościowo, jako okres trwałości użytkowej, zdefiniowany, jako liczba cykli ładowania/rozładowania, które akumulator może zapewnić, zanim jego pojemność spadnie do poziomu 80% wartości początkowej. Żywotność typowego ogniwa litowego wynosi od 300 do 500 cykli [2].

Baterie litowe podlegają również starzeniu związanemu z czasem, niezależnie od ilości cyklów pracy akumulatora. Powoduje to, że ich



Rysunek 2. Wpływ temperatury pracy na wypadkową pojemność ogniw litowo-jonowych [2]



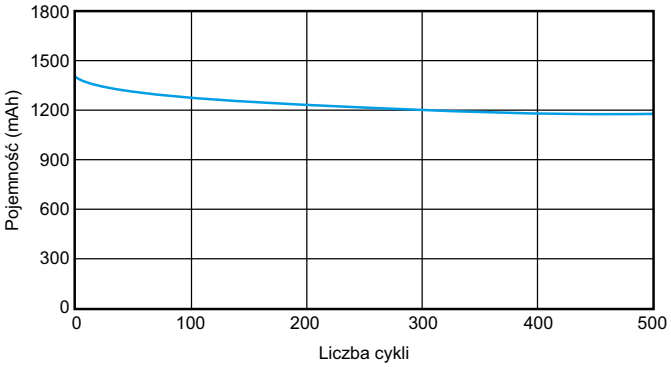
Rysunek 3. Krzywa samorozładowania typowych akumulatorów litowo-jonowych [2]

eprasa.pl e017b7ba51

Tabela 1. Współczynnik samorozładowania dla popularnych typów akumulatorów [5].

Rodzaj ogniwa	Poziom samorozładowania (na miesiąc)
Kwasowo-ołowiowe	4...6%
Niklowo-Kadmowe	15...30%
Niklowo-wodorkowe	30%[a]
Litowo-jonowe	2...3%
Litowo-polimerowe	5%

[a] – Istnieją jednak specjalne ogniwa NiMH o niskim prądzie samorozładowania, gdzie poziom tego parametru jest nie większy niż 0,25% [6]



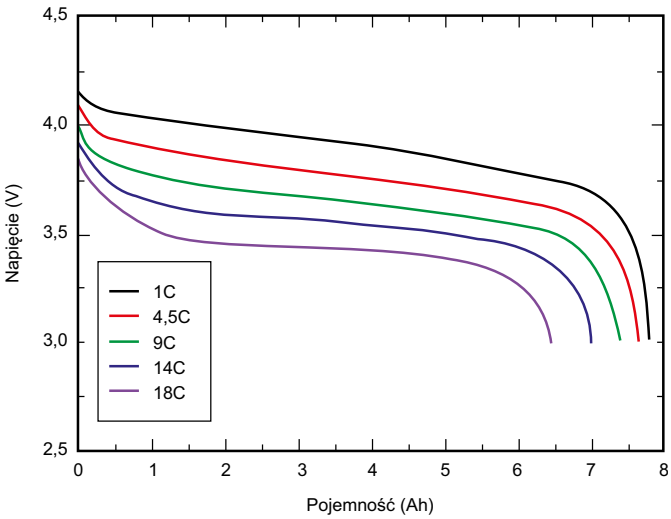
Rysunek 4. Krzywa starzenia typowego ogniwa litowo-jonowego [2]

pojemność spada cały czas od momentu opuszczenia fabryki przez akumulator, niezależnie od jego użytkowania. Efekt ten może spowodować, że w pełni naładowany akumulator litowo-jonowy straci nawet do 20% pojemności rocznie, przy przechowywaniu go w temperaturze 25°C i 35% w temperaturze 40°C [2]. W przypadku częściowo naładowanych akumulatorów proces starzenia następuje wolniej: w przypadku akumulatora naładowanego do około 40% ładunkiem resztkowym, strata pojemności wynosi około 4% jego początkowej pojemności na rok, przy magazynowaniu ogniwa w warunkach normalnych. Wraz ze wzrostem temperatury, prędkość spadku pojemności ogniwa wzrasta [7].

Krzywe rozładowania

Charakterystyczna krzywa rozładowania akumulatora jest określona w karcie katalogowej, dla danych ogniw dla określonych warunków. Jednym z czynników wpływających na napięcie akumulatora jest prąd obciążenia, jak pokazano na **rysunku 5**. Prąd obciążenia nie może być symulowany w modelu za pomocą prostej rezystancji obciążenia, ponieważ rezystancja ta zależy również od innych parametrów, takich jak wiek akumulatora i poziom jego naładowania.

Wtórne ogniwa litowe (np. akumulatory litowo-jonowe) wykazują stosunkowo płaskie krzywe rozładowania w porównaniu z ogniwami pierwotnymi opartymi na tym pierwiastku. Projektantom systemów elektronicznych jest to bardzo na rękę, ponieważ dostępne napięcie zasilające jest względnie stałe w szerokim zakresie stanu naładowania akumulatora. Jednak z drugiej strony, zmusza to do znalezienia innego sposobu na monitorowanie poziomu naładowania. Monitorowanie oparte wyłącznie na napięciu prawdopodobnie nie zapewni dokładności lepszej niż 25% [2].



Rysunek 5. Krzywa rozładowania akumulatora litowo-jonowego [2]

Sposoby pomiaru poziomu naładowania

Stopień naładowania

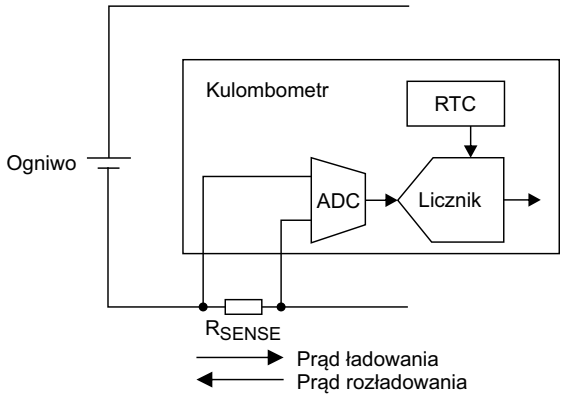
Oznaczany (SOC), definiuje stan dostępnej energii w akumulatorze i zwykle wyrażany jest w procentach. Ponieważ dostępna ilość energii zależy od różnych parametrów: prądu ładowania, temperatury, wieku ogniwa etc. najczęściej, zamiast SOC definiuje się prostszy do zmierzenia parametr – RSOC (relatywny stan naładowania). RSOC zawsze obejmuje zakres od 0% do 100%. Dla naładowanego akumulatora wynosi zawsze 100%, a w pełni rozładowany akumulator ma 0%. Dzięki temu, mierzony parametr odpowiadający naładowaniu ogniwa jest rozsprzęgnięty z wiekiem, prądem i temperaturą akumulatora [8].

Zliczanie ładunku kulombometrem

Najpopularniejszym i najprecyzyjniejszym sposobem monitorowania (R)SOC w dowolnym ogniwie jest zastosowanie kulombometru – urządzenia do pomiaru ładunku. Dzięki temu możliwy jest pomiar ładunku wpływającego i wypływającego z ogniwa, a co za tym idzie monitorowanie procentowego stopnia naładowania akumulatora. Ładunek określany jest w kulombach – 1 kulomb (1 C) to ładunek elektryczny przenoszony w czasie 1 sekundy (1 s) przez prąd o natężeniu wynoszącym 1 amper (1 A), zatem najprostszym elektronicznym kulombometrem jest system do pomiaru i całkowania w czasie płynącego prądu. Tego rodzaju moduł zaprezentowano na **rysunku 6** [8].

Aby określić dostępny ładunek akumulatora, preferowane są proste metody monitorowania. Powinny zużywać mało energii i być proste w implementacji, dlatego mierzy się przepływ ładunku w procedurze zwanej „zliczaniem kulombowskim". W praktyce zliczanie kulombów osiąga się poprzez całkowanie prądów wpływających i wypływających z ogniwa, jak pokazano na rysunku 6. Aby zmierzyć te prądy za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC) o wysokiej rozdzielczości, zwykle łączy się rezystor szeregowy z anodą akumulatora i mierzy spadek napięcia na nim. Wszystkie te elementy (ADC wraz z analogowym front-endem, zegar czasu rzeczywistego i cyfrowy układ zliczający) integruje się często w jednym układzie scalonym.

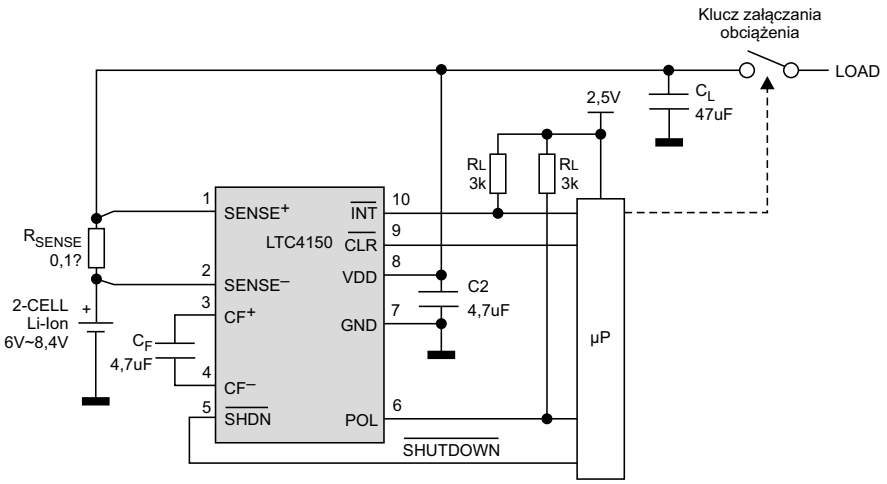
Zależności funkcjonalnej między SOC ogniwa, a mierzalnymi parametrami, nie można powiązać analitycznie, pojemność i ładunek ogniwa należy ustalić empirycznie. Żadne rozbudowane modele analityczne nie są dostępne, aby prowadzić takie obliczenia z wystarczającą dokładnością w warunkach zmieniającej się temperatury, wieku i ilości



Rysunek 6. Przykładowa implementacja kulombometru do monitorowania stanu naładowania ogniwa [8]

eprasa.pl e017b7ba51

cykli pracy ogniwa czy w czasie dynamicznie zmieniającego się poboru prądu. Pewne modele teoretyczne mają zastosowanie tylko w niektórych przypadkach, gdy ogniwo pracuje w ściśle ustalonych, powtarzalnych warunkach. W celu określenia względnych poziomów naładowania stosowane są lokalne przybliżenia, ale parametry modelu muszą być stale kalibrowane w procesie zwanym „uczeniem się wskaźnika". W połączeniu ze zliczaniem kulombowskim takie podejście daje dokładność wskaźników poziomu naładowania rzędu kilku procent [2].



Rysunek 7. Schemat blokowy układu scalonego kulombometru LTC4150 [9]

Dostępne rozwiązania

Na rynku jest dostępnych wiele scalonych układów do zliczania ładunku ogniwa, czy też nawet zintegrowanych systemów do monitorowania stanu naładowania ogniwa litowo-jonowego. Układy te można podzielić na dwie grupy – kulombometry oraz monitory poziomu naładowania.

Kulombometry – liczniki kulombowskie, czasami nazywane monitorami akumulatorów – to układy scalone, które mierzą prąd i zliczają przepływ ładunku do i z akumulatora. Ponieważ liczniki kulombowskie nie przetwarzają mierzonych zmiennych, nie są w żaden sposób „inteligentne" – algorytm do wyznaczania poziomu naładowania ogniwa znajdować musi się w innym układzie, na przykład w mikrokontrolerze systemu. Przykładem takiego kulombometru może być DS2763 firmy Maxim Integrated [2] lub LTC4150 firmy Analog Devices [9].

Alternatywne podejście do licznika kulombów zapewniają zintegrowane rozwiązania monitorów ogniwa. Te wielofunkcyjne urządzenia realizują nie tylko procedurę pomiaru ładunku, ale także, za pomocą uczącego się algorytmu, same wykonują wszystkie niezbędne obliczenia. Wskaźniki poziomu naładowania są zwykle stosowane w inteligentnych, autonomicznych pakietach ogniw lub wszędzie tam, gdzie konieczne jest szybkie wprowadzenie nowych produktów na rynek.

Przykładami tego rodzaju układów scalonych są na przykład BQ27426 firmy Texas Instruments, SD2780 firmy Maxim Integrated czy STC3100 firmy ST Microelectronics. Elementy te wyposażone są w zintegrowany kulombometr oraz programowalny moduł obliczeniowy, kontrolowany poprzez interfejs szeregowy (1-Wire lub I²C, zależnie od układu). Dzięki temu, procesor aplikacyjny nie musi monitorować stale stanu baterii.

Przykładowe aplikacje

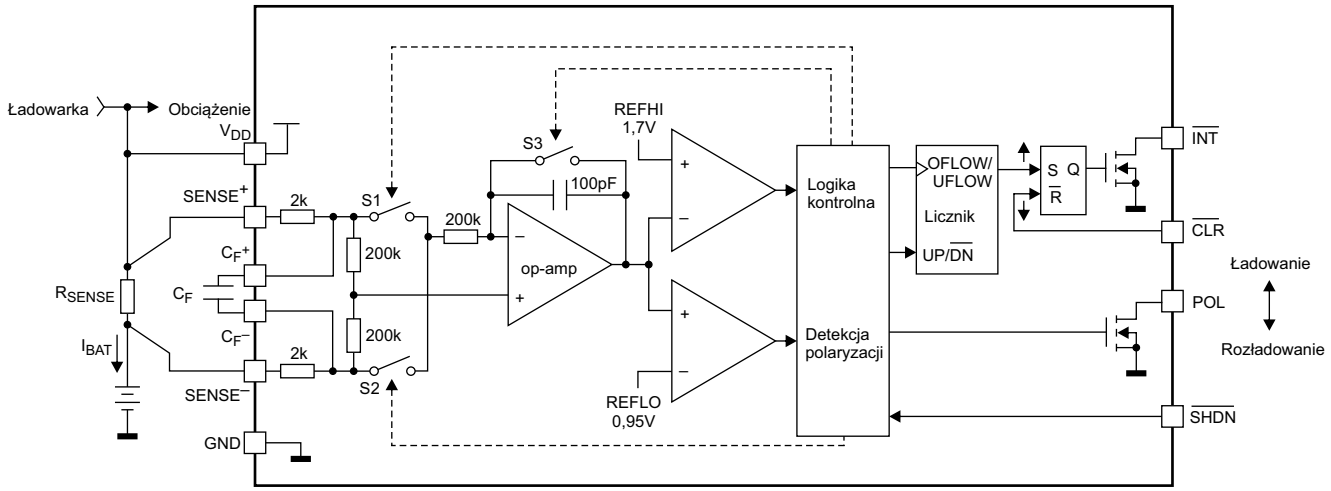
Aplikacje scalonych rozwiązań do obsługi ogniw litowo-jonowych pozwalają nie tylko na łatwą implementację tych rozwiązań w systemie, ale także lepsze zrozumienie zasady działania konkretnych metod i np. dyskretną implementację danej topologii.

Kulombometr elektroniczny

Przykładowy scalony kulombometr, który bazuje na układzie LTC4150 do pomiaru ładunku płynącego do i z baterii, pokazano na **rysunku 7**. Ładunek jest całką prądu w czasie. LTC4150 mierzy prąd akumulatora, monitorując spadek napięcia na rezystorze pomiarowym – boczniku o niewielkiej rezystancji R_{SENSE}, a następnie całkuje ten pomiar w celu wyznaczenia ładunku. **Rysunek 8** pokazuje schemat blokowy tego układu. Mierzony prąd jest filtrowany przez kondensator C_F podłączony między pinami CF+ oraz CF– układu. Uśrednia wszystkie szybkie zmiany prądu wynikające z tętnień, szumu czy skoków obciążenia, a także prąd dostarczany w trybie impulsowym czy PWM. Sygnał z wyjścia filtra podawany jest na układ całkujący zestawiony ze wzmacniacza i kondensatora 100 pF w pętli sprzężenia zwrotnego.

Przełączniki cyfrowe S1 i S2 w układzie służą do zmiany kierunku narastania/opadania sygnału na wyjściu filtra po osiągnięciu przez sygnał wyjściowy z układu całkującego poziomów REFHI lub REFLO. Na podstawie ich ustawienia i kierunku narastania układ wnioskuje o polaryzacji prądu płynącego przez R_{SENSE} – kierunku przepływu ładunku przez opornik. Klucz S3 służy do resetowania układu całkującego.

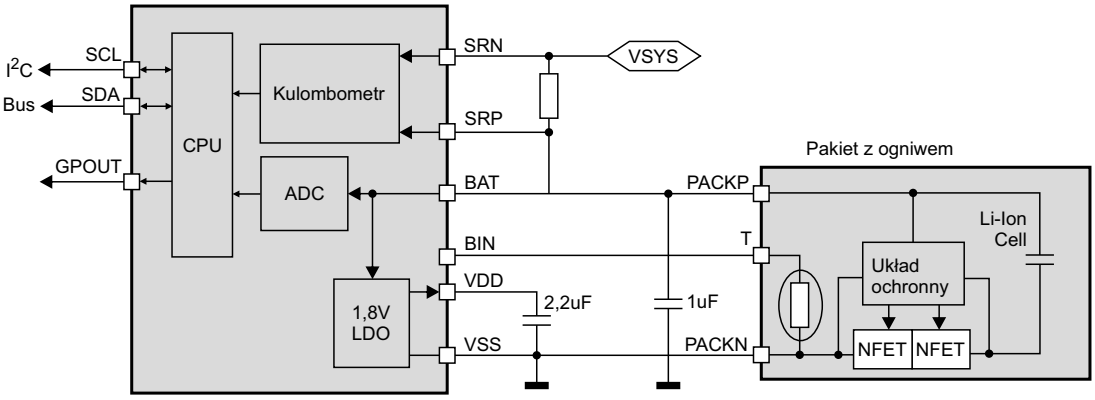
Wyjście z komparatorów REFHI/REFLO podawane jest na układ kontrolujący, który zmienia wyniki porównania w czasie na informacje o polaryzacji prądu, które podawane są na wyjście POL układu oraz w ciągu impulsów cyfrowych, których okres jest odwrotnie proporcjonalny do ładunku. Impulsy te podawane są następnie na licznik modulo 1024, co znacznie zmniejsza obciążenie mikrokontrolera wymagane do obsługi przerwań pochodzących z LTC4150. Przy każdym przepełnieniu licznika, wyjście INT zatrzaskuje się na niskim poziomie, podczas gdy jednocześnie zatrzaskuje się wyjście PO, aby wskazać polaryzację ładunku. Po obsłużeniu przerwania mikrokontroler resetuje wyjście INT niskim impulsem



Rysunek 8. Przykładowa aplikacja układu LTC4150 [9]

eprasa.pl e017b7ba51

na pinie CLR. Aby uprościć obsługę układu, piny INT i CLR mogą być ze sobą połączone. W takiej sytuacji, sygnał przerwania jest impulsem o czasie trwania co najmniej 1 µs – wystarczająco długo, aby mikrokontroler mógł zarejestrować dane (polaryzację prądu), zanim pin INT automatycznie zresetuje się.



Rysunek 9. Przykładowa aplikacja układu BQ27426 [10]

Funkcja przenoszenia LTC4150 jest ilościowo zależna od wzmocnienia GVF, opisującego związek napięcia na oporniku pomiarowym i częstotliwości wyjściowej – liczby impulsów na sekundę na wyjściu układu. Napięcie V_{SENSE} to napięcie pomiędzy pinami SENSE+ i SENSE–. Liczba impulsów na sekundę f opisana jest **równaniem 1**:

$$f=G_{VF}\cdot|V_{SENSE}| \quad (1)$$

gdzie:

$$V_{SENSE}=I_{BAT}\cdot R_{SENSE} \quad (2)$$

zatem:

$$f=G_{VF}\cdot|I_{BAT}\cdot R_{SENSE}| \quad (3)$$

Możliwe jest także przeliczenie wartości w drugą stronę i obliczenie wygodniejszej wartości – ładunku przypadającego na jeden impuls. Wystarczy przekształcić **równanie 3**, pamiętając, że ładunek to iloczyn prądu i czasu (I·t=Q):

$$1 \text{ impuls} = 1/(G_{VF}\cdot R_{SENSE})\cdot C = 1/(G_{VF}\cdot R_{SENSE}\cdot 3600) \text{ Ah} \quad (4)$$

jako, że 1 C=3600 Ah.

Przykładową implementację LT4150 w systemie z mikrokontrolerem pokazano na rysunku 7. W zaprezentowanym systemie układ monitoruje prąd ładowania/rozładowania ogniwa litowo-jonowymi z dwóch ogniw i pojemności nominalnej 850 mAh. Maksymalny prąd płynący z lub do akumulatora wynieść ma 500 mA. Dla układu LTC4150 |VSENSE|=50 mV, co pozwala dobrać opornik pomiarowy R_{SENSE}=0,1 Ω. Parametr GVF=32,55 Hz/V, co pozwala, korzystając z **równania 4**, wyliczyć, że jeden impuls w takim układzie odpowiadać będzie 0,085 mAh. W pełni naładowane, idealne ogniwo o pojemności 850 mAh to 10 tysięcy impulsów na wyjściu INT tego układu [9].

Nie powinno się bazować tylko na samym pomiarze ładunku przy wyznaczaniu SOC, gdyż pojemność ogniwa nie jest idealna i zmienia się w czasie i na skutek wpływu innych czynników. Mikrokontroler musi także mierzyć napięcie na akumulatorze i na jego podstawie określać, czy akumulator się rozładował, czy nie. W ten sposób układ będzie kontrolował również klucz S1 pokazany na rysunku 7, który odłącza ogniwo od układu, gdy zostanie ono zupełnie rozładowane.

W typowej aplikacji mikrokontroler „uczy się" pojemności ogniwa – najpierw zostaje ono maksymalnie naładowane, co układ wykrywa mierząc napięcie na akumulatorze. Następnie podczas rozładowywania ogniwa zliczane są impulsy, aż do momentu, w którym akumulator osiągnie napięcie zdefiniowane, jako poziom pełnego rozładowania – 6,0 V. Ilość impulsów zliczonych w tym czasie, oddaje realną pojemność. Oczywiście, taki pomiar przeprowadzany jest jednorazowo, podczas kalibracji układu na etapie projektowania – produkcyjne egzemplarze urządzenia mają już wstępnie zapisaną wartość, jaka odpowiada naładowanemu ogniwu. Dodatkowo, mikrokontroler realizować bardziej zaawansowane algorytmy, które korygują obliczenia na podstawie impulsów RSOC, uwzględniając inne parametry (temperatura, wiek ogniwa etc.).

Zintegrowany system monitorowania ogniwa litowego

Przykładem kompletnego systemu do pomiaru poziomu naładowania ogniwa litowo-jonowego jest układ scalony BQ27426 firmy Texas Instrument. Przykładową aplikację pokazuje **rysunek 9**. Układ wymaga minimalnej ilości elementów zewnętrznych do działania – kluczowy jest jedynie bocznik do pomiaru prądu w postaci opornika o niskiej wartości rezystancji, która może wynosić nawet 10 mΩ [11]. Oprócz ładunku płynącego do i z ogniwa, system monitoruje także napięcie i temperaturę, wykorzystując termistor wbudowany w pakiet z ogniwem.

Układ BQ27426, jak i większość podobnych cyfrowych, zintegrowanych systemów monitorowania ogniw litowo-jonowych, wyposażony jest w interfejs szeregowy – w tym przypadku jest to I²C. Poprzez ten interfejs procesor w systemie może konfigurować układ (np. wybierając jeden z preprogramowanych profili dla ogniw 4,4 V, 4,35 V lub 4,2 V) oraz pobierać dane na temat działania akumulatora – poziom naładowania (SOC) skompensowany względem wieku ogniwa, jego temperatury, obecnego uśrednionego poboru prądu etc. Dostępne są także informacje o „stanie zdrowia" ogniwa, dzięki czemu system wie, kiedy poinformować użytkownika o konieczności wymiany zużytego akumulatora [10].

Podsumowanie

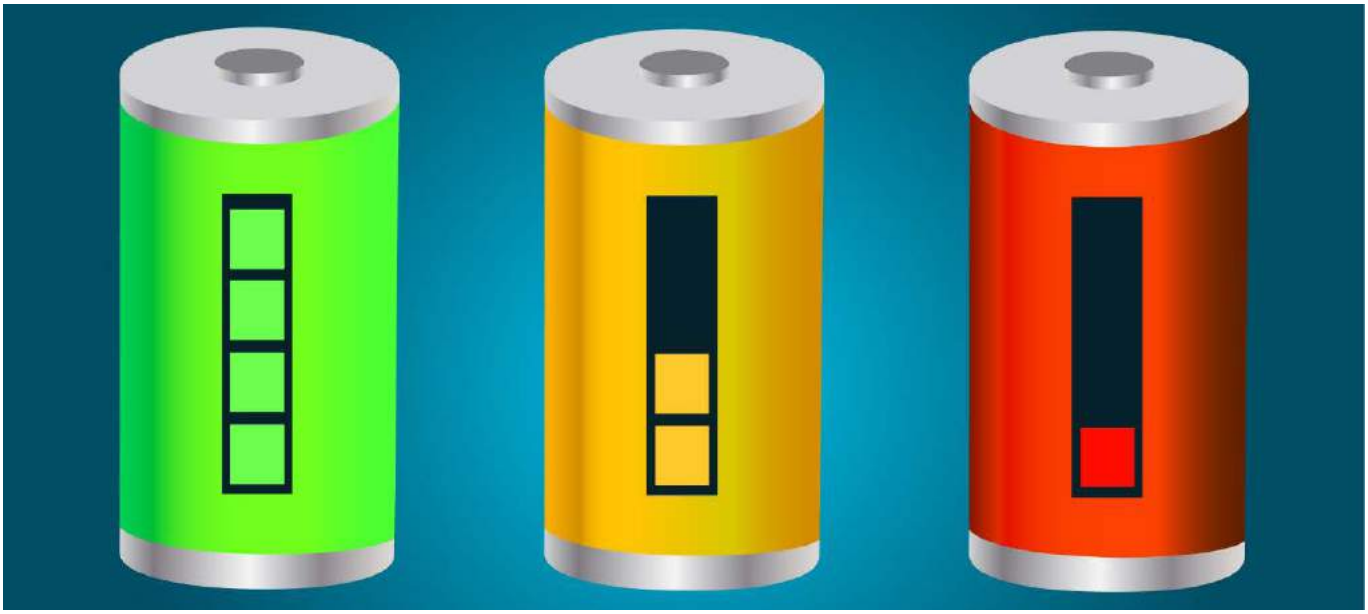
Dostępne obecnie na rynku rozwiązania do pomiaru poziomu naładowania ogniw litowo-jonowych zawierają kulombometry, które pozwalają na monitorowanie ilości ładunku wpływającego i wypływającego z ogniwa w czasie. Dzięki temu możliwe jest precyzyjne szacowanie stanu naładowania takiego akumulatora. Dodatkowo, wiele z tych układów posiada algorytmy, które uwzględniają wpływ innych parametrów na dostępny w ogniwie ładunek, takich jak jego temperatura, pobierany prąd, czy wiek i ilość przepracowanych cykli ogniwa.

Nikodem Czechowski, EP

Bibliografia

[1] „Choose the Right Battery Fuel Gauge for Fast Time-to-Market and Maximum Run-Time", Design Solutions: Power, Maxim Integrated (*http://bit.ly/2v0ZVFI*).
[2] r. Wagner "Battery Fuel Gauges: Accurately Measuring Charge Level", Application Note 3958, Maxim Integrated (*http://bit.ly/2HBWsjN*).
[3] Karta katalogowa ogniw Samsung INR18650-25R.
[4] *http://bit.ly/2VaOVAe*.
[5] Dokumentacja firmy MPower UK, *http://bit.ly/329NfJ6*.
[6] Karta katalogowa ogniw Panasonic eneloop BK-3MCCA4BA.
[7] N. Omar, Y. Firouz, H. Gualous, J. Salminen, T. Kallio, J. M. Timmermans, Th. Coosemans, P. Van den Bossche, J. Van Mierlo, „Aging and degradation of lithium-ion batteries" w: "Rechargeable Lithium Batteries: From Fundamentals to Applications", red. A. A. Franco, Woodhead Publishing 2015
[8] V. Ho, "Li-ion Battery and Gauge Introduction", Application Note AN024, Richtek 2014 (*http://bit.ly/38SfePG*).
[9] J. Herr, "An Accurate Battery Gas Gauge", Linear Technology Magazine, May 2004.
[10] Karta katalogowa układu Texas Instrumenta BQ27426.

eprasa.pl e017b7ba51



Magazyny energii

FTP POPRZEDNI ODCINEK JEST DOSTĘPNY NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

Budowa pakietów z ogniw litowych (2)

Akumulator jest elementem w którym możemy zgromadzić energię i przechowywać ją przez pewien okres czasu. W poprzednim artykule przeprowadzimy krótką charakterystykę różnych typów ogniw akumulatorowych oraz omówiliśmy ich wady i zalety. Szczególną uwagę poświęciliśmy powszechnie dziś stosowanym ogniwom litowym. Rynek komponentów potrzebnych do łączenia takich akumulatorów w pakiety rozwija się bardzo prężnie i daje możliwości budowy pakietów o praktycznie dowolnych rozmiarach i specyfikacjach. W tym artykule zaprezentujemy jak przeprowadzić proces budowy pakietu litowo jonowego z ogniw typu 18650 w domowych warunkach.

Proces budowy pakietów z zastosowaniem ogniw w standardzie 18650 pokażemy na przykładzie dwóch pakietów do rowerów elektrycznych. Oba będą zawierały podobną ilość ogniw, ale pierwszy powstanie z użyciem gotowej obudowy tzw. Bidonowej i dołączonych do niej koszyków, a drugi będzie dostosowany do skrzynki dopasowanej do wymiarów ramy rowerowej.

Znana firma Tesla, produkująca elektryczne samochody, w pierwszych modelach aut stosowała standardowe akumulatorki typu 18650. Jeden pojazd posiadał pakiet składający się z ponad 8 tyś. ogniw. Nie były to ogniwa specjalne tylko standardowe akumulatorki dostępne aktualnie na rynku, o pojemności znamionowej 3400 mAh. Z czasem Tesla zmieniła koncepcje i zastąpiła je ogniwami w standardzie 21700 o zmienionym składzie chemicznym, jednak nadal w technologii li-ion. Dzięki temu zabiegowi zmniejszyła się ilość akumulatorków w całym pakiecie o prawie połowę. Firma rozpoczęła własną produkcję ogniw w fabryce znajdującej się w Dolinie Krzemowej.

Konfiguracja pakietu

Układ połączeń szeregowych oraz równoległych pomiędzy ogniwami w pakiecie nazywamy konfiguracją pakietu. Oznaczenie zapisuje się literami **S** (szeregowy *series*) oraz **P** (równoległy *parallel*) oraz za pomocą cyfr. Na przykład pakiet 13s5p oznacza pakiet składający się z 13 sekcji połączonych szeregowo a każda z tych sekcji składa się z 5 ogniw połączonych równolegle. W moim przypadku jeden akumulator będzie w konfiguracji 12s5p a drugi w obudowie bidonowej 13s5p.

Ilość ogniw, na które będzie składał się pakiet, zależy od parametrów zasilania jakich wymaga urządzenie docelowe, ale także uwarunkowana jest po prostu przestrzenią, w której ma się zmieścić akumulator.

Gdy znana jest konfiguracja pakietu to następnym krokiem jest wybór modelu ogniw. W poprzedniej części wspominaliśmy, że ogniwa dzielimy na takie, które mogą oddać duży prąd ale maja niska pojemność oraz takie, które maja większą pojemność, ale oddają trochę mniejszy prąd. Spośród ogniw wysoko prądowych dostępne są pojemności od 2,1 Ah przez 2,5 Ah do 3 Ah (ogniwo o najmniejszej pojemności jest w stanie realnie oddać największy prąd). Ogniwa wysoko pojemnościowe to przeważnie pojemności od 2,9 Ah przez 3,2 Ah do 3,5 Ah.

Prąd ciągły

Prąd, jakim możemy obciążać ogniwa w pakietach, wyznaczamy według prostej zasady – nie może przekraczać 1/3 prądu maksymalnego podanego w nocie katalogowej ogniw. Dotyczy to ogniw o większych pojemnościach, a przy ogniwach wysoko prądowych czasami może być nawet jeszcze mniej. Obciążanie większymi prądami jest dopuszczalne w przypadku pakietów z zainstalowanym wyłącznikiem termicznym lub czujnikiem temperatury i elektroniką zabezpieczającą.

Tak znaczne ograniczenie prądu ma swoje uzasadnienie. Parametry ogniw w notach katalogowych wynikają z testów laboratoryjnych, gdzie zachowane są wszystkie odpowiednie warunki pracy ogniwa, m.in. temperatura i chłodzenie. Gdy ogniwo pracuje w pakiecie to przede wszystkim ma znacznie ograniczone chłodzenie, a dodatkowo ogniwa podgrzewają się wzajemnie.

Kiedyś miałem możliwość przyjrzeć się wynikom ciekawego doświadczenia. Polegało ono na tym, że dwa takie same ogniwa

eprasa.pl e017b7ba51

umieszczono w pojemniku, w którym panowała temperatura 50°C. Ogniwo A było rozładowywane prądem 5 A, a ogniwo B było rozładowywane prądem 10 A, pozostałe parametry były takie same. Po kilkudziesięciu cyklach ładowania i rozładowania w opisanych warunkach, wyjęto oba ogniwa i porównano ze sobą. Jeśli myślicie, że po tym teście ogniwo B (prąd 10 A) miało słabsze parametry niż ogniwo A (prąd 5 A), to jesteście w błędzie. Ogniwo A było rozładowywane mniejszym prądem niż ogniwo B więc miało łagodniejsze warunki testu, ale przez to przebywało w tej podwyższonej temperaturze prawie dwa razy dłużej. Wiec jeśli chcemy, aby nasz pakiet służył długo i bezawaryjnie, to nie możemy go nadmiernie obciążać, by chronić go przed wysoką temperaturą. To właśnie wysoka temperatura najbardziej przyczynia się do degradacji ogniw.

Zakup ogniw

Nowe ogniwa tego typu możemy zakupić w dwóch wersjach. Dostępne są fabrycznie nowe ogniwa bez jakichkolwiek śladów użytkowania lub ogniwa nowe depakietowane, które maja ślady po zgrzewach na terminalach i są tańsze od tych fabrycznie nowych nawet o połowę.

Czy ogniwa depakietowane są gorsze? Zasadniczo nie są. To nowe i nieużywane ogniwa, tak samo dobre jak fabryczne. Niska cena wynika z tego, że zostały potraktowane jako odpad poprodukcyjny ale pochodzą od tych samych producentów co inne ogniwa. W zakładach, które specjalizują się w budowie pakietów nie zawsze wszystko idzie zgodnie z planem. Czasami połączenia w pakiecie są niewłaściwie zgrzane lub trafi się jedno wadliwe ogniwo w przygotowanym pakiecie, czy też elektronika zabezpieczająca nie działa prawidłowo. Takie egzemplarze są klasyfikowane jako odpady poprodukcyjne, które później chętnie skupują instytucje zajmujące się odzyskiwaniem ogniw. Dzięki temu możemy kupić akumulatorki tak samo dobre jak fabryczne ale o połowę tańsze.

Oczywiście na rynku zdarzają się ogniwa depakietowane, które nie są nowe. Zachowują parametry bliskie znamionowym, ale są już w jakimś stopniu zdegradowane. Przeważnie dostępne są w bardzo okazyjnych cenach. W takich przypadkach warto upewnić się u sprzedawcy, czy na pewno ogniwa są nowe, jeśli takie chcemy nabyć. Do zasilania urządzeń o małych wymaganiach energetycznych ogniwa używane będą dobrym i korzystnym ekonomicznie rozwiązaniem. Czasami ogniwa depakietowane pochodzą z używanych akumulatorów do laptopów. Takie egzemplarze najczęściej nadają się już tylko do bardzo mało wymagających zastosowań.

Jeśli nie chcemy ryzykować przy zakupie ogniw depakietowanych to warto najpierw zasięgnąć opinii o sprzedawcy. Jeśli nie wiemy jaki model ogniw zastosować lub szukamy sprawdzonego dostawcy, to polecam skontaktować się ze mną przez e-mail podany na końcu artykułu.

Pozostałe elementy

Do budowy pakietów potrzebujemy jeszcze kilku elementów:

- taśma niklowa, do wykonania połączeń miedzy ogniwami,
- izolatory na dodatni terminal ogniw,
- koszyki na ogniwa,
- ewentualna obudowa akumulatora,
- BMS,
- taśma izolacyjna, przewody, koszulki termokurczliwe itp.

Rozpoczęcie prac

Pierwsza czynność polega na przyklejeniu na każde ogniwo dodatkowego izolatora na dodatni terminal (**fotografia 1**). Nie jest to konieczność, ale solidnie wykonany akumulator powinien je posiadać. Cała obudowa ogniwa jest terminalem ujemnym, a terminal dodatni znajduje się u góry na środku. Jeśli położylibyśmy metalową taśmę na terminal dodatni bez żadnego izolatora, to mogłoby powstać zwarcie z brzegami obudowy czyli z minusem. Co prawda ogniwa osłonięte są koszulką izolacyjną, która przed tym zabezpiecza, ale czasami

Fotografia 1. Przyklejanie izolatorów do ogniw

Fotografia 2. Układanie koszyków typu „plaster miodu" w odpowiedni kształt

tworzywo, z którego jest wykonana topi się pod pływem większej temperatury. Lepiej dołożyć dodatkowy izolator, który jest wykonany ze specjalnego papieru izolacyjnego – niewielkim kosztem zapewniamy wiesze bezpieczeństwo.

Następnie przygotowujemy „formę", w której ułożymy ogniwa. Korzystamy ze specjalnych koszyków, które możemy łączyć praktycznie w dowolne kształty, do wyboru są dwa rodzaje – standardowy w kształcie kwadratu i drugi, najpopularniejszy, polskiej produkcji, tzw. kształt plastra miodu. Pierwszy dobrze spełnia swoje zadanie, ale nie wykorzystuje w pełni dostępnej przestrzeni. Zaletą jest możliwość łatwego rozdzielenia pakietu po złożeniu. Drugi wykorzystuje więcej dostępnej przestrzeni i ten typ zastosujemy do drugiego pakietu (**fotografia 2**). Oba rodzaje koszyków łączy się poprzez wsuwki umieszczone na brzegach, bardzo proste a zarazem wytrzymałe.

Po ułożeniu wybranego kształtu, przystępujemy do umieszczania ogniw w koszykach. Warto wcześniej rozplanować w jaki sposób będziemy układać ogniwa, najlepiej zrobić to tak, aby pakiet miał jak najwięcej połączeń szeregowych miedzy sekcjami równoległymi. Dzięki temu zmniejszy się potrzeba stosowania kilku warstw taśmy. Jeżeli stosujemy taśmę z czystego niklu (występuje jeszcze stalowa niklowana, która jest gorsza) to dla taśmy o wymiarze 7×0,1 mm maksymalna wartość prądu wynosi 6 A, a dla taśmy 7×0,15 mm wynosi 9,5 A.

Łączenie ogniw

Po ułożeniu ogniw w odpowiedni sposób stajemy przed wyborem metody łączenia ogniw. Dwa podstawowe sposoby to lutowanie i zgrzewanie. Jeżeli mamy zamiar wykonać jeden akumulator na własne potrzeby, który składa się z np. 70 szt. ogniw, to możemy użyć pierwszej metody – lutowania. Jednak trzeba pamiętać, że jest to bardzo czasochłonne zajęcie. Jedyny pakiet jaki miałem okazje lutować składał się z 280 szt. ogniw wysoko prądowych. Zlutowanie wszystkich połączeń trwało 6 dni i skończyło się kilkoma odciskami na rękach. Do lutowania niezbędna jest lutownica o mocy co najmniej

eprasa.pl e017b7ba51

Fotografia 3. Gotowy zlutowany pakiet ogniw

Fotografia 5. Wygląd płytki modułu BMS

100 W wyposażona w płaski grot. Jeżeli użyjemy za słabej lutownicy, czas lutowania wydłuży się i najpewniej przegrzejemy ogniwa co w efekcie doprowadzi do ich uszkodzenia.

Opinie mówiące o tym, że lutowanie ogniw w ogóle nie ma sensu, nie uwzględniają wszystkich przypadków. Jeżeli budujemy pakiet z ogniw wysoko prądowych i mamy zamiar pobierać z jednego ogniwa znaczny prąd, np 10 A, to lutowana powierzchnia styku miedzy blaszką a ogniwem jest nieporównywalnie większa do zgrzewanej, gdzie z reguły mamy 4 malutkie punkty.

Proces lutowania przebiega następująco:

1. pobielamy wszystkie blaszki niklowe lub inny materiał jakiego używamy do łączenia ogniw,
2. pobielamy terminale każdego ogniwa,
3. wykonujemy połączenie – przykładamy blaszkę do terminala, dokładamy grot lutownicy a po zlutowaniu elementów dociskamy np. śrubokrętem blaszkę, żeby się nie podniosła i dopiero wtedy odsuwamy grot lutownicy. Całość nie powinna trwać dłużej niż 3 sekundy, aby nie przegrzać ogniwa.

Fotografia 3 pokazuje gotowy zlutowany pakiet ogniw.

Druga metoda łączenia – polegająca na zgrzewaniu jest stosunkowo prostym procesem. Przykładamy blaszkę niklowa do ogniwa i dociskamy elektrodami zgrzewarki. Jeden krótki impuls tworzy gotowe połączenie. Posiadam zgrzewarkę domowej roboty, więc zgrzewam praktycznie wszystkie pakiety. Pakiet wykonany tą metodą pokazuje **fotografia 4.**

Fotografia 4. Gotowy zgrzany pakiet ogniw

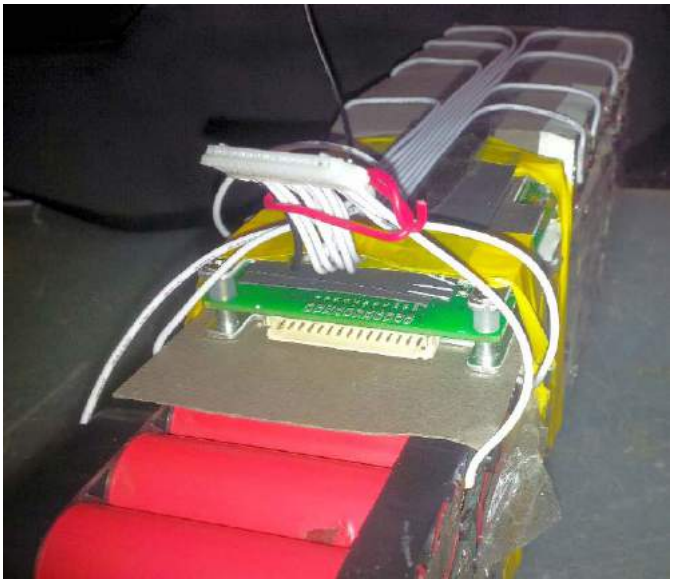
BMS

Technologia ogniw litowych wymaga stosowania odpowiednich układów elektronicznych, które zabezpieczają pakiety na różnych płaszczyznach przed uszkodzeniem lub samozapłonem. Powszechnie taki układ elektroniczny nazywamy BMS (*Battery Management System*), co oznacza system zarządzania baterią. Jego funkcje są następujące:

- nadzoruje napięcie każdej sekcji równoległej w pakiecie,
- nadzoruje pakiety składające się z wielu sekcji połączonych szeregowo,
- zabezpiecza przed nadmiernym rozładowaniem,
- zabezpiecza przed przeładowaniem,
- balansuje/wyrównuje wszystkie sekcje równoległe.

Jeśli decydujemy się na zakup BMS-a to pamiętajmy, aby sprawdzić czy dany egzemplarz na pewno realizuje wszystkie wymienione powyżej funkcje, ponieważ najtańsze egzemplarze mogą być pozbawione niektórych z nich. Lepsze modele dodatkowo posiadają:

- zabezpieczenie nad prądowe/zwarciowe,
- wyświetlacz, na którym pokazują się wszystkie podstawowe parametry, takie jak np. aktualnie pobierany prąd, temperatura baterii, napięcie poszczególnych sekcji itp.,
- moduł bluetooth, dzięki któremu za pomocą aplikacji producenta mamy podgląd parametrów takich jak aktualny pobór prądu, napięcie całego akumulatora, napięcie poszczególnych sekcji itp.



Fotografia 6. Wszystkie kable balansera przylutowane i zamocowane

eprasa.pl e017b7ba51

Budowa płytki BMS jest dość prosta **fotografia 5**, najczęściej możemy wyszczególnić trzy części:

1. Moduł mocy. Tranzystory dzięki którym w razie potrzeby BMS odłącza akumulator od instalacji.
2. Moduł balansujący. Układ tranzystorów oraz oporników który odpowiada za balansowanie pakietu.
3. Moduł logiczny. Zarządza całością, odpowiada za załączenie lub wyłączenie tranzystorów mocy oraz rozpoczęcie lub zakończenie balansowania.

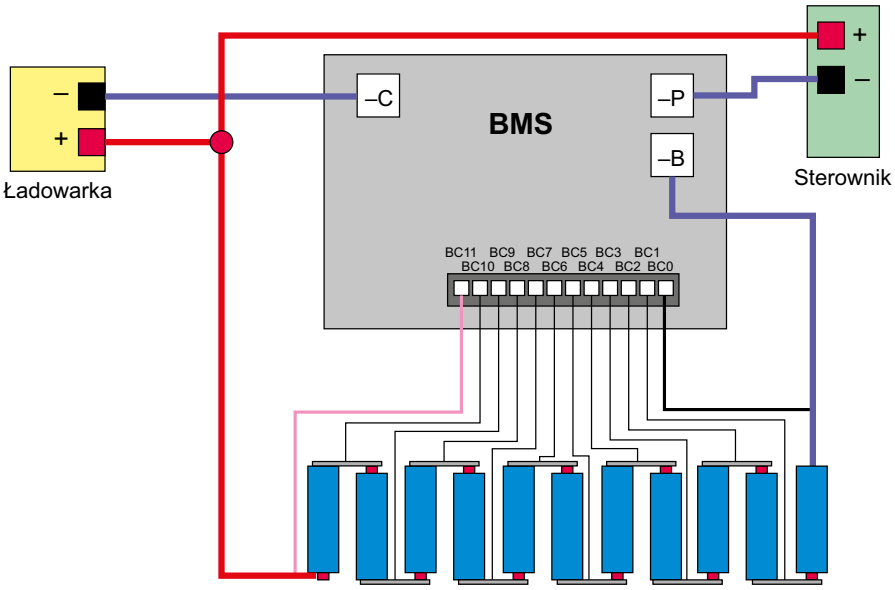
Każdy pakiet w technologii litowej powinien zawierać taki układ zabezpieczający. Bez niego albo z czasem uszkodzimy nasz akumulator przez nadmierne jego rozładowanie, albo ulegnie on samozapłonowi poprzez przeładowanie którejś z sekcji. Układy tego typu praktycznie zawsze operują ujemnym terminalem do odłączenia akumulatora od instalacji, terminal dodatni jest najczęściej bezpośrednio połączony do pakietu. Dzięki zastosowaniu BMS-a z akumulatora wystarczy wyprowadzić 3, a czasami tylko 2 przewody:

1. terminal dodatni do rozładowania/ładowania,
2. terminal ujemny tylko do rozładowania,
3. drugi terminal ujemny tylko do ładowania (czasami nie ma drugiego terminala ujemnego – ładowanie odbywa się przez ten sam terminal ujemny co rozładowanie).

Pakiety, które nie posiadają zabezpieczenia to głównie akumulatory modelarskie. Wymagają stosowania specjalnej ładowarki, która korzysta z dodatkowego złącza wyprowadzonego z takiego pakietu. Jest to złącze balansera, dzięki któremu mamy „dostęp" do wszystkich poszczególnych sekcji równoległych znajdujących się w pakiecie. Podczas ładowania sekcje są monitorowane i wyrównywane w razie potrzeby.

Schemat połączeń elektroniki i pakietu pokazuje **rysunek 1**. Zaczynamy od przylutowania głównych przyłączy (-B, -P, -C) a dopiero potem zajmujemy się połączeniami balansera. Ta kolejność montażu zmniejsza ewentualne ryzyko uszkodzenia BMS'a przy pomyłce, ponieważ jest on zasilany dopiero ze złącza balansera. Podczas lutowania kabli balansera należy odłączyć wtyczkę z BMS-a. Po przylutowaniu kompletu kabelków należy sprawdzić miernikiem na wtyczce czy pomiędzy każdą sąsiadującą parą jest napięcie pojedynczej sekcji (3...4,2 V). Jeśli miernik pokaże wyższe napięcie lub w ogóle go nie będzie, oznacza to, ze popełniliśmy błąd w kolejności kabli. Należy pamiętać, że wszystkie sekcje muszą mieć takie same napięcie, ponieważ typowy BMS, pomimo ze posiada balanser, nie jest w stanie wyrównać różnic napięcia większych niż 0,1 V. **Fotografia 6** pokazuje wszystkie kable balansera przylutowane i ułożone równo tak, aby się nie krzyżowały.

Po podłączeniu wtyczki balansera do BMS-a sprawdzamy czy na wyjściu z akumulatora jest napięcie. Następnie zabezpieczamy wszystkie luźne kable i odsłonięte terminale a cały pakiet zabezpieczamy preszpanem oraz taśmą kaptonową lub rękawem termokurczliwym. Tak przygotowany pakiet możemy umieścić w obudowie. W fabrycznej obudowie montujemy według instrukcji producenta. Drugi pakiet mocuje pianka montażową w przygotowanej skrzynce. **Fotografia 7** pokazuje efekt po stwardnieniu i usunięciu nadmiaru pianki. Pianka zapewnia sztywne mocowanie małych akumulatorów a w razie potrzeby, po jej przecięciu, możemy łatwo wydobyć akumulator ze skrzynki.



Rysunek 1. Schemat połączeń elektroniki BMS i pakietu ogniw

Fotografia 7. Akumulator umieszczony w obudowie

Podsumowanie

Pamiętajmy, aby pierwsze ładowanie akumulatora zawsze przeprowadzać pod nadzorem. Artykuł ma charakter poglądowy i w związku z tym, autor nie ponosi żadnej odpowiedzialności za naśladowanie zaprezentowanych czynności.

Bartek Plonka
poinpl21@gmail.com

REKLAMA

www.ep.com.pl

eprasa.pl e017b7ba51

Akumulator Ni-MH, czy Li-ion

– oczywisty wybór?

W sytuacji dużej dostępności akumulatorów, wybór rozwiązania spełniającego określone potrzeby często bywa problematyczny. Przy niewielkim urządzeniu najczęściej będziemy rozważać technologię litowo-jonową (Li-ion) oraz niklowo-metalowo-wodorkową (Ni-MH). Podstawowe różnice między tymi technologiami zostały omówione i w teorii wygrywa technologia Li-ion - przede wszystkim z uwagi na wyraźnie wyższą pojemność przy tych samych gabarytach i wadze, jak również 3-krotnie wyższym, wyjściowym napięciem nominalnym każdego pojedynczego ogniwa. Przyszły użytkownik musi być jednak świadomy wad i zalet obu rozwiązań dla określonych zastosowań praktycznych.

Samorozładowanie

W typowym, nowym akumulatorze Ni-MH użyteczna pojemność wyraźnie spada już po kilku tygodniach od naładowania. Wyjątkiem są tutaj akumulatory od razu gotowe do użycia, jak np. biały Panasonic Eneloop, czy srebrny everActive Silver Line, które nawet po wielu miesiącach utrzymują wysoki stopień naładowania. W przypadku ogniw litowo-jonowych samorozładowanie nie stanowi większego problemu i akumulatory pozostają użyteczne przez wiele miesięcy od naładowania.

Bezpieczeństwo

Akumulatory Ni-MH powszechnie uważane są za bezpieczne. Ten typ akumulatora wykazuje dużą odporność na przeciążenia, przeładowanie, głębokie rozładowanie, nie sprowokowany nie powoduje zagrożenia. Akumulatory Li-ion są pod tym względem delikatniejsze. Odnotowano wiele wypadków, w tym pożarów i wybuchów z udziałem ogniw Li-ion. Często przyczyną tych zdarzeń jest elektronika, która nieprawidłowo steruje pracą akumulatora. Akumulatory litowo-jonowe nie tolerują zbyt głębokiego rozładowania, ani przeładowania – wszystkie procesy muszą być dokładnie kontrolowane.

Ładowanie

Nowoczesne ładowarki i układy do ładowania akumulatorków Ni-MH do oceny pełnego naładowania wykorzystują efekty reakcji chemicznej występującej w końcowej fazie procesu ładowania. Skutkiem pełnego naładowania i początkowego przeładowania akumulatorka jest wyhamowany wzrost (a nawet spadek) napięcia (**rysunek 1**) oraz zauważony, szybki wzrost temperatury ogniwa.

Dużo łatwiejszym w implementacji, często spotykanym i w pełni dopuszczalnym sposobem jest ładowanie akumulatorków Ni-MH niewielkim natężeniem (rzędu 10% wartości pojemności akumulatora) przez okres 14...16 h. Podobnie ładuje się pakiety z ogniw łączonych szeregowo. Akumulatory Ni-MH dobrze tolerują pewne przeładowanie i nie ma to znaczącego wpływu na ich żywotność.

Akumulatory Li-ion 3,7 V wymagają zachowania określonych warunków pracy jak i ładowania – napięcie rozładowanego akumulatora nie powinno spadać poniżej 3,0 V, a ładowanie dla typowych ogniw powinno się kończyć na poziomie nie przekraczającym 4,25 V (**rysunek 2**). Tych warunków nie da się uprościć czy nagiąć jak w przypadku ogniw Ni-MH, a sytuacja ulega dalszej komplikacji, gdy łączymy kilka ogniw szeregowo. Ogniwa Ni-MH mimo niższego napięcia są łatwiej skalowalne – nie wymagają skomplikowanych systemów zarządzania (BMS) nawet w sytuacji, gdy są łączone szeregowo.

Trwałość

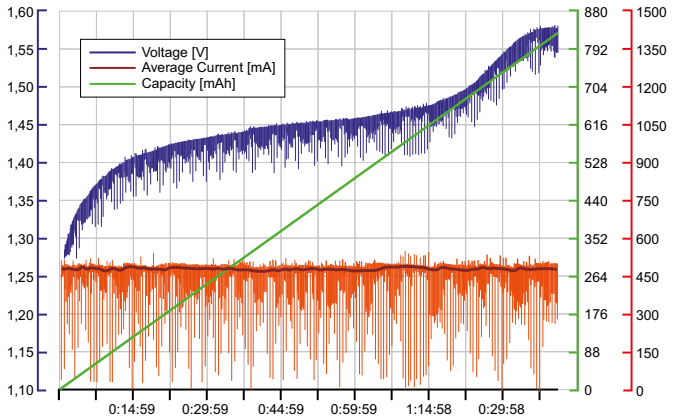
Akumulatory Ni-MH z uwagi na większą odporność na nieprawidłowe użytkowanie wykazują zwykle lepszą trwałość, która przekłada się na wyższą liczbę cykli ładowania i rozładowania.

Trwałość akumulatorów Li-ion w dużo większej mierze zależy od sposobu ich użytkowania i poprawności procesu ładowania w docelowej aplikacji.

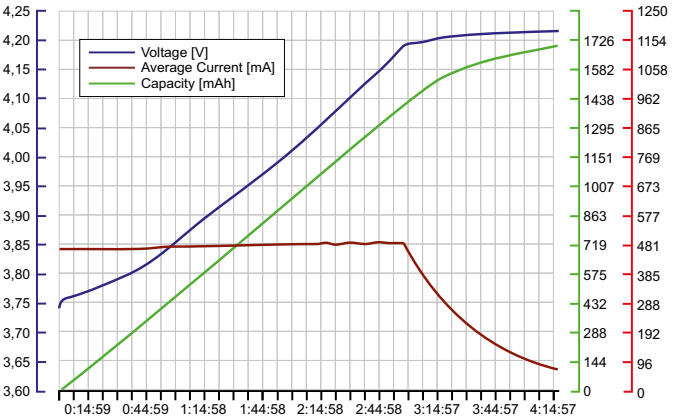
W przypadku obu technologii nie bez znaczenia jest jakość samego ogniwa. Oba rodzaje akumulatorów starzeją się w czasie, jednak efekty naturalnego starzenia się (takie jak spadek pojemności użytkowej, czy wzrost rezystancji wewnętrznej) są zwykle mniej odczuwalne w ogniwach Li-ion.

Dobór idealnego akumulatorka

Wybór wcale nie jest oczywisty. Paradoksalnie może się okazać, że do naszego zastosowania lepsza będzie wyspecjalizowana bateria jednorazowa, która ma szansę zapewnić bezproblemową pracę przez wiele miesięcy – to jednak temat na osobny artykuł. Wszystkich zainteresowanych tematem zapraszamy na strony firmy Baltrade sp. z.o.o., dystrybutora markowych baterii, akumulatorków i ładowarek, właściciela serwisu ***http://hurt.com.pl***.

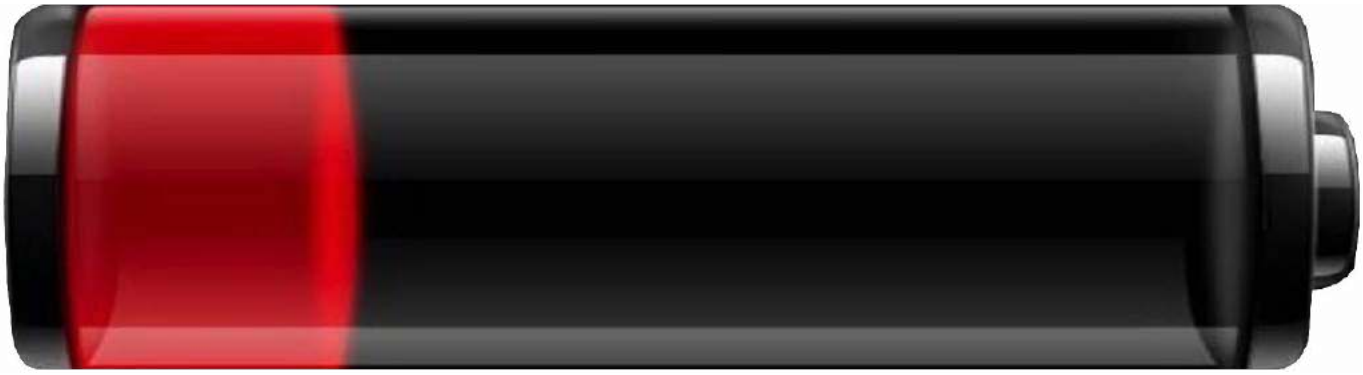


Rysunek 1. Charakterystyka przebiegu procesu ładowania Ni-MH w ładowarce everActive UC-4000



Rysunek 2. Charakterystyka przebiegu procesu ładowania Li-ion w ładowarce everActive UC-100

eprasa.pl e017b7ba51



Akumulatory dla elektroniki

Prowadzenie na rynku akumulatorów przejęły ogniwa litowe. Oferują największą gęstość energii spośród dostępnych rozwiązań, są wolne od efektu pamięciowego, a samorozładowanie jest naprawdę niewielkie. Jednak z ofert dystrybutorów nie zniknęły pozostałe rodzaje akumulatorów. Warto znać właściwości wszystkich typów, ponieważ szerokie spektrum zastosowań akumulatorów sprawia, że nie ma rozwiązania uniwersalnego.

Czy wiesz, kto i za co w roku 2019 otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii?

Jak pokazuje zrzut z oficjalnej strony ***http://bit.ly/2UoCq3K***, otrzymali ją **John B. Goodenough**, **M. Stanley Whittingham** i **Akira Yoshino** za... wynalezienie i rozwój akumulatorów litowych (*for the development of lithium-ion batteries*).

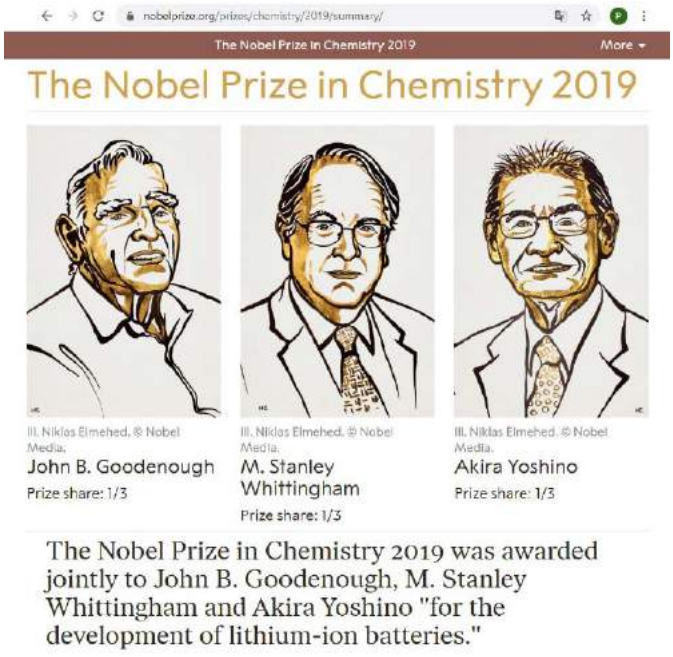
Przyznawanej od roku 1901 Nagrody Nobla nie otrzymał natomiast zajmujący się też paleontologią **Gaston Planté** (**rysunek 2**). Ani za odkrycie skamieniałości prehistorycznego ptaka (*Gastornis parisiensis*), ani za wynalezienie w roku 1859 najpopularniejszego do dziś, najszerzej wykorzystywanego akumulatora kwasowo-ołowiowego.

Przez wiele lat znaczącą popularnością cieszyły się też akumulatory niklowo-kadmowe (NiCd) wynalezione pod koniec XIX wieku (Waldemar Jungner – 1898). Do dziś wykorzystujemy ich ulepszoną, nietoksyczną odmianę NiMH w postaci ładowalnych paluszków wielkości AA i AAA.

Nagroda Nobla dla głównych wynalazców akumulatorów litowych nie dziwi, ponieważ od trzydziestu lat akumulatory te stają się coraz popularniejsze i coraz tańsze, a w ostatnich latach ich udział w rynku rośnie wykładniczo.

Aktualnie wprawdzie nie wyparły jeszcze starych dobrych akumulatorów kwasowo-ołowiowych, ale w ostatnich latach na naszych oczach zmarginalizowały znaczenie akumulatorków NiMH. Wszystko wskazuje, że już niedługo całkowicie zdominują one rynek i zmienią oblicze świata.

Dziś najczęściej używane są **akumulatory kwasowo-ołowiowe** oraz odmiany **akumulatorów litowo-jonowych**. W artykule przeznaczonym dla konstruktorów właśnie tym dwóm rodzajom trzeba poświęcić najwięcej uwagi. Niemniej nie tylko warto, ale wręcz trzeba koniecznie podkreślić, że w niektórych zastosowaniach z powodzeniem wykorzystywane są też inne rodzaje akumulatorów. Zanim je omówimy, trzeba wspomnieć o kolejnej ciekawostce...



Rysunek 1. Naukowcy nagrodzeni Nagrodą Nobla za prace nad rozwojem akumulatorów litowych

Powraca... nowe?

Dziś dla większości przeciętnych zjadaczy chleba nowością są samochody elektryczne, w których kluczowym komponentem są akumulatory.

Liczba samochodów elektrycznych aktualnie jest wielokrotnie mniejsza od liczby samochodów z silnikami spalinowymi.

Czy wiesz, że kiedyś było odwrotnie?

Tak!

Liczba samochodów elektrycznych była dużo większa niż spalinowych! Tak było przez kilkadziesiąt lat – do lat 20. XX wieku.

Silniki spalinowe były wtedy na początkowym etapie swego rozwoju. Ich obsługa była skomplikowana. Jednym z podstawowych utrudnień była konieczność uruchomienia takiego silnika za pomocą korby, co nie tylko wymagało siły, ale też było niebezpieczne. Wtedy wydawało się, że samochód z silnikiem spalinowym to nie jest pojazd dla kobiet. Ówczesny kierowca (szofer) musiał być silnym i zręcznym mężczyzną! W przeciwieństwie do tych skomplikowanych,

eprasa.pl e017b7ba51

Rysunek 2. Gaston Planté, wynalazca akumulatora kwasowo-ołowiowego

kłopotliwych w obsłudze i brzydkopachnących pojazdów spalinowych, samochody elektryczne były nieporównanie bardziej przyjazne. Obsługa była łatwa, żadnych kłopotów z rozruchem, żadnych nieprzyjemnych zapachów, spalin...

Co ciekawe, samochody, ściślej pojazdy elektryczne (EV – *electric vehicle*) pojawiły się znacznie wcześniej niż spalinowe! Podobno już w roku 1828 Ányos Jedlik, uważany przez Węgrów za wynalazcę silnika elektrycznego (i prądnicy), zastosował swój prymitywny silnik do napędu modelu pojazdu elektrycznego. W latach 30. XIX wieku pojawiły sie prototypy pojazdów elektrycznych z bateriami jednorazowymi. Przełomem było wynalezienia akumulatora ołowiowego (Planté) i jego udoskonalenie (Camille Faure – 1881). W efekcie już pod koniec roku 1881 na Międzynarodowej Wystawie Elektrycznej w Paryżu Gustave Trouvé zaprezentował pojazd elektryczny (tricykl) z akumulatorem, pokazany na **rysunku 3**. W latach 80. XIX wieku pojawiły się samochody elektryczne w Wielkiej Brytanii i Niemczech. W roku 1897 na ulice miast po obu stronach Atlantyku wyjechały taksówki elektryczne. Do przełomu wieków wyprodukowano około 30000 pojazdów elektrycznych.

Mało kto wie, że to właśnie akumulator ołowiowy pozwolił, że samochód po raz pierwszy osiągnął prędkość powyżej 100 km/h i to już w roku 1899. Kto chce wiedzieć więcej, może poszukać nazwiska *Camille Jenatzy* i jego rakietopodobnego pojazdu *La Jamais Contente*.

Dla porównania: za początek ery samochodów spalinowych uznaje się rok 1886, gdy Karl Benz opatentował swój bryczkopodobny *Motorwagen*. Pojazdy spalinowe upowszechniły się dopiero w latach 20. XX wieku, m.in. za sprawą słynnego Forda T, produkowanego od roku 1908.

Nie jest to tylko ciekawostka, ale wprowadza nas do problemów ściśle technicznych. Coraz liczniejsi zwolennicy teorii spiskowych mówią o nieczystej konkurencji drapieżnego lobby naftowego i samochodowego, które rzekomo nieczystymi działaniami doprowadziło do wyeliminowania z rynku samochodów elektrycznych.

Prawdą jest, że o drapieżności lobby naftowego czy samochodowego można powiedzieć i napisać wiele. Jednak w tym akurat przypadku, podstawową przyczyną zniknięcia na prawie sto lat samochodów elektrycznych, są jak najbardziej racjonalne, prozaiczne względy

Kluczowym problemem okazała się gęstość energii. W samochodzie elektrycznym gęstość energii zawartej w starej konstrukcji akumulatorze kwasowo-ołowiowym jest rzędu **20 Wh/kg** (we współczesnych akumulatorach kwasowych rzędu **50 Wh/kg**). W kilogramie masy akumulatora można było zmagazynować 20 watogodzin energii. 1 godzina to 3600 sekund, więc jest to 72000 watosekund, czyli dżuli. Inaczej mówiąc 72 kilodżule = 0,072 megadżula na kilogram (0,072 MJ/kg).

Natomiast gęstość energii benzyny jest rzędu 45 MJ/kg. Przy spalaniu 1 kilograma benzyny uzyskujemy 45 megadżuli, czyli 45 milionów watosekund, co daje **12500 Wh/kg**.

Z kilograma benzyny uzyskujemy kilkaset razy więcej energii niż z kilograma akumulatora! Wyznacza to długość przejechanej drogi po jednym tankowaniu/ładowaniu. Nawet przy słabej sprawności silników spalinowych długo nie dawało to szans znacznie bardziej sprawnych silnikom elektrycznym.

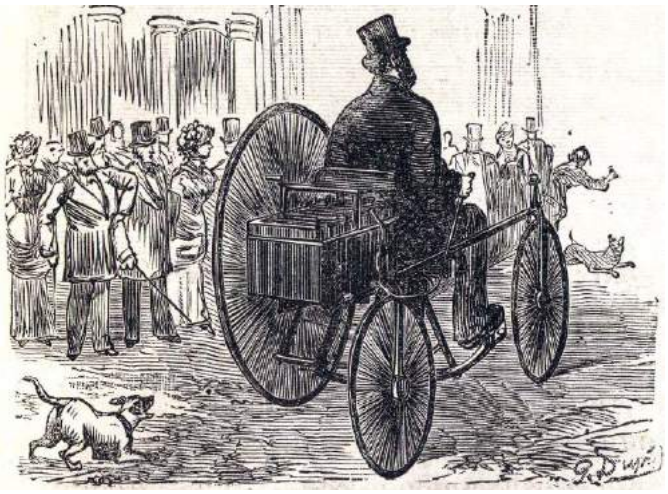
Dziś wracamy do samochodów elektrycznych dysponując akumulatorami dziesięć razy wydajniejszymi niż 100 lat temu (ale nadal energia zgromadzona w ich akumulatorach jest mniejsza niż 100 kWh), a do tego potrafimy oszczędzać i odzyskiwać energię - to jednak odrębny temat. W każdym razie powrót do idei samochodów elektrycznych jest możliwy głównie dzięki poprawie gęstości energii akumulatorów oraz obniżaniu ich cen.

Niech ta ciekawostka związana z samochodami elektrycznymi posłuży do przypomnienia bardzo ważnej kwestii gęstości energii wyrażanej w Wh/kg lub MJ/kg. Szczegóły są potrzebne tylko specjalistom, a współczesnemu elektronikowi wystarczy ogólne pojecie o tym zagadnieniu. Bo przecież prawie każdy z nas był zaskoczony różnicą między ciężkimi akumulatorami ołowiowymi i niklowymi, a lekkimi akumulatorami litowymi. Trzeba też uważać, by przez przeoczenie nie pomylić (grawimetrycznej) gęstości energii **na kilogram** masy akumulatora, z (wolumetryczną) gęstością energii przypadającą na 1 dm^3, czyli na litr objętości (Wh/dm^3, Wh/l) która ma znacząco różne wartości.

Nie należy też mylić **gęstości energii** z gęstością mocy, wyrażanej w watach na kilogram (W/kg), która wskazuje, jaką maksymalną moc można uzyskać z danego źródła energii. W te interesujące skądinąd aspekty nie będziemy się wgłębiać.

Wystarczą informacje podstawowe: O ile wczesne akumulatory kwasowe zapewniały gęstość energii 20...30 Wh/kg, o tyle współczesne wersje oferują wartości rzędu 50 Wh/kg. Można też z grubsza przyjąć, że akumulatory NiMH mają gęstość energii do 100 Wh/kg. Natomiast różne odmiany akumulatorów litowych oferują gęstość od ponad 100 Wh/kg do ponad 200 Wh/kg.

Wprawdzie w literaturze można znaleźć mnóstwo wzmianek o akumulatorach oferujących gęstość energii rzędu kilkuset, a nawet ponad 1000 Wh/kg, jednak nie chodzi o wyroby powszechnie dostępne



Rysunek 3. Pojazd elektryczny (tricykl) Gustawa Trouve zasilany akumulatorem

eprasa.pl e017b7ba51

na rynku. I jak na razie nie ma szans, by upowszechniły się akumulatory o gęstości energii znacząco większej niż 200 Wh/kg. Aktualnie wszystko wskazuje, że najbliższa przyszłość należeć będzie do akumulatorów litowych o gęstości energii rzędu 200...300 Wh/kg, a postęp będzie polegał przede wszystkim na obniżce ich cen.

Inne akumulatory

Czy może już słyszałeś o czymś takim jak **akumulatory wanadowe**?

Tak, to bardzo interesujący i pobudzający wyobraźnię rodzaj akumulatorów!

Akumulatory wanadowe zostały wynalezione w roku 1985 na Uniwersytecie Nowej Południowej Walii w Australii. Około roku 2000 pojawiły się na światowym rynku pierwsze propozycje komercyjne. Akumulatory wanadowe to rodzaj akumulatorów przepływowych; często oznaczane są angielskim skrótem RFB (*Redox Flow Battery*). Energia jest tam magazynowana w postaci chemicznej w dużej ilości elektrolitu. Kluczową częścią jest stosunkowo nieduże ogniwo, gdzie zachodzą reakcje chemiczne, gdzie energia elektryczna zamienia się na energię wiązań chemicznych (ładowania) i odwrotnie (rozładowanie). Elektrolit magazynujący energię zawarty jest w oddzielnych zbiornikach.

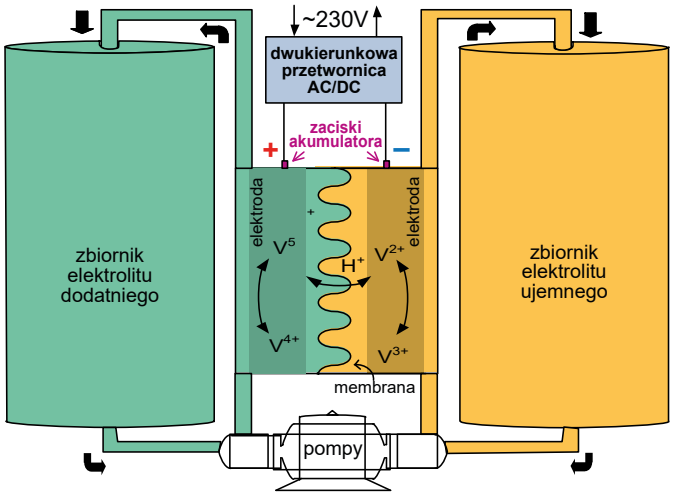
Co ważne, w samym ogniwie znajduje się jedynie znikoma część elektrolitu. Sumaryczna ilość elektrolitu jest nieograniczona, ponieważ pojemność zbiorników magazynujących jest nieograniczona.

Jedną z zalet akumulatorów przepływowych jest to, że ich pojemność nie zależy od wielkości ogniwa, tylko od ilości elektrolitu, zgromadzonego w oddzielnych zbiornikach. Natomiast wielkość ogniwa – reaktora decyduje tylko, jaką chwilową moc maksymalną może mieć akumulator, to znaczy z jakimi prądami ładowania i rozładowania może pracować. Budowę akumulatora wanadowego ilustruje **rysunek 4**. Dwie komory ogniwa oddzielone są półprzepuszczalną membraną, która nie pozwala na zmieszanie obu elektrolitów, ale przepuszcza elektrony i jony wodorowe H+ (protony). Przez takie przewodzące komory w obiegu zamkniętym przepompowywany jest elektrolit, pochodzący z oddzielnych zbiorników Elektrolitem, zarówno dodatnim jak i ujemnym jest kwas siarkowy z solami wanadu – siarczanem wanadylu: $VO(SO_4)$. A ładowanie i rozładowywanie akumulatora to zmiana stopnia utleniania metalu (wanadu), co wiąże się z pobraniem lub oddaniem elektronów.

Rozładowany akumulator nie tylko można po prostu naładować prądem. Mocno rozbudzający wyobraźnię jest pomysł, że można też szybko wymienić elektrolity na „naładowane" przez przelanie/przepompowanie. Taka możliwość natychmiast przywodzi na myśl zastosowanie w samochodach elektrycznych, a konkretnie tankowanie polegające na wymianie elektrolitu na naładowany.

Idea kusząca, jednak dostępne dziś akumulatory wanadowe, mają też dość poważne wady. Gęstość energii jest niska, więc zbiornik na elektrolit zająłby większość objętości (i masy) samochodu. Za wąski jest też użyteczny zakres temperatur pracy, zdecydowanie za mały jak na zastosowania motoryzacyjne. Jak na razie nie są dostępne małe akumulatory wanadowe. Wykorzystywane są tylko potężne instalacje do gromadzenia ogromnych ilości energii w farmach wiatrowych oraz w dużych instalacjach solarnych o mocach rzędu megawatów i pojemnościach od serek tysięcy do milionów amperogodzin, zawierające tysiące litrów kwasu siarkowego.

Dla elektronika konstruktora akumulatory wanadowe są więc tylko ciekawostką, niemniej idea wymiany elektrolitu przypomina o ogniwach paliwowych, co do których jeszcze niedawno żywiono duże nadzieje, także jeśli chodzi o wersje miniaturowe do sprzętu powszechnego użytku. Wprawdzie ogniwa paliwowe, które wytwarzają energię wskutek łączenia wodoru z tlenem z powietrza, nie są akumulatorami, bo ogólnie biorąc nie można ich naładować prądem, a jedynie dostarczyć paliwa – wodoru. Jednak ogniwa paliwowe mogą zastąpić większość akumulatorów, o ile tylko opracowane zostaną odpowiednio małe ich wersje. Prace trwają, jednak wcześniejsze oczekiwania i nadzieje względem ogniw paliwowych znacznie przygasły.



Rysunek 4. Uproszczona budowa i działanie akumulatora wanadowego

Dla porządku trzeba też wspomnieć o magazynowaniu energii elektrycznej w kondensatorach. Jak wiadomo, klasyczne kondensatory mają małą pojemność, więc ilość magazynowanej energii ($E = 0{,}5CU^2$) jest niewielka. Pojemność, a tym samym ilość magazynowanej energii można zdecydowanie zwiększyć, zmniejszając grubość dielektryka.

W **superkondensatorach**, zwanych też **ultrakondensatorami**, grubość dielektryka jest równa... zeru. Nie mają one klasycznego dielektryka, a ich działanie ściśle wiąże się ze zjawiskiem elektrolizy i minimalnym napięciem wymaganym do jej rozpoczęcia. Na granicy elektrody i elektrolitu pojawia się tak zwana warstwa podwójna (*double layer*), która zachowuje się jak izolator. Produkowana dziś tego rodzaju elementy są nazywane EDLC (*Electrochemical Double-Layer Capacitor*) – kondensatorami podwójnej warstwy (z podwójną warstwą). Można je ładować i rozładowywać i to bardzo szybko, ale klasyczne EDLC to nie są akumulatory, bo nie zachodzą tam reakcje chemiczne i energia nie jest magazynowana w wiązaniach chemicznych (ale są też rozwiązania, wykorzystujące reakcje chemiczne redox). Nadal też ich zdolność magazynowania energii jest dużo mniejsza, niż w klasycznych akumulatorach, a najważniejszą zaletą jest możliwość błyskawicznego ładowania i rozładowywania.

Aktualnie najwięcej mówi się o akumulatorach. W szczególności litowych, niemniej znanych jest wiele innych rodzajów akumulatorów i wciąż trwają poszukiwania jeszcze innych ich rodzajów.

Współczesny elektronik – konstruktor nie będzie zaskoczony, gdy usłyszy o akumulatorach innych, niż trzy najpopularniejsze: kwasowo-ołowiowe, litowe oraz niklowe (NiCd i NiMH): Jeżeli chodzi o wcześniejsze rozwiązania, to od początku XX wieku produkowano na potrzeba kolejnictwa i górnictwa akumulatory **niklowo-żelazowe** (NiFe), gdzie elektrolitem nie jest kwas siarkowy, tylko wodorotlenek potasu. Nie odniosły komercyjnego sukcesu akumulatory **niklowo-cynkowe** (NiZn), i jedne i drugie opatentowane w roku 1901 przez Edisona.

Nieporównanie większą popularność zdobyły w latach 40. XX wieku akumulatory **niklowo-kadmowe** (NiCd), a później **niklowo-wodorkowe** (NiMH). Dziś praktycznie wszystkie akumulatorki o rozmiarach paluszka (AA = R6) to akumulatory NiMH. Nie upowszechniły się natomiast ładowalne kilkanaście do kilkudziesięciu razy **alkaliczne akumulatory manganowe** (RAM – *Rechargeable Alkaline Manganese*), będące ładowalną odmianą jakże popularnych 1,5-woltowych jednorazowych ogniw alkalicznych.

Oprócz wcześnie opracowanych akumulatorów NiFe i NiZn, trzeba wspomnieć o akumulatorach **srebrowo-kadmowych** (AgCd) oraz o **srebrowo-cynkowych** (AgZn), gdzie substancjami czynnymi elektrod są Zn, ZnO, Ag_2O, a elektrolitem wodny roztwór KOH. Od dawna w nielicznych zastosowaniach wykorzystywano klasyczne mokre akumulatory AgZn.

eprasa.pl e017b7ba51

Jeżeli chodzi o akumulatory srebrowe, to trzeba wyjaśnić, że tak zwane **akumulatory srebrowo-wapniowe**, oferowane do samochodów, są w rzeczywistości akumulatorami kwasowo-ołowiowymi z dodatkiem srebra i wapnia. Podobnie akumulatory antymonowe.

W ciągu ostatnich lat przedstawiono szereg interesujących konstrukcji eksperymentalnych. Należą do nich akumulatory **cynkowo-powietrzne**, nazywane Zn-Air, Zn-Luft, których nie należy mylić ze znanymi od dawna ogniwami jednorazowymi do aparatów słuchowych.

Duże nadzieje budzą akumulatory **aluminiowo-powietrzne oraz niklowo-litowe** (Ni-Li), które łączą zalety akumulatorów niklowych i litowo-jonowych. Według oczekiwań, mogłyby one mieć ogromną gęstość energii, wielokrotnie lepszą od współczesnych, porównywalną z gęstością energii benzyny!

Niewiele wiadomo o bateriach i akumulatorach **litowo-powietrznych**. Opatentowano też akumulatory **potasowo-jonowe** (K-Ion). Nadzieję budzą też akumulatory **litowo-siarkowe** (LiS).

Mówi się też o akumulatorach **sodowo-jonowych** (Na-Ion), podobnych do litowo-jonowych, gdzie nośnikami prądu są jony popularnego i taniego sodu. Elektrolitem jest... słona woda. Dostępność składników, ich niska cena i nietoksyczność budzą duże nadzieje pomimo umiarkowanych parametrów.

Od dłuższego czasu znane są też „gorące" akumulatory **sodowo-siarkowe** (NaS), gdzie metaliczny sód i siarka zostają stopione. Takie akumulatory mają temperaturę pracy rzędu 300...350 stopni i wykorzystywane są wyłącznie w energetyce w dużych systemach bezprzerwowego zasilania. Podobnie w wysokiej temperaturze pracują akumulatory **sodowo-niklowe** (sodowo-niklowo-chlorkowe, znane jako ZEBRA), gdzie stopiony elektrolit ($Na\text{-}NiCl_2$) ma temperaturę 250 stopni. Są to akumulatory o potężnych pojemnościach i dużych rozmiarach.

Oprócz przedstawionych różnych odwracalnych źródeł energii elektrycznej, wciąż prezentowane są jeszcze inne koncepcje i rozwiązania. Słyszy się o akumulatorach **cienkowarstwowych**, **polimerowych** i oczywiście **grafenowych**. Jak na razie, chodzi jednak tylko o nowe koncepcje, a najwyżej laboratoryjne prototypy. Jak na razie, nie widać nowej technologii, która w najbliższych latach mogłaby zagrozić najlepszym aktualnie akumulatorom litowo-jonowym.

Dziś liczą się praktycznie tylko akumulatory ołowiowe i litowe, a spodziewana stopniowa obniżka cen akumulatorów litowych najprawdopodobniej wyeliminuje też ołowiowe.

Nie znaczy to wcale, że dziś niepotrzebne są inne rodzaje akumulatorów. W pewnych specyficznych zastosowaniach nadal z powodzeniem są stosowane inne akumulatory, w tym niklowe.

Akumulatory niklowe

Akumulatory NiMH, a jeszcze bardziej starsze, znacząco słabsze NiCd mają cechę, bardzo ważną w niektórych zastosowaniach. Otóż nie boją się one ani całkowitego rozładowania, ani przeładowania!

Tymczasem zarówno współczesne akumulatory ołowiowe, jak i wszystkie litowe, mogą być nieodwracalnie uszkodzone zarówno wskutek wyładowania do zera, jak też wskutek przeładowania.

Wprawdzie dziś mamy elektroniczne sposoby ochrony, zarówno przed nadmiernym rozładowaniem, jak i przeładowaniem, jednak w niektórych przypadkach nie tylko prostszym, ale po prostu lepszym rozwiązaniem okazuje się zastosowanie akumulatorów niklowych. Akumulatory NiCd zawierają wprawdzie trujący kadm i zasadniczo nie są dozwolone w zastosowaniach powszechnego użytku, jednak są stosowane nie tylko w elektronarzędziach.

Także akumulatory NiMH miały i mają duży potencjał. Stosowano je też z powodzeniem w samochodach elektrycznych (m.in. Toyota), a barierą w ich rozwoju stały się spory patentowe.

Dziś skrót NiMH kojarzy się przede wszystkim z akumulatorkami typu paluszki o wielkości AA (R6) i AAA (R03). Wprawdzie tracą one pomału popularność na rzecz litowych, ale nadal są szeroko stosowane. Generalnie mówi się, że akumulatory niklowe mają niedużą sprawność energetyczną i znaczne samorozładowanie. Przeczą temu parametry akumulatorów Eneloop, wprowadzonych na rynek w roku 2005 przez Sanyo i przejętych w 2014r. przez Panasonic, sukcesywnie udoskonalanych w kolejnych latach. Są to akumulatory NiMH produkowane w Japonii, o ulepszonym składzie chemicznym i konstrukcji, co daje znikome samorozładowanie i bardzo dużą trwałość.

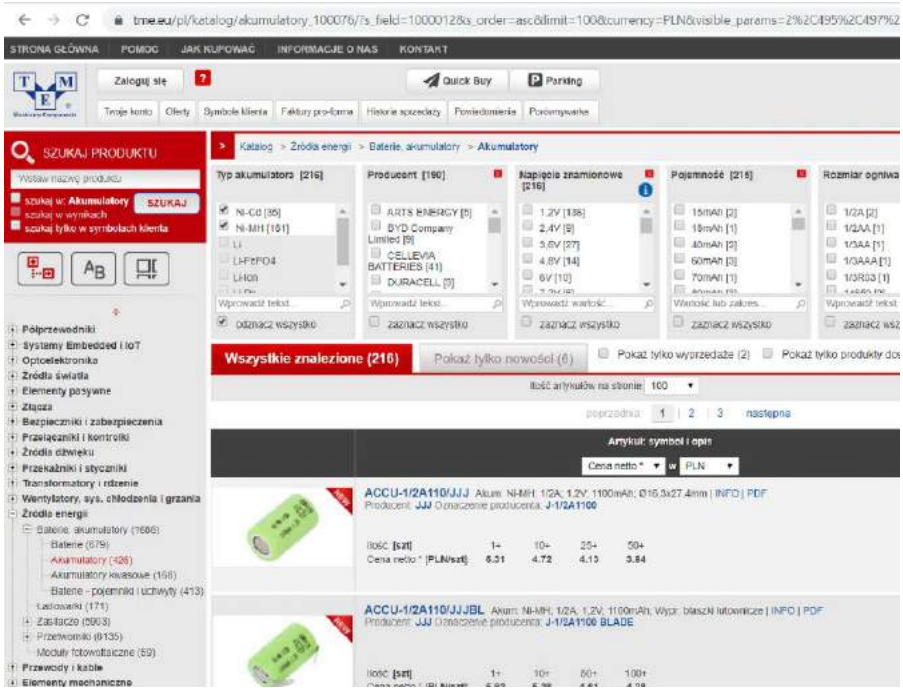
Akumulatory niklowe nie znikły z rynku. Przykładem może być TME – w chwili pisania artykułu w ofercie jest ponad 200 różnych ogniw pakietów, zarówno NiCd (35) i NiMH (181) – **rysunek 5**. W ofertach wielu firm można znaleźć liczne typy i odmiany akumulatorów niklowych. Nadal produkowane i reklamowane są też akumulatory NiFe z informacją, że pomimo małej gęstości energii, właśnie one z uwagi na znakomitą trwałość i niską cenę oferują najniższy sumaryczny koszt przechowywania energii elektrycznej.

Akumulatory kwasowe

Dawniej określenie akumulator kwasowy miało realny i praktyczny sens, bo użytkownik musiał dbać o poziom elektrolitu, którym był i nadal jest dość silny roztwór kwasu siarkowego.

Dziś dominują akumulatory szczelne, skrótowo nazywane VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) lub SLA (*Sealed Lead Acid*) i ich użytkownik z kwasem – elektrolitem nie ma żadnej styczności.

Dzisiejsze szczelne akumulatory VRLA (SLA) często nieściśle nazywane są żelowymi. Nie sposób wykorzenić tego przyzwyczajenia. Określenia akumulator żelowy (nad)używają nie tylko amatorzy. Nie wiedzą oni, że akumulatory żelowe z elektrolitem z dodatkami nadającymi mu postać żelu – galarety, stanowią znaczącą mniejszość wśród szczelnych akumulatorów VRLA/SLA. Zdecydowana większość oferty rynkowej to szczelne akumulatory AGM (*Absorbent Glass Mat*) z klasycznym ciekłym elektrolitem, uwięzionym we włóknach szklanej tkaniny – maty.



Rysunek 5. Bogata oferta akumulatorów niklowych

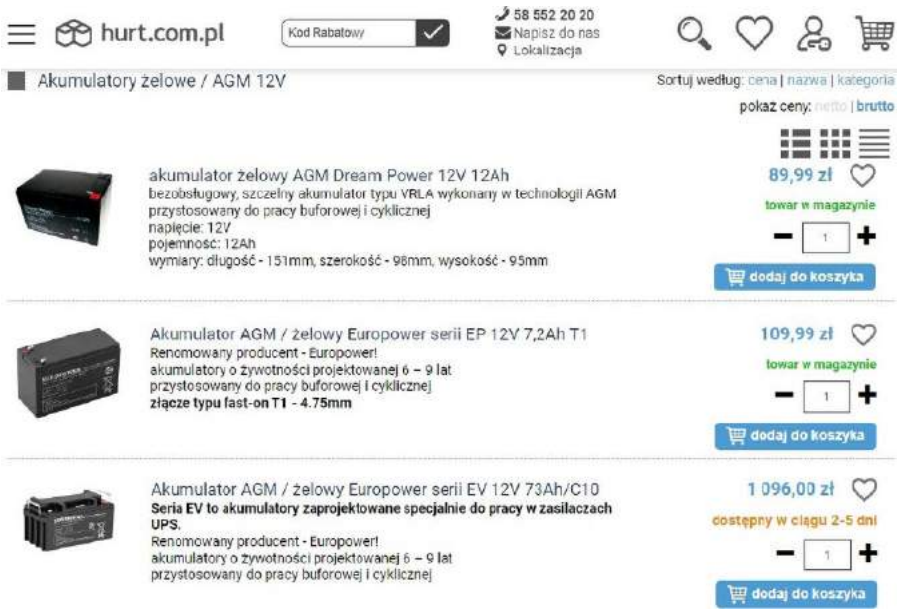
eprasa.pl e017b7ba51

Dla elektronika – konstruktora nazewnictwo to drobny szczegół, a kluczową sprawą jest wybór odpowiedniego akumulatora spośród mnóstwa odmian i rodzajów. A różnica między akumulatorami żelowymi i AGM jest znacząca, dotyczy i parametrów i cen.

Na pewno ani cena, ani popularność nie powinny być podstawowym kryterium przy wyborze.

Ogromna większość współczesnych akumulatorów to tzw. akumulatory bezobsługowe (VRLA/SLA), zwykle także na tyle szczelne, że mogą pracować w dowolnym położeniu bez obawy wycieku żrącego elektrolitu. Ogromna większość, ale nie wszystkie...

Może się wydawać, że dziś totalnym przeżytkiem są akumulatory mokre. Anachronizmem wydają się klasyczne sposoby mierzenia gęstości elektrolitu areometrem (nie aerometrem, który służy do pomiarów gęstości powietrza – gazów) oraz dolewanie wody, której objętość zmniejsza się wskutek zachodzącej elektrolizy. Wbrew pozorom, takie wymagające obsługi akumulatory nadal okazują się atrakcyjne w określonych zastosowaniach.



Rysunek 6. Przykład oferty akumulatorów AGM

Otóż budowa i szczegóły składu chemicznego akumulatorów kwasowo-ołowiowych optymalizowane są do określonych zastosowań i określonego rodzaju pracy. Znane chyba każdemu, dwa podstawowe, skraje rodzaje to **praca buforowa** i **praca cykliczna**. Ale w licznych zastosowaniach akumulator pracuje w trybie pośrednim, pomiędzy czystą pracą buforową, a pracą cykliczną. Klasyczny przykład pracy buforowej to 12-woltowy akumulator w urządzeniu UPS, który cały czas pozostaje po napięciem 13,5...13,8 V, a pracuje – oddaje energię tylko w bardzo rzadkich chwilach, gdy zabraknie prądu w sieci energetycznej 230 V. Kluczowym parametrem przy pracy buforowej jest trwałość, która dla różnych odmian akumulatorów i różnych producentów wynosi od 3 do kilkunastu, a nawet aż do 20 lat.

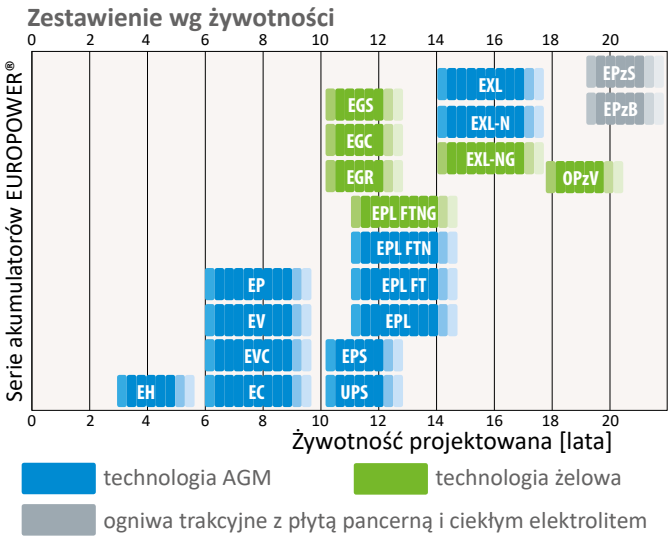
Klasycznym przykładem pracy cyklicznej jest akumulator w wózku widłowym w magazynie. Jest ładowany w nocy i pracuje w ciągu dnia, ulegając codziennie prawie całkowitemu rozładowania (deep discharge). Właśnie praca cykliczna, pomiędzy pełnym naładowaniem i pełnym rozładowaniem (ale nie do zera) jest dużym stresem, skracającym trwałość każdego akumulatora. Do takiej ciężkiej pracy optymalizowane są akumulatory nazywane *trakcyjnymi*. Niektóre mogą być szczelne, ale nadal często akumulatory trakcyjne (głębokiego wyładowania) są akumulatorami otwartymi, mokrymi (flooded). Zasadniczo mokre akumulatory trakcyjne, powszechnie stosowane w wózkach widłowych, nie leżą w zakresie zainteresowań konstruktora elektronika, jednak warto wiedzieć o pewnym wyjątku. Chodzi o akumulatory do wyspowych instalacji solarnych (off grid). Z reguły stosowane są tam jakieś odmiany akumulatorów szczelnych (VRLA/SLA), zwykle AGM. Jest to jedyne rozwiązanie akceptowalne dla niewykwalifikowanego użytkownika. Jednak dokładniejsza analiza specyfiki pracy oraz praktyczne doświadczenia wskazują, że znacząco lepsze parametry wyspowego systemu solarnego uzyskuje się przy zastosowaniu akumulatorów mokrych (flooded). Co prawda wymagają one okresowej kontroli poziomu elektrolitu i dolewania wody. Jeżeli jednak użytkownik rozumie szczegóły, też te związane z wydzielanie palnego, wybuchowego wodoru, a także gotowy jest poświęcić co tydzień trochę czasu na ich kontrolę i obsługę, wtedy właśnie akumulatory mokre okażą się optymalnym wyborem.

To kolejny odrębny, szeroki temat – w każdym razie znaczący producenci mają w ofercie kilka, a nawet kilkanaście rodzajów szczelnych akumulatorów kwasowo-ołowiowych oraz mokrych. Konstruktor powinien zapoznać się z ich specyfiką i zaleceniami producenta. Podstawowe zasady są wspólne dla wszystkich akumulatorów kwasowych, jednak w poszczególnych grupach zastosowań liczą się pewne specyficzne szczegóły.

Przykładem różnorodności typów i zastosowań mogą być oferty poszczególnych producentów i dystrybutorów. **Rysunek 6** to zrzut ze strony ***http://bit.ly/2SCvX43***, a **rysunek 7** to fragment katalogu EUROPOWER.

W przypadku wszystkich akumulatorów kluczowa jest trwałość poszczególnych odmian i wersji, która jest zależna od temperatury pracy oraz częstości i głębokości rozładowywania. Niełatwo jednak ocenić stosunek ceny do jakości oraz przewidzieć realny czas pracy, ponieważ oprócz wspomnianych aspektów technicznych, ogólna jakość oraz skłonność do starzenia i awarii jest zdecydowanie różna u poszczególnych producentów. Niemarkowe nonejmy często płatają przykre niespodzianki, szybko rujnując zadowolenie z niskiej ceny zakupu. Trzeba jednak przyznać, że najlepszy markowy akumulator ołowiowy też łatwo zamordować wskutek przeładowana lub niedoładowania.

Oferta rynkowa akumulatorów kwasowych jest bardzo bogata, a przy wyborze należy kierować się nie tylko danymi katalogowymi,



Rysunek 7. Zestawienie pokazujące różnorodność akumulatorów kwasowych

eprasa.pl e017b7ba51

ale też informacjami z dobrych źródeł na temat realnej trwałości oraz prawdopodobieństwa przedwczesnych uszkodzeń.

Akumulatory litowe

Przytłaczająca większość dzisiejszych akumulatorów litowych to akumulatory **litowo-jonowe**, często oznaczane skrótem Li-Ion. Kluczowym składnikiem jest metal lit, grafit oraz inne związki chemiczne, w wielu kobalt albo mangan. Dla konstruktora ważne są parametry użytkowe, a znikome znaczenie mają szczegóły technologiczne oraz szczegóły składu chemicznego (LCO, LMO, LMC, NCA, LTO).

W przytłaczającej większości akumulatorów litowych podawane przez producenta napięcie nominalne wynosi 3,6 V lub 3,7 V. Zwykle jest to przyjęta wartość umowna, a podawanie wyższej wartości nominalnej 3,7 V zamiast 3,6 V wydaje się drobnym zabiegiem marketingowym. W rzeczywistości napięcie akumulatora podczas pracy zmienia się znacząco, w zakresie od 2,5...3,0 V do 4,2 V. Przy markowych ogniwach napięcie nominalne jest niczym innym jak średnim napięciem z rozładowania wg. wytycznych producenta. Zatem można znaleźć akumulatory o napięciu nominalnym np. 3,63 V. Prawie wszystkie akumulatory oznaczane 3,6 V i 3,7 V ładowane są w identyczny sposób, za pomocą jednakowego typu ładowarek i co ważne: do napięcia końcowego 4,20 V. Ale są wyjątki: niektóre akumulatory o napięciu nominalnym 3,7 V oraz 3,8 V powinny być ładowane inaczej – do nieco wyższego napięcia końcowego – trzeba to sprawdzać w katalogach.

Drugą, znacząco mniejszą grupę stanowią (litowe) akumulatory fosfatowe ($LiFePO_4$, LFP) o mniejszym napięciu nominalnym 3,2 V.

Interesująca jest kwestia popularnych akumulatorów oznaczanych skrótem Li-Po albo Li-Poly – akumulatorów polimerowych. W rzeczywistości to też są **akumulatory litowo-jonowe**, tylko zawierają inny elektrolit. Nie jest nim nieorganiczna ciecz, tylko zwykle mające konsystencję pasty związki organiczne – polimery, stąd nazwa.

Dla użytkownika różnice między Li-Ion a Li-Po zasadniczo nie mają żadnego znaczenia. Jednak warto wspomnieć o nieścisłych skojarzeniach. Mianowicie akumulatory o kształcie cylindrycznym słusznie uznawane są za Li-Ion, natomiast przez niektórych wszystkie niecylindryczne, o kształtach zbliżonych do prostopadłościanu czy poduszki, są uznawane za polimerowe (Li-Po). Kształt nie ma tu znaczenia, decyduje bowiem skład elektrolitu. Dla użytkownika nazewnictwo nie jest istotne, w każdym razie nie warto się upierać w kwestii różnic między Li-Ion i Li-Po.

Trzeba też pamiętać, że istnieją duże akumulatory litowe o pojemnościach dziesiątek i setek amperogodzin, nie tylko odmiany $LiFePO_4$ (LFP), ale też Li-Ion. Tu zaskoczeniem może być sprawdzenie stosunku ceny do pojemności w porównaniu do małych akumulatorków 18650. Przy okazji wyjaśni się, dlaczego w wielu samochodach elektrycznych stosowane są zestawy małych ogniw 18650 lub niewiele większych (20700, 21700).

Pomijając akumulatory fabrycznie montowane w sprzęcie mobilnym, zdecydowanie najpopularniejsze na rynku są dziś cylindryczne akumulatory Li-Ion o oznaczeniu 18650, gdzie 18 to średnica nominalna, a 65 to długość nominalna w milimetrach. Prawie wszyscy wiedzą jednak, że wersje nazywane **protected**, posiadające wbudowane półprzewodnikowe zabezpieczania przed przeładowaniem i rozładowaniem. Mogą mieć długość ponad 70 milimetrów, w praktyce ok. 71…73 mm i zdarza się, że nie pasują do wielu urządzeń, czy ładowarek.

Przy podanych rozmiarach akumulatory 18650 mają masę w granicach 45...50 gramów oraz znacząco różną pojemność: w tanich elektronarzędziach stosowane są odmiany o pojemności 1300 mAh lub mniej, zaś najlepsze odmiany mają pojemność do 3300...3500 mAh. Pojemność rzędu 3400 mAh najpierw miały tylko najlepsze wersje NCR18650 produkowane przez Sanyo – Panasonic, potem takie pojemności osiągnęły także najlepsze odmiany akumulatorków 18650 produkcji Samsung (35E) i LG (MJ1).

Jednak na rynku jest mnóstwo akumulatorów litowych, zarówno cylindrycznych 18650, jak i prostopadłościennych/poduszkowych o deklarowanych niewiarygodnie dobrych parametrach. Do parametrów handlowych trzeba podchodzić bardzo ostrożnie.

Pojemność to kluczowy parametr, do którego wrócimy, ale w niektórych zastosowaniach ważny jest też maksymalny prąd obciążenia, podawany albo w amperach, albo często w krotności liczbowej wartości pojemności C.

W przypadku prawie wszystkich akumulatorów 18650 maksymalne prądy rozładowania są niezbyt duże, rzędu kilku C, co przy pojemności 2...3 Ah daje prądy maksymalne rzędu 10 amperów. Ale na rynku są też akumulatory litowe o deklarowanej ogromnej wydajności prądowej, nawet 100...200 C!

Wygląda to rewelacyjnie, ale nie dla wszystkich jest oczywiste, co to naprawdę znaczy czy raczej co to miałoby oznaczać. Żeby nie dojść do absurdu, warto rozważyć przykład idealnego akumulatora, którego pojemność nie zależy od wielkości prądu i który można obciążyć dowolnie dużym prądem. Otóż przy prądzie obciążenia liczbowo równym 1 C, czas pracy to oczywiście 1 godzina – 60 minut. Przy prądzie obciążenia 4 C czas pracy to tylko 15 minut. Przy prądzie obciążenia 10 C akumulator będzie pracował tylko 6 minut. Przy prądzie 60 C czas pracy wynosiłby tylko 1 minutę. A przy prądzie obciążenia 200 C czas pracy wynosiłby tylko 18 sekund.

Po co komu akumulator, który miałby pracować tylko kilkanaście czy kilkadziesiąt sekund? Istotnie trudno sobie wyobrazić drona z akumulatorem pracującym mniej niż minutę...

Nierealna bzdura?

Nie do końca! W tym kontekście należałoby wspomnieć o akumulatorach litowych, stosowanych w eksperymentalnych modelach najszybszych wyczynowych, zdalnie sterowanych pojazdów (samochodów), dla których potrzebne byłyby ogromne prądy rozładowania. Niektóre rzeczywiście pracują przy zadziwiająco dużych prądach rozładowania, czyli przez zaskakująco krótki czas. Można byłoby to sobie wyobrazić w przypadku akumulatora o małej pojemności. **Rysunek 8** pokazuje fragmenty pewnej chińskiej strony internetowej z ofertą handlową akumulatora, a raczej pakietu 22,2 V (6SP1) 1000 mAh o ciągłym prądzie maksymalnym 100 C i impulsowym 200 C (a oferowane są też wersje o prądzie ciągłym 120 C i impulsowym 240 C) .

Specyfikacja:
Nazwa marki: CNHL
Nazwa przedmiotu: ministar 22.2 V 1000 mAh 100C bateria lipo
Pojemność: 1000 mAh
Napięcie: 22.2 V/6-komórek/6S1P
Szybkość rozładowania: 100C ciągłe/200C Burst
Szybkość ładowania: 5C Max
Rozmiar: 56X30X66mm
Waga: 186g (w tym drutu i złącze)
Złącze wyjściowe: XT60

Rysunek 8. Pakiet akumulatorów wyróżniający się dużym dopuszczalnym prądem rozładowania

eprasa.pl e017b7ba51

Rysunek 9. Akumulator, który najpewniej nie spełnia oferowanych parametrów

Przy pojemności nominalnej 1 Ah prąd 100 C to 100 amperów, co jest wartością względnie łatwą do wyobrażenia. Prąd 100 A przy napięciu akumulatora 22 V daje 2200 watów i tu już trudniej wyobrazić sobie obciążenie, a konkretnie mały silnik o takiej mocy.

W rzeczywistości tego rodzaju akumulatory pracują przy prądach ciągłych dużo mniejszych niż 200 C czy 100 C i nie przez kilkanaście czy kilkadziesiąt sekund, tylko znacznie dłużej. Choćby dlatego, że są przeznaczone do dronów, których czas lotu to minimum kilka minut, co oznacza prąd rozładowania co najwyżej 10 C.

Ogromna wydajność prądowa 100 C/200 C, o ile w ogóle jest prawdziwa, w tym przypadku wskazuje tylko na znikomą rezystancję wewnętrzną, a więc znikomy spadek napięcia pod obciążeniem i niewielkie grzanie akumulatora podczas pracy przy prądach rzędu kilku C. Wbrew informacjom reklamowych wcale nie oznacza natomiast, że akumulator może pracować przy prądzie ciągłym 100 C czy jeszcze większym. A przecież oferowane są akumulatory o deklarowanym ciągłym prądzie rozładowania nawet 175 C (np. ***http://bit.ly/396MQt8***)!

Rysunek 9 pokazuje fragment oferty akumulatora 7,4 V 10000 mAh z chińskiego sklepu internetowego. Według opisu maksymalny ciągły prąd rozładowania to 100 C, impulsowy do 200 C. Akumulator ma pojemność 10 amperogodzin, wiec prąd ciągły 100 C to niewyobrażalne 1000 amperów!

Na pewno akumulator nie może pracować z takim prądem ciągłym! Choćby tylko z uwagi na przewody i złącze. Główne przewody to AWG10 (o przekroju 5,3 mm^2), a złącze stykowe to XT60. I takie przewody, i takie złącza mogą pracować przy prądach co najwyżej 100 A, ale nie 1000 A. Dziesięciokrotne zwiększenie prądu (100 A/1000 A) spowoduje stukrotne zwiększenie mocy strat wydzielanej: w przewodach, w złączu i w rezystancji wewnętrznej akumulatora. Spowodowałoby to przegrzanie, stopienie izolacji przewodów, a być może także samozapłon niewielkiego akumulatora!

Z deklarowanymi wartościami pojemności jest jeszcze gorzej! Warto to prześledzić na przykładzie popularnych 18650. Otóż aktualnie (początek roku 2020) **NIE MA AKUMULATORKÓW 18650 o pojemności większej niż 3600 mAh**.

W roku 2014 Panasonic poinformował o niedostępnej dziś wersji NCR18650G o pojemności nominalnej 3550 mAh i gwarantowanej 3450 mAh – **rysunek 10**. Tej wersji nie ma jednak na rynku, trudno znaleźć nawet informacje katalogowe.

Łatwiej znaleźć dane katalogowe i oferty wersji NCR18650GA o pojemności 100 mAh mniejszej – **rysunek 11**.

Model		NCR18650G
Nominal Voltage (V)		3.6
Rated Capacity (mAh)/Min. at 20°C		3400
Nominal Capacity (mAh)/Min. at 25°C		3450
Nominal Capacity (mAh)/Typ. at 25°C		3550
Standard Charge(CCCV)		0.3It 4.2V
Dimensions with Tube(Max.)	Diameter	18.5
	Height	65.3
Weight (g) (max.)		48.0

Rysunek 10. Największa rzeczywista pojemność akumulatora typu 18650 wynosi 3550 mAh (z dokumentacji Panasonic)

Specifications for NCR18650GA

Specifications		
Rated capacity(1)		3300mAh
Capacity(2)	Minimum	3350mAh
	Typical	3450mAh
Nominal voltage		3.6V
Charging	Method	CC-CV
	Voltage	4.20V
	Current	Std. 1475mA
	Time	Std. 270 min.
Weight (max.)		48.0g
Temperature	Charge	10 to +45° C
	Discharge	-20 to +60° C
	Storage	-20 to +50° C
Energy density(3)	Volumetric	693 Wh/l
	Gravimetric	224 Wh/kg

(1) At 20° C (2) At 25° C
(3) Energy density is calculated using bare cell dimensions (without tube).

Rysunek 11. Największa rzeczywista pojemność akumulatora typu 18650 dostępnego w sprzedaży wynosi 3450 mAh (z dokumentacji Panasonic)

Jak pokazuje **rysunek 12**, zrzut z europejskiej strony ***https://bit.ly/372oQq8***, aktualnie jest to najlepsza z oferowanych wersji, a w ofercie dla Ameryki (***https://bit.ly/2FLeRtp***), najlepsza jest wersja NCR18650BF (**rysunek 13**) o pojemności typowej 3350 mAh

eu.industrial.panasonic.com/products/batteries-energy-products/secondary-batteries-rech

Panasonic INDUSTRY — Products Solutions Applications Downloads RoHS

Home > Products > Batteries & Energy Products > Secondary Batteries (Rechargeable Batteries) Lithium Ion Batteries > -Cylindrical Type-

Lithium Ion Batteries: -Cylindrical Type-

Part No. (RESET)	Type (FILTER)	Nominal Voltage (V) (FILTER)	Nominal Capacity (min.) (mAh) (FILTER)	Nominal Capacity (typ.) (mAh) (FILTER)	Diameter tube) (m
UR-18650AA	General Purpose Models	3.6	2150	2250	18.5
UR-18650RX	High Drain Models	3.6	1950	2050	18.5
NCR-18500A	High Capacity Models (Ni System)	3.6	1940	2040	18.5
NCR-18650BD	High Capacity Models (Ni System)	3.6	3030	3180	18.5
NCR-18650BF	High Capacity Models (Ni System)	3.6	3250	3350	18.6
NCR-A8550GA	High Capacity Models (Ni System)	3.6	3350	3450	18.5
UR-18650ZM2	General Purpose Models	3.6	2470	2550	18.5

Rysunek 12. Akumulatory litowe w europejskiej ofercie marki Panasonic

na.industrial.panasonic.com/products/batteries/rechargeable-batteries/lineup/lithium-ion/series/90729

Panasonic — Products What's New Blog Coming Soon

Batteries > Rechargeable Batteries > Lithium Ion > Cylindrical Series

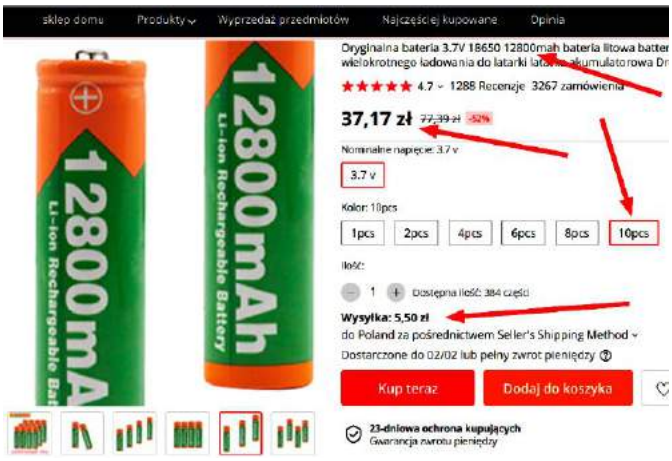
CYLINDRICAL SERIES

PART NUMBER LIST

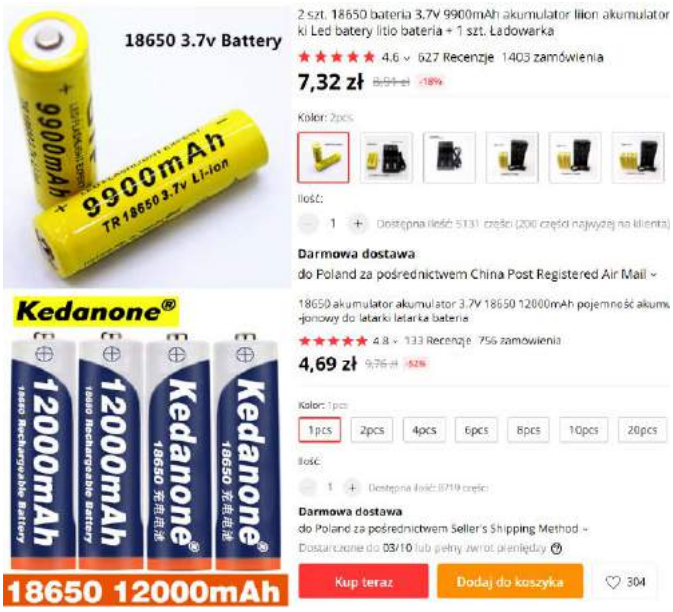
Part No.	Datasheet	Nominal Voltage (V)	Typical Capacity (mAh)	Charge Voltage (V)	Diame
UR18650ZTA		3.7	3000	4.35	18.6
NCR18650BF		3.6	3350	4.2	18.24
UR18650A		3.6	2250	4.2	18.5
NCR18650PF		3.6	2900	4.2	18.15
NCR18650BD		3.6	3180	4.2	18.26
UR18650RX		3.6	2050	4.2	18.6

Rysunek 13. Akumulatory litowe w amerykańskiej ofercie marki Panasonic

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 14. Zawyżane parametry akumulatorów litowych



Rysunek 15. Podawane na aukcjach parametry akumulatorów często nie przekładają się na ich rzeczywiste możliwości

i minimalnej 3250 mAh. W ofercie renomowanych producentów jak LG, Samsung czy Sony znajdziemy podobne oferty z najlepszymi wersjami do 3600 mAh.

Pojemność może być większa, ale nie przy wielkości 18650 – przykładowo grubsze i cięższe 26650 (średnica 26 mm) mają pojemność do 5000 mAh. Dostępne są też akumulatorki 20700 (średnica 20 mm, długość 70 mm) oraz 21700, wykorzystywane m.in w samochodach Tesla. Natomiast **reklamy akumulatorków wielkości 18650 o rzekomej pojemności ponad 3600 mAh są ewidentnym oszustwem!**

Rysunek 14 pokazuje tego rodzaju ofertę (Aliexpress), a **rysunek 15** – dwie kolejne, równie atrakcyjne. Przy pojemności 12800 mAh (12,8Ah), napięciu nominalnym 3,7 V, masie ogniwa około 47 g i cenie około 4,3 zł/szt. (37,17 zł+5,5 zł)/10 szt. uzyskalibyśmy rewelacyjną ilość energii 36,7 Wh, rewelacyjną gęstość energii 780 Wh/kg i rewelacyjną jak na akumulatory cenę niecałe 12 groszy za watogodzinę. To są wartości wzięte z sufitu, a pomiary pokazują, że realna pojemność tego rodzaju superakumulatorów jest często dziesięć razy mniejsza od deklarowanej.

Wcześniej stwierdziliśmy, że najwyższe realne pojemności są rzędu 34000...3600 mAh. Pomnożenie pojemności 3600 mAh przez napięcie nominalne 3,6 V daje 12,96 Wh. Przy masie typowego ogniwa około 48 gramów (46...50 g) dawałoby to 270 watogodzin na kilogram. Niestety, w rzeczywistości jest znacznie gorzej. Do obliczeń nie powinniśmy brać napięcia nominalnego, tylko niższe: jak pokazuje rysunek 11, dotyczący NCR18650GA, gdzie producent podaje gęstość energii swojej najlepszej wersji równą 224 Wh/kg. I takie wartości potwierdzają liczne niezależne testy.

Omówione tu były skrajne, jaskrawe przypadki ewidentnego oszustwa. Ale problem zawyżania pojemności dotyczy także uczciwych sprzedawców, którzy mogą zostać wprowadzeni w błąd przez hurtownika lub nierzetelnego wytwórcę. Popularne są bowiem podróbki, wyglądające jak wyroby wiodących producentów.

Przy zakupie trzeba zwracać uwagę na gwarantowaną pojemność minimalną, która będzie podstawą ewentualnych reklamacji. Warto poszukać na forach szczegółowych informacji o testach akumulatorków 18650 i upewniać się, czy dystrybutor testował sprzedawane akumulatory lub czy ma inne solidne dowody ich jakości. Generalnie akumulatory litowe nie nadają się do bardzo szybkiego ładowania. Typowe prądy ładowania są mniejsze niż 1 C, a typowe czasy ładowania rzedu 2 do 4 godzin. Zwykle większe dopuszczalne prądy maksymalne, i rozładowania, i ładowania, mają wersje o mniejszej pojemności. Nie zawsze więc najpojemniejsze wersje okażą się najlepsze.

Przy wyborze trzeba brac pod uwagę nie tylko pojemność i cenę zakupu, ale też inne czynniki. Na przykład to, dla jakich warunków określane są parametry? Jak określana jest trwałość, dla jak głębokiego rozładowania? I jak duża utrata pojemności (80% czy 60% pierwotnej) uznawana jest jako granica zużycia?

W przypadku wszelkich akumulatorów litowych trzeba też uwzględnić problem zabezpieczeń przed przeładowaniem i nadmiernym rozładowaniem, a nie zawsze najlepszą opcją jest użycie akumulatorów posiadających fabryczne zabezpieczenia (*protected*).

Podsumowanie

Oferta akumulatorów jest ogromnie szeroka. W obecnej sytuacji trudny może być wybór pomiędzy znanymi, sprawdzonymi akumulatorami ołowiowymi a nowymi, bardzo zachwalanymi, ale jeszcze mniej poznanymi litowymi. Wybór zawsze wymaga od konstruktora wnikliwej analizy, nie tylko cen i danych zawartych w katalogach. Decyzje mogą też wynikać z osobistych doświadczeń i przyzwyczajeń. Jedni zastanowią się, czy warto trwać przy starych przyzwyczajeniach. Inni odwrotnie: czy zamiast gonić za niepewnymi nowościami nie warto wykorzystać rozwiązań wprawdzie starszych, ale sprawdzonych i tańszych?

Sytuacja się zmienia, akumulatory litowe zauważalnie tanieją, na pewno trzeba więc trzymać rękę na pulsie.

Piotr Górecki

REKLAMA

KITy AVT na wideo http://bit.ly/2ScLZTy • O KIT-ach AVT przeczytasz również na Facebooku http://bit.ly/2BjVMN7

eprasa.pl e017b7ba51

Zdaniem konstruktora

Akumulatorki Ni-MH to bardzo często stosowana alternatywa dla tradycyjnych baterii alkalicznych. Ze względu na możliwości wielokrotnego ładowania (nawet 2100 razy) są rozwiązaniem bardziej ekologicznym. Dobre parametry użytkowe (niski współczynnik samorozładowania w akumulatorkach Ni-MH nowej generacji) sprawiają, że często znajdują wiele zastosowań. Akumulatorki Li-Ion wykonane są w innej technologii niż akumulatorki Ni-MH i mogą być stosowane tylko w dedykowanych urządzeniach. Posiadają wyższe napięcie nominalne i mają nieco inne wymiary. Wymagają też specjalnych ładowarek akumulatorów Li-Ion.

Konstruktor poleca

Niezależnie od tego, czy poszukujesz rozwiązania Ni-MH, czy Li-Ion, w sklepie hurt.com.pl znajdziesz szeroki wybór akumulatorków i ładowarek takich marek jak: Xtar, Eneloop, everActive, Energizer, Varta, GP i inne.

Panasonic Eneloop

Eneloop to ekologiczne akumulatory Ni-MH nowej generacji, wyróżniające się długim okresem eksploatacji – ilość cykli ładowania i rozładowania wynosi nawet 2100 razy. Nowe akumulatorki są wstępnie naładowane i gotowe do natychmiastowego użycia zaraz po zakupie. Co ciekawe – w procesie produkcji ładowane są energią słoneczną. Technologia eneloop firmy Panasonic sprawia, że akumulatory eneloop mogą utrzymać 70% swojego ładunku nawet przez 10 lat. Do ich ładowania można oczywiście używać wszystkich ładowarek, które przeznaczone są do ładowania akumulatorków niklowo-wodorkowych (Ni-MH). http://bit.ly/38ZYc2n

Panasonic NCR-18650B

Ogniwa Li-ion marki Panasonic znane są z najwyższej jakości na całym świecie. Produkty tej firmy stosowane są zarówno w urządzeniach przeznaczonych dla użytku domowego jak i profesjonalnego. Dzięki unikalnej konstrukcji łączą w sobie wysoką gęstość energii oraz długą żywotność, a jednocześnie integrują technologie poprawiające bezpieczeństwo eksploatacji. Należy pamiętać o tym, że nie posiadają wbudowanego elektronicznego zabezpieczenia przed przeładowaniem i głębokim rozładowaniem, dlatego mogą być stosowane wyłączenie w urządzeniach wyposażonych w takie zabezpieczenia. http://bit.ly/3c8xG8T

Kontakt:

Baltrade sp. z o.o.
80-298 Gdańsk
ul. Kartuska 493

tel. 58 552 20 20
www.hurt.com.pl

eprasa.pl e017b7ba51

Poznaj Panasonic Eneloop

– pioniera wśród akumulatorków Ni-MH nowej generacji

Akumulatorki Ni-MH Eneloop w dużej mierze zrewolucjonizowały rynek akumulatorków niklowo-metalowo-wodorkowych. W 2005 roku, gdy premierę miał pierwszy, japoński akumulator marki Eneloop znane były już niemal wszystkie wady i ograniczenia technologii Ni-MH, która szybko wypierała wysłużone, toksyczne akumulatory Ni-Cd.

Jednym z największych problemów standardowych akumulatorków Ni-MH była (i nadal jest) wysoka podatność na samo-rozładowanie. Najpojemniejsze akumulatory Ni-MH potrafiły tracić nawet 30% naładowania po upływie jednego dnia od wyjęcia z ładowarki. Spadek napięcia na biegunach akumulatora był bardzo szybki i zauważalny, nawet gdy akumulator nie był użytkowany. Powodowało to problemy w wielu urządzeniach i bardzo ograniczało możliwość ich wykorzystania w domowych, typowych zastosowaniach. Użytkowanie akumulatorków Ni-MH często kończyło się frustracją użytkowników i szybkim powrotem do sprawdzonych baterii jednorazowych lub starych ogniw Ni-Cd.

W momencie swojej premiery Eneloop wydawał się przeczyć powszechnym przekonaniom na temat technologii Ni-MH. Nie oferował być może najwyższych pojemności, jednak miał inne, istotne zalety. Akumulatory były od początku niezwykle trwałe i bardzo wolno ulegały samorozładowaniu. Wyższe napięcie wyjściowe dostępne w długim okresie użytkowania dało możliwość niemal nieograniczonego zastosowania, a w wielu wypadkach wręcz wyparcia standardowych, jednorazowych baterii (**rysunek 1**). Dzisiaj trudno wyobrazić sobie korzystanie z innego rodzaju zasilania np. w fotograficznych lampach błyskowych, czy wielu latarkach.

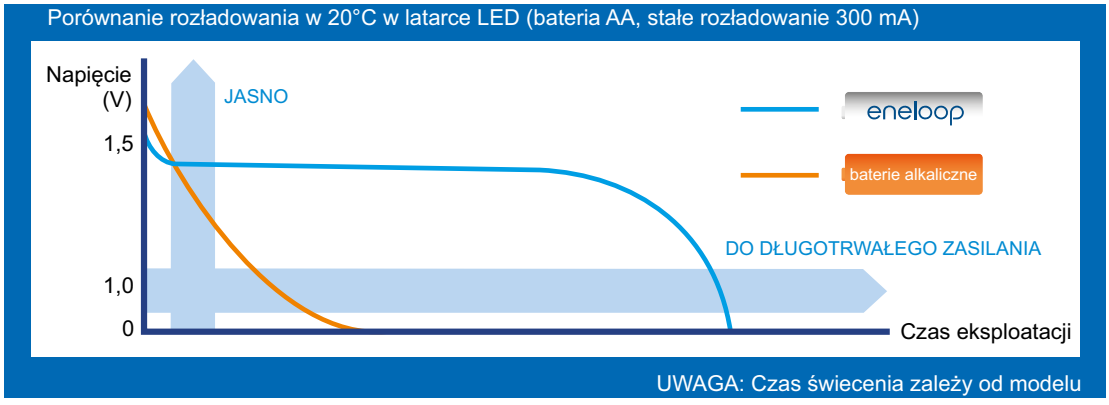
Przez lata akumulatory Eneloop się mocno upowszechniły, co pozwoliło w dużej mierze przywrócić zaufanie użytkowników do technologii Ni-MH – przede wszystkim ich gotowość do pracy stała się dużo bardziej przewidywalna.

Akumulatory Eneloop są doskonalone od 2005 r., a te dostępne w Europie są niezmiennie produkowane w Japonii. Obecnie, czwarta generacja białych akumulatorów Panasonic Eneloop zachowuje aż do 70% pojemności nawet po 10 latach od naładowania. Dla użytkowników, którzy bardziej intensywnie korzystają ze swoich akumulatorków największą zaletą jest ich trwałość określona aż na 2100 cykli. Akumulatorki Eneloop mają również inne, mniej reklamowane zalety, jak choćby wolny wzrost rezystancji wewnętrznej w trakcie eksploatacji, czy bardzo wysoką odporność na głębokie rozładowanie.

Do stycznia 2019 fabryki opuściło 480 milionów akumulatorków Eneloop. Każdego roku na świecie zużywa się około 40 miliardów baterii. Zastąpienie ich w urządzeniach wymagających częstej wymiany źródła zasilania ładowalnymi akumulatorami to krok w kierunku zmniejszenia negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne.

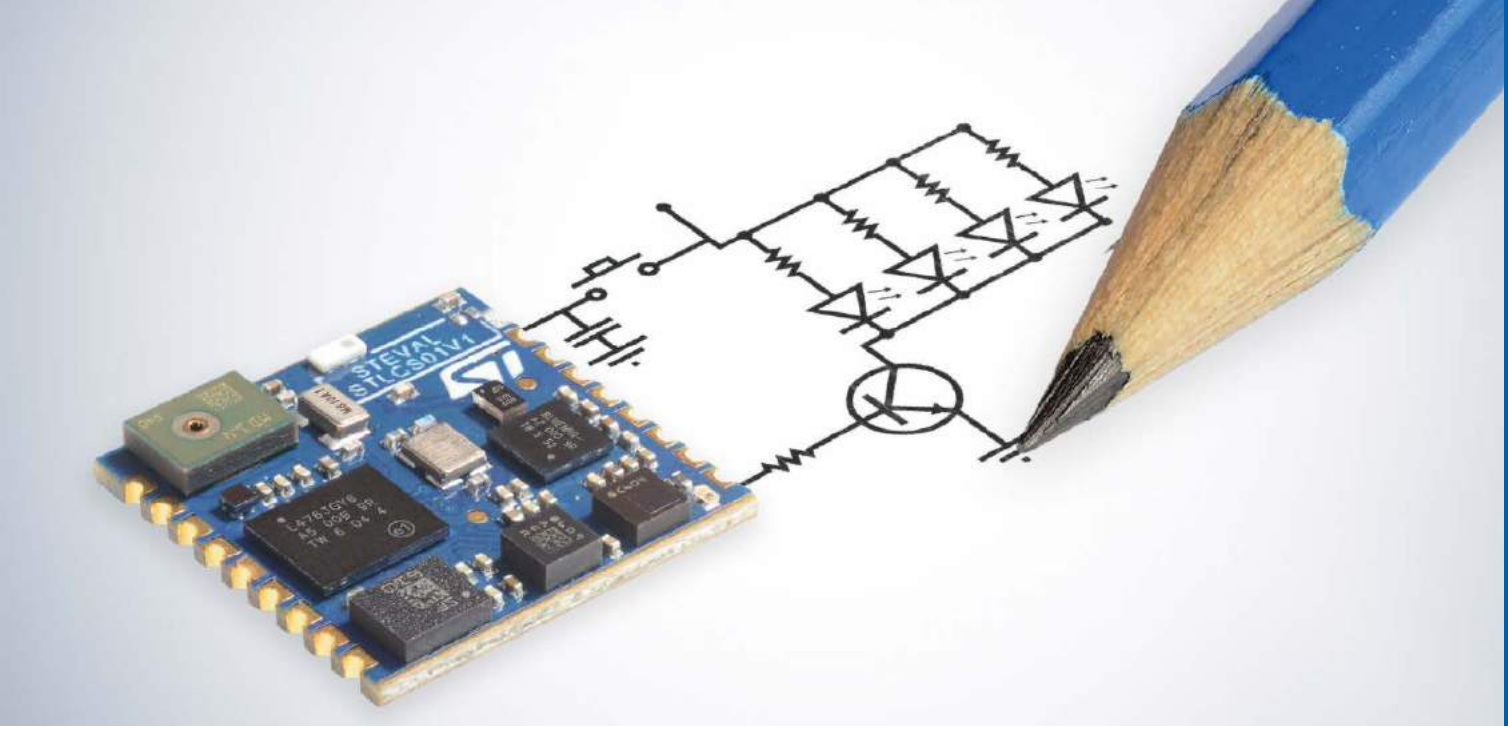
Akumulatory Eneloop są sprzedawane jako gotowe do użycia, czyli są wstępnie naładowane. Jednak co ważne, w procesie produkcyjnym są ładowane energią słoneczną, co dodatkowo ogranicza emisję gazów cieplarnianych.

Jak twierdzą przedstawiciele oficjalnego dystrybutora Panasonic Eneloop, firmy Baltrade sp. z o.o. (***www.hurt.com.pl***) olbrzymia popularność akumulatorków Eneloop sprawia, że na rynku spotkać można coraz więcej podróbek – warto więc zaopatrywać się tylko u sprawdzonych dostawców.



Rysunek 1.

eprasa.pl e017b7ba51



Niezbędne narzędzia deweloperskie

Zestawy edukacyjne i ewaluacyjne

Bardzo szybki rozwój elektroniki sprawia, że my – elektronicy – musimy się ciągle uczyć. Mowa nie tyle o wiedzy akademickiej, co praktycznej. Potrzebujemy znać różnorodne, nowoczesne rozwiązania i umieć je stosować, gdy tylko pojawią się na rynku. Sprowadzenie nauki do czytania kart katalogowych nie jest rozwiązaniem, ponieważ wiele szczegółów wychodzi na światło dzienne dopiero w czasie prób i testów. W artykule opisujemy, jak uczynić poznawanie nowych rozwiązań elektronicznych bardziej efektywnym, jak wspomagać naukę projektowania nowoczesnych obwodów elektronicznych oraz zaprezentujemy narzędzia, które mogą nam w tym pomóc.

Człowiek musi się uczyć całe życie, by nadążać za zmieniającym się światem. W branży elektroniki odczuwamy to jeszcze silniej, bo nasza dziedzina zmienia się wyjątkowo dynamicznie. I nie chodzi o zmiany rewolucyjne, które zdarzają się raz na jakiś czas. Wystarczy zwykła ewolucja, której podlegają podzespoły oferowane elektronikom. Z każdym rokiem na rynku pojawia się szereg nowych produktów. Niektóre z nich to po prostu elementy bardziej wydaje lub pracujące z większymi prądami czy częstotliwościami niż produkowane dotychczas. Pozostała grupa to układy dające początek zupełnie nowym rodzinom podzespołów – czasem stanowiące podstawę nowych ekosystemów, w ramach których powstaną kolejne odmiany układów.

Elektronika zmienia się też w wyniku mody i trendów panujących na rynku konsumenckim. Bardzo wielu klientów wymienia elektronikę, z której korzysta, na nowszą, bywa że nawet co roku, pokazując tym samym, że są w awangardzie technologicznej. A my, chcąc spełnić ich potrzeby i skorzystać z możliwości zarobienia na zaspokojeniu tego popytu, musimy sięgać po coraz nowsze rozwiązania. I choć w innych dziedzinach przemysłu świat też przyspieszył, to właśnie elektronika i informatyka pędzą najszybciej. O ile informatycy w ramach testów nowych bibliotek programowych mogą je samodzielnie wypróbować na posiadanym przez siebie komputerze, nie odchodząc nawet od biurka, o tyle nasza sytuacja jest nieco bardziej skomplikowana. Działamy na komponentach fizycznych. Aby szybko sprawdzić, czy nowy produkt działa tak jak potrzebujemy, warto sięgnąć po odpowiedni zestaw startowy, który ułatwi podłączenie i zbadanie nowego komponentu. Opiszemy dostępne rodzaje oraz zaprezentujemy przykłady takich zestawów.

Zestawy ewaluacyjne a komputery jednopłytkowe

Przystępując do omawiania zestawów deweloperskich, szybko natrafia się na problem w postaci odróżnienia ich od komputerków jednopłytkowych. Oczywiście istnieje cały szereg zestawów i płytek ewaluacyjnych, które z komputerami jednopłytkowymi nie mają nic wspólnego, ale te bardziej zaawansowane przykłady często opierają się na wydajnych mikrokontrolerach albo nawet mikroprocesorach aplikacyjnych i w praktyce mogą funkcjonować jak w pełni funkcjonalne komputery.

Najbardziej złożone produkty różnią się tylko szczegółami, na które zwróci uwagę jedynie wprawne oko. Przykładowo – jeśli dana płytka ma postać minikomputerka, ale została opracowana jako zestaw ewaluacyjny, duża część komponentów, jeśli nie wszystkie, będzie pochodzić od jednego producenta. Nie jest to ścisła zasada, gdyż bywa, że dany producent nie ma w swojej ofercie wielu podzespołów potrzebnych do budowy działającego komputera. I odwrotnie – jeśli jakaś firma decyduje się na stworzenie komputera jednopłytkowego, to jest bardzo możliwe, że sięgnie po podzespoły jednej firmy, by móc

eprasa.pl e017b7ba51

korzystać ze wsparcia dostawcy i mieć pewność, że wybrane komponenty będą ze sobą poprawnie współpracowały.

Niemniej, jeśli producent tworzy zestaw ewaluacyjny, bazując jedynie na swoich układach, to nie czyni tego wyłącznie po to, by zmniejszyć koszty produktu i nie opłacać marży innego wytwórcy. Nadrzędny cel jest inny. Projektant, który sięgnie po taką płytkę, zdobywając doświadczenia z nowymi podzespołami, które się na niej znajdują, w swoich przyszłych projektach zastosuje ten poznany i sprawdzony zestaw elementów.

Zdarza się też, że producent celowo tak konstruuje swój zestaw ewaluacyjnych, by mógł on funkcjonować jako uniwersalny komputer jednopłytkowy. Firmy liczą na to, że oferując taki produkt „po kosztach", spopularyzują go w społeczności „twórców", określanej angielską nazwą „makers community". Jeśli zyskałby chociaż mały rozgłos jako użyteczna, niedroga platforma, prawdopodobnie powstałoby nań wiele różnych projektów, opisanych czy to w Internecie, czy w czasopismach drukowanych. Im więcej aplikacji zostanie zrealizowanych z użyciem danych komponentów, tym więcej powstanie materiałów opisujących ich działanie. Wtedy łatwiej znaleźć w Internecie pomoc w przypadku wszelkiego rodzaju trudności. Wielkość społeczności skupionej wokół danego rozwiązania jest jednym z czynników decydujących o wyborze danej rodziny rozwiązań do planowanej aplikacji. Jeśli z określoną rodziną produktów swój czas i pracę wiąże duża liczba inżynierów, należy się też spodziewać, że ekosystem ten nie zostanie porzucony i będzie jeszcze długo rozwijany, a to oznacza, że gdy przyjdzie czas na modernizację tworzonych przez nas rozwiązań, będziemy mogli po prostu poszukać nowszych wersji komponentów, których już użyliśmy. Bez problemu powinniśmy też znaleźć nowe sterowniki czy przykłady kodu, dokumentujące użycie wybranych podzespołów i dzięki temu skracające czas potrzebny na dotarcie z gotowym rozwiązaniem na rynek.

Ewaluacyjne a edukacyjne

Wyróżniliśmy dotąd dwa rodzaje płytek deweloperskich – klasyczne, które służą sprawdzeniu przez profesjonalistów możliwości konkretnych podzespołów oraz niemal pełnoprawne komputery jednopłytkowe, które kierowane są w dużej mierze do półprofesjonalistów, hobbystów i innych twórców. Jest jeszcze trzecia grupa omawianych produktów, są to zestawy przeznaczone dla osób początkujących. Płytki i całe zestawy edukacyjne są tworzone na potrzeby nauczania. O ile zdobycie wiedzy praktycznej na temat zastosowania określonego komponentu też bazuje na procesie uczenia się, to rozwiązania edukacyjne mają na celu kształcenie nowych pokoleń inżynierów od zupełnych podstaw.

Płytki edukacyjne generalnie nie będą wchodziły w obszar zainteresowań zawodowych większości czytelników EP, ale warto zwrócić uwagę na ten szybko rozwijający się rynek. Okazuje się, że sprzedają się one nawet w milionach sztuk, co z jednej strony może wskazywać na istnienie niszy rynkowej, na razie tylko częściowo obsłużonej przez graczy z tego rynku. Z drugiej strony, płytki te stanowią bardzo dobre narzędzia edukacyjne, tak dla dzieci, jak i dorosłych, którzy chcą rozwinąć swoje umiejętności z dziedziny elektroniki. Co ważne, część zestawów koncentruje się na uczeniu prostego programowania układów cyfrowych z wykorzystaniem mikrokontrolerów. Być może sięgnięcie po takie rozwiązania byłoby sposobem na polubienie programowania przez inżynierów, którzy dotąd unikali tej części elektroniki, a która obecnie dominuje w większości nowych projektów.

Alternatywnie, zestawy edukacyjne mogą stanowić dobry prezent dla uczniów wszelkich szkół, gdyż pomagają młodym ludziom zaznajomić się z tzw. myśleniem obliczeniowym, zrozumieć, jak działają nowoczesne urządzenia elektroniczne i spróbować tego w praktyce. Instytucje edukacyjne na całym świecie wdrażają projekty szkolne, polegające na dostarczaniu zestawów edukacyjnych, opartych na takich płytkach jak BBC micro:bit czy CodeBug. Bywa, że zamiast nich można po prostu sięgnąć po pierwsze lepsze Arduino czy popularny komputer jednopłytkowy, ale zestawy edukacyjne mają dodatkowy atut w postaci przygotowanych kursów na potrzeby nauczania i są wykonane tak, by były wyjątkowo atrakcyjne dla dzieci i młodzieży w różnym wieku.

Różnorodność zestawów

Zestawów ewaluacyjnych, jakie są obecnie oferowane na polskim rynku, można znaleźć ponad tysiąc. Większość z nich została zaprojektowana z myślą o testowaniu komponentów danej grupy, a nie wszystkiego po trochu. Dlatego znajdziemy zestawy, które pomogą nauczyć korzystania z nowoczesnych podzespołów mocy, czujników albo przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych.

W ostatnim czasie pojawiło się bardzo wiele zestawów do testowania układów radiowych – nierzadko mają postać pozwalającą na szybkie przeniesienie ich do realnie działających urządzeń, sterujących pracą jakichś elementów. Niewiele mniej jest zestawów do testowania układów komunikacji przewodowej i różnorodnego przetwarzania sygnałów. Wciąż niemało znajdziemy płytek, które pomogą nauczyć się korzystać z podzespołów do audio czy innych aplikacji analogowych. Są też zestawy pomyślane o zastosowaniach specjalnych, np. związanych z odmierzaniem czasu, zbieraniem energii z otoczenia, czy popularne w ostatnim czasie moduły ułatwiające projektowanie aplikacji oświetleniowych, opartych na LED-ach. Znajdziemy również zestawy do testowania wyświetlaczy, ekranów dotykowych i niemal wszelkich innych podzespołów.

Niektóre z zestawów obejmują w pełni zintegrowane konstrukcje, w których wszystko, co potrzebne, jest zamontowane na pojedynczej płytce PCB. Inne zawierają gniazda i kilka oddzielnych podzespołów w obudowach do montażu przewlekanego, które można umieszczać we wlutowanych na płytkach podstawkach. Jest to szczególnie użyteczne, jeśli chcemy przetestować różne warianty komponentu lub gdy stosowany element – z różnych powodów – może ulec uszkodzeniu lub zużyciu i stąd lepiej móc go łatwo wymienić bez konieczności używania lutownicy. Jeszcze inne złożone są z kompletu elementów przeznaczonych do łączenia ze sobą w różnych konfiguracjach, w zależności od tego, co będzie akurat potrzebne. Tego typu zestawy są najbardziej zaawansowane i uniwersalne a zarazem – najdroższe. Wybierając zestaw, warto zwrócić uwagę, czy należy on do jakiejś konkretnej rodziny produktów, bo być może nabywając go, da się później mniejszym kosztem rozszerzać jego możliwości o testowanie kolejnych podzespołów.

Bardzo ciekawym rozwiązaniem są niewielkie zestawy, które choć mają postać pojedynczej płytki, podłączanej najczęściej za pomocą kabla USB do komputera, mogą pracować jako lekkie, docelowe rozwiązanie w różnych prostych aplikacjach. Nierzadko są to niezbyt skomplikowane moduły sensorów, w których sekcja odpowiadająca za łączność z komputerem PC, zapisywanie pamięci itd. zajmuje podobnie dużą przestrzeń, jak właściwe, testowane obwody. Płytki te są więc fabrycznie ponacinane, tak by użytkownik po ich przetestowaniu i wgraniu finalnej wersji programu mógł odłamać obwody odpowiadające za kontakt ze środowiskiem deweloperskim. Pozostały moduł stanowi wtedy proste, ale w pełni funkcjonalne rozwiązanie, które na dodatek jest w stanie zmieścić się w niewielkiej obudowie.

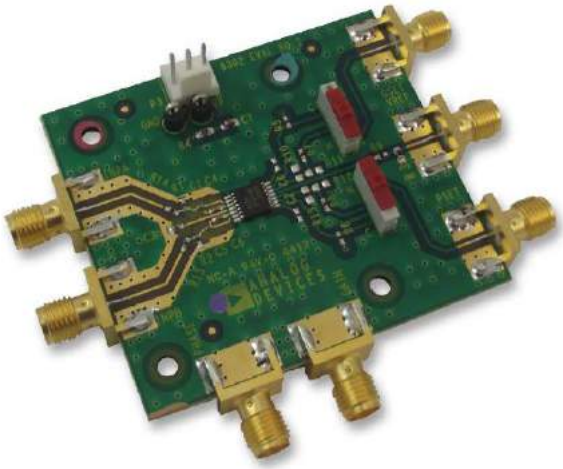
Przykładowe zestawy

Poniżej prezentujemy wybrane zestawy rozwojowe, przygotowane przez różnych producentów. Staramy się w ten sposób pokazać, jak bardzo szeroki zakres komponentów można testować z użyciem zestawów startowych. Zdecydowana większość opisanych modeli jest przygotowywana lub przynajmniej markowana przez samych producentów układów, które mają podlegać testom. Niemniej można znaleźć wiele zestawów, które zostały stworzone przez jedną firmę, by testować podzespoły innych.

Analog Devices AD8302-EVALZ

Zaczynamy od produktu bardzo specjalizowanego. AD8302-EVALZ firmy Analog Devices jest płytką ewaluacyjną dla detektora wzmocnienia i fazy RF/IF AD8302. Układ jest w pełni zintegrowanym systemem do pomiaru wzmocnienia/straty oraz fazy na potrzeby aplikacji związanych z przesyłem lub odbiorem sygnałów. Wymaga niewielu komponentów zewnętrznych oraz pojedynczego zasilania z zakresu 2,7...5,5 V. Sygnały wejściowe mogą mieć zakres od –60 dBm do 0 dBm i częstotliwości do 2,7 GHz, impedancja wejść wynosi 50 Ω. AD8302

eprasa.pl e017b7ba51



Fotografia 1. Płytka ewaluacyjna AD8302-EVALZ firmy Analog Devices dla układu detektora wzmocnienia i fazy RF/IF AD8302

składa się z pary demodulujących wzmacniaczy logarytmicznych o ścisłym dopasowaniu – każdy z zakresem pomiarowym 60 dB. Zestaw pozwala na dokładne skalowanie pomiaru wzmocnienia (30 mV/dB) i dokładne skalowanie pomiaru fazy (10 mV/stopień). Ma trzy tryby pracy: pomiaru/kontrolera/komparatora poziomu. Generuje stabilne wyjście napięcia odniesienia 1,80 V. Jest użyteczny w aplikacjach monitorowania systemów. Koszt zestawu wynosi około 1500...1600 zł brutto.

Fotografia 2. Zestaw ewaluacyjny i gotowe urządzenie sieci LoRaWAN klasy A, zbudowane na bazie modemu LoRa RN2483

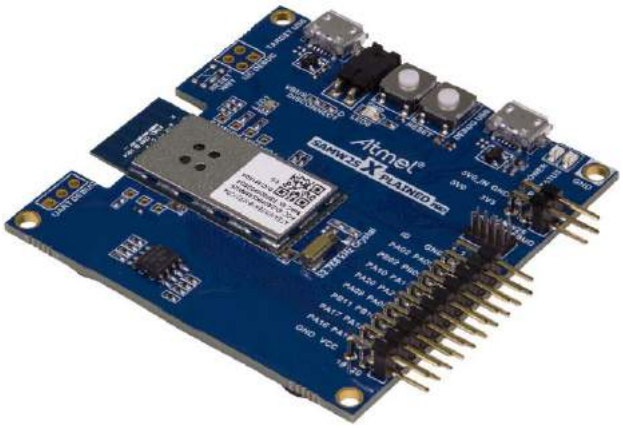
Microchip DM164138

DM164138 to nie tylko zestaw ewaluacyjny, to gotowe urządzenie sieci LoRaWAN klasy A, zbudowane na bazie modemu LoRa RN2483. Jako samodzielny węzeł zasilany bateriami zapewnia wygodną platformę do szybkiego demonstrowania zdolności modemu dalekiego zasięgu, jak również możliwości współdziałania przy podłączeniu do bramek oraz infrastruktury zgodnych z LoRaWAN v1.0. Moduł zawiera czujniki światła i temperatury do generowania danych, przesyłanych albo według stałego harmonogramu, albo po zainicjowaniu transmisji przyciskiem. Wyświetlacz OLED zapewnia informację zwrotną odnośnie do statusu połączenia, wskazań czujnika oraz innych danych. Standardowy interfejs USB pozwala na komunikację z komputerem, dając możliwość połączenia mostka przez interfejs UART modemu RN2483. Podobnie jak w przypadku pozostałych produktów z rodziny RN firmy Microchip, umożliwia szybkie ustawianie i kontrolę wbudowanego stosu protokołu LoRaWAN, wykorzystując zestaw poleceń ACSII wysokiego poziomu.

Zestaw jest polecany na potrzeby testowania komunikacji w sieciach LoRaWAN, w tym przemysłowych. W zestawie znajdują się: płytka, antena SMA, kabel USB (standardowy A ⇔ mini B) i materiały informacyjne. Cena kompletu to ok. 350 zł brutto.

Microchip SAM W25 Xplained Pro

Microchip – model ATSAMW25-XPRO – to zestaw ewaluacyjny o nazwie SAM W25 Xplained Pro, a więc odnoszący się do produktów odziedziczonych po przejęciu firmy Atmel. Jest to bezprzewodowa



Fotografia 3. Zestaw ewaluacyjny SAM W25 Xplained Pro od firmy Microchip

platforma sprzętowa do ewaluacji modułu Wi-Fi SMART ATSAMW25H18-MR510PB, który jest oparty na układzie SoC 2,4 GHz IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi ATWINC1500, w połączeniu z mikrokontrolerem ARM Cortex-M0+ ATSAMD21G18A firmy Microchip. Obsługa odbywa się poprzez zintegrowaną platformę rozwojową Atmel Studio; zestaw zapewnia łatwy dostęp do modułu Wi-Fi ATSAMW25H18-MR510PB i wyjaśnia, jak połączyć urządzenie w niestandardowej konstrukcji. Zestaw zawiera wbudowany debugger; nie są potrzebne żadne zewnętrzne narzędzia w celu programowania lub debugowania modułu Wi-Fi. Komplet obejmuje też dodatkowe peryferia w celu rozbudowania płytki oraz ułatwienia rozwoju projektów niestandardowych.

Zestaw został wyposażonyw dwa przyciski mechaniczne (użytkownika i resetowania) oraz 1 żółtą diodę LED użytkownika i 1 diodę LED stanu Wi-Fi. Ma jedno złącze wyprowadzeń, szeregową pamięć Flash o pojemności 8 Mb, oscylator kwarcowy 32 kHz i jeden 12 MHz. Jest dostarczany z przykładami aplikacji. Polecany do aplikacji przemysłowych oraz na potrzeby systemów kontrolno-pomiarowych. Koszt wynosi około 210 zł brutto.

Analog Devices EVAL-AD7195EBZ

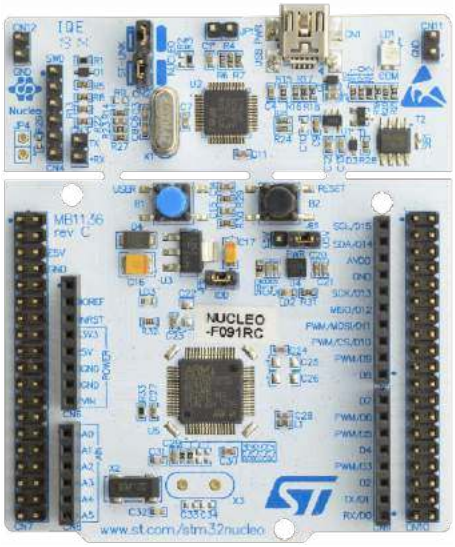
Jest to w pełni wyposażona płytka ewaluacyjna do układu Analog Devices AD7195, a więc ultraniskoszumowego, 24-bitowego przetwornika ADC sigma-delta 4,8 kHz. Płytka ewaluacyjna może pracować samodzielnie lub w połączeniu z komputerem przez standardowy interfejs USB. AD7195 ma kompletny tor analogowy, przeznaczony do pomiarów niskiej częstotliwości. Zawiera dwa wejścia różnicowe, cztery wejścia pseudoróżnicowe, niskoszumowy wzmacniacz pomiarowy, ma funkcję detekcji odniesienia i przełącznik zasilania low-side.

Fotografia 4. Płytka Analog Devices EVAL-AD7195EBZ z ultraniskoszumowym, 24-bitowym przetwornikiem ADC

eprasa.pl e017b7ba51

Płytka może pracować samodzielnie z zasilaniem z baterii. Wyświetlacz LCD pokazuje dane konwersji. Po podłączeniu płytki do komputera przez standardowy interfejs USB oprogramowanie umożliwia graficzne wyświetlanie danych w czasie rzeczywistym, rejestruje dane w pliku tekstowym, umożliwia użytkownikowi modyfikację ustawień wewnętrznych AD7195 oraz pomaga zapoznać się z ogólną charakterystyką i funkcjami układu. Programowalny wzmacniacz pozwala ustawić wzmocnienie w zakresie od 1 do 128. Pozwala na wzbudzanie czujnika sygnałem AC lub DC. Dryft offsetu wynosi 5 nV/°C, a dryft wzmocnienia 1 ppm/°C. Ma automatyczny sekwenser kanałów, a dane na wyjściu podawane są z częstotliwością od 4,7 Hz do 4,8 kHz.

Płytka polecana jest do opracowywania projektów na potrzeby elektroniki użytkowej, urządzeń przemysłowych, systemów czujnikowych i ich oprzyrządowania oraz przy okazji różnego przetwarzania sygnałów. Cena brutto wynosi około 290 zł.



Fotografia 5. Zestaw startowy z mikrokontrolerem STM32F091RCT6 – Nucleo-F091RC

STMicroelectronics Nucleo-F091RC

Zestawy rozwojowe Nucleo są jedną z najłatwiejszych, najtańszych i najbardziej przystępnych metod zapoznania się z popularnymi mikrokontrolerami STM32. Stanowią bazę, którą można obudować układami zewnętrznymi, wykonując w ten sposób prototyp dowolnego urządzenia z układem procesorowym. Dzięki złączom płytki nadają się do wielokrotnego użytku. Wbudowany programator-debugger zwalnia ich użytkownika z konieczności zakupu drogiego wyposażenia, a szeroka gama dostępnych procesorów przy jednoczesnej kompatybilności płytek pin-to-pin pozwala na łatwe dobranie odpowiedniego układu do aplikacji oraz jego prostą wymianę w razie konieczności.

Dla płytek są dostępne kompilatory oferowane przez różnych producentów (w tym darmowe), biblioteka HAL, oprogramowanie ułatwiające konfigurację oraz wyczerpująca dokumentacja, a także przykłady programów i gotowych aplikacji.

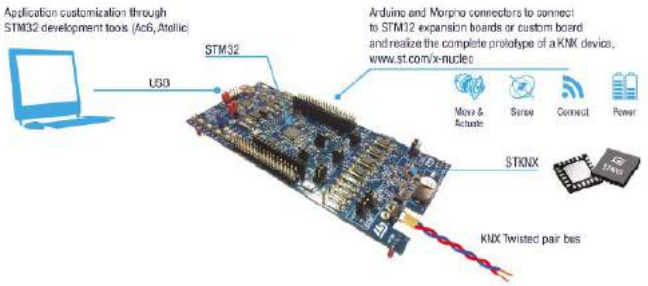
Jedną z takich płytek jest zestaw Nucleo-F091RC, czyli zestaw startowy z mikrokontrolerem STM32F091RCT6, wyposażonym w 256 kB pamięci Flash i zamkniętym w obudowie LQFP64. Płytka może pracować z dwoma rodzajami modułów rozszerzeń: z modułami Arduino Uno rev. 3 oraz STMicroelectronics Morpho. Płytka ma wbudowany programator/debugger ST-Link/v2-1 z interfejsem SWD, który można wyłamać i używać do programowania innych procesorów STM32. Zestaw można zasilać za pomocą USB lub zewnętrznego zasilacza o napięciu z zakresu 3,3…5 V lub 7…12 V. Płytka ma trzy diody LED: sygnalizującą komunikację USB LD1, do wykorzystania w aplikacji użytkownika LD2 oraz sygnalizującą załączenie zasilania LD3. Do tego są dwa przyciski: user oraz reset. Port USB może pracować w trzech trybach: virtual COM, pamięć masowa czy port programatora/debuggera. Koszt płytki to około 60 zł brutto.

Fotografia 6. EVAL-L9177A płytka ewaluacyjna z inteligentnym układem zasilania L9177A

STMicroelectronics EVAL-L9177A

Innym przykładem zestawu firmy STMicroelectronics jest płytka do ewaluacji L9177A, określana mianem EVAL-L9177A. Sam L9177A to bardzo specyficzny, inteligentny układ zasilania, zaprojektowany w technologii BCD. L9177A jest w stanie sterować wszystkimi obciążeniami wykorzystywanymi w aplikacjach 1-/2-cylindrycznego mechanizmu napędowego (wtryskach, przekaźnikach, silnikach krokowych, tachometrach itp.) do połączenia z czujnikami zmiennej reluktancji, jak i czujnikami hallotronowymi, aby monitorować funkcje diagnostyczne i wchodzić w interakcję z głównymi sieciami obecnymi w środowiskach mechanizmów napędowych (K-Line).

Bywa stosowany w motoryzacji. Dopuszczalne napięcie zasilania wynosi od 3,9 V do 30 V. Dostępne są dwa sterowniki wtryskiwacza, jeden element grzewczy czujnika lambda, trzy sterowniki przekaźnika, jedna dioda LED/sterownik lampy oraz sterownik tachometru. Ustawienia rejestrów układu oraz pełna diagnostyka są dostępne przez SPI. Obsługiwane są dwa protokoły komunikacyjne: SPI i K-Line. Do wszystkich ważnych pinów można się dostać poprzez wygodne punkty testowe. Co istotne, złącze sygnału wejściowego jest kompatybilne z SPC564M-DISP, a więc zgodne z płytką ewaluacyjną Discovery+ SPC563M64L. Zestaw można za pomocą prostego adaptera podłączyć do podstawowych płytek mikrokontrolera. Cena produktu to około 510 zł brutto.



Fotografia 7. EVALKITSTKNX – zestaw ewaluacyjny i rozwojowy miniaturowego transceivera STKNX

STMicroelectronics EVALKITSTKNX

Kolejnym przykładem produktu marki STMicroelectronics jest zestaw ewaluacyjny i rozwojowy miniaturowego transceivera STKNX. Zawiera wszystkie niezbędne komponenty, zarówno do ewaluacji wydajności obwodu STKNX, jak i do rozwoju układu KNX na skrętce dwużyłowej, zgodnie z normą TP1-256. Produkt bazuje na mikrokontrolerze STM32F103, wyposażonym w 32-bitowy rdzeń Cortex-M3, taktowany zegarem do 72 MHz z pamięcią Flash do 128 kB. Całość jest kompatybilna z systemami Linux, Windows i Mac OS.

eprasa.pl e017b7ba51

W trakcie prac z podłączeniem przez USB zestaw nie wymaga zewnętrznego źródła zasilania. Wraz z płytką dostarczane jest przykładowe oprogramowanie, pokazujące jej funkcje. Płytka obejmuje oryginalny stos protokołu TAPKO KNX KAIstack. Cena produktu to około 950 zł brutto.

Fotografia 8. Zestaw do dwuzakresowej komunikacji bezprzewodowej Bluetooth Low Energy (BLE) oraz na pasmo Sub-1GHz o nazwie STEVAL-FKI001V1

STMicroelectronics STEVAL-FKI001V1

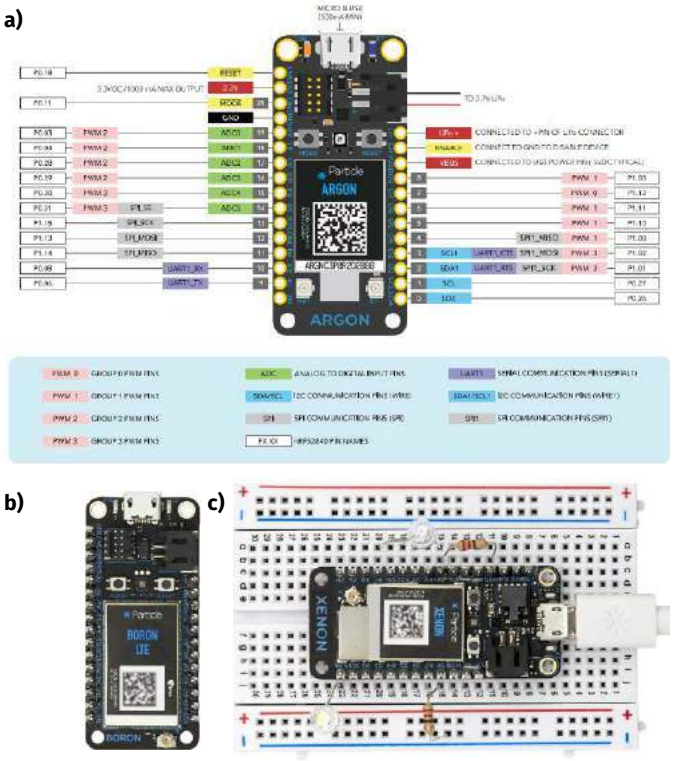
Kolejny z zestawów STMicroelectronics to STEVAL-FKI001V1. Dzięki równoczesnej obsłudze komunikacji bezprzewodowej przez Bluetooth Low Energy (BLE) i protokołów Sub-1GHz/LPWAN ten dwuzakresowy zestaw daje dużą elastyczność podczas projektowania i łączenia z siecią urządzeń IoT, takich jak inteligentne czujniki czy urządzenia nawigacyjne, które mogą być konfigurowane, aktualizowane i monitorowane zdalnie z wykorzystaniem różnych topologii sieci i protokołów.

Zestaw został zrealizowany na bazie modułu Bluetooth SoC o symbolu BlueNRG-1 oraz transceivera S2-LP na pasmo Sub-1GHz. Wykorzystując STEVAL-FKI001V1, użytkownicy mogą tworzyć inteligentne obiekty, komunikujące się między sobą za pomocą połączeń o topologii kraty lub punkt-punkt, a także obsługujące różne techniki komunikacji z chmurą obliczeniową. Przykładowo, lokalne czujniki w instalacji inteligentnego domu mogą się komunikować wzajemnie za pomocą połączeń Bluetooth lub na częstotliwościach poniżej 1 GHz, a całość można łączyć z usługami w chmurze obliczeniowej za pomocą lokalnej bramki lub bezpośrednio za pośrednictwem sieci Sigfox. Transceiver Sub-1GHz S2-LP umożliwia pracę w sieci lokalnej oraz w instalacjach LPWAN, w tym w sieci Sigfox, oferując możliwość m.in. powiadamiania o zdarzeniach w czasie rzeczywistym oraz zdalnej lokalizacji obiektów.

Zestaw STEVAL-FKI001V1 może być łatwo rozbudowywany za pomocą złączy Arduino Uno V3 o płytki rozszerzeń standardu X-NUCLEO, zawierające czujniki MEMS, układy sterowania silnikami, odbiorniki GNSS, moduły wejść/wyjść itp. Zawiera moduł WS2118-00 Sigfox BLE (Jorjin), którego najważniejsze parametry to:

- energooszczędny układ BlueNRG-132 Bluetooth z mikroprocesorem ARM Cortex-M0 (moc wyjściowa do +8 dBm, czułość odbiornika –88 dBm),
- energooszczędny transceiver Sub-1 GHz S2-LPQTR na pasmo 826…958 MHz (moc wyjściowa +16 dBm, czułość odbiornika –130 dBm, modulacje 2-(G)FSK, 4-(G)FSK, OOK, ASK, przepustowość 500 kb/s),
- symetryzator BALF-NRG-01D3 50 Ω z siecią dopasowującą i filtrem,
- zakres napięć zasilania: 2,0…3,6 V,
- wymiary: 24×22×2,8 mm,
- zakres temperatur pracy: –40…+85°C,
- złącza w.cz. U.FL.

Ponadto płytka ma interfejs USB, złącze JTAG i wspomniane wcześniej Arduino Uno V3 oraz anteny: 2,4 GHz i Sub-1 GHz. Cena zestawu wynosi od ok. 270 zł do 350 zł brutto.



Fotografia 9. Płytki Particle: Argon (a), Boron (b) i Xenon(c) na bazie układu nRF52840 firmy Nordic Semiconductor

Particle: Argon, Boron i Xenon

Do zupełnie innej grupy zestawów zaliczają się produkty z rodziny Particle. Pozwalają one łatwo zbudować sieć czujnikową i podłączyć urządzenia do chmury. W ramach serii dostępne są trzy zestawy. Pierwszy to płytka Argon bazująca na układzie Espressif ESP32-D0WD Wi-Fi 802.11 b/g/n z 4 MB pamięci Flash. Zawiera ponadto układ SoC nRF52840 firmy Nordic Semiconductor (odpowiedzialny za Bluetooth w wersji 5), zintegrowany z mikrokontrolerem z rdzeniem ARM Cortex-M4F, taktowanym zegarem 64 MHz razem z 1 MB pamięci Flash oraz 256 KB RAM. Poza wymienionymi komponentami do dyspozycji jest port USB, ładowarka ogniwa litowo-polimerowego, 20 wolnych linii GPIO, dioda LED, a także port JTAG. Niezbędna do komunikacji antena wykonana została na PCB, ale można podłączyć też zewnętrzną przez gniazdo u.FL. Płytka Argon bardzo dobrze nadaje się do łączenia istniejących projektów z chmurą lub w roli bramki spinającej całą grupę lokalnych urządzeń końcowych. Cena brutto zestawu wynosi od 120 zł do 240 zł, w zależności od dostarczanych z nią akcesoriów.

Drugi zestaw – Boron LTE – to płytka realizująca komunikację w sieci komórkowej LTE i działająca jako samodzielne urządzenie końcowe lub jako bramka LTE kategorii M1/NB1 dla sieci o topologii kraty. Działa w oparciu na module LTE u-blox SARA R410, zawiera ponadto chip Nordic nRF52840 (Bluetooth 5, ARM Cortex-M4F) i ma wbudowane obwody ładowania ogniwa litowo-polimerowego.

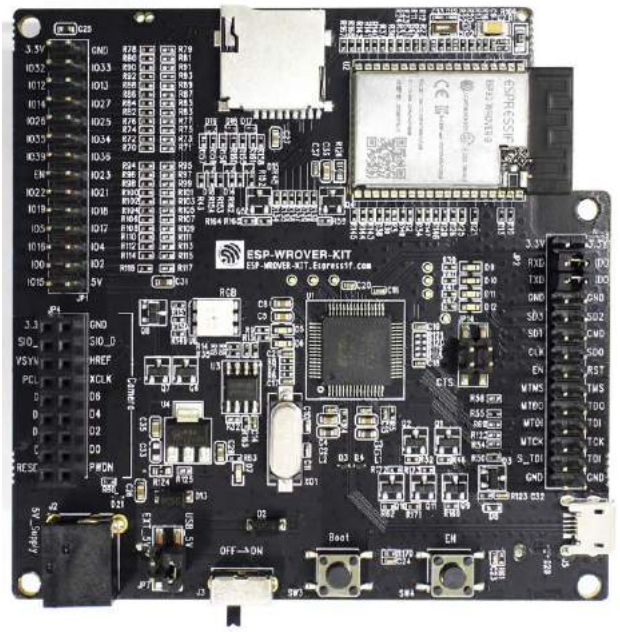
Boron nadaje się do podłączenia istniejących projektów do chmury Particle lub w roli bramki łączącej całą grupę lokalnych urządzeń końcowych w sytuacjach, gdy sieć Wi-Fi jest niedostępna lub zawodna. Pozostałe zasoby dostępne dla użytkownika są podobne jak w zestawie Argon. Cena płytki zaczyna się od ok. 230 zł brutto.

Trzecia płytka Particle została zaprojektowana dla sieci kratowych (mesh) i nosi nazwę Xenon. Może pracować jako urządzenie końcowe lub jako repeater. Podobnie jak poprzednie dwie wersje ten też bazuje na układzie Nordic nRF52840. Kosztuje od 120 zł do 170 zł brutto, w zależności od dostawcy.

Espressif ESP-WROVER-KIT

Popularne układy ESP32 firmy Espressif można testować za pomocą płytek rozwojowych, opracowanych przez samego producenta układu.

eprasa.pl e017b7ba51



Fotografia 10. Płytka ewaluacyjna ESP-WROVER-KIT jest kompatybilna z modułami opartymi na układzie ESP32, takimi jak np. ESP-WROOM czy ESP-WROVER

Dobrym przykładem jest ESP-WROVER-KIT. Płytka jest kompatybilna z modułami opartymi na układzie ESP32, takimi jak np. ESP-WROOM-32 czy ESP-WROVER (WROOM-32 z dodatkowym chipem 32 Mb PSRAM oraz konektorem anteny). Płytka ma gniazdo kart microSD oraz interfejs LCD, który wspiera wyświetlacze do 3,2 cala, połączone przez SPI.

Na ESP-WROVER-KIT znajdują się wszystkie wyprowadzenia do wyjść/wejść modułów ESP32. Umożliwia integrację z interfejsem modułów kamer OV7670. Dodatkowo została wyposażona w mostek USB FTDI FT2232HL, który pozwala inżynierom na stosowanie wbudowanego JTAG debuggera, co stanowi istotną przewagę nad taką płytką jak ESP-DevkitC, do bezpośredniego debugowania poprzez port micro-USB.

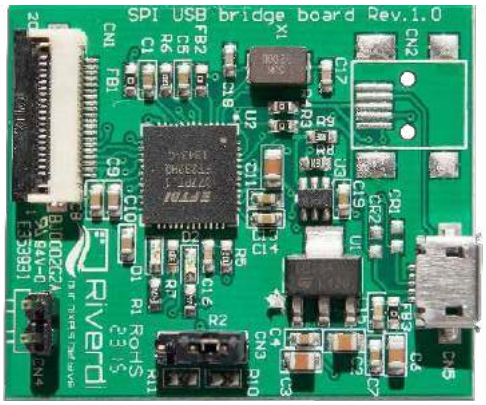
Bogate wyposażenie płytki uzupełniają: kwarcowy oscylator 32,768 kHz, interfejsy SPI/UART, diody LED oraz przyciski power, reset i boot. Tak zaprojektowany zestaw zapewnia łatwe i przyjemne projektowanie w oparciu na coraz popularniejszym układzie ESP32. Cena produktu wynosi około 200 zł brutto.

Fotografia 11. Raspberry Pi LCD Touch Display – idealny ekran dotykowy do płyty Raspberry Pi

Zestaw z wyświetlaczem do Raspberry Pi

Choć w niniejszym artykule nie omawiamy komputerów jednopłytkowych, to warto wspomnieć o przynajmniej jednym zestawie, który ułatwia korzystanie z najbardziej popularnego z minikomputerów, czyli Raspberry Pi. Powstał do niego cały szereg różnych akcesoriów i dobrym przykładem będzie zestaw z oficjalnym wyświetlaczem. Raspberry Pi LCD Touch Display to idealny ekran dotykowy do płyty Raspberry Pi. Umożliwia tworzenie takich obiektów, jak tablety czy urządzenia do automatyzacji domu. Raspberry Pi LCD Touch Display jest wyposażony w płytę adaptera, umieszczoną między ekranem a odtwarzaczem Raspberry Pi. Steruje wszystkimi przekształceniami mocy i sygnału. Sam ekran ma 7 cali, a dostarczany jest z taśmą DSI, czterema przewodami oraz szeregiem podstawek i śrubek do montażu.

Panel dotykowy jest wykonany w technologii pojemnościowej i obsługuje do 10 jednoczesnych dotknięć. Rozdzielczość wyświetlacza wynosi 800×480 pikseli z odświeżaniem 60 Hz. Wyświetla 24-bitową paletę barw i ma kąt obserwacji 70°. Zestaw kosztuje ok. 290 zł brutto i co ważne – nie zawiera samego komputera.



Fotografia 12. Riverdi HermesBoard – zestaw przeznaczony do testowania pracy wyświetlaczy Riverdi z kontrolerami FT80X i FT81X

Riverdi HermesBoard

Na rynku istnieje niemało zestawów przeznaczonych do testowania pracy wyświetlaczy. Zwróćmy uwagę na dwa prawdziwie polskie produkty tego typu. Jednym z nich jest HermesBoard, czyli płytka przeznaczona do wyświetlaczy Riverdi z kontrolerami FT80X i FT81X. Pozwala na tworzenie aplikacji bez zaprojektowanego sprzętu – pracuje jako przejściówka pomiędzy SPI a USB. Jest wyposażona w układ FTDI FT232HQ i złącze ZIF (20 pin, 0,5 mm). Cena brutto produktu to ok. 85 zł.

Fotografia 13. Unisystem EPD-COMPACT-DEMO-DH – platforma testowa do wyświetlaczy EPD

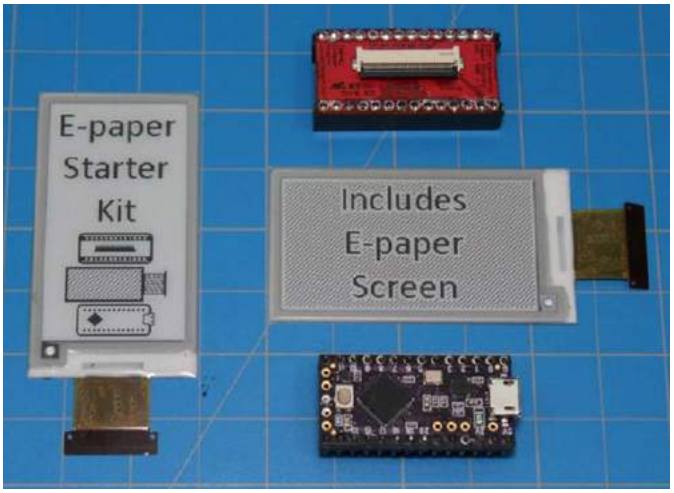
Unisystem EPD-COMPACT-DEMO-DH

Innym bardzo ciekawym przykładem jest zestaw EPD-COMPACT-DEMO-DH firmy Unisystem. Omawiana płytka może zostać użyta na dwa sposoby. Może pracować np. jako platforma testowa do linii wyświetlaczy Holitech. Znajdujący się na płytce 32-bitowy mikrokontroler STM32F031C6T6 z rdzeniem ARM Cortex-M0 pozwala na programowanie i kompleksowe testowanie wyświetlaczy EPD. Programista ma do dyspozycji przycisk, który jest podłączony do jednego z pinów portu GPIO zamontowanego mikrokontrolera, więc to programista decyduje o sposobie jego działania. Programowanie odbywa się poprzez złącze SWD, które jest standardem dla mikrokontrolerów z rodziny STM32.

eprasa.pl e017b7ba51

Alternatywnie zestaw może działać jako płytka sterująca wyświetlaczem z zewnętrznym mikrokontrolerem. Płytka ma zamontowane wszystkie elementy potrzebne do prawidłowego działania wyświetlacza E-papierowego. Są to przede wszystkim elementy pompy ładunkowej, która jest niezbędna do odświeżania zawartości wyświetlacza. Zdemontowanie kilku zworek powoduje odłączenie wyświetlacza od wbudowanego mikrokontrolera i umożliwia używanie płytki jako adaptera. Niezbędne do sterowania sygnały są wówczas wyprowadzone na goldpinowe złącze. Takie rozwiązanie umożliwia sterowanie wyświetlaczem przez zewnętrzny mikrokontroler, podczas gdy budowane urządzenie jest w fazie prototypowej.

Trzeba mieć na uwadze, że podczas nabywania takiej płytki należy podać informację na temat wyświetlacza EPD, z jakim będzie pracować, by producent wgrał na nią odpowiedni firmware. Cenę zestawu można poznać jedynie w trakcie bezpośredniego kontaktu z producentem.



Fotografia 14. Pervasive Displays Teensy – zestaw startowy ułatwiający integrację tanich i energooszczędnych wyświetlaczy E-paper.

Pervasive Displays Teensy

Alternatywą w przypadku rozwijania aplikacji z elektronicznym papierem mogą być zestawy oferowane na zasadach open source, opracowane przez firmę Pervasive Displays (PDi), specjalizującą się w produkcji E-papieru. Omawiane zestawy zostały zbudowane z wykorzystaniem mikrokontrolera Teensy LC i mają wbudowany wyświetlacz, model E2215CS062 z oferty Pervasive Displays. Wyświetlacze typu e-paper nie wymagają źródła zasilającego do utrwalenia ostrych i szczegółowych obrazów z tekstem i grafiką.

Rodzina tych zestawów startowych obejmuje warianty: Full Kit (wszystkie elementy niezbędne do uruchomienia w ciągu kilku minut wyświetlacza, w tym adapter E-paper, wyświetlacz E-paper i płytka z mikrokontrolerem Teensy-LC), Adapter Pack (zestaw z adapterem E-paper i wyświetlaczem) oraz sam adapter E-paper. Do najważniejszych cech kompletnego zestawu należą: rozdzielczość 208×112 pikseli, rozmiary ekranu 48×26 mm, protokół komunikacyjny SPI oraz napięcie zasilania 3,3 V. Wymiary płytki drukowanej to 36×18 mm, a co więcej, dostępny jest wbudowany termometr z interfejsem I²C. Cena produktu wynosi od ok. 120 zł do 360 zł brutto, w zależności od wybranej wersji.

ON Semiconductor RSL10 Sensor Development Kit

Wśród zestawów obejmujących najnowsze technologie warto wymienić dwa produkty firmy ON Semiconductor. Pierwszy z nich to zestaw deweloperski RSL10 Sensor Development Kit, ułatwiający projektowanie energooszczędnych aplikacji IoT. Zawiera na jednej płytce drukowanej moduł komunikacyjny Bluetooth 5 LE oraz komplet czujników do monitorowania środowiska i czujników nawigacyjnych, pochodzących z oferty m.in. firmy Bosch Sensortec.

Fotografia 15. Zestaw deweloperski RSL10 Sensor Development Kit, ułatwiający projektowanie energooszczędnych aplikacji IoT

RSL10 Sensor Development Kit obejmuje: czujnik natężenia światła (NOA1305), zintegrowany czujnik ciśnienia, wilgotności względnej, temperatury i lotnych związków organicznych (BME680), 3-osiowy akcelerometr z żyroskopem (BHI160) oraz cyfrowy czujnik geomagnetyczny (BMM150). Ponadto na płytce znajduje się niskoszumowy mikrofon cyfrowy INMP522, 64 kb pamięci EEPROM, 3 programowalne przyciski i dioda RGB LED. RSL10 Sensor Development Kit może znaleźć zastosowanie np. w systemach monitorowania zasobów, urządzeniach przenośnych i inteligentnych czujnikach. Jest dostarczany wraz z baterią i elastyczną anteną NFC. Występuje w wersji bazowej (model RSL10-SENSE-GEVK) oraz w wersji debug (model RSL10-SENSE-DB-GEVK) z dodatkowym złączem 10-pinowym, współpracującym z debuggerem Segger J-Link LITE CortexM. Do transmisji danych z czujników producent dostarcza aplikacją RSL10 Sense and Control, dostępną dla środowisk Android i iOS. Tańszy z modeli kosztuje ok. 250 zł, a droższy 600 zł brutto.

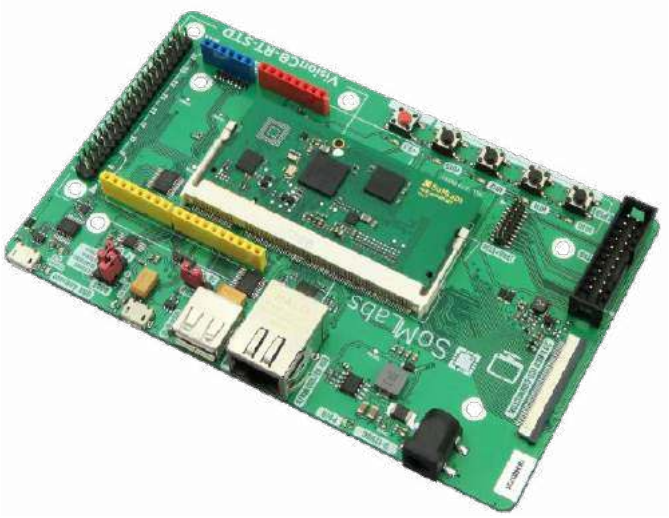
ON Semiconductor SPSDEVK1

Drugim nowoczesnym zestawem ON Semiconductor jest SPSDEVK1, który umożliwia szybką implementację pasywnych czujników

Fotografia 16. Zestaw SPSDEVK1 umożliwia szybką implementację pasywnych czujników z bezprzewodową transmisją danych w aplikacjach IoT

eprasa.pl e017b7ba51

z bezprzewodową transmisją danych w aplikacjach IoT. Z wyglądu zdecydowanie wyróżnia się na tle pozostałych opisywanych produktów, gdyż z zewnątrz wydaje się gotowym produktem konsumenckim lub przemysłowym. Działa w całkiem prosty sposób: po zbliżeniu czytnika w.cz. (np. TagReader z oferty ON Semiconductor) czujnik SPS odzyskuje energię z pola elektromagnetycznego i wysyła do czytnika wyniki pomiarów. W skład zestawu wchodzi czytnik UHF SPS (SPSDEVR1-8), osiem anten UHF (SPS1DEVA1-W), 50 czujników temperatury (SPS1T001PCB), 12-woltowy zasilacz i kabel ethernetowy. Dodatkowo producent dostarcza oprogramowanie TagReader do odczytu zawartości pamięci znaczników SPS, pozwalające w pełni wykorzystać ich funkcje. TagReader automatycznie wykrywa typ znacznika skomunikowanego z czytnikiem i odczytuje z niego wyniki pomiarów, prezentując je w formie graficznej. Ponadto prezentuje wszystkie parametry systemowe, związane z procesem pomiarowym oraz w razie potrzeby umożliwia ich rekonfigurację. Zestaw jest łatwy w obsłudze nawet dla początkujących projektantów, pozwalając na szybkie skonfigurowanie systemu, rozpoczęcie pomiarów i analizę danych. Jest to najdroższy z opisanych zestawów i kosztuje około 4500 zł brutto.



Fotografia 17. Płytka bazowa VisionCB-RT-STD z zainstalowanym modułem Moduł VisionSOM-RT

SoMLabs

Szybko rozwijający się rynek systemów wbudowanych wymaga konkurencyjnych rozwiązań. W odpowiedzi na to zapotrzebowanie firma SoMLabs opracowała szeroką gamę platform wbudowanych *System on Modules* (SoM) i *Carrier Boards* (CB). Produkty przeznaczone są dla różnych sektorów przemysłu, a producent deklaruje co najmniej 7...10 lat żywotności swoich produktów.

SoM-y to gotowe do użycia moduły procesorowe, o niewielkich rozmiarach, wielkości SODIMM. Warstwa sprzętowa oraz oprogramowanie są przygotowane do tworzenia i rozwijania dowolnego produktu wbudowanego. Ich użycie skraca czas potrzebny do wprowadzenia na rynek produktów wbudowanych oraz zmniejsza ogólny koszt. Bazują głównie na procesorach aplikacyjnych NXP serii i.MX, które oferują zaawansowaną implementację pojedynczego rdzenia ARM Cortex-A7 (z prędkością do 700 MHz). Mogą być wyposażone we w pełni certyfikowany moduł łączności bezprzewodowej WiFi (802.11b/g/n) oraz Bluetooth 4.1. Dostępne są warianty z pamięcią DDR3L, NAND Flash, eMMC oraz gniazdem kart micro-SD. Obsługują połączenia z różnymi interfejsami: USB, Ethernet, audio, wyświetlacz z panelem dotykowym i interfejsy szeregowe. Moduły dostępne są w wielu konfiguracjach, mogą również zostać dostosowane do indywidualnych potrzeb klienta.

SoMLabs współpracuje ze znanymi ośrodkami szkoleniowymi. Oferowane kursy obejmują zarówno szkolenia wstępne, jak i bardziej zaawansowane, które dostarczają praktycznych informacji na temat pracy z każdym z elementów.

Cena modułów SoM mieszczą się w przedziale 200...300 zł brutto.

Podsumowanie

Przystępując do projektowania jakiegokolwiek nowoczesnego urządzenia elektronicznego, warto rozważyć zakup odpowiedniego zestawu deweloperskiego. Takie produkty może nie sprawdzą się w przypadku używania już dobrze znanych komponentów albo jedynie drobnego przeprojektowywania istniejących już obwodów, ale niemal zawsze gdy sięga się po coś nowego, a tym bardziej gdy zaczyna prace od zera, zestaw będzie stanowił ogromne ułatwienie. Choć ceny niektórych zestawów są dosyć wysokie, warto odnieść je do kosztów pracy inżynierów, którzy w przeciwnym razie muszą samodzielnie zdobyć płytki prototypowe czy sięgać po uniwersalne i mało wygodne w przypadku złożonych obwodów, uniwersalne płytki do prototypowania. Warto też zwrócić uwagę, że zazwyczaj kupuje się tylko jeden zestaw. Jeśli potrzebnych jest ich więcej, wielu dostawców znacząco schodzi z ceny. Bywają też organizowane specjalne wydarzenia, w ramach których można niektóre zestawy otrzymać bezpłatnie. Dobrym przykładem jest udział w Klubie Aplikantów Próbek Elektroniki Praktycznej, którego celem jest właśnie zapoznanie czytelników z różnymi nowoczesnymi podzespołami.

Zestawy zdecydowanie ułatwiają uniknięcie błędów wynikających np. z ukierunkowania się na technologie, które dopiero po jakimś czasie okażą się nieadekwatne do potrzeb. Skracają też czas potrzebny na wprowadzenie gotowego produktu na rynek, co daje przewagę nad konkurencją i czasem stanowi o sukcesie wyrobu. Dlatego poszukując nowych rozwiązań, gdy już natrafimy na takie, które wydaje się nam odpowiadać, sprawdźmy, czy jest do niego zestaw deweloperski. I jeśli faktycznie wiążemy naszą przyszłość z danym komponentem, nie bójmy się po taki zestaw sięgnąć.

Marcin Karbowniczek, EP

REKLAMA

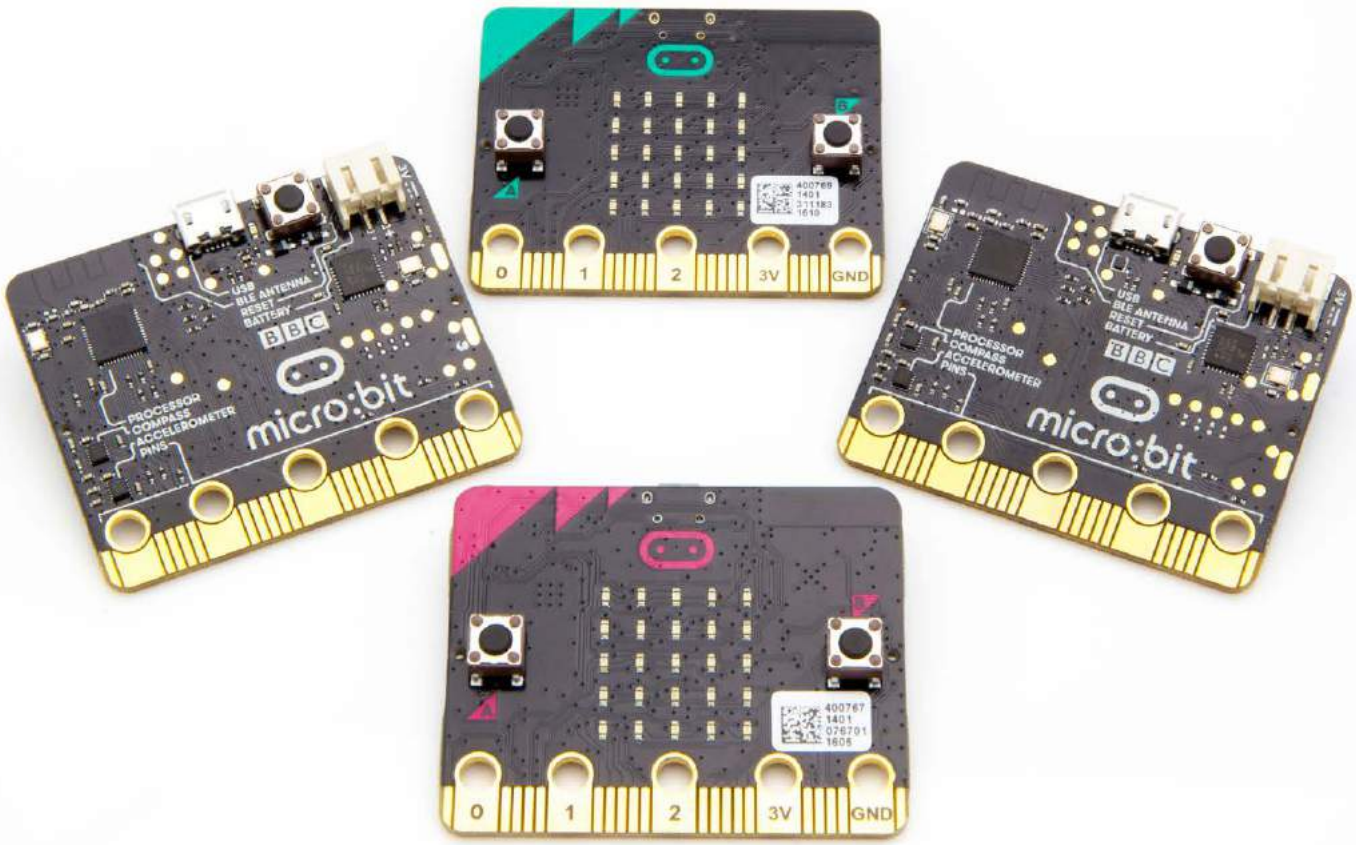
http://bit.ly/2GaDwtQ

Wstąp do Klubu AVT Elektronika

będziesz miał prawo do korzystania z szeregu przywilejów:

- do 50% zniżki w Sklepie AVT
- darmowe prenumeraty Wydawnictwa AVT
- do 50% zniżki w Ulubionym Kiosku
- Zapraszamy do zapoznania się z zasadami Klubu!

eprasa.pl e017b7ba51



Globalna rewolucja w nauczaniu przedmiotów technicznych

Jak płytka BBC micro:bit odmienia edukację STEM

W dzisiejszych czasach nawet sześcioletnie dzieci są uczone podstaw elektroniki i programowania w szkołach na całym świecie. Jak to możliwe? Inicjatywy tego typu są efektem nowych, strategicznych porozumień pomiędzy globalnymi producentami i dostawcami, a narodowymi instytucjami edukacyjnymi i rządami poszczególnych państw.

Instytucje odpowiadające za edukację na całym świecie od dawna priorytetyzowały tradycyjne sposoby edukacji oparte o naukę przedmiotów w szkołach. Działo się tak, pomimo licznych publikacji w mediach oraz filmów i książek science-fiction przewidujących przyszłość, w której roboty przejmują prace ludzi. Przez minione dekady świat dosyć powolnie reagował na zmiany w zestawach umiejętności potrzebnych pracodawcom w realiach nowej, cyfrowej ekonomii. Ale to wszystko zaczyna się zmieniać. By wspierać nowy, cyfrowy rynek pracy i nowoczesną ekonomię, niektóre rządy oraz władze, odpowiadające za system edukacji, rozpoczęły współpracę z partnerami z przemysłu elektronicznego, której celem jest wprowadzenie bardziej praktycznych i przekrojowych metod nauczania. Obecnie z powodzeniem wdrażają już nowe programy nauczania w ramach takich dziedzin jak: nauka, technologie, inżynieria i matematyka (STEM – *Science, Technology, Engineering, Mathematics*).

eprasa.pl e017b7ba51

Farnell to jedna z firm, która wiedzie prym w tych działaniach, nawiązując nowe, strategiczne porozumienia celem tworzenia interaktywnych i zabawnych dla uczniów środowisk nauczania. W ten sposób zarówno pozwala rozwijać dzieciom zrozumienie elektroniki już w młodym wieku, jak również buduje dla nich ścieżki prowadzące do całego szeregu różnych karier, opartych o inżynierię i technologie. Obranie za cel redukcji różnic pomiędzy umiejętnościami cyfrowymi poszczególnych uczniów i uczennic poprzez nauczanie myślenia logicznego i obliczeniowego w szkołach jest niezwykle ważne, szczególnie jeśli weźmie się pod uwagę międzynarodowe prognozy na przyszłość. Mówią one, że 65 procent dzieci, które zaczynają obecnie szkoły podstawowe, będzie konkurować o prace w zawodach, jakie obecnie jeszcze nie istnieją.

BBC micro:bit – mała płytka z wielkim potencjałem

Można uczciwie powiedzieć, że wprowadzenie i popularyzacja płytki BBC micro:bit w ostatnich latach zapoczątkowało globalny ruch, który obecnie zaczyna transformować sposób nauczania technologii w szkołach. Jako producent i dystrybutor płytek micro:bit, Farnell nawiązał nowe porozumienia z fundacją Micro:bit Educational Foundation, rządami i sprzedawcami, by prowadzić pionierskie, ekscytujące inicjatywy z zakresu nauczania przedmiotów STEM na całym świecie.

Płytka micro:bit dowiodła swojej użyteczności jako preferowane narzędzie do napędzania omawianej rewolucji w zakresie nauczania. Stało się to dzięki łatwości użycia (niskiemu progowi wejścia), uniwersalności, adaptowalności i możliwości zaprogramowania płytki w klasie szkolnej, a później użycie modułu micro:bit, także w realnym świecie. Możliwości płytki są nieograniczone, tak jak i wyobraźnia uczniów korzystających z niej. Dzieci bardzo szybko zabierają się do podłączania czujników i innych akcesoriów, za pomocą których mogą wchodzić w interakcje otoczeniem w sposób, jaki staje się coraz bardziej powszechny za sprawą globalnego rozwoju Internetu Rzeczy (IoT – *Internet of Things*).

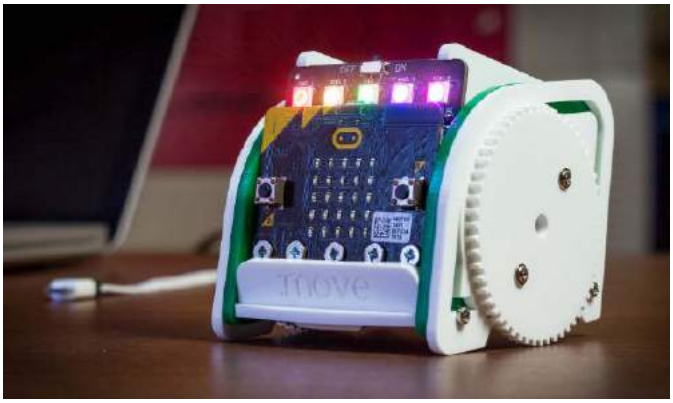
Omawiana płytka sprawdziła się nie tylko jako odpowiednia dla dzieci dopiero zaczynających swoją edukację, ale i dla starszych uczniów. Micro:bit wspiera proste programowanie liniowe, przydatne przede wszystkim na początkowym etapie nauki. Niemniej pozwala również na zastosowania w eksperymentach naukowych lub jako narzędzie do projektowania tak złożonych systemów, jak inteligentne miasta, co ma znaczenie w edukacji zaawansowanej. Płytka micro:bit została opisana jako „z niskim progiem i bez sufitu" – właśnie z powyższych powodów. Oznacza to, że jej zastosowanie nie jest ograniczone ani przez funkcje, jakie obejmuje, ani przez poziom posiadanych umiejętności użytkownika. Jest wręcz przeciwnie – ponieważ uczniowie mogą z niej korzystać niezależnie od wieku, micro:bit umożliwia rozwijanie prawdziwych, potrzebnych zestawów umiejętności, powstających poprzez samodzielne zaangażowanie w proces projektowania, w sposób, który odpowiada umiejętnościom i wiedzy poszczególnych osób. To dzięki temu możliwe jest uzyskanie efektów pedagogicznych, jakich po prostu nie da się osiągnąć z użyciem innych narzędzi edukacyjnych.

Zmienianie całego świata

Od 2016 roku Farnell dostarczył ponad 2,5 miliona płytek micro:bit na całym świecie, z czego ponad 50% zostało sprzedanych na potrzeby programów edukacyjnych. W ostatnim czasie Norwegia zaczęła wdrażać swój program edukacyjny „super:bit", w ramach którego Farnell dostarczył do 2400 szkół ponadpodstawowych kompleksowe zestawy, zawierające m.in. płytki micro:bit, roboty oraz różnorodne komponenty elektroniczne i nieelektroniczne. Omawiany program jest wynikiem współpracy pomiędzy narodowymi centrami naukowymi, organizacją Teach Kids Code i narodowym nadawcą radiowo-telewizyjnym NRK. Zachęca uczniów do rozwijania szeregu projektów, w tym np. zastosowania czujników w sterowaniu sygnalizacją świetlną na potrzeby zarządzania ruchem ulicznym.

W podobny sposób ponad 20 tysięcy płytek micro:bit trafiło do szkół w Holandii, w których nawet 8-letnie dzieci uczą się pisania kodu programów. Płytki micro:bit pomagają uczniom w wymyślaniu rozwiązań dla problemów z otaczającego ich świata, nie powodując przy tym trudności oraz budując pewność siebie w zakresie umiejętności, które będą miały kluczowe znacznie w ich przyszłych karierach. Przeprowadzony w Holandii program obejmował zaangażowanie lokalnych władz, bibliotek i szkół. Poprzez organizację lekcji i warsztatów pomógł rozwinąć umiejętności dzieci, które miały niski poziom wiedzy z zakresu IT. Zachęcił je i ich rodziny do zaangażowania się w technologie i zaznajomienie się z ogólną koncepcją myślenia obliczeniowego, a więc zrozumienia jak działają nowoczesne maszyny.

W Kanadzie, w rejonie szkolnym obejmującym blisko 32 tysiące uczniów ze szkół podstawowych i gimnazjalnych, zastosowano płytki micro:bit by stworzyć programy nauczania przedmiotów STEM, czego celem było rozwinięcie zdolności myślenia krytycznego i rozwiązywania problemów poprzez użycie technologii. Płytki micro:bit łączą cyfrowy świat ze światem fizycznym, pomagając uczniom rozwijać umiejętności myślenia obliczeniowego, odnoszące się do ich własnego



eprasa.pl e017b7ba51

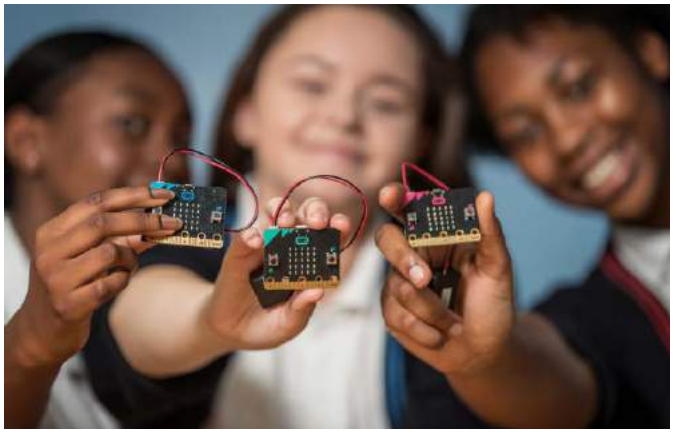
otoczenia. Uczniowie mogą samodzielnie odtwarzać aplikacje elektroniczne, z którymi się spotykają na co dzień – np. budując czujniki temperatury, używane w inteligentnych domach. Aktualnie w ramach kanadyjskiego programu wykorzystywane jest około 2000 płytek micro:bit i planuje się zwiększenie tej liczby w przyszłości.

W Singapurze zorganizowano program DMP (*Digital Maker Programme*), który ma na celu zachęcić do tworzenia innowacji w elektronice i wykształcić nowe pokolenie osób, dla których umiejętności cyfrowe będą naturalne, i którzy będą umieli wykorzystywać technologie do rozwiązywania rzeczywistych problemów. Poprzez użycie płytek micro:bit, dzięki którym wprowadzono nauczanie programowania w szkołach i różnych społecznościach, prowadzone w angażujący i zabawny sposób, udało się dotrzeć do ponad 50 tysięcy uczniów i uczennic w wieku od 6 do 18 lat. Poznali oni korzyści płynące z zastosowania technologii do komunikacji z fizycznymi obiektami oraz do zarządzania przedmiotami z ich własnego otoczenia. Program DMP objął nie tylko uczniów, ale i nauczycieli oraz szerszą publiczność – na jego potrzeby użyto 100 tysięcy płytek micro:bit, które pomogły zwiększyć umiejętności cyfrowe i dotyczące korzystania z różnych mediów.

Materiały i wsparcie

Oczywiście samo dostarczenie odpowiednich narzędzi nie gwarantuje sukcesów i wszystkie programy edukacyjne z zakresu przedmiotów naukowych, technicznych, inżynierskich i matematycznych wymagają odpowiednio wysokiego poziomu wsparcia, tak dla uczniów, jak i nauczycieli. Sposób realizacji tego wsparcia różni się pomiędzy programami, ale wysokiej jakości szkolenia są kluczowe, tak samo jak pełne zaangażowanie ze strony wszystkich szkół i nauczycieli, biorących udział w inicjatywach.

By zapewnić wsparcie, organizacja Micro:bit Educational Foundation przygotowała bardzo bogate materiały, na które składają się m.in. plany lekcji i różne pomoce naukowe. Wśród nich dostępne są samouczki ułatwiające pracę z oprogramowaniem Microsoft MakeCode Editor, omawiające korzystanie z sieci z użyciem płytek micro:bit, idee prowadzenia obliczeń za pomocą urządzeń elektronicznych, sposoby zastosowania zestawów micro:bit w szkołach podstawowych oraz omówienie, jak działania związane z dostarczanymi płytkami można powiązać z obecnymi programami nauczania. Podobnie Instytut IET (*Institution of Engineering and Technology*) wspiera wykorzystanie płytek micro:bit w projektach i w trakcie lekcji poświęconych technologii, prowadząc działania w ramach swojej marki IET Faraday.



Nowy sposób nauczania... wspólne uczenie się

Do zapewnienia sukcesu zastosowania płytek micro:bit w szkołach na całym świecie, konieczne jest by nauczyciele rozumieli technologię i czuli się komfortowo korzystając z niej. Jednym z głównych elementów wsparcia wszelkich programów nauczania przedmiotów STEM, opartych o zastosowanie konkretnych produktów, jest szkolenie nauczycieli i umożliwianie im odkrywania korzyści, jakie płyną z długotrwałego stosowania płytek micro:bit.

Często bywa tak, że nauczyciele są zainteresowani nowoczesnymi technologiami, ale potrzebują wsparcia w zrozumieniu korzyści płynących z technologii i wskazówek, w jaki sposób można uzupełnić stosowane przez nich programy nauczania o dodatkowe elementy. W jednej z holenderskich szkół świadczone wsparcie przyjęło formę jednodniowego szkolenia, po którym nauczyciele nieposiadający wcześniejszych umiejętności z zakresu programowania mogli już śmiało prowadzić zajęcia z płytką micro:bit w klasach. Efekty szkolenia były tak imponujące, że w ciągu dwóch lat zostało ono przeprowadzone na ponad 2 tysiącach nauczycieli.

W innej ze szkół, tym razem kanadyjskiej, sprawienie by nauczyciele czuli się pewni siebie było postrzegane nie tylko jako niezbędne, ale też stanowiło wyzwanie. Niektórzy nauczyciele mieli wątpliwości, czy płytka micro:bit pozwoli wytworzyć w młodych uczniach odpowiedni zestaw umiejętności, potrzebny do realizacji projektów naukowych w dalszych etapach edukacji. Innym, trudność sprawiało wbudowanie zajęć z programowania i myślenia obliczeniowego do dotychczasowych programów nauczania. Jednakże w krótkim czasie bardzo niski próg wiedzy, potrzebny do rozpoczęcia prac ich uspokoił, tak samo jak uświadomienie sobie, że płytka micro:bit jest na tyle elastyczna i uniwersalna, że pozwala uczniom na tworzenie unikalnych rozwiązań, mających praktyczne zastosowania niezależnie od wieku dzieci.

W Singapurze ponad 800 nauczycieli zostało przeszkolonych przez trzy grupy ekspertów. W rezultacie udało się wzbudzić tak silne zaangażowanie, że nawet nauczyciele przedmiotów nietechnicznych, takich jak plastyka, geografia, matematyka i literatura, czy choćby wychowanie fizyczne byli w stanie opracować wysoce innowacyjne plany zajęć, oparte na wykorzystaniu płytek micro:bit.

Umożliwianie rewolucji

Jest całkiem jasne, że rewolucja w nauczaniu przedmiotów naukowych, technicznych, inżynierskich i matematycznych nabiera rozpędu, a płytka micro:bit odgrywa niezwykle ważną rolę w tym międzynarodowym trendzie. Przełamuje wszelkie bariery kulturalne i edukacyjne w szkołach. Tak nauczyciele, jak i uczniowie zdobywają umiejętności, które będą im potrzebne by świetnie sobie radzić w cyfrowej przyszłości, która będzie zdominowana przez Internet Rzeczy i zbliżone technologie. Inicjatywy edukacyjne z zakresu przedmiotów STEM stanowią podstawę tej przyszłości, a płytka micro:bit jest elementem, który to wszystko umożliwia.

Tom Darkin
Head of Education, Farnell

eprasa.pl e017b7ba51

Zdaniem konstruktora

Minikomputery często nazywane są komputerami jednopłytkowymi dlatego, że są to systemy zbudowane tylko z jednej, zwykle niewielkiej, płytki PCB. Na niej znajdują się takie elementy jak procesor – często w postaci zintegrowanego układu SoC, pamięci RAM i Flash, moduły zasilania oraz różne układy peryferyjne, takie jak interfejsy USB, HDMI czy też Wi-Fi i Bluetooth. Takie gotowe moduły doskonale sprawdzają się w roli zestawów ewaluacyjnych, ponieważ oferują ogromne możliwości obliczeniowe i funkcjonalne, a jednocześnie są łatwe w uruchamianiu.

Konstruktor poleca

W ofercie firmy Botland znajduje się wiele komputerków jednopłytkowych i dedykowanych płytek rozszerzających. Podczas konstruowania rozwiązań prototypowych, nieoceniony będzie także szeroki wachlarz modułów uniwersalnych.

Onion IoT

Onion to niewielka firma stworzona przez artystów, inżynierów i majsterkowiczów, która zaprojektowała i wdrożyła na rynek Onion Omega – minikomputer pracujący w na systemie Linux, z możliwością komunikacji przez sieć Wi-Fi. Onion Omega2 WiFi oraz Omega2 Plus WiFi to niewielkie platformy rozwojowe, które otwierają przed użytkownikiem nowy świat możliwości w dziedzinie internetu rzeczy IoT. http://bit.ly/2PEJBSv

PyCom

Elementem płytek PyCom, który zwraca szczególną uwagę, jest mikrokontroler ESP32 w technologii SoC z wbudowanym zintegrowanym modułem Wi-Fi o zasięgu do 1 km i Bluetooth. Ponadto konstrukcja płytki wspiera komunikację drogą bezprzewodową z urządzeniami zewnętrznymi za pomocą modułów LTE-CAT M, Sigfox oraz radiowego LoRa pracującego na częstotliwości 868 MHz. W sklepie Botland dostępne są także praktyczne dodatki do PyCom, takie jak moduły rozszerzeniowe i dedykowane obudowy. Nakładki, takie jak PySense czy PyTrack, posiadają wbudowane urządzenia pokroju czujników umożliwiających pomiar temperatury, wilgotności, przyspieszenia i innych wielkości fizycznych. http://bit.ly/3a2pSDQ

Kontakt:
Botland B. Derkacz sp. j.
63-640 Bralin, Gola 25A

tel. +48 62 593 10 54
biuro@botland.com.pl
www.botland.com.pl

eprasa.pl e017b7ba51

ISIXRTOS v3 mini system operacyjny dla mikrokontrolerów rodziny M0/M3/M4/M7 (9)

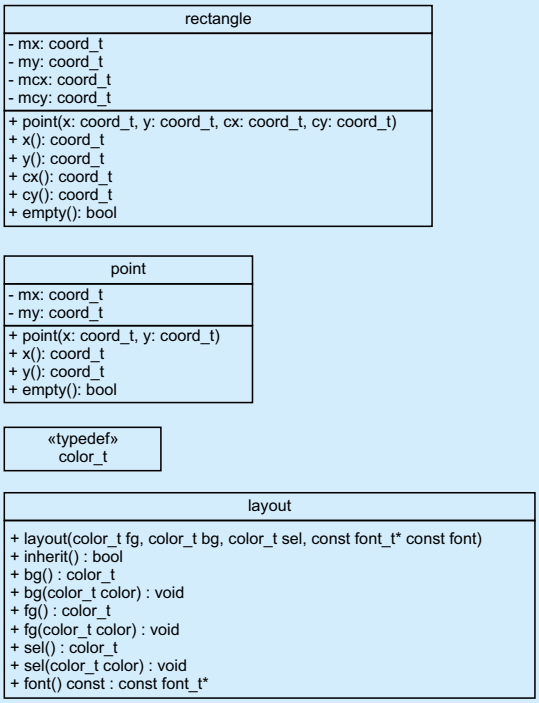
FTP
WSZYSTKIE POPRZEDNIE ODCINKI KURSU SĄ DOSTĘPNE NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

Biblioteka libgfx

W dwóch ostatnich odcinkach opracowaliśmy odrębne sterowniki wyświetlacza oraz panelu dotykowego dla biblioteki graficznej libgfx. W ostatnim odcinku kursu dotyczącym tematów graficznych połączymy wszystko w jedną całość, aby ostatecznie otrzymać w pełni funkcjonalny program demonstracyjny reagujący na dotyk. Omówimy również szczegóły budowy biblioteki graficznej od strony użytkownika, tak aby pokazać w jaki sposób stworzyć aplikację graficzną.

Podstawowa hierarchia klas

Biblioteka graficzna **libgfx** służy do tworzenia prostych interfejsów graficznych na niewielkich ekranach TFT LCD i została napisana w języku C++17, przy czym szczególny nacisk położono na minimalizację użycia pamięci. Do prawidłowego działania wystarczy mały mikrokontroler z rdzeniem Cortex-M3 oraz pamięcią RAM o wielkości min. 32 kB oraz pamięcią FLASH o wielkości min. 64 kB. Motywacją do opracowania biblioteki było niezadowolenie z aktualnie dostępnych rozwiązań, które albo były napisane w języku C, albo były dostępne na niewolnych licencjach bez dostępu do kodu źródłowego, lub wymagały stosunkowo dużych zasobów pamięciowych.



Rysunek 1. Podstawowe elementy odpowiedzialne za rozmieszczenie komponentów graficznych oraz zarządzanie kolorem

Biblioteka została napisana w oparciu o model obiektowy, ułatwiający znacząco tworzenie aplikacji graficznych, przy czym zdecydowano się na tworzenie interfejsu graficznego bezpośrednio w kodzie bez żadnych dodatkowych generatorów, które są zwyczajowo źródłem problemów, w szczególności, gdy chcemy zrealizować jakieś nietypowe zadanie. Dzięki takiemu podejściu interfejs biblioteki jest stosunkowo prosty oraz umożliwia tworzenie aplikacji graficznych w łatwy sposób, poprzez tworzenie obiektów klas odpowiadających wizualnie poszczególnym interfejsom graficznym na ekranie.

Podstawowymi elementami odpowiedzialnymi za rozmieszczenie komponentów graficznych oraz zarządzanie kolorem są obiekty pokazane na **rysunku 1**. Klasa **rectangle** służy do określenia rozmiaru oraz wielkości elementów graficznych na ekranie. Punkt początkowy określany jest za pomocą zmiennych **x** oraz **y**, natomiast rozmiar określany jest za pomocą zmiennej przechowującej szerokość obiektu **cx**, oraz zmiennej **cy** przechowującej wysokość obiektu. Klasa **point** określa pozycję pojedynczego punktu na ekranie i przechowuje współrzędne punktu w postaci zmiennych **x** oraz **y.** Definicja **color_t** służy do przechowywania koloru poszczególnych elementów.

Kolor możemy zdefiniować za pomocą funkcji:

```
static inline constexpr color_t rgb( unsigned char R, unsigned char G, unsigned char B );
```

Funkcja jako argumenty przyjmuje składowe koloru w postaci nasycenia składowej czerwonej, zielonej, oraz niebieskiej. Kolor możemy również określić za pomocą zestawu predefiniowanych zestawów **color** znajdujących się w przestrzeni nazw **gfx**.

Wygląd okien oraz widżetów opisywany jest za pomocą pomocniczej klasy **layout**, która zawiera podstawowe informacje o wyglądzie okna, kolorze tła, kolorze czcionki, kolorze przycisków, kolorze obramowań, oraz przechowuje wskaźnik do obiektu czcionki używanej do tworzenia napisów.

Kompletny diagram klas biblioteki graficznej od strony interfejsu użytkownika pokazano na **rysunku 2**. Koncepcja tworzenia aplikacji graficznych z użyciem biblioteki opiera się na tworzeniu hierarchii

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51

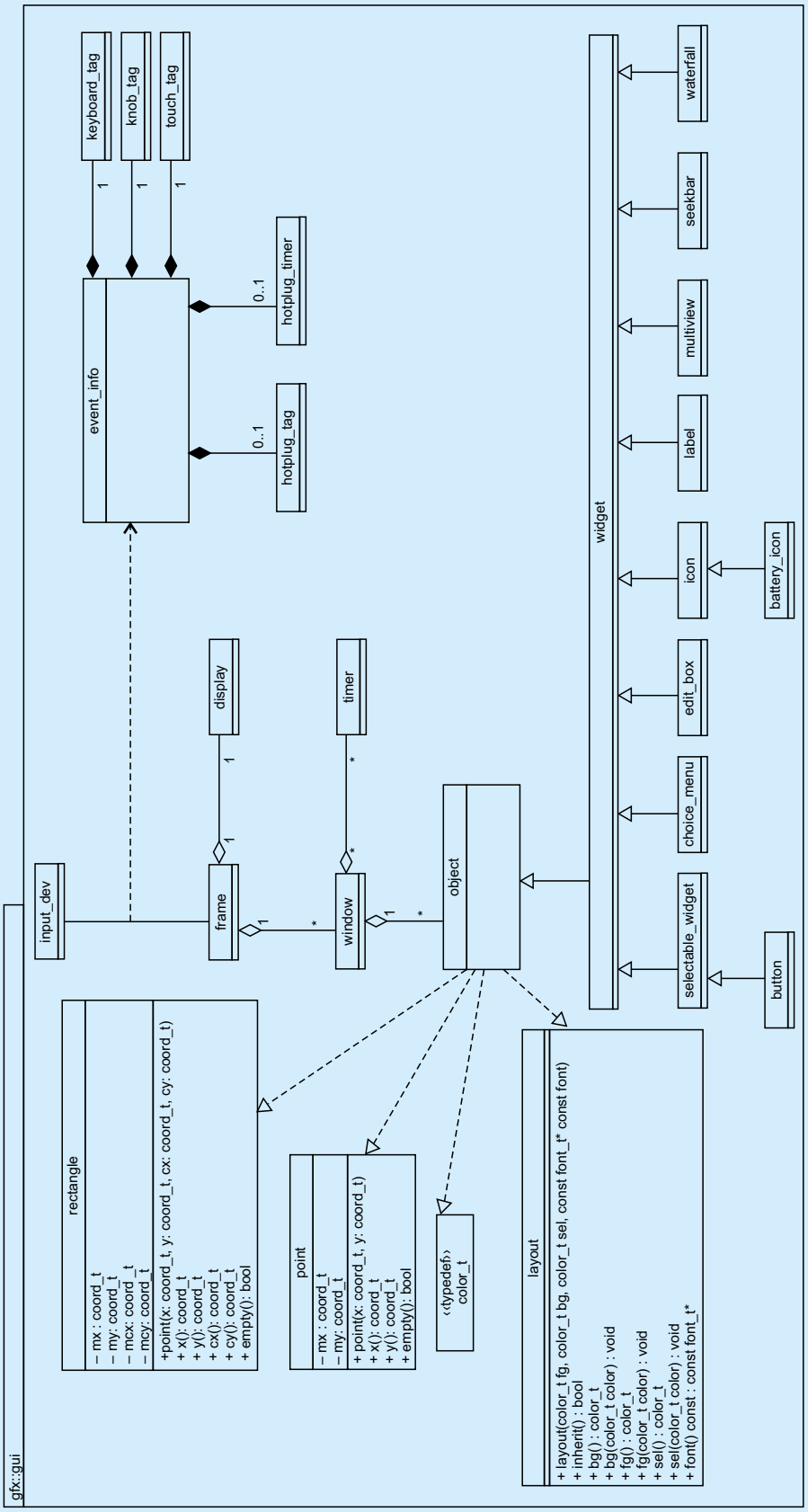
komponentów, takich jak: ramki, okna oraz elementy graficzne zwane widżetami. Podstawowym obiektem będącym właścicielem okien jest obiekt klasy **frame**, który powiązany jest z klasą bazową fizycznego sterownika, realizującego wyświetlanie na ekranie. Jedna instancja obiektu **frame** może być fizycznie powiązana tylko z jedną instancją klasy sterownika graficznego. Poza wyświetlaniem danych potrzebna jest również interakcja aplikacji z użytkownikiem za co odpowiedzialna jest metoda:

```
int report_event( const
input::event_info &event );
```

Metoda ta jest wywoływana przez sterowniki urządzeń wejściowych w wyniku reakcji na zdarzenia np. wciśnięcie klawisza, dotknięcie ekranu, co zostało omówione w poprzednim odcinku. Obiekt tej klasy odpowiedzialny jest również za zarządzanie oknami, do którego może być przypisane wiele okien (obiektów klasy **window**). Okna mogą być widoczne na ekranie lub mogą być ukryte. W tym samym czasie tylko pojedyncze okno może być aktywne (*Focus*) i tylko do aktywnego okna trafiają wszystkie zdarzenia pochodzące od urządzeń wejściowych. Do poszczególnych okien mogą być również przypisane obiekty klasy **timer**, które umożliwiają generowanie zdarzeń w ściśle określonych interwałach czasowych. W poszczególnych oknach mogą być umieszczane właściwe komponenty graficzne odpowiedzialne za integrację z użytkownikiem. Podstawową klasę bazową dla wszystkich widżetów stanowi klasa **object**, która jest odpowiedzialna za obsługę zdarzeń. Natomiast podstawową klasą bazową dla wszystkich komponentów graficznych stanowi klasa **widget**. Stanowi ona podstawowy interfejs odpowiedzialny za realizację operacji graficznych przez klasy podrzędne. Do dyspozycji twórcy aplikacji graficznej mamy zestaw następujących klas podrzędnych:

- Klasa **button** umożliwia utworzenie przycisków (klawiszy),
- Klasa **choice_menu** umożliwia tworzenie obiektów z napisami z możliwością wyboru opcji z listy,
- Klasa **edit_box** umożliwia tworzenie pól edycyjnych,
- Klasa **icon** odpowiedzialna jest za tworzenie prostych piktogramów (ikon),
- Klasa **battery_icon** umożliwia tworzenie inteligentnych wskaźników stanu naładowania baterii,
- Klasa **label** umożliwia tworzenie etykiet tekstowych z dowolnym kolorem tła oraz kolorem napisu na ekranie,
- Klasa **multiview** umożliwia utworzenie wieloliniowego pola edycyjnego z automatycznym przewijaniem tekstu do tyłu oraz do przodu,
- Klasa **seekbar** umożliwia tworzenie suwaków które mogą służyć do regulacji różnych wartości (np. poziom głośności itp.),
- Klasa **waterfall** umożliwia tworzenie wykresów wodospadowych, korzystających z transformaty Fouriera.

Pokazane komponenty często są spotykane w innych środowiskach graficznych, jednak, gdy będziemy potrzebować innego komponentu, który nie występuje na liście gotowych obiektów możemy w łatwy sposób przygotować własne implementacje.



Rysunek 2. Kompletny diagram klas biblioteki graficznej od strony interfejsu użytkownika

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **www.media.avt.pl**

eprasa.pl e017b7ba51

Zdarzenia wejściowe

Biblioteka graficzna **libgfx** jest oparta o system zdarzeń obsługiwany w wątku głównym klasy **frame**. Zdarzenia generowane są przez urządzenia wejściowe i przekazywane do obiektów w wyniku reakcji użytkownika np. wciśnięcia klawisza, dotknięcia ekranu itp. Sterowniki systemu operacyjnego mogą również generować zdarzenia np. w wyniku włożenia pendrive do złącza USB, są to tzw. zdarzenia systemowe. Wątek główny przekazuje zdarzenia podchodzące od urządzeń wejściowych do wszystkich aktualnie widocznych okien, odpowiedzialny jest również za rysowanie poszczególnych widocznych okien i komponentów na ekranie.

Biblioteka nie narzuca ilości dostępnych ekranów. Jedynym warunek jest taki, żeby każda klasa **frame** odpowiadała za generowanie obrazu dla pojedynczego wyświetlacza. Tworząc odpowiednią ilość takich obiektów możemy obsługiwać dowolną liczbę wyświetlaczy w pojedynczym systemie. Poza zdarzeniami zewnętrznymi w implementacji biblioteki generowane są również zdarzenia wewnętrzne np. informacja o uzyskaniu widoczności przez okno, informacja o utracie widoczności, informacja o odrysowaniu elementu. Listę dostępnych zdarzeń biblioteki pokazano w **tabeli 1**. Zdarzenia mogą być wykorzysane wewnętrznie przez komponenty graficzne np. zdarzenie od wciśnięcia klawisza może wpisywać kolejne litery w polu edycyjnym. Istnieje również możliwość podłączenia lub odłączenia własnego handlera związanego z określonym zdarzeniem do dowolnego obiektu biblioteki, co realizowane jest za pomocą metod klasy bazowej **object**:

```
event_handle connect( event_signal evt_h,
event::evtype evt_t  );
void disconnect( event_handle evt );
```

obiekt typu **event_signal** zdefiniowano z użyciem mechanizmu **std::function<>** :

```
using event_signal = std::function<bool(const event&)>
```

Dzięki temu rozwiązaniu jako funkcję obsługi zdarzeń możemy wykorzystać funkcję lambda, funkcje klasyczne, a także dzięki zastosowaniu **std::bind** metody klas, których funkcja jako argument przyjmuje referencję do klasy event oraz powinna zwracać wartość *true*, jeśli wybrany komponent ma zostać odrysowany na ekranie.

Anatomia klas frame oraz window oraz widget

Po zapoznaniu się z ogólną koncepcją biblioteki przechodzimy do szczegółowego omówienia interfejsów klas przydatnych podczas tworzenia własnych aplikacji. Pierwszym krokiem jest utworzenie klasy **frame**, a następnie dodanie do niej okna głównego aplikacji lub ewentualnie kilku okien. Przy tworzeniu instancji klasy **frame** należy skorzystać z konstruktora:

```
frame( drv::disp_base &display, color_t color =
color::Black )
```

Jako argumenty należy przekazać referencję do obiektu sterownika wyświetlacza oraz kolor tła, którym będzie wypełniony wyświetlacz, gdy nie będzie widoczne na nim okno. Po utworzeniu obiektu należy przekazać referencję do niego sterownikowi lub sterownikom urządzeń wejściowych, które w reakcji na zdarzenie zewnętrzne powinny wywołać metodę:

```
int report_event( const input::event_info &event );
```

do której powinny przekazać wypełnioną strukturę event opisującą określone zdarzenie.

Po zakończeniu inicjalizacji wszystkich potrzebnych obiektów należy pamiętać, aby wywołać metodę:

```
/** Execute gui main loop */
void execute();
```

której zadaniem jest obsługa głównej pętli zdarzeń biblioteki graficznej.

Kolejnym krokiem po utworzeniu ramki jest dodanie lub usuwanie okien powiązanych z danym wyświetlaczem co możemy zrealizować za pomocą metod:

```
//Add widget to frame
void add_window( window* window );
//Delete the widget
void delete_window( window* window );
```

Do ramki możemy dodać dowolną liczbę okien którymi będziemy zarządzać. Okna mogą zachodzić na siebie, pokrywać się częściowo lub całkowicie, przy czym w danym czasie tylko jedno okno może otrzymać Focus oraz otrzymywać zdarzenia od urządzeń wejściowych.

Do najważniejszych metod służących do zarządzania oknami należą:

```
int set_focus( window* win, window* back_win =
nullptr );
int pop_focus();
bool stack_empty() const;
window* get_active_window() const;
```

Pierwsza metoda ustawia wybrane okno jako widoczne na wierzchu, jednocześnie pozwalając na opcjonalne przekazanie wskaźnika do innego okna, które będzie zapisane na stosie okien.

Druga metoda umożliwia zdjęcie ze stosu poprzednio odłożonego okna oraz ustawia zdjęte okno jako widoczne. Metoda **stack_empty**(), zwraca wartość **true**, jeżeli stos okien jest pusty, natomiast ostatnia metoda pozwala na uzyskanie wskaźnika do aktualnie aktywnego okna.

Kolejną klasą, która stanowi właściwy kontener na komponenty graficzne jest klasa **window**. Obiekt tej klasy możemy utworzyć za pomocą konstruktora:

```
window( const rectangle &coord, frame &frm,
unsigned flags = 0 )
```

Jako pierwszy argument należy przekazać referencję do klasy **rectangle** określającej umiejscowienie okna w ramce, jako drugi argument należy przekazać referencję do obiektu ramki, która będzie właścicielem okna. Jako ostatni argument możemy przekazać opcjonalne argumenty określające atrybuty okna. Atrybuty powinny stanowić kombinację bitów określających wypełnienie oraz obramowanie okien – **listing 1**. Flaga **fill** określa, czy okno powinno być wypełniane kolorem tła czy powinno pozostać niezmienione. Flaga **border** określa czy należy rysować obramowanie okna czy też nie. Flaga **selectboder** definiuje czy należy rysować obramowanie aktualnie aktywnego okna. Dodatkowa flaga **double_border** określa, czy obramowanie powinno być podwójnej grubości, czy nie.

Tabela 1. Lista dostępnych zdarzeń biblioteki

Zdarzenie	Struktura	Typ	Opis
EV_PAINT	window*	Wewn.	Okno zostało odrysowane
EV_WINDOW	window*	Wewn.	Zdarzenie wygenerowane przez użytkownika
EV_KEY	keyboard_tag	Zewn.	Wciśnięto klawisz
EV_KNOB	knob_tag	Zewn.	Zdarzenie od enkodera obrotowego
EV_TOUCH	touch_tag	Zewn.	Zdarzenie od ekranu dotykowego
EV_HOTPLUG	hotplug	Zewn.	Zdarzenie systemowe (dołączenie lub odłączenie urządzenia)
EV_CLICK		Wewn.	Kliknięcie w wybrany widżet
EV_CHANGE	argument	Wewn.	Zmiana zawartości widżetu
EV_FOCUS	window*	Wewn.	Uzyskanie lub utrata widoczności
EV_TIMER	timer	Wewn.	Zdarzenie pochodzące od licznika
EV_JOYSTICK	argument	Zewn.	Zdarzenie od zewnętrznego joysticka (USB)

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51

```
Listing 1. Ostatni argument obiektu klasy window definiujący
atrybuty okna stanowi kombinację bitów określających wypełnienie
oraz obramowanie okien
enum  : unsigned {
        //Fill background
        fill = 0x01,
        //Draw border
        border = 0x02,
        //Select border
        selectborder = 0x04,
    };
};

struct style {
    enum  : unsigned {
        //Single border
        single_border = 0,
        //Double border
        double_border = 1,
    };
};
```

Po utworzeniu okna możemy dodawać lub usuwać poszczególne komponenty graficzne z wykorzystaniem metod:

```
//! Add widget
void add_widget( widget * const w );
//! Delete widget
void delete_widget( widget * const w );
```

W ramach aktywnego okna możemy również aktywować wybrany widżet za pomocą metod:

```
//! Select next item
void select_next();
//! Select prev item
void select_prev();
//! Select wiget directly
void select( widget * const w );
//! Select widget by coord
void select( const point& p );
```

Korzystając z powyższych metod możemy wybierać aktywne komponenty do przodu lub do tyłu według porządku ułożenia w oknie. Możemy również aktywować konkretny komponent podając wskaźnik do tego komponentu lub punkt na ekranie, w którym jest on zawarty.

Należy zaznaczyć, że zarówno zmiana aktywnego okna, jak i wybór widżetu w danym oknie nie jest zdefiniowany przez bibliotekę graficzną, ponieważ w przeciwieństwie do klasycznych komputerów, w systemach wbudowanych zestaw urządzeń wejściowych, czy ilość i rodzaj przycisków nie jest zazwyczaj określona. Twórca aplikacji powinien zarejestrować własne procedury obsługi zdarzeń dla wybranych zdarzeń wejściowych korzystając z metody *connect()*, należącej do obiektu klasy **frame**. Z metody tej należy wywołać stosowne funkcje służące do aktywacji wybranego okna czy widżetu w ramach danego okna. Takie podejście kosztem niewiele większego skomplikowania zapewnia w pełni uniwersalne podejście niezależne od dostępnych przycisków.

Ostatnim etapem tworzenia interfejsu graficznego jest dodanie poszczególnych widżetów do wybranych okien. W tym przypadku każdy widżet zawiera zestaw własnych metod w zależności od tego jaką funkcjonalność realizuje. Część metod jest wspólna dla wszystkich komponentów i pochodzi z klasy bazowej **widget** oraz **object**. Metoda **selectable()** umożliwia określenie czy dany komponent jest wybieralny czy nie, co jest przydatne np. w przypadku komponentów typu ikony, etykiety itp, które nie realizują żadnych interakcji z użytkownikiem:

```
void selectable(bool select_mode);
bool selectable() const
```

Metoda **is_modified()**, określa czy wybrany component uległ zmianie i czy konieczne będzie jego ponowne odrysowanie

```
bool is_modified() const;
```

Spójrzmy dla przykładu na klasę **button**, której zadaniem jest narysowanie przycisku. Przycisk tworzymy za pomocą następującego konstruktora:

```
button( rectangle const& rect,layout const& layout
,window &win )
```

Jako pierwszy argument przekazujemy pozycję, w oknie na której przycisk zostanie umieszczony, jako drugi argument przekazujemy referencje do obiektu layout określający wygląd przycisku, natomiast jako ostatni argument należy przekazać referencję do obiektu okna, która jest właścicielem przycisku. Tak utworzony klawisz naturalnie powinien posiadać napis, który możemy ustawić za pomocą metody:

```
void caption( const T caption );
```

Stanem specyficznym dla przycisku, jest jego stan wciśnięcia. Możemy zarówno zmienić jak i odczytać aktualny stan za pomocą metod:

```
void pushed( bool pushed );
bool pushed() const;
```

Przycisk po wciśnięciu przez użytkownika jest źródłem zdarzenia **EV_CLICK**, do którego możemy podłączyć własną procedurę z pomocą metody ***connect()***. Dzięki temu po wciśnięciu klawisza zostanie wywołana nasza metoda/funkcja, którą możemy wykorzystać do celów określonych przez aplikację. Naturalnie inne komponenty graficzne będą zawierać inne metody oraz zgłaszać inne zdarzenie specyficzne dla poszczególnych typów widżetów.

Przykład

Do zaprezentowania możliwości biblioteki graficznej przygotowano proste demo, którego efekt działania pokazuje **fotografia 1**. Ekran składa się z pojedynczego okna, w którym umiejscowiono najczęściej spotykane widżety: przycisk, suwak, pole edycyjne oraz pole wyboru. Za pomocą pola dotykowego możemy wybierać poszczególne elementy. Efektem działania aplikacji jest wyświetlanie na diagnostycznym terminalu szeregowym informacji o dotknięciu poszczególnych komponentów oraz inne specyficzne informacje dla danego widżetu. Główną część kodu stanowią dwa pliki, *tft_livedemo.cpp* oraz *tft_livedemo.hpp*, które implementują klasę **tft_livedemo (listing 2).** Składowe prywatne klasy zawierają omówiony w poprzednich odcinkach obiekt sterownika wyświetlacza oraz ekranu dotykowego, z którymi współpracuje obiekt **m_frame** stanowiący instancję klasy **frame**. Główny kod programu graficznego realizowany jest przez metodę **thread()** wykonywaną przez system ISIX w postaci oddzielnego wątku (**listing 3**).

Na początku wykonywana jest metoda inicjalizująca sterownik magistrali I²C, która jest potrzebna do obsługi panelu dotykowego. Jeśli inicjalizacja kontrolera nie powiedzie się wątek kończy działanie.

```
Listing 2. Implementacja klasy tft_livedemo
class tft_livedemo
{
    static const unsigned STACK_SIZE = 2048;
    static const unsigned TASK_PRIO = 3;
public:
    //Constructor
    //Start the first task
    void start() noexcept;
private:
    //! Main thread
    void thread() noexcept;
    //! Lib test
    void windows_test() noexcept;
    //A window calllback for select item
    bool window_callback( const gfx::gui::event &ev );
    //Buttons callback
    bool on_click( const gfx::gui::event &ev );
    //On select item
    bool on_select_item( const gfx::gui::event &ev );
    //On seek change
    bool on_seek_change( const gfx::gui::event &ev );
    //! Setup i2c bus
    int setup_i2c_bus() noexcept;
private:
    periph::display::bus::dsi m_dsi { „dsi” };
    periph::display::fbdev m_fb { „ltdc” };
    periph::display::otm8009a displl {m_dsi, „display”};
    gfx::drv::dsi_fb m_disp { m_fb,displl };
    gfx::gui::frame frame { m_disp };
    gfx::gui::editbox* m_edit {};
    bool m_edit_mode = false;
    periph::drivers::i2c_master m_i2c { „i2c1” };
    gfx::drv::ft6x06_touch m_touch { „display”, m_i2c, frame };
    isix::thread m_thr;
};
```

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51

Listing 3. Główny kod programu graficznego realizowany jest przez metodę *thread()* wykonywaną przez system ISIX w postaci oddzielnego wątku

```
void tft_livedemo::thread() noexcept {
    if(setup_i2c_bus()) {
        return;
    }
    //Start touch screen only when init is ok
    m_touch.start();
    // Start the demo
    windows_test();
}
```

W kolejnym kroku wywoływana jest metoda **start()** klasy panelu dotykowego, co powoduje rozpoczęcie przetwarzania zdarzeń wejściowych. Po zakończeniu inicjalizacji wywoływana jest metoda **windows_test(),** która realizuje właściwy proces tworzenia aplikacji graficznej (**listing 4**).

Pierwszym etapem jest włączenie podświetlania wyświetlacza, co jest realizowane za pomocą metody **power_ctl()** klasy display. Następnym krokiem jest utworzenie okna głównego reprezentowanego przez obiekt **win**, które jest pomniejszone o 10 pikseli w stosunku do rozmiaru całego ekranu. W konstruktorze przekazujemy rozmiary oraz lokalizację okna, referencję, do ramki która jest właścicielem okna, oraz flagi które włączają obramowanie. Po utworzeniu okna przystępujemy do tworzenia poszczególnych elementów graficznych: przycisku, suwaka, pola edycyjnego oraz pola wyboru. Tworząc powyższe obiekty przekazujemy relatywną pozycję elementów w oknie, rozmiar obiektów, wygląd obiektu, oraz referencję do okna, które jest właścicielem widżetów. W kolejnym kroku za pomocą metody **caption()** uzupełniamy opis przycisku, za pomocą metody **value()** ustawiamy suwak w połowie, oraz dodatkowo pole wyboru uzupełniamy listą linii. Mamy już w zasadzie utworzone wszystkie elementy graficzne na ekranie pozostało nam jeszcze uzupełnienie aplikacji o metody obsługi zdarzeń, tak aby program wykonywał jakieś akcje w interakcji z użytkownikiem. Jednym z istotniejszych kroków jest podłączenie metody **window_callback()** pod zdarzenia **EV_KEY** (wciśnięcie klawisza), oraz **EV_TOUCH** zdarzenie dotykowe, w której należy oprogramować sposób wyboru (*Focus*) poszczególnych komponentów po dotknięciu ekranu lub wciśnięciu klawisza. W kolejnych krokach w poszczególnych komponentach podłączamy metody pod zdarzenia **EV_CLICK**, które będą wysyłane do aplikacji po wykonaniu określonych czynności. Ostatnim krokiem jest ustawienie focusa na okno główne aplikacji, oraz wywołanie metody **execute()** na rzecz obiektu **m_frame**. Od tego momentu wszystkie interakcje ze środowiskiem graficznym odbywają się za pomocą pętli zdarzeń.

Najbardziej istotną metodą jest metoda **window_callback(),** obsługująca wybór aktualnie aktywnego komponentu (**listing 5**). W pierwszym kroku zajmujemy się obsługą zdarzeń od klawiatury, której warunkiem początkowym jest wykrycie zdarzenia **EV_KEY**. Następnie sprawdzamy który klawisz został wciśnięty i jeżeli jest to strzałka w lewo, wówczas na obiekcie okna wywołujemy metodę

Listing 4. Metoda *windows_test()*, która realizuje właściwy proces tworzenia aplikacji graficznej

```
//Base buttons and windows demo
void tft_livedemo::windows_test() {
    using namespace gfx::gui;
    using namespace gfx::drv;
    m_disp.power_ctl( power_ctl_t::on );
    window win( rectangle( 10, 10, m_disp.get_width()-20, m_disp.get_height()-20),
            frame, window::flags::border |window::flags::selectborder );
    button btn( rectangle(40, 20, 400 , 40), layout(), win );
    seekbar seek( rectangle(40, 75, 400 , 40), layout(), win );
    editbox edit( rectangle(40, 150, 400 , 30), layout(), win );
    choice_menu choice1( rectangle(40, 220, 400, 250), layout(), win, choice_menu::style::normal );
    edit.readonly(true);
    m_edit = &edit;
    seek.value( 50 );
    btn.caption(„Button”);
    edit.value(„Text edit value”);
    static constexpr choice_menu::item menu1[] = {
            { 1, „linia 1” },
            { 20, „linia 20” },
            choice_menu::end  //Termination
    };
    choice1.items( menu1 );

    //Connect windows callback to the main window
    win.connect(std::bind(&tft_livedemo::window_callback,this,std::placeholders::_1), event::evtype::EV_KEY);
    win.connect(std::bind(&tft_livedemo::window_callback,this,std::placeholders::_1),     event::evtype::EV_TOUCH);
    btn.connect(std::bind(&tft_livedemo::on_click,this,std::placeholders::_1),event::evtype::EV_CLICK);
    btn.pushkey( gfx::input::kbdcodes::enter);    choice1.connect(std::bind(&tft_livedemo::on_select_item,this,std::placeholders::_1),
            event::evtype::EV_CLICK);
    seek.connect(std::bind(&tft_livedemo::on_seek_change,this,std::placeholders::_1),event::evtype::EV_CLICK);
    frame.set_focus( &win );
    frame.execute();
}
```

Listing 5. Metoda *window_callback()* obsługująca wybór aktualnie aktywnego komponentu

```
//A window calllback for select item
bool tft_livedemo::window_callback(const gfx::gui::event &ev) {
    using namespace gfx::input;
    using namespace gfx::gui;
    bool ret{};
    auto win = static_cast<gfx::gui::window *>(ev.sender);
    if (ev.type==event::evtype::EV_KEY && ev.keyb.stat == gfx::input::detail::keyboard_tag::status::DOWN) {
        if (ev.keyb.key == kbdcodes::os_arrow_left && !m_edit_mode) {
            win->select_prev();
            ret = true;
        } else if (ev.keyb.key == kbdcodes::os_arrow_right && !m_edit_mode) {
            win->select_next();
            ret = true;
        }
        if (ev.keyb.key == kbdcodes::enter && m_edit == win->current_widget()){
            m_edit_mode = !m_edit_mode;
            m_edit->readonly(!m_edit_mode);
            dbg_info(„Toggle edit mode %i”, m_edit_mode);
        }
    }
    //Handle touch screen by selection
    if(ev.type==event::evtype::EV_TOUCH && ev.touch.eventid==touchevents::press_down) {
        win->select({ev.touch.x, ev.touch.y});
    }
    return ret; //  Need redraw
}
```

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51

select_next() co spowoduje wybranie kolejnego komponentu. Jeśli jest to strzałka w prawo to analogicznie wybieramy metodę **select_prev()** w wyniku czego zaznaczony będzie poprzedni komponent. Dodatkowo, jeśli znajdujemy się w polu edycyjnym, klawisz **ENTER** powoduje wejście lub wyjście z trybu edycji polegającej na naprzemiennym włączaniu oraz wyłączaniu trybu tylko do odczytu (metoda ***read_only()***).

Znacznie prostsza jest obsługa zdarzeń dotykowych. W tym przypadku sprawdzamy jedynie czy przyszło zdarzenie **EV_TOUCH** i wywołujemy metodę ***select()*** na rzecz obiektu okna przekazując miejsce dotknięcia ekranu. Metoda ta automatycznie uaktywni dany widżet, jeśli stwierdzi, że punkt dotknięcia znajduje się w obrębie danego komponentu.

Kolejnymi metodami obsługi zdarzeń są zdarzenia **EV_CLICK** podpięte do poszczególnych komponentów. Dla porządku przedstawimy jedynie metodę reakcji na zdarzenie wciśnięcia przycisku ***on_click()*** (**listing 6**). W wyniku wciśnięcia klawisza podsystem graficzny wywoła metodę **on_click()** przekazując referencję do opisu zdarzenia (*event_info*). W pierwszym kroku rzutujemy pole **ev.sender** będące wskaźnikiem do typu **object** na typ obiektu **button**, ponieważ mamy pewność, że wskaźnik do tego obiektu jest pożądanego typu. W kolejnym kroku za pomocą funkcji wypisującej na porcie szeregowym wyświetlamy identyfikator (adres) okna, oraz tytuł (tekst) znajdujący się na przycisku. Każda metoda obsługi zdarzenia powinna zwracać wartość **true**, jeśli dany obiekt został zmieniony i chcemy, aby został odrysowany.

Podczas pisania własnych procedur obsługi zdarzeń należy pamiętać, aby procedury obsługi były nieblokujące, ponieważ wykonywane są w kontekście wątku graficznego. Zablokowanie metody na elemencie synchronizacyjnym spowoduje zatrzymanie wątku graficznego i brak reakcji na interakcję z użytkownikiem.

Aby uruchomić wcześniejszy przykład należy podłączyć do komputera zestaw *stm32f469i-disco* za pomocą kabla mini USB oraz pobrać kod źródłowy z repozytorium wpisując polecenie:

```
git clone -b pub/ep0120 –recursive https://www.boff.pl/cgit/public/isixsamples
```

W kolejnym kroku należy skompilować program oraz zaprogramować płytkę ewaluacyjną tak powstałym kodem maszynowym, co możemy zrealizować wydając następujące polecenia:

```
waf configure --crystal-hz=8000000 --debug waf
waf
waf program
```

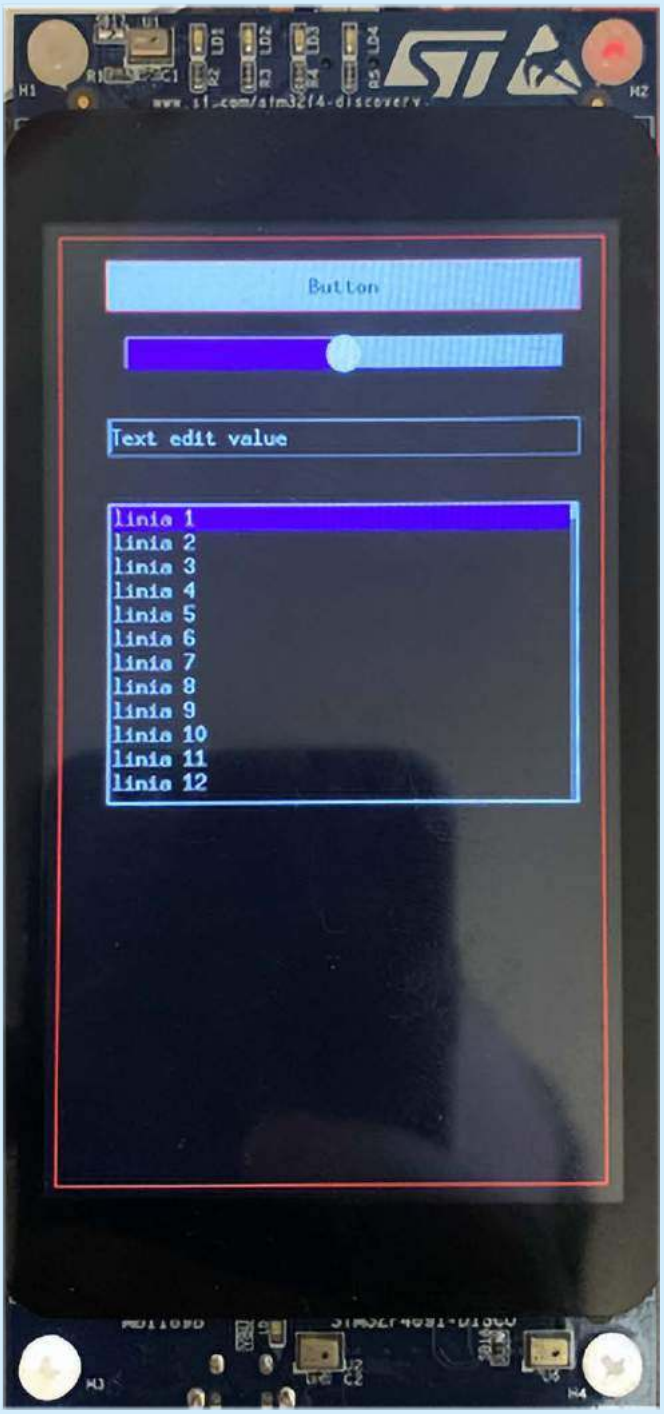
Równocześnie do wirtualnego portu szeregowego utworzonego przez programator należy podłączyć dowolny program terminalowy ustawiając następujące parametry transmisji: **115200,n,8,1.**

Po wykonaniu powyższych czynności na wyświetlaczu powinno pojawić się okno z demonstracyjnymi widżetami biblioteki graficznej. W przeciwieństwie do poprzedniego przykładu widżety powinny reagować na dotyk, a wciskanie odpowiednich elementów będzie powodować wywoływanie odpowiednich metod do nich przypisanych, co będziemy mogli zaobserwować na terminalu szeregowym.

Lucjan Bryndza, EP
lucjan.bryndza@boff.pl

Listing 6. Metoda reakcji na zdarzenie wciśnięcia przycisku *on_click()*

```
//Buttons callback
bool tft_livedemo::on_click( const gfx::gui::event &ev ) {
    auto btn = static_cast<gfx::gui::button*>(ev.sender);
    dbg_info(„Button %p clicked with desc %s”, ev.sender, btn->caption().c_str());
    return false;
}
```



Fotografia 1. Prezentacja możliwości biblioteki graficznej za pomocą prostego programu demonstracyjnego

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP? Zajrzyj na

www.ep.com.pl/EPwtoku

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **www.media.avt.pl**

eprasa.pl e017b7ba51

Eksperymenty z FPGA (4)

W poprzedniej części dowiedzieliśmy się w jaki sposób w układzie FPGA zostaje zrealizowany najprostszy licznik. Teraz uruchomimy dwa kolejne proste projekty: uruchomimy rejestr przesuwny oraz obsłużymy enkoder inkrementalny. Przed przystąpieniem do wykonywania eksperymentów zachęcam do aktualizacji repozytorium z przykładami (na przykład poprzez wywołanie polecenia `git pull`).

FTP WSZYSTKIE POPRZEDNIE ODCINKI KURSU SĄ DOSTĘPNE NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

Drgania styków

Podczas przełączania znajdujących się na płytce przełączników DIP-switch występują tzw. drgania styków, które powodują, że na wejściu zamiast jednego zbocza otrzymamy całą serię impulsów. Gdybyśmy chcieli zliczać liczbę włączeń to zamiast jednego zliczylibyśmy kilka albo nawet kilkadziesiąt zdarzeń.

Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest korzystanie z wartości „zatrzaśniętej" w rejestrze. Jej wartość będziemy aktualizować tylko wtedy, gdy stan wejścia nie ulegnie zmianie przez zadany czas [1]. Schemat takiego układu pokazano na **rysunku 1**. Wejściowy rejestr na każdym narastającym zboczu zegara zapisuje stan z wejścia D. Dzięki temu na jego wejściu mamy aktualną, a na wyjściu poprzednią wartość. Jeżeli jest ona stabilna oba wejścia bramki ex-or będą miały taką samą wartość. Zmiana stanu wejściowego spowoduje, że przez jeden cykl będą się one różnić, co pociągnie wystawienie na jej wyjściu jedynki logicznej i reset licznika. Gdy jednak stała wartość utrzyma się dostatecznie długo doliczy on w końcu do wartości 2^{N-1}, (przy założeniu, że ma on długość N). Nastąpi wtedy odblokowanie trzeciego przerzutnika i wystawienie nowej wartości na wyjście Q. Jeżeli wartość wejściowa jest stała licznik będzie zliczał „w kółko", a rejestr wyjściowy będzie aktywny przez połowę czasu. Jednak nie ma to znaczenia, ponieważ w przypadku zmiany stanu wejścia D licznik zostanie zresetowany, a na wejściu CE pojawi się stan niski, zanim nowa wartość zostanie zatrzaśnięta.

Przyglądnijmy się teraz implementacji w języku SystemVerilog (**listing 1**). Moduł przyjmuje jeden parametr – N pozwalający na konfigurację czasu, po którym sygnał zostanie uznany za stabilny. Ze światem komunikuje się poprzez 3 wejścia: zegarowe `clk`, asynchorniczny reset `rst` i wejście sygnału `d` oraz wyjście `q`.

W liniach 23 do 27 znajduje się wejściowy przerzutnik. Na każdym narastającym zboczu stan wejścia `d` jest wpisywany do zmiennej `dr`. Bramka EX-OR jest zrealizowana w linii 29 jako logika asynchroniczna. Sam licznik znajduje się w liniach od 31 do 37. W kolejnych wierszach widzimy reset asynchroniczny, reset synchroniczny oraz inkrementację. Ostatnią częścią (linie 39…43) jest przerzutnik wyjściowy, który jako sygnał *clock enable* (bramkowanie zegara) używa najstarszego bitu licznika `stable_time`.

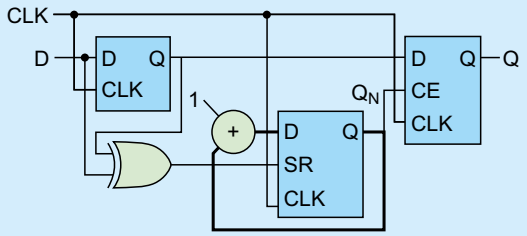
Listing 1. Implementacja modułu tłumienia drgań (*03_shiftreg/debonuce.sv*)

```
10 module debounce
11 #(
12     parameter N=8
13 ) (
14     input wire clk,
15     input wire rst,
16     input wire d,
17     output logic q
18 );
19     logic [N-1:0]stable_time;
20     logic sr;
21     logic dr;
22
23     always_ff @(posedge clk or negedge rst)
24         if (!rst)
25             dr <= '0;
26         else
27             dr <= d;
28
29     assign sr = (d != dr);
30
31     always_ff @(posedge clk or negedge rst)
32         if (!rst)
33             stable_time <= '0;
34         else if (sr)
35             stable_time <= '0;
36         else
37             stable_time <= stable_time + 1;
38
39     always_ff @(posedge clk or negedge rst)
40         if (!rst)
41             q <= '0;
42         else if (stable_time[N-1])
43             q <= dr;
44 endmodule
```

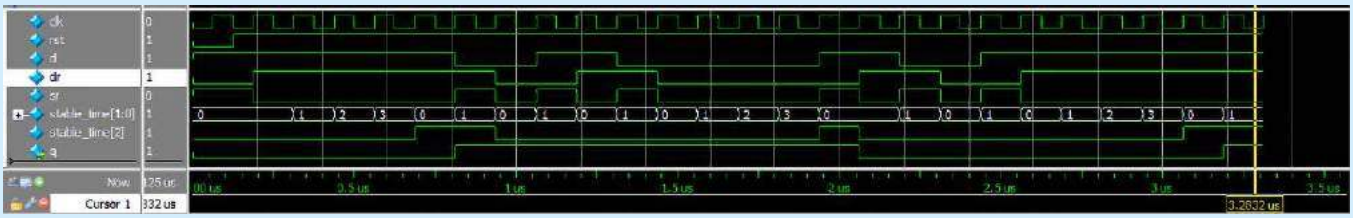
Do przetestowania działania modułu został przygotowany test bench, który znajduje się w pliku *03_shiftreg/debounce_tb.sv*. Ponieważ jest podobny do tych, które znamy z poprzedniej części, nie będziemy go dokładnie analizować. Natomiast warto zapoznać się z nim we własnym zakresie. Aby go uruchomić w programie ModelSim możemy użyć skryptu *03_shiftreg/debounce_sim.do*. Przechodzimy poleceniem `cd` do folderu z kodami źródłowymi i wywołujemy polecenie:

```
do ./debounce_sim.do
```

Uzyskany wynik pokazano na **rysunku 2**. Aby symulacja była krótka przyjęto N równe 3, czyli wejście zostaje uznane za stabilne po upływie 4 cykli zegara. Na wyniku symulacji wyraźnie widać, że sygnał `dr` jest „kopią" sygnału `d` opóźnioną o jeden cykl zegara.



Rysunek 1. Schemat układu usuwającego drgania



Rysunek 2. Wynik symulacji modułu tłumienia drgań

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51

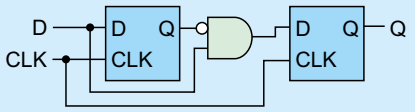
Listing 2. Implementacja modułu wykrywania zbocza (*03_shiftreg/edge_detector.sv*)

```
10 module edge_detector (
11     input wire clk,
12     input wire rst,
13     input wire d,
14     output logic q
15 );
16     logic dr;
17
18     always_ff @(posedge clk or negedge rst)
19         if (!rst) begin
20             dr <= '0;
21             q <= '0;
22         end else begin
23             dr <= d;
24             q <= d & ~dr;
25         end
26 endmodule
```

Listing 3. Implementacja rejestru przesuwnego (*03_shiftreg/shift_reg.sv*)

```
10 module shift_reg
11 #(
12     parameter N = 8
13 ) (
14     input wire clk,
15     input wire rst,
16     input wire ce,
17     input wire d,
18     output logic [N-1:0]q
19 );
20
21     always_ff @(posedge clk or negedge rst)
22         if (!rst)
23             q <= '0;
24         else if (ce) begin
25             q[0] <= d;
26             for (int i = 1; i < N; i++)
27                 q[i] <= q[i-1];
28         end
29 endmodule
```

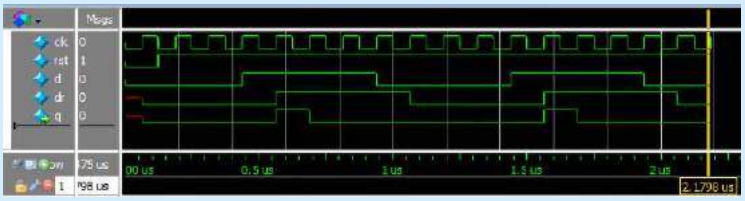
Sygnał `sr` przyjmuje stan wysoki gdy stan sygnału `d` ulegnie zmianie. Wyjście modułu `q` jest pokazane na samym dole rysunku.



Rysunek 3. Schemat układu wykrywającego zbocze

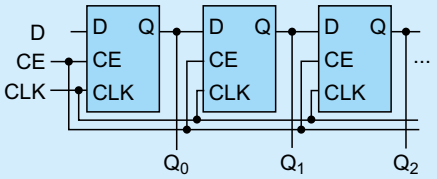
Wykrywanie zbocza

Dysponujemy już przefiltrowanym stanem przełącznika. Jednak, aby użyć go jako sygnału zwalniającego zegar, potrzebujemy nie ciągłego sygnału, ale krótkiego (o długości jednego cyklu zegarowego) impulsu po wystąpieniu interesującego nas zbocza.



Rysunek 4. Wyniki symulacji detektora zbocza

Schemat niezbędnego układu pokazano na **rysunku 3**. Pierwsza część jest analogiczna jak w poprzednim układzie filtra. Za pomocą pierwszego przerzutnika na wejście bramki podajemy aktualny i poprzedni stan sygnału wejściowego. Prezentowany układ wykrywa zbocza narastające. Oznacza to, że chcemy uzyskać stan wysoki gdy poprzednia wartość wejścia to 0, a aktualna to 1. Jak łatwo sprawdzić, taką funkcje realizuje bramka AND z zanegowanym jednym z wejść. Drugi przerzutnik nie jest niezbędny. Jego funkcją jest jedynie zapisanie aktualnego stanu. Ułatwia to późniejszą syntezę. Należy jednak pamiętać, że dodatkowy przerzutnik wprowadza opóźnienie o jeden cykl zegara.

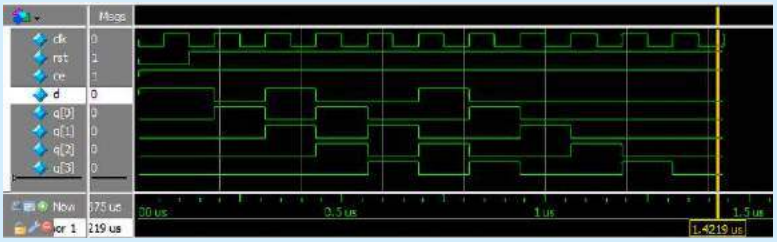


Rysunek 5. Schemat rejestru przesuwnego

Implementacja tego modułu jest stosunkowo krótka (**listing 2**). Wejścia i wyjścia są analogiczne jak w module `debonuce`. Tym razem cała logika została umieszczona w jednym bloku `always_ff`. W liniach 19...21 zrealizowany jest asynchroniczny reset. W linii 23 znajduje się przerzutnik wejściowy, a w linii 24 bramka logiczna i rejestr wyjściowy. Tak jak poprzednio możemy sprawdzić działanie modułu w symulacji, poleceniem:

```
do ./edge_detector_sim.do
```

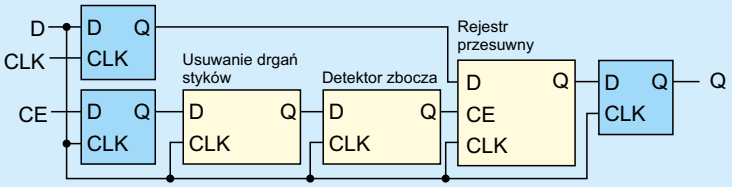
Wynik jest podobny do tego z **rysunku 4**. Jak łatwo zaobserwować na wyjściu `q` pojawiają się impulsy w momencie wykrycia zbocza narastającego na wejściu.



Rysunek 6. Symulacja działania rejestru przesuwnego

Rejestr przesuwny

W dwóch poprzednich modułach używaliśmy przerzutnika D do opóźnienia sygnału o jeden takt zegara. Jeśli połączymy ze sobą wejścia i wyjścia kilku (w naszym module jest ich N) przerzutników otrzymamy rejestr przesuwny. Sygnał na wyjściu ostatniego z nich będzie opóźniony o N taktów zegara względem pierwszego. Schemat takiego układu pokazano na **rysunku 5**.



Rysunek 7. Schemat rejestru przesuwnego sterowanego przełącznikami

Implementacja została pokazana na **listingu 3**. Parametr `N` określa długość rejestru przesuwnego (liczbę przerzutników). Główna część logiki znajduje się w bloku `always_ff`. W liniach 22...23 zrealizowany jest reset asynchroniczny. Wykorzystujemy tutaj przypisanie wartości `'0`, która oznacza wektor zer o takiej długości jak ten, który znajduje się po lewej stronie przypisania (analogicznie można stworzyć wektor samych jedynek za pomocą polecenia `'1`).

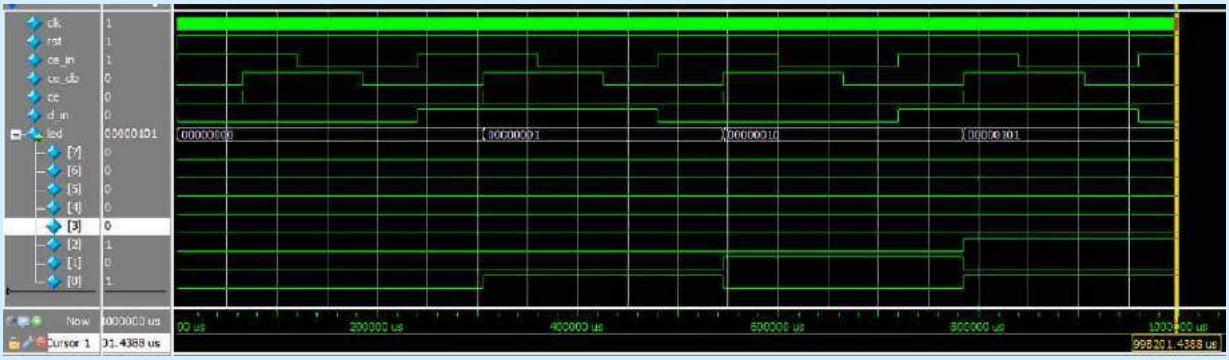
Ciekawsza jest druga część, gdzie realizujemy logikę rejestru przesuwnego. Najpierw w linii 25 znajduje się przerzutnik zerowy. Następnie pozostałe `N-1` przerzutników jest wygenerowanych w pętli `for`. Jednak w przeciwieństwie do języków programowania tutaj nie zostanie ona wykonana iteracyjnie, ale spowoduje wygenerowanie działających równolegle bloków logik. Sprawdźmy jego działanie w symulacji:

```
do ./shift_reg_sim.do
```

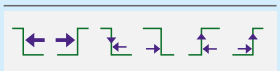
Zobaczymy efekt podobny do tego, który pokazuje **rysunek 6**. Zgodnie z oczekiwaniem każde kolejne wyjście przerzutnika

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 8. Wyniki symulacji projektu z Listingu 4



Rysunek 9. Przyciski znajdź zmianę

(`q[0]`, `q[1]`, `q[2]` i `q[3]`) jest opóźnione o jeden takt zegara względem poprzedniego.

Łączymy całość

Zebraliśmy już wszystkie bloki potrzebne do uruchomienia pierwszego eksperymentu. Będzie to rejestr przesuwny, którym będziemy sterować za pomocą przełączników dostępnych na płytce: jeden pozwoli na wybranie stanu wejścia D, a drugi na taktowanie poprzez zwalnianie wejścia CE na jeden cykl zegara. Sposób połączenia bloków pokazano na **rysunku 7**.

Pewnym niuansem pominiętym w tym projekcie jest nieuwzględnienie opóźnienia wprowadzonego przez filtrację drgań (2^N+1 cykli zegara) oraz wykrywanie zbocza (1 cykl zegara). Tak więc sygnał na wejściu CE będzie opóźniony względem wejścia D o 2^N+2 cykli zegara. W naszym przypadku nie zakłóci to działania, ponieważ „opóźnienia" wprowadzone przez przesuwającego przełączniki człowieka są dużo większe. Jednak w ogólnym przypadku należy zadbać o to, aby spotykające się sygnały miały względem siebie „odpowiednie" opóźnienie (tzw. latencję). Dodatkowo na wejściu i wyjściu dodane zostały rejestry, które pozwolą narzędziom na łatwiejsze rozłożenie elementów w strukturze układu FPGA.

Listing 4. Implementacja rejestru przesuwnego sterowanego przez przełączniki (*03_shiftreg/shift_reg_led.sv*)

```
10 module shift_reg_led #(
11     parameter LED_N = 8
12 ) (
13     input wire clk,
14     input wire rst,
15     input wire ce_in,
16     input wire d_in,
17     output logic [LED_N-1:0]led
18 );
19     logic ce_in_r, d_in_r;
20     logic [LED_N-1:0]led_out;
21     logic ce, ce_db;
22
23     always_ff @(posedge clk or negedge rst)
24         if (!rst) begin
25             ce_in_r <= 1'b0;
26             d_in_r <= 1'b0;
27             led <= 1'b0;
28         end else begin
29             ce_in_r <= ce_in;
30             d_in_r <= d_in;
31             led <= led_out;
32         end
33
34     debounce #(.N(20)) db (
35         .clk(clk),
36         .rst(rst),
37         .d(ce_in_r),
38         .q(ce_db)
39     );
40
41     edge_detector ed (
42         .clk(clk),
43         .rst(rst),
44         .d(ce_db),
45         .q(ce)
46     );
47
48     shift_reg #(.N(LED_N)) sreg (
49         .clk(clk),
50         .rst(rst),
51         .ce(ce),
52         .d(d_in_r),
53         .q(led_out)
54     );
55 endmodule
```

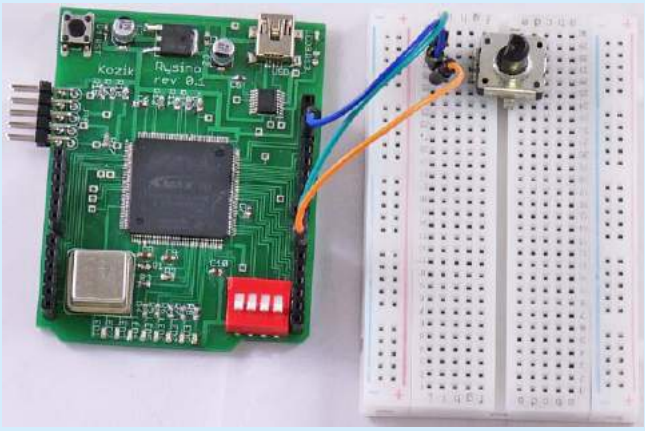
Kod źródłowy zaprezentowano na **listingu 4**. Implementacja zaczyna się od przerzutników D zatrzaskujących stan wejść i wyjść (linie 23...32). Dalej zainstancjonowane są moduły: filtracji drgań, wykrywania zbocza oraz sam rejestr przesuwny. Przed przejściem do hardwareu sprawdźmy najpierw jak całość sprawdzi się w symulacji którą uruchamiamy rozkazem:

```
do ./shift_reg_led_sim.do
```

Ponieważ symulujemy całą sekundę (przy zegarze 8 MHz) jej wykonanie zajmie chwilę dłużej niż w poprzednich eksperymentach. Rezultat prezentuje rysunek 8.

Widzimy, że w naszym projekcie opóźnienie wprowadzone przez filtrację drgań (pomiędzy sygnałem ce_in, a ce_db) wynosi około 50 ms. W kolejnym wierszu (ce) widzimy „szpilki" pojawiające się w momencie wykrycia zbocza narastającego. Ponieważ czas trwania tego sygnału jest bardzo krótki (względem czasu trwania symulacji) niektóre z nich mogą nie być widoczne. Aby je znaleźć możemy kliknąć interesujący nas sygnał i skoczyć do następnej lub poprzedniej zmiany jego stanu za pomocą przycisków „*Find transition*" (znajdź przejście), które znajdziemy na pasku (**rysunek 9**). Na samym dole symulacji wyświetlone są stany kolejnych diod LED.

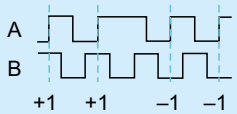
Mamy już gotowy projekt, którego działanie sprawdziliśmy w symulacji. Możemy więc przejść do środowiska Quartus 2 i otworzyć przygotowany już projekt *03_shiftreg/shift_reg.qpf*. Sposób przeprowadzenia syntezy i zaprogramowania płytki jest analogiczny, jak opisany w poprzednich częściach. Gdy zakończy się powodzeniem możemy przejść do eksperymentów. Przełącznik numer 1 (znajdujący się najbliżej złącza GPIO) służy do sterowania wejściem CE, a 2 wejściem D. Stan wyjść rejestru przesuwnego możemy obserwować na diodach LED.



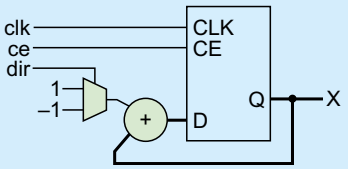
Fotografia 1. Enkoder podłączony do płytki

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 10. Przebieg uzyskany z enkodera inkrementalnego



Rysunek 11. Licznik dwukierunkowy

Listing 5. Fragment implementacji licznika dwukierunkowego (*04_encoder/counter_dir.sv*)

```
20 always_ff @(posedge clk or negedge rst)
21     if (!rst)
22         q <= '0;
23     else if (ce)
24         q <= q + ((dir) ? 1'b1 : -1'b1);
```

Listing 6. Konfiguracja wejścia a (*04_encoder/encoder.qsf*)

```
57 set_location_assignment PIN_92 -to a
69 set_instance_assignment -name IO_STANDARD „3.3-V LVTTL" -to a
81 set_instance_assignment -name CURRENT_STRENGTH_NEW 4MA -to a
93 set_instance_assignment -name WEAK_PULL_UP_RESISTOR ON -to a
```

Enkoder inkrementalny

Nadszedł czas na drugi eksperyment. Enkoder inkrementalny jest urządzeniem pozwalającym wykryć kierunek obrotów. Do eksperymentu użyjemy miniaturowego modelu stosowanego często jako pokrętło regulacji. Sposób podłączenia pokazuje **fotografia 1**.

Enkoder posiada trzy złącza: A, B oraz masę. W czasie obrotu na wyjściach A i B pojawiają się przebiegi prostokątne przesunięte względem siebie w fazie o 90 stopni. Rozdzielczość pomiarowa jest określona przez liczbę impulsów przypadających na jeden obrót osi. Przykład takiego przebiegu pokazano na **rysunku 10**. Najprostszym sposobem interpretacji jest traktowanie wyjścia A jako sygnału zegarowego, a wyjścia B jako informacji o kierunku. Wtedy na każdym narastającym zboczu sygnału A zmieniamy stan naszego licznika: jeżeli na wyjściu B panuje stan wysoki dodajemy, a jeżeli stan niski odejmujemy jedynkę. Musimy więc stworzyć kolejny moduł, którym jest…

Licznik dwukierunkowy

Schemat budowy licznika dwukierunkowego pokazuje **rysunek 11**. Jest bardzo podobny do wcześniejszej wersji licznika, ale posiada dodatkowe wejście dir. Steruje on multiplekserem, na którego wejściach są ustawione dwie stałe. Jeżeli na wejściu adresowym będzie stan wysoki, to na wejście bloku dodawania zostanie przekazana liczba 1, a jeżeli niski to –1.

Na **listingu 5** pokazany jest fragment kodu, który realizuje logikę licznika. Wybór kierunku został zrealizowany w linii 24 za pomocą trójargumentowego operatora `?:`. Aby sprawdzić działanie tego modułu musimy w symulatorze ModelSim uruchomić skrypt:

```
do counter_dir_sim.do
```

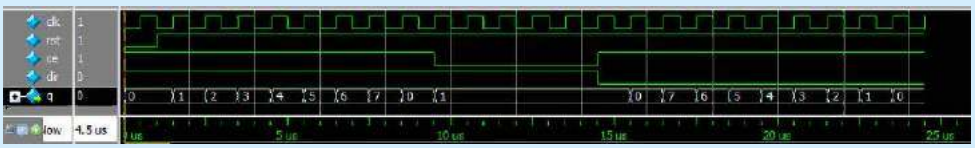
Wynik symulacji jest pokazany na **rysunku 12**. Symulacja rozpoczyna się od resetu. Następnie przez pierwszą połowę symulacji następuje zliczanie do góry, a na końcu w dół. Zawartość rejestru jest pokazana w ostatnim wierszu.

Końcowy projekt jest pokazany na **rysunku 13**. Zaczyna się od dwóch rejestrów, w których zatrzaskiwany jest stan wejść A i B. Następnie przekazywany jest on na omówione wcześniej bloki filtrujące drgania styków. Sygnał B wchodzi bezpośrednio na wejście wyboru kierunku licznika, którego wejście CE jest aktywowane na jeden cykl zegara w momencie wykrycia zbocza narastającego sygnału A. Aktualny stan licznika Q jest zatrzaskiwany w rejestrze, a następnie wyprowadzony na wyjścia układu FPGA. Symulację całego projektu uruchamiamy rozkazem:

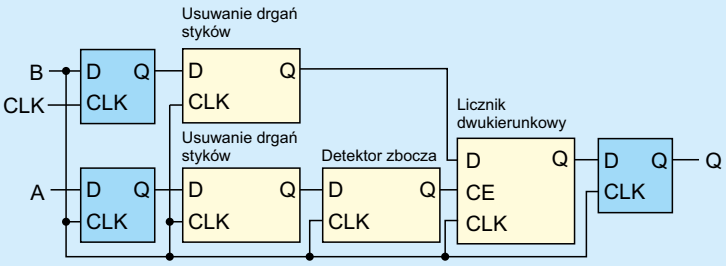
```
do encoder_sim.do
```

Wynik został zaprezentowany na **rysunku 14**. Symulacja trwa 800 ms, więc w zaprezentowanym powiększeniu sygnał zegarowy jest niewidoczny. Sygnały wejściowe są pokazane w wierszach a i b. W połowie symulacji następuje zmiana kierunku obrotów. Odfiltrowane przebiegi zostały oznaczone jako a_d i b_d. Natomiast sygnał a_e jest wyjściem z detektora zbocza. Stan licznika został pokazany w ostatniej linii oznaczonej jako led.

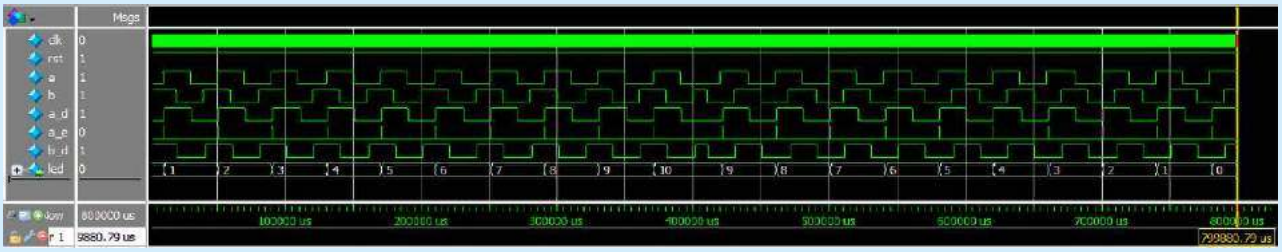
Kolejnym krokiem jest synteza projektu w programie Quartus 2. Wczytujemy i budujemy projekt *04_encoder/encoder.qpf*. Sposób podłączenia enkodera do płytki pokazuje **rysunek 15**. Jego wejścia zostały podłączone do złącz D6 (pin 92) i D7 (pin 93). Aby wejścia nie wisiały w powietrzu w momencie, gdy nie panuje na nich stan niski, zostały podciągnięte do plusa zasilania za pomocą rezystorów wbudowanych w układ FPGA. Możemy się o tym przekonać otwierając okno Pin Planer, albo przeglądając plik *04_encoder/encoder.qsf* w którym opisana jest konfiguracja projektu. Fragment dotyczący wejścia a pokazuje **listing 6**. W linii 57 następuję połączenie wejścia



Rysunek 12. Symulacja licznika dwukierunkowego



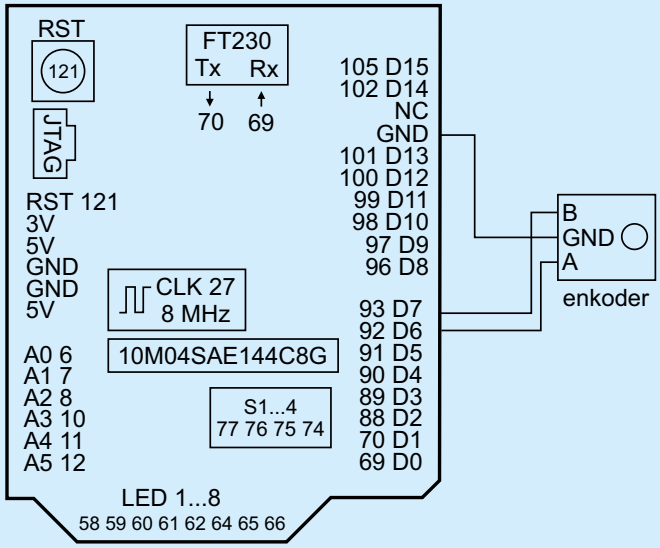
Rysunek 13. Schemat układu zliczającego impulsy z enkodera



Rysunek 14. Symulacja zliczania impulsów z enkodera

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 15. Sposób podłączenia enkodera do płytki „Rysino”

modułu do pinu 92. W kolejnej następuje wybranie standardu wyjścia. W tym przypadku jest to LVTTL pracujący na napięciu 3,3 V. W kolejnej skonfigurowano natężenie prądu wyjściowego na 4 mA. W ostatnim wierszu zostaje włączony wspomniany wcześniej wewnętrzny rezystor podciągający.

Po zbudowaniu projektu możemy zaprogramować układ FPGA i przetestować jego działanie. Gdy obrócimy gałkę enkodera stan diod LED powinien ulec zmianie.

Podsumowanie

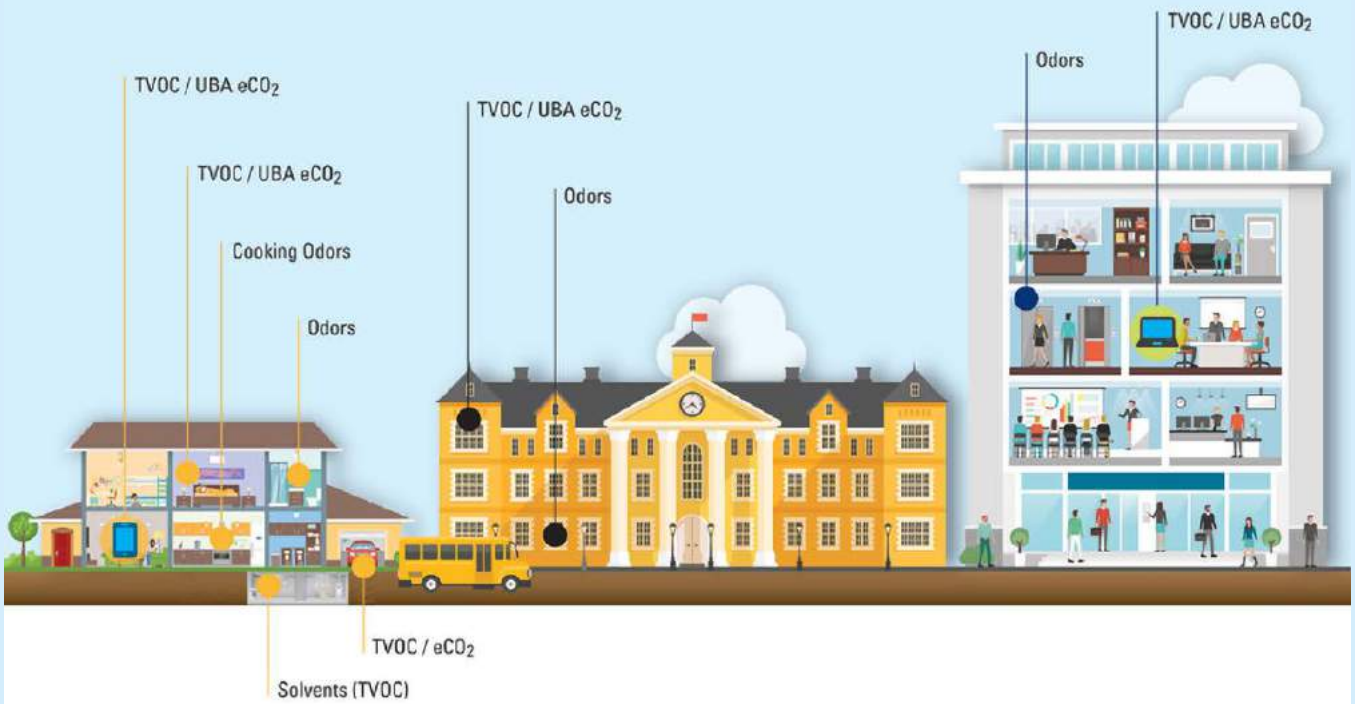
W tym odcinku uruchomiliśmy dwa proste projekty, które powinny nam pomóc zdobyć trochę intuicji odnośnie działania logiki cyfrowej. W następnym odcinku przejdziemy do ciekawszego zagadnienia – w końcu uruchomimy port szeregowy. A przy okazji zaznajomimy się z maszynami stanu.

Rafał Kozik
rafkozik@gmail.com

[1] Larson S., Debounce Logic Circuit *http://bit.ly/2uFbMcJ*

REKLAMA

epresa.pl e017b7ba51



Systemy dla Internetu Rzeczy (35)

Cyfrowe czujniki gazu

FTP
WSZYSTKIE POPRZEDNIE ODCINKI KURSU SĄ DOSTĘPNE NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

Gwałtowny rozwój Internetu Rzeczy jest spowodowany w dużej mierze, przez szybki rozwój scalonych czujników różnych parametrów fizycznych: temperatury, ciśnienia, wilgotności, oświetlenia, koloru, ruchu, poziomu płynów, stężenia gazów w powietrzu i wielu innych.

Obecnie 90% czasu życia ludzie spędzają w pomieszczeniach takich jak mieszkania, biura, szkoły i samochody [1]. Kluczowymi parametrami dla zapewnienia komfortu w pomieszczeniach są: wilgotność i temperatura, poziom lotnych związków organicznych (VOC), poziom dwutlenku węgla (CO_2) oraz poziom pyłów (PM). Pomiar wilgotności i temperatury został omówiony w artykule „Scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury" [S32].

Powszechne stosowanie nowych produktów i materiałów budowlanych spowodowało zwiększenie stężenia zanieczyszczeń w pomieszczeniach, w szczególności lotnych związków organicznych. Typowe źródła zanieczyszczeń powietrza zostały pokazane na rysunku tytułowym [2]. Wiele z tych związków ma wpływ na dobre samopoczucie i produktywność, a ich wysokie stężenie może powodować bóle głowy, podrażnienie oczu lub zawroty głowy. Dwutlenek węgla jest kluczowym wskaźnikiem jakości powietrza w pomieszczeniach. Dzięki nowym standardom energetycznym i lepszej izolacji domy stały się coraz bardziej energooszczędne, ale jakość powietrza może się gwałtownie pogorszyć.

W pojazdach użytkowych coraz częściej instalowane są czujniki gazu i cząstek stałych, aby zapewnić pasażerom powietrze o wysokiej jakości. Dotychczasowy powszechny scenariusz ich zastosowania polega na tym, że gdy czujnik w samochodzie wykryje wysokie stężenie dwutlenku węgla (CO_2) i lotnych związków organicznych (VOC), aktywuje system klimatyzacji. Nowy scenariusz zastosowania polega na tym, że gdy czujnik zewnętrzny wykryje zewnętrzne zanieczyszczenie środowiska to powiadamia o zamknięciu systemu wentylacji.

Cyfrowe czujniki gazu wytwarzane są głównie z zastosowaniem kilku technologii:

- MOX/MEMS – Scalone układy w technologii CMOS oraz MEMS z zastosowaniem czujników z tlenkiem metalu MOX (Metal – Oxide),
- NDIR (Non Disperse Infra Red) – Układy pomiaru stężenia dwutlenku węgla poprzez pomiar stopnia pochłaniania światła podczerwonego,
- PAS (Photoacoustic Spectroscopy) – Czujniki z wykorzystaniem efektu fotoakustycznego.

Na rynku czujników gazu dużo się ostatnio dzieje. Szczególnie szybki rozwój nastąpił w dziedzinie pomiarów jakości powietrza w pomieszczeniach. Mniejsze innowacyjne firmy są przejmowane przez dużych producentów. I tak np.: SGX Sensortech trafiła do firmy Amphenol, Integrated Device Technology (IDT) trafiła do firmy Renesas, Cambridge CMOS Sensors (CCS) trafiła do firmy AMS.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51

Lotne związki organiczne (VOC)

Lotne związki organiczne VOC (*Volatile Organic Compounds*) są emitowane jako gazy z niektórych ciał stałych lub cieczy. Mogą być wydzielane przez szeroką gamę produktów, w tym farby i lakiery, rozpuszczalniki i środki czyszczące, produkty gospodarstwa domowego, środki czyszczące i dezynfekujące, materiały budowlane (sklejka i płyta wiórowa) oraz meble i urządzenia biurowe takie jak kopiarki, taśmy i kleje.

Istnieją różne klasyfikacje VOC [3]. Najczęściej stosowana jest definicja Światowej Organizacji Zdrowia (WHO). Suma wszystkich VOC jest określana jako TVOC (*Total Volatile Organic Compounds*). Mogą powodować podrażnienie oczu, nosa oraz gardła, a także bóle głowy, utratę koordynacji i nudności. Mogą również przyczyniać się do uszkodzenia wątroby, nerek oraz centralnego układu nerwowego. Niektóre są podejrzewane o wywoływanie nowotworów.

Pomiary równoważnika dwutlenku węgla eCO_2

Wiele czujników nie mierzy bezpośrednio stężenia CO_2, ale oblicza jego stężenie na podstawie pomiaru stężenia wodoru, czyli w praktyce TVOC [2]. W powietrzu wydychanym przez ludzi znajduje się znaczące stężenie wodoru (ok. 10 ppm) i CO_2 (ok. 4%). Człowiek jest jedynym głównym źródłem wodoru i CO_2 w pomieszczeniach zamkniętych. W pomieszczeniach występuje stała proporcja pomiędzy TVOC oraz CO_2. W takim przypadku istnieje możliwość obliczenia stężenia równoważnego (*equivalent)* dwutlenku węgla na podstawie TVOC, oznaczane typowo jako eCO_2 (lub CO_2eq).

Jakość powietrza w pomieszczeniach (IAQ)

Obecnie nie ma globalnego standardu definiującego IAQ (*Indoor Air Quality*) [3]. Niektóre kraje mają lokalne podejście i opublikowały badania, które podają wskaźniki czystego powietrza i jego implikacje. „Umweltbundesamt" (UBA, *German Federal Environmental Agency*) to niemiecka agencja ochrony środowiska, która od wielu lat prowadzi badania dotyczące powietrza w pomieszczeniach i TVOC. Na podstawie badań z 2007 r. określiła standard pomiarów TVOC oraz zalecenia dotyczące jakości powietrza w pomieszczeniach. Są one bardzo przydatne, ponieważ nie tylko identyfikują poziomy potencjalnych zagrożeń, ale także dostarczają wskazówek, jakie działania są zalecane na podstawie tych poziomów TVOC. Miejsca występowania zanieczyszczeń powietrza określanych zgodnie ze standardem TVOC/UBA zostały pokazane na rysunku tytułowym [1].

Czujniki MOX/MEMS

Nowoczesne czujniki z tlenkiem metalu MOX (*Metal Oxide*) wykorzystują mikroobróbkę krzemu, aby stworzyć solidną, ale izolowaną termicznie mikropłytkę (*micro-hotplate*), służąca do podgrzewania. Daje to wyjątkowo niskie zużycie energii, miniaturowe rozmiary i niskie ceny. Typowymi materiałami MOX są domieszkowane materiały takie jak SnO_2, WO_3 i TiO_2, itp. W podwyższonych temperaturach cząsteczki gazu mogą adsorbować się na powierzchni MOX i generować wolne nośniki. Wynikową zmianę rezystancji można zmierzyć na dwóch elektrodach. Sygnał czujnika silnie zależy od stężeniu gazów obecnych w powietrzu, użytych materiałów, technologii produkcji, czasu i temperatury. Wszystkie związki organiczne katalitycznie reagują na powierzchni MOX i mogą powodować spadek lub wzrost rezystancji.

Nowe czujniki cyfrowe z zastosowaniem technologii MEMS, które pojawiły się na rynku w ciągu ostatnich kilku lat zapewniają mniejsze rozmiary, niższe ceny i wbudowane kalibrowanie sygnałów. Ta nowa klasa czujników umożliwia dodanie elektronicznego poczucia „zapachu" do szerokiej gamy produktów zorientowanych na konsumenta (w tym urządzeń przenośnych, takich jak smartfony), bez specjalnego doświadczenia ani wiedzy wymaganej przez użytkownika końcowego.

Zaletą czujników MOX/MEMS jest wykrywanie (prawie) wszystkich lotnych związków organicznych (VOC), mały rozmiar i niska cena. Nie mierzą one jednak bezpośrednio stężenia CO_2.

Technologie CMOSens oraz MOXSens firmy Sensirion

Założona w 1998 r. Firma Sensirion jest wiodącym producentem wysokiej jakości czujników i rozwiązań czujnikowych do pomiaru i kontroli wilgotności, przepływu gazu i cieczy. Sukces firmy opiera się na innowacyjnej technologii CMOSens, która integruje płytki czujników i elektronikę analityczną w jednym półprzewodniku [4]. Oznacza to, że wysokiej jakości i niedrogie czujniki mogą być produkowane masowo.

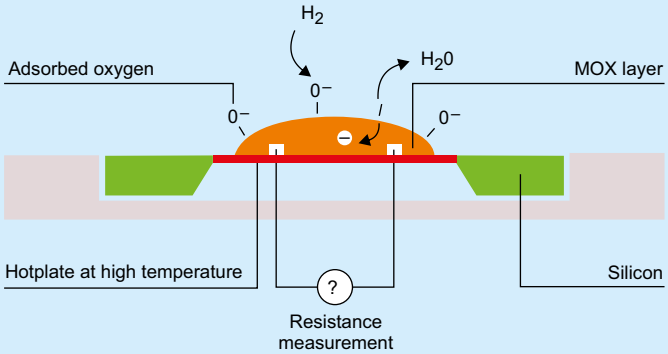
Czujniki gazu z tlenkiem metalu bazują na warstwie cząstek tlenku metalu umieszczonej między dwiema elektrodami na mikropłytce grzejnej (**rysunek 1**). Podgrzanie tlenku metalu do wysokiej temperatury powoduje powstawanie ujemnie naładowanych cząstek tlenu na powierzchni tlenku metalu. Powierzchniowe formy tlenu reagują z gazami otoczenia, uwalniają elektrony do tlenku metalu co powoduje zmianę oporności elektrycznej warstwy tlenku metalu. Zmiana rezystancji jest mierzona między dwiema elektrodami i zależy bezpośrednio od stężenia gazu w otoczeniu.

Technologia MOXSens łączy platformę CMOSens z technologią wykrywania opartą na tlenku metalu w czujniku gazu. Technologia MOXSens umożliwia wysoce czułe i niezawodne pomiary typowych zanieczyszczeń w pomieszczeniach, takich jak lotne związki organiczne lub wodór jako równoważnik CO_2. Czujniki gazu z technologią MOXSens firmy Sensirion mierzą rezystancję tlenku metalu jako funkcję stężenia gazu w otoczeniu i dostarczają w pełni skalibrowane cyfrowe sygnały jakości powietrza w pomieszczeniach.

Technologia MOXSens firmy Sensirion zapewnia doskonałą odporność na zanieczyszczenie powietrza siloksanami, co powoduje wyjątkową długoterminową stabilność i dokładność. W tradycyjnych czujnikach półprzewodnikowych z tlenkiem metalu siloksany, o mniejszym ciężarze cząsteczkowym, łatwo ulegają rozkładowi pod wpływem temperatury na dwutlenek silikonu (SiO_2) podczas pracy elementu czujnikowego. Cząsteczka SiO_2 tworzy warstwę ochronną na membranie. Ta warstwa ochronna pogarsza dostęp gazu do membrany i zmniejsza czułość czujnika na gaz i wydłuża czas odpowiedzi. Zmiany są nieodwracalne. Długotrwałe działanie siloksanów powoduje uszkodzenie czujnika. Badania firmy Sensirion wykazały, że po czasie 10 lat wystawienia na działanie siloksanów dokładność pracy czujników prawie się nie zmieniła.

Największą zaletą czujnika gazu z tlenkiem metalu jest wysoka czułość na wiele różnych związków gazowych. Próg wykrywalności waha się wokół bardzo małych stężeń, w zależności od mierzonych gazów, od kilku części na million (ppm) do części na miliard (ppb).

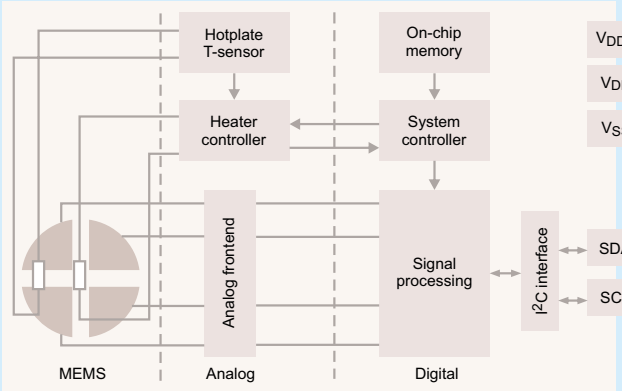
Układy CMOSens to inteligentne systemy mikrosensorowe o wysokim stopniu integracji i funkcjonalności. Zapewnia to analogowe i cyfrowe przetwarzanie sygnału, które jest zintegrowane w układzie



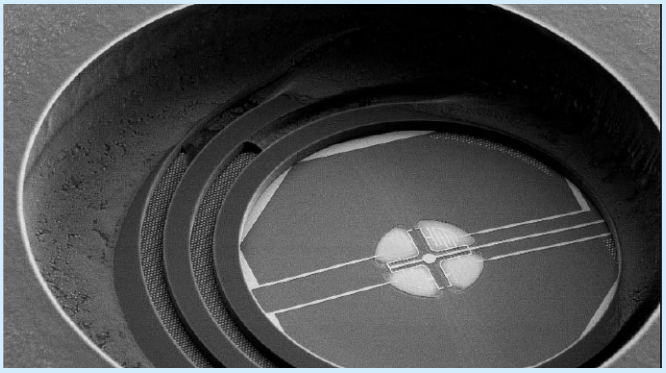
Rysunek 1. Sposób działania czujnika w technologii MOXSens [4]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 2. Schemat blokowy czujnika SGP30 firmy Sensirion [6]



Rysunek 3. Widok budowy wewnętrznej czujnika SGP30 firmy Sensirion [7]

półprzewodnikowym wraz z komponentem czujnika. Układy scalone zapewniają autotesty, pracę przy niskiej mocy oraz wbudowaną linearyzację, cyfryzację, kompensację temperatury oraz pamięć do przechowywania danych kalibracyjnych. Obecny wysoki poziom funkcjonalności i inteligencji wynika z wieloletnich prac rozwojowych.

Czujniki tlenku metalu CMOSens, dzięki integracji w małym opakowaniu, stają się opłacalną technologią, która jest odpowiednia do masowej produkcji i wielu zastosowań.

Czujnik jakości powietrza SGP30 firmy Sensirion

Seria najmniejszych na świecie cyfrowych czujników gazu SGP firmy Sensirion stwarza duże możliwości pomiaru jakości powietrza w pomieszczeniach [6]. Układy serii SGP są zintegrowane w bardzo małej wodoodpornej i pyłoszczelnej obudowie DFN 2,45×2,45×0,9 mm z interfejsem I²C i w pełni skalibrowanymi sygnałami wyjściowymi niosącymi informację o jakości powietrza.

Firma Sensirion dostarcza darmowy kod programu do obsługi łącza I²C układów serii SGP zarówno z wykorzystaniem sprzętowego modułu peryferyjnego mikrokontrolera jak również z zastosowaniem wyprowadzeń GPIO.

Czujnik jakości powietrza SGP30 firmy Sensirion to pierwszy czujnik VOC odporny na siloksany [6] dzięki zastosowanej technologii MOXSens. Również jako pierwszy integruje cztery elementy czujnikowe (piksele) w jednym układzie scalonym (**rysunek 2**). Mikropłytka z kontrolowaną temperaturą zapewnia stabilną pracę czterech pojedynczych pikseli czujnikowych.

Zastosowane w układzie algorytmy przetwarzania do kalibracji poziomu odniesienia (*baseline*), temperatury i wilgotności przekształcają sygnały pikseli czujnika we wstępnie przetworzone i skalibrowane sygnały cyfrowe, takie jak stężenie VOC w otoczeniu i równoważne stężenie CO_2.

Bezprecedensowe połączenie stabilności długoterminowej i technologii wielu pikseli sprawia, że SGP30 jest idealnym wyborem do monitorowania jakości powietrza w pomieszczeniach w aplikacjach mobilnych, inteligentnych domach i urządzeniach.

Parametry układu SGP30

- Metoda pomiarowa: Półprzewodnikowy scalony czujnik gazu w technologii MOXSens oraz CMOSens,
- Wyjście: TVOC [ppb], CO_2eq [ppm],
- Zakres: TVOC: 0...60000 ppb, CO_2eq: 400...60000 ppm,
- Dokładność: 15% wartości mierzonej typ.,
- Rozdzielczość: 0,2% wartości mierzonej typ.,
- Stabilność długoterminowa: typ 1,3% wartości maksymalnej na rok,
- Typowa częstotliwość pomiarów: 1 sps ,
- Maksymalna częstotliwość pomiarów: 40 sps,
- Kompensacja poziomu odniesienia: Wewnętrzny algorytm kompensacji (dla typowej częstotliwości pomiarów),
- Kompensacja zmian wilgotności: Tak, przy zastosowaniu zewnętrznego czujnika,
- Napięcie zasilania: 1,62...1,98 V (1,8 V typ.),
- Prąd w trakcie pomiaru: 48 mA typ. (przez czas ok. 40 ms),
- Prąd uśpienia: 2 μA typ.,
- Interfejs cyfrowy: I²C 1,8 V typ.,
- Słowo danych: 16b plus CRC.
- Układ SGP30 nie obsługuje wyższego napięcia zasilania (np. 3,3 V) co w takim przypadku powoduje konieczność stosowania translatora poziomów. Planowane jest na rok 2020 udostępnienie wersji układów z wyższym napięciem pracy.

Konstrukcja układu SGP30

Bezpośredni widok na powierzchnię czujnika półprzewodnikowego układu SGP30 jest pokazany na **rysunku 3**. Aby zmniejszyć rozmiar, Sensirion umieszcza układ czujnika gazu nad układem ASIC (*Application-specific Integrated Circuit*) i pakuje je razem do obudowy. Istnieją inne zalety tego podejścia, takie jak zmniejszenie liczby i rozmiaru połączeń oraz poprawa stosunku sygnału do szumu. Pomimo generowanych wysokich prądów i temperatur zakłócenia te nie mają wpływu na pomiary sygnałów. Oprócz zarządzania grzejnikami i elektrodami układ scalony ASIC zawiera również czujnik do pomiaru temperatury mikropłytki oraz pamięć Flash do kalibracji danych.

Czujnik jakości powietrza SGP3 firmy Sensirion

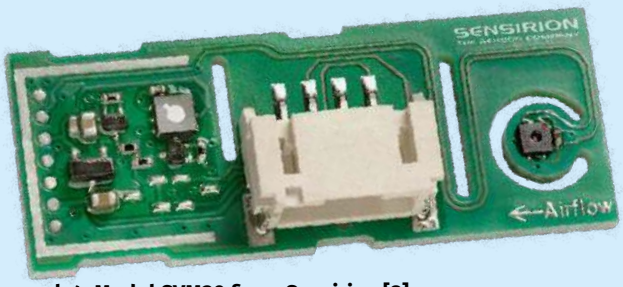
Firma Sensirion wprowadziła niedawno na rynek wielopikselowy czujnik gazu SGPC3 niskiej mocy [6]. Czujnik mierzy tylko poziom VOC. Jest umieszczony w takiej samej małej obudowie co SGP30 ale wyróżnia się bardzo niską mocą zasilania. Średni prąd SGPC3 wynosi 0,98 mA w trybie niskiej mocy (pomiar co 2 s) oraz 0,065 mA w trybie ultra niskiej mocy (pomiar co 30 s). Pozostałe parametry są takie same jak dla SGP30.

Moduł pomiaru jakości powietrza SVM30 firmy Sensirion

SVM30 to wielofunkcyjny moduł czujnika gazu, wilgotności i temperatury zawierający czujnik gazu SGP30 oraz czujnik wilgotności i temperatury SHTC1 [8]. Zintegrowany czujnik wilgotności i temperatury SHTC1 obejmuje pomiar od 0 do 100% wilgotności względnej (RH) i pomiar temperatury od –20 do 85°C, z typową dokładnością ±5% dla RH i ±1°C dla temperatury. Zastosowanie obu czujników pozwala na linearyzację i skalibrowanie sygnału jakości powietrza, a także kompensację krzyżowej czułości wilgotności. Moduł ma wymiary 39×15×7,2 mm z zamontowanym 4 nóżkowym (standardowym) gniazdkiem dla I²C. Moduł dostarczany jest w pełni stestowany i skalibrowany. Czujnik RH/T jest zamontowany na izolowanej „wyspie" płytki drukowanej (**rysunek 4**, po prawej). Zalecane jest takie zorientowanie modułu aby powietrze napływało od strony czujnika

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 4. Moduł SVM30 firmy Sensirion [8]

RH/T. Pozwala to uniknięcie efektu podgrzewania powietrza przez pozostałą elektronikę (w tym czujnik gazu).

Moduł pracuje z typowym napięciem zasilania 5 V i prądem średnim 49 mA. Wyprowadzenia SCL i SDA modułu są wewnętrznie podciągnięte do zasilania 5 V. Moduł nie obsługuje układów zewnętrznych o niższym napięciu zasilania (np. 3,3 V) co w takim przypadku powoduje konieczność stosowania translatora poziomów.

Czujnik jakości powietrza BME680 firmy Bosch

BME680 to pierwszy układ scalony, który integruje w jednej obudowie czujniki gazu, ciśnienia barometrycznego, wilgotności względnej i temperatury o wysokiej liniowości i dokładności [9]. Został specjalnie opracowany do zastosowań mobilnych i urządzeń do noszenia, w których gabaryty i niskie zużycie energii mają kluczowe znaczenie. BME680 gwarantuje – w zależności od trybu pracy – zoptymalizowane zużycie, długoterminową stabilność i wysoką odporność na zakłócenia elektromagnetyczne.

Układ scalony BME680 to kilka układów w jednym: czujnik ciśnienia i temperatury (jak w układzie BMP280) z rozszerzeniem o czujnik wilgotności (jak w układzie BME280) i z dodatkowym czujnikiem gazu [10].

Czujnik wilgotności względnej jest wykonany w technologii MEMS z zastosowaniem pomiaru zmian pojemności kondensatora z polimerową folią [S32]. Czujnik ciśnienia barometrycznego jest wykonany w technologii MEMS z zastosowaniem pomiaru rezystancji cienkiej membrany. Pomiar temperatury jest wykonywany poprzez pomiar zmian napięcia diody krzemowej. Każda struktura scalona zastosowana w układzie scalonym BM680 zawiera czujnik temperatury.

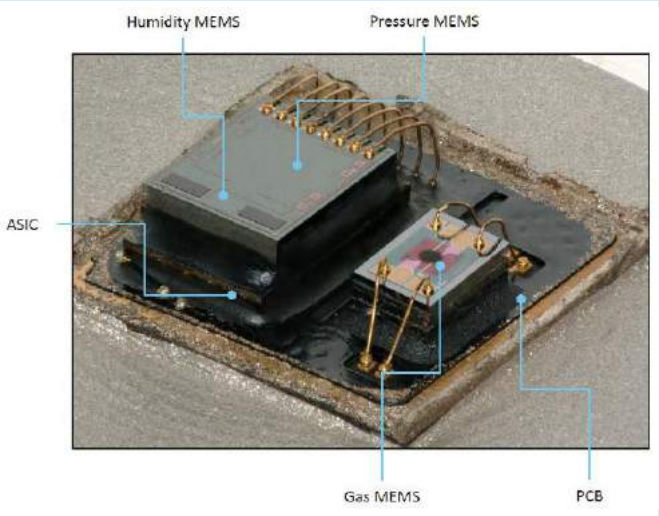
Czujnik gazu układu BME680 jest wytwarzany w technologii MOX. Pozwala to na uzyskanie bardzo dobrej jakości pomiaru, bardzo krótkiego czasu powtarzania pomiaru i bardzo znaczącej redukcji pobieranej mocy. Gazy, które mogą być wykrywane przez BME680, obejmują (niemal wszystkie) lotne związki organiczne (VOC).

Ze względu na podgrzewanie w czujniku MOX powierzchni roboczej następuje wewnątrz obudowy układu wzrost temperatury (nawet o 5°C) oraz spadek wilgotności. Do uzyskania precyzyjnych pomiarów VOC wymagany jest zewnętrzny pomiar temperatury i wilgotności.

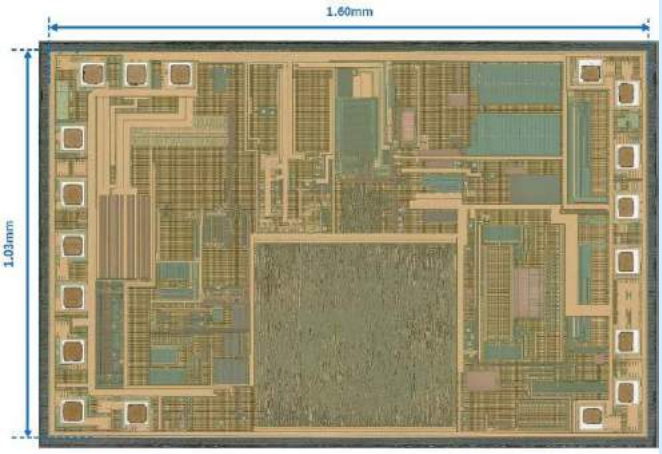
Układ scalony BM680 został zastosowany w nowym module komunikacji mobilnej (LTE) Thingy:91 firmy Nordic Semiconductor [S31].

Parametry czujnika gazu układu BME680

- Metoda pomiarowa: Półprzewodnikowy scalony czujnik gazu w technologii MOX,
- Tryby pracy: ciągły – C (pomiar co 1 s), niskiej mocy – LP (co 3 s), bardzo niskiej mocy – ULP (co 300 s),
- Wyjście: Rezystancja czujnika do obliczeń IAQ,
- Zakres: IAQ: 0...500 z rozdzielczością 1, dokładność: 3 max.,
- Rozdzielczość pomiaru rezystancji: 0,08 % typ.,
- Odchylenie czujnik-czujnik: ±15%,
- Stabilność długoterminowa: typ 1% typ. (test 220 godzin),
- Czas odpowiedzi (τ 33...63%): 0,75/1,4/92 s (tryb C/LP/ULP) typ.,
- Prąd średni: 0,09/0,9/12 mA (tryb C/LP/ULP) typ.,



Rysunek 5. Widok wnętrza układu BME680 firmy Bosch [10]



Rysunek 6. Widok struktury scalonej ASIC układu BME680 firmy Bosch [10]

- Zasilanie analogowe: 1,7...3,6 V (1,8V typ.),
- Zasilanie układu cyfrowego i interfejsu cyfrowego: 1,2...3,6 V (1,6V typ.),
- Prąd maksymalny grzejnika: 17 mA typ.,
- Czas grzania, ustawiany cyfrowo: 1...4032 ms (typowo 20...30 ms)
- Prąd uśpienia: 0,15 µA typ.,
- Interfejs cyfrowy: I^2C oraz SPI
- Słowo danych: 16b,
- Do wykonywania obliczeń wielu parametrów (jak statyczne IAQ, CO_2eq i innych) służy darmowa biblioteka firmowa Bosh Software Environmental Cluster (BSEC).

Konstrukcja układu SIP

Układ BM680 jest zamknięty w metalowej obudowie (LGA8) o rozmiarach 3×3×0,93 mm. Daje to bardzo dobrą odporność na zakłócenia elektromagnetyczne. Widok wnętrza układu BME680 jest pokazany na **rysunku 5** [10]. Układ jest skonstruowany jako SIP (*System In Package*) z trzema strukturami scalonymi CMOS umieszczonymi na płytce drukowanej (PCB). Układ cyfrowy interfejsu oraz przetwarzania cyfrowego, a także układ analogowo-cyfrowy (wzmacniacze i przetworniki A/C) jest wykonany w postaci dużej struktury układu ASIC (**rysunek 6**). W obudowie, powyżej tej struktury jest umieszczona struktura scalona zawierająca czujnik ciśnienia (rysunek 5, duże pole na środku) oraz czujnik wilgotności i temperatury (lewa krawędź). Osobno została umieszczona struktura scalona czujnika gazu (po prawej). Na rysunku 5 widać doskonale druciki (*bond*) dołączone do pól kontaktowych struktur scalonych.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51

Czujnik jakości powietrza CCS811 firmy AMS (CCS)

Układ scalony CCS811 firmy AMS jest przeznaczony do pomiaru jakości powietrza (IAQ) [11]. Ma niewielkie rozmiary 2,7×4,0×1,1 mm (**rysunek 7**). Wewnętrzny czujnik gazu tego układu jest wytwarzany w technologii MOX z zastosowaniem unikalnego rozwiązania „*micro-hotplate*". Pozwala to na uzyskanie bardzo dobrej jakości pomiaru, bardzo krótkiego czasu powtarzania pomiaru i bardzo znaczącej redukcji pobieranej mocy. Pobiera on tylko 1,2 do 46 mW mocy (w zależności od trybu pracy). Układ posiada wbudowany mikrokontroler oraz przetwornik ADC. Układ CCS811 pozwala na wykrywanie w powietrzu bardzo niskiego stężenia dwutlenku węgla (CO_2) oraz wiele lotnych związków organicznych VOC. Posiada udowodnioną odporność na powszechnie występujące siloksany, co zapewnia długoterminową niezawodność pomiarów (ponad 5 lat).

Układ CCS811 stosuje inteligentny algorytm obliczeniowy (pracujący na wbudowanym mikrokontrolerze) do obróbki surowych danych pomiarowych z czujnika gazu. Istnieje możliwość reprogramowania układu i wpisania nowego kodu firmowego.

Do poprawnej pracy potrzebny jest dosyć długi okres nagrzewania (około 20 min.) po włączeniu zasilania. Do wyznaczenia poziomu obecności gazu potrzebne jest wcześniejsze ustalenie rezystancji czujnika MOX w czystym powietrzu (*Clean Air Baseline*) – jest to rezystancja odniesienia. Stabilne wartości pomiaru rezystancji występują po dłuższym czasie. Dodatkowo w ciągu pierwszych 48 godzin od pierwszego włączenia zasilania następują spore zmiany tej rezystancji. W praktyce sytuacja jest jeszcze bardziej skomplikowana. Układ scalony CCS811 nie umożliwia przechowywania parametrów rezystancji bazowej w pamięci nieulotnej. Musi to wykonywać zewnętrzny układ mikroprocesorowy. W trakcie kalibracji odczytuje on stan odpowiednich rejestrów, a następnie po ponownym włączeniu zasilania przywraca ich stan.

Układ CCS811 wykrywa tylko relatywną zmianę stężenia gazu, w odniesieniu do poziomu odniesienia. Na podstawie rezystancji czujnika MOX obliczany jest eCO_2 – równoważny (*equivalent)* poziom dwutlenku węgla oraz eTVOC – równoważny całkowity (*equivalent Total*) poziom lotnych związków organicznych.

Układ CCS811 został zastosowany w zestawie Nordic Thingu:52 firmy Nordic Semiconductor [S21].

Parametry układu CCS811

- Metoda pomiarowa: Półprzewodnikowy scalony czujnik gazu w technologii MOX,
- Tryby pracy (odstęp czasu pomiędzy pomiarami): uśpienie- I, ciągły – C (1 s), impulsowy – P (10 s), niskiej mocy – LP (10 s), testowy – T (250 ms),
- Wyjście: eTVOC [ppb], eCO_2 [ppm],
- Zakres: eTVOC: 0...32768 ppb, eCO_2: 400...32768 ppm,
- Napięcie zasilania: 1,8...3,6 V (1,8V typ.),
- Prąd średni: 30 mA (tryb C) typ., maksymalny 54 mA (tryb C i P),
- Interfejs cyfrowy: I^2C,
- Słowo danych: 16b.

Moduł ZMOD4410 czujnika jakości powietrza we wnętrzach firmy Renesas (IDT)

Moduł czujnika gazu ZMOD4410 jest przeznaczony do wykrywania poziomu całkowitego lotnych związków organicznych (TVOC) i monitorowania jakości powietrza w pomieszczeniach (IAQ) [12]. Element czujnikowy modułu składa się z elementu grzejnego na strukturze MEMS opartej na krzemie i rezystora z tlenku metalu (MOX). Kondycjoner sygnału kontroluje temperaturę czujnika i mierzy przewodność MOX, która jest funkcją stężenia gazu.

Wyniki pomiarów można odczytać za pomocą interfejsu I^2C z mikroprocesorem użytkownika, który przetwarza dane w celu ustalenia stężenia TVOC, oceny IAQ i równoważnego poziomu dwutlenku węgla (eCO_2).

Algorytm dostarczony przez firmę IDT dla mikroprocesora użytkownika wykorzystuje dane wyjściowe ZMOD4410 do określenia poziomu gazów TVOC. Algorytm posiada automatyczną korektę poziomu odniesienia, zapewniającą modułowi możliwość uczenia się ze swojego środowiska i rozróżniania podwyższonych poziomów TVOC we wszystkich warunkach. Wbudowana pamięć nieulotna (NVM) przechowuje konfigurację i zapewnia miejsce na dowolne dane użytkownika.

W trybie pracy standardowej i niskiej mocy moduł czujnika gazu ZMOD4410 jest w stanie wykryć podwyższone poziomy TVOC, zgodnie ze standardem UBA. W trybie „*odor*" czujnik uczy się warunków otoczenia, typowo przez 60 min. Następnie wykrywa zmiany poziomu TVOC i gdy zostanie przekroczony próg zmian definiowany przez użytkownika ustawia sygnał przerwania, który może być użyty do sterowania zewnętrznego urządzenia, np. wentylatora.

Moduł ma trzy osobne wyprowadzenia zasilania: struktur scalonych, grzejnika oraz interfejsu cyfrowego. Przy dopuszczalnym dużym zakresie ich wartości daje to bardzo dużą elastyczność użycia.

Parametry układu ZMOD4410

- Metoda pomiarowa: Półprzewodnikowy scalony czujnik gazu w technologii MOX,
- Tryby pracy: uśpienia SL, standard – S (pomiar ciągły), niskiej mocy – LP (co 6 s), odor – OD (co 10 s),
- Wyjście: TVOC [ppb], eCO2 [ppm],
- Zakres: TVOC: 0...1 000 000 ppb, eCO2: 400...5000 ppm,
- Dokładność: TVOC 15% wartości mierzonej typ., eCO_2 ±25% (w porównaniu do pomiaru techniką NDIR),
- Stabilność długoterminowa: typ ±5% (gwarantowany czas pracy 12 lat),
- Napięcie zasilania: 1,7...3,6 V (1,8 V/3,6 typ.),
- Prąd średni, typ.: 12 mA (1,8 V), 7 mA (3,3 V),
- Prąd uśpienia: 450 nA typ., 500 µA max. (timer aktywny),
- Interfejs cyfrowy: I^2C,
- Słowo danych: 16b.
- Moduł ZMOD4410 jest zamknięty w metalowej obudowie (LGA12) o rozmiarach 3×3×0,77 mm. Daje to bardzo dobrą odporność na zakłócenia elektromagnetyczne. Widok wnętrza modułu ZMOD4410 jest pokazany na **rysunku 8** [12]. Układ jest skonstruowany jako SIP (*System In Package*) z osobnymi strukturami scalonymi CMOS umieszczonymi na płytce drukowanej (PCB).

Moduł ZMOD4510 czujnika jakości powietrza na zewnątrz firmy Renesas (IDT)

ZMOD4510 jest pierwszym w branży cyfrowym modułem czujnika jakości powietrza zewnętrznego (*Outdoor Air Quality*) i jest skalibrowany do wykrywania ozonu (O3) i tlenków azotu (NOx). Są one główną przyczyną nieodpowiedniej jakości powietrza. Układy zapewniają niezawodne wykrywanie, które jest zgodne z indeksem jakości powietrza AQI (*Air Quality Index*) Agencji Ochrony Środowiska USA (EPA) w zakresie pomiaru tych gazów [12]. Moduł ZMOD4510 jest umieszczony w takiej samej małej obudowie co ZMOD4410.

Parametry układu ZMOD4510

- Metoda pomiarowa: Półprzewodnikowy scalony czujnik gazu w technologii MOX,
- Wyjście: Dane czujnika do obliczeń AQI,
- Zakres: AQI: 0...500 z rozdzielczością 1, powtarzalność ±25%,
- Stabilność długoterminowa: typ ±8%,
- Napięcie zasilania: 1,7...3,6 V (1,8 V/3,6 V typ.),
- Prąd średni: 11 mA (1,8 V), 8 mA (3,3 V) typ.,
- Prąd uśpienia: 450 nA typ., 500 µA max. (timer aktywny),

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51

- Interfejs cyfrowy: I²C,
- Słowo danych: 16b.

Moduł ZMOD4450 czujnika jakości powietrza w chłodniach firmy Renesas (IDT)

Zintegrowany moduł cyfrowego czujnika gazu ZMOD4450 przeznaczony jest do zastosowań w pomiarach jakości powietrza chłodniczego RAQ (*Refrigeration Air Quality*). ZMOD4450 umożliwia programowe skonfigurowanie do wykrywania szerokiej gamy gazów: etylenu, siarkowodoru, siarczku dimetylu, trimetyloaminy i innych. Gazy te wytwarzają zapachy, wpływają na smak jedzenia lub powodują przedwczesne psucie się żywności. Wczesne wykrycie tych gazów umożliwia konsumentom identyfikację i odrzucenie zepsutej żywności, zanim wpłynie ona na inne produkty. Moduł ZMOD4450 jest umieszczony w takiej samej małej obudowie co ZMOD4410. Ma również zbliżone parametry elektryczne. Moduł umożliwia producentom dodanie nowych funkcji wykrywania i łagodzenia zapachu do inteligentnych lodówek (chłodni).

Moduł czujnika jakości powietrza MiCS-VZ-89TE firmy Amphenol (SGX)

Zintegrowany moduł czujnika Telaire MiCS-VZ-89TE łączy najnowocześniejszą technologię czujników MOS z inteligentnymi algorytmami wykrywania do monitorowania wartości TVOC i zmian równoważnego poziomu dwutlenku węgla CO2equ w ograniczonych przestrzeniach [13].

Parametry modułu MiCS-VZ-89TE

- Metoda pomiarowa: Półprzewodnikowy scalony czujnik gazu w technologii MOX,
- Zakres: TVOC 0...1000 ppb (ekwiwalentu izobutylenu), CO_2equ 400...2000 ppm,
- Napięcie zasilania: 3,3 V ±5%,
- Moc: 125 mW,
- Czas wygrzewania: 15 min.,
- Interfejs cyfrowy: I²C, PWM,
- Słowo danych: 16b.
- MiCS-VZ-86/89 jest zbudowany w postaci zintegrowanej płytki drukowanej z wysoką odpornością na wstrząsy i wibracje (**rysunek 9**). Unikalną cechą modułu jest wyprowadzenie danych w postaci przebiegu PWM.

Czujniki dwutlenku węgla w technologii NDIR

Przyrządy z zastosowaniem techniki niedyfrakcyjnej podczerwieni NDIR (*Non Disperse Infra Red*) wykorzystują spektroskopię absorpcyjną w podczerwieni w celu ustalenia składu i stężenia poszczególnych składników w badanym gazie. Wiązka światła podczerwonego przechodzi przez komorę próbkowania. Cząsteczki CO_2 pochłaniają część światła. Po przejściu przez filtr wąskopasmowy o długości fali 4,2 μm czujnik podczerwieni monitoruje intensywność przychodzącego światła podczerwonego. Mierząc stopień pochłaniania światła podczerwonego, można określić stężenie CO_2. Zaletą czujników NDIR jest duża czułość i dokładność pomiaru stężenia dwutlenku węgla. Wadą jest dosyć duży rozmiar i spora cena.

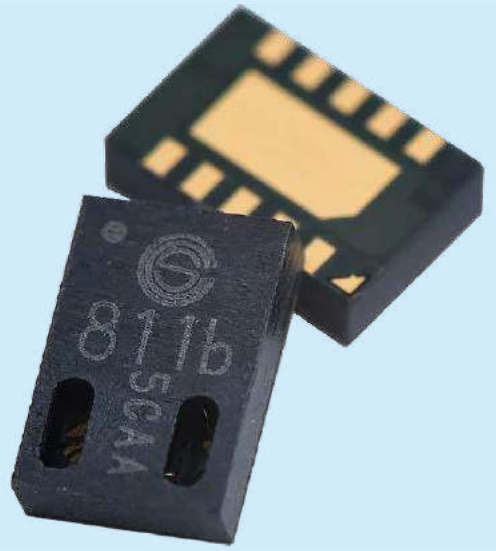
NDIR jest obecnie najpopularniejszą technologią czujników dwutlenku węgla. Ale ma również wady, na przykład jeśli powstanie jakiekolwiek przesunięcie między źródłem światła a detektorem, sygnał nie będzie w stanie trafić w detektor.

Moduł SCD30 czujnika CO_2 firmy Sensirion

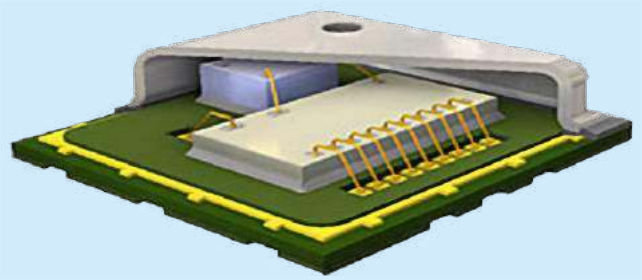
Moduł SCD30 firmy Sensirion to wysokiej jakości czujnik CO_2 z zastosowaniem pomiaru metodą niedyspersyjnej podczerwieni (NDIR) [14]. Firma Sensirion opracowała termostos (*thermopile*) w oparciu o technologię CMOSens. Technologia ta umożliwia integrację funkcji cyfrowych i analogowych CMOS z bardzo cienką membraną wykonaną w warstwie metalowej. Technologia czujnika gazu CO_2 obejmuje nie tylko struktury w krzemie. Obudowa i filtry podczerwieni są również bardzo ważne dla dokładności pomiaru. Dzięki dwukanałowemu pomiarowi stężenia dwutlenku węgla (wbudowany kanał referencyjny) czujnik automatycznie kompensuje zmiany długoterminowe. Mikrokontroler o bardzo niskiej mocy firmy STMicroelectronics steruje modułem i komunikacją.

Aby poprawić dokładność, SCD30 ma wbudowane najlepsze w swojej klasie czujniki temperatury i wilgotności SHT31. Dodatkową dokładność można uzyskać przy uwzględnieniu odczytów ciśnienia otoczenia przez zewnętrzny czujnik.

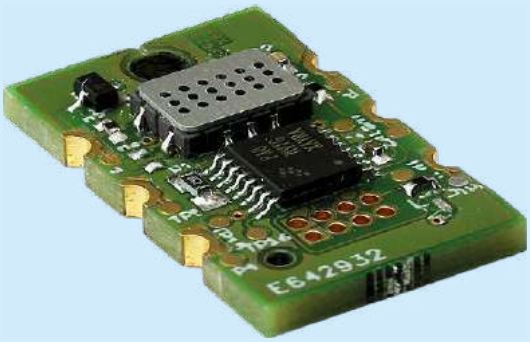
Czujnik jest dostarczany w pełni skalibrowany i zlinearyzowany. SCD30 oferuje też procedurę automatycznej autokalibracji. Firma Sensirion zaleca 7 dni ciągłych odczytów z wstawieniem co najmniej na 1 godzinę dziennie na „świeże powietrze" w celu ukończenia autokalibracji.



Rysunek 7. Widok układu CCS811 firmy AMS [11]



Rysunek 8. Budowa modułu ZMOD4410 firmy Renesas (IDT) [12]



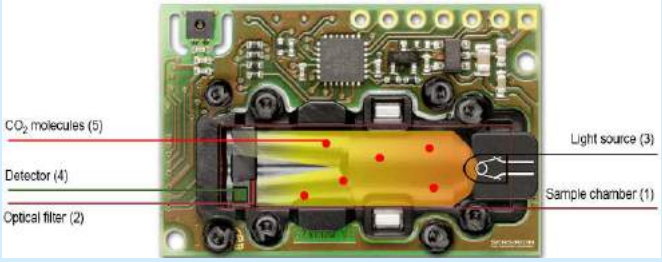
Rysunek 9. Moduł MiCS-VZ-89TE firmy Amphenol (SGX) [13]

Parametry modułu SCD30

- Metoda pomiarowa: Pomiar CO_2 metodą niedyspersyjnej podczerwieni (NDIR),

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 10. Moduł SCD30 firmy Sensirion [14]

Rysunek 11. Moduł T6713 firmy Amphenol (SGX) [15]

- Zakres: 0...40 000 ppm,
- Dokładność: ±30 ppm,
- Powtarzalność: ±10 ppm,
- Czas odpowiedzi (t63): 20 s,
- Stabilność temperaturowa: 2,5 ppm/°C (0...50°C),
- Stabilność długoterminowa: ±50 ppm,
- Kompensacja poziomu odniesienia: Wewnętrzny kanał referencyjny,
- Napięcie zasilania: 3,3...5,5 V,
- Prąd średni: 19 mA typ. (pomiar co 2 s),
- Prąd w trakcie pomiaru: 75 mA max.,
- Interfejs cyfrowy: UART lub I²C, PWM,
- Słowo danych: 16b plus CRC.
- Moduł SCD30 jest zbudowany w postaci zintegrowanej płytki drukowanej o wymiarach zewnętrznych 7×23×35 mm i masie 4 g (**rysunek 10**). Bardzo mała wysokość modułu umożliwia łatwą integrację z różnymi aplikacjami. Na rysunku 10 widać rozmieszczenie źródła laserowego, komory pomiarowej, filtru optycznego oraz detektorów podczerwieni.

Moduł T6713 czujnika CO_2 firmy Amphenol (SGX)

Moduł Telaire T6713 jest przeznaczony do zastosowań, w których poziomy CO_2 muszą być mierzone i kontrolowane w pomieszczeniach [15]. Moduł pracuje metodą NDIR z pozłacaną optyką i zastosowaniem opatentowanego przez Telaire algorytmu ABC (*Logic Self Calibrated*). Wszystkie moduły są fabrycznie skalibrowane.

Parametry modułu T6713

- Metoda pomiarowa: Pomiar CO_2 metodą niedyspersyjnej podczerwieni (NDIR),
- Zakres: 0...5000 ppm,
- Dokładność: ±30 ppm,
- Czas odpowiedzi (90%): <3 minuty,
- Stabilność temperaturowa: 5 ppm/°C,
- Zależność od ciśnienia: 0,13% odczytu na mm Hg,
- Stabilność długoterminowa: <2% pełnego zakresu, cały okres eksploatacji (typowo 15 lat),
- Kompensacja poziomu odniesienia: Wewnętrzny kanał referencyjny,
- Czas wygrzewania: 2 min. (początek działania), 10 min. (pełna dokładność),
- Maksymalna częstotliwość pomiarów: co 5 s,
- Napięcie zasilania: 4,5...5,5 V,
- Prąd średni: 20 mA typ.,
- Prąd w trakcie pomiaru: 155 mA typ. (200 mA max.),
- Interfejs cyfrowy: UART lub I²C, PWM.
- Moduł T6713 jest zbudowany w postaci zintegrowanej płytki drukowanej o wymiarach zewnętrznych 30×15,6×8,6 mm (**rysunek 11**).

Technologia PASens firmy Sensirion

Technologia PASens firmy Sensirion oparta jest na zasadzie wykrywania fotoakustycznego [16]. Pozwala na ekstremalną miniaturyzację czujnika CO_2 bez uszczerbku dla jego działania. Wynika to z faktu, że czułość czujnika jest niezależna od wielkości wnęki optycznej. Ponadto liczba komponentów jest drastycznie zmniejszona.

Efekt fotoakustyczny został odkryty już w 1880 r. ale nie miał zastosowania do konstrukcji tanich czujników z powodu brakujących komponentów technologicznych. Z drugiej strony, drogie

Wybrane pozostałe artykuły kursu „Systemy dla Internetu Rzeczy"

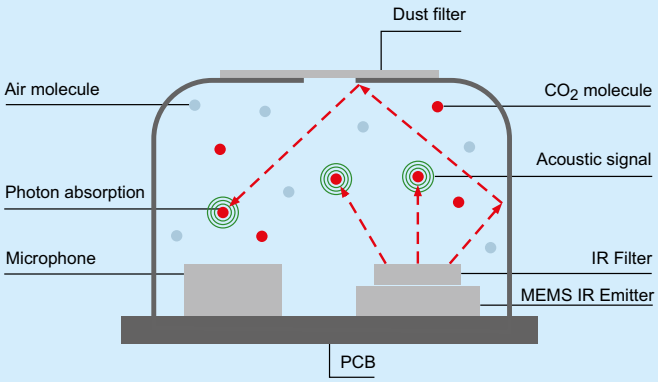
[S21]: Zestaw Nordic Thingy:52 IoT Sensor Kit, EP12/2018
[S31] Nordic Thingy:91 – platforma prototypowania dla mobilnego IoT, EP11/2019
[S32] Scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury, EP 12/2019

Literatura

[1] How to Implement Gas Sensors for Indoor Air-Quality Applications, Debra Deininger, JAN 08, 2019, ***http://bit.ly/39KxWJ5***
[2] Estimating CO_2, ZMOD4410 Application Note, AN-1005, May 24, 2018, Renesas (IDT), ***http://bit.ly/328ZMMQ***
[3] Overview of TVOC and Indoor Air Quality, Christian Meyer, Renesas (Integrated Device Technology), May 24, 2018, ***http://bit.ly/3bI5Ccg***
[4] CMOSens Technology in Gas Sensing, Sensirion, ***http://bit.ly/31YYcwW***
[5] Breakthrough in CO_2 Sensing: First Sensirion Miniaturized CO_2 Sensor,| Press Release, 05.07.2019, Sensirion, ***http://bit.ly/2SzSxuc***
[6] Multi-Pixel Gas Sensors SGP, Sensirion, ***http://bit.ly/39MjIaZ***
[7] SGP30 Gas Sensor from Sensirion, System Plus Consulting, ***http://bit.ly/2vIChOA***
[8] Multi-Gas, Humidity and Temperature Module SVM30, Sensirion, ***http://bit.ly/3244HON***/
[9] BME680 Low power gas, pressure, temperature & humidity sensor, Bosch Sensortec, ***http://bit.ly/2P0cyry***
[10] Bosch Sensortec's BME680, a 4-in-1 integrated environmental sensor, December 12, 2019, Bosch, ***http://bit.ly/2HudsbD***
[11] CCS811 Gas Sensor Solution, AMS AG, ***http://bit.ly/2APcF1b***
[12] Gas Sensors – TVOC, VOC, Hydrogen, Flammable, Renesas (IDT), ***http://bit.ly/2P0vHJX***
[13] Telaire MiCS-VZ-89TE | Integrated VOC Sensor Module, Amphenol Advanced Sensors (SGX), ***http://bit.ly/2UX5649***
[14] SCD30 – Sensor Module for HVAC and Indoor Air Quality Applications, Sensirion, ***http://bit.ly/37wrDaz***
[15] Telaire T6713, CO_2 Sensor Module, Amphenol Advanced Sensors (SGX), ***http://bit.ly/2P1OHb0***
[16] PASens Technology, Sensirion, ***http://bit.ly/3bHLTJL***

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl e017b7ba51



Rysunek 12. Zasada działania technologii PASens firmy Sensirion [16]

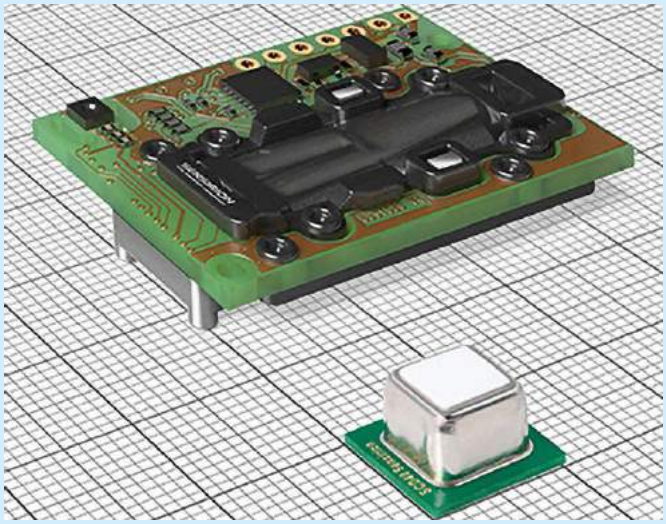
instrumenty laboratoryjne z zastosowaniem efektu fotoakustycznego mają ugruntowaną pozycję dzięki doskonałej wydajności.

Dzięki głębokiej wiedzy firmy Sensirion w dziedzinie miniaturyzacji czujników (technologia CMOSens) udało się opracować technologię PASens. Stanowi to przełom w miniaturyzacji układów z wykorzystaniem wykrywania fotoakustycznego. Krytyczne komponenty zostały umieszczone wewnętrznie, aby zapewnić najwyższą wydajność przy zachowaniu opłacalności.

Wiązka światła w pasmie absorpcji cząsteczek CO_2 (o długości 4,2 μm) jest emitowana do zamkniętej komory pomiarowej (**rysunek 12**).Cząsteczki CO_2 w komorze pomiarowej absorbują część wypromieniowanego światła, podczas gdy inne cząsteczki nie oddziaływają ze światłem o tym spektrum. Energia pochłonięta przez cząsteczki CO_2 wzbudza głównie ich wibracje, co w zamkniętej komorze pomiarowej powoduje wzrost ciśnienia. Modulacja zmian ciśnienia w komorze pomiarowej można zmierzyć za pomocą mikrofonu. Sygnał z mikrofonu służy zatem jako miara poziomu cząsteczek CO_2 obecnych w komorze pomiarowej i może być używany do wyznaczania koncentracji CO_2.

Moduł SCD40 czujnika CO_2 firmy Sensirion

W połowie roku 2019 firma Sensirion pokazała moduł SCD40 – pierwszy zminiaturyzowany czujnik CO_2 [5]. Rozmiar czujnika SCD40 wynosi 10×10×7 mm, czyli 5 razy mniej niż w przypadku modułu poprzedniej generacji SCD30 (**rysunek 13**). Ta przełomowa innowacja oparta jest na zasadzie wykrywania fotoakustycznego i łączy minimalny rozmiar z maksymalną wydajnością, otwierając



Rysunek 13. Porównanie rozmiaru układów SCD30 (po lewej) oraz SCD40 (po prawej) [5]

wiele nowych możliwości integracji i zastosowań. Dodatkowo czujnik SCD40 wykorzystuje najlepsze w swojej klasie czujniki wilgotności i temperatury. SCD40 nadaje się szczególnie do zastosowań takich jak: Internet Rzeczy, motoryzacja, klimatyzacja, urządzenia i urządzenia konsumpcyjne. SD40 ma zostać wprowadzony na rynek w połowie roku 2020.

Podsumowanie

Powyższy opis jest tylko wprowadzeniem do dziedziny pomiarów gazów. Zostały przedstawione wiodące technologie pomiarów oraz reprezentatywne układy scalone różnych producentów z interfejsem cyfrowym. Jednak rynek producentów jest bardzo duży. Działa na nim wiele firm, szczególnie dalekowschodnich. Obecnie rynek czujników gazu jest napędzany głownie przez układy oczyszczania powietrza, ogrzewanie, wentylację i klimatyzację. Obniżenie ceny, wydłużenie czasu poprawnej pracy oraz zwiększenie łatwości użycia czujników gazu spowoduje znaczący wzrost ich użycia w aplikacjach konsumenckich.

Pomiar poziomu pyłów staje się ostatnio bardziej istotnym zagadnieniem zdrowotnym. Jest to osobne zagadnienie i zostanie omówione w przyszłości.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawca:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel.: 22 257 84 99, faks: 22 257 84 00

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel.: 22 257 84 60
faks: 22 257 84 00
e-mail: redakcja@ep.com.pl
www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Wiesław Marciniak

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Zastępca Redaktora Naczelnego, Redaktor Prowadzący:
Damian Sosnowski

Zastępca Redaktora Naczelnego, Menedżer Magazynu
Marcin Karbowniczek

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker, tel.: 22 257 84 58

PARK Pracownia Badań Rynku Konstruktorów:
Maksymilian Hoser, tel.: 22 257 84 65

Redaktor strony internetowej *www.ep.com.pl*
Dariusz Welik

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel.: 22 257 84 64
Adam Kęska, tel.: 22 257 84 63
Bożena Krzykawska, tel.: 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel.: 22 257 84 60
Maksymilian Hoser, tel.: 22 257 84 65

Sekretarz Redakcji:
Grzegorz Krzykawski, tel.: 22 257 84 60

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Stali Współpracownicy:
Jacek Bogusz, Lucjan Bryndza, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Michał Kurzela, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.avt.pl/prenumerata
lub tel.: 22 257 84 22
e-mail: prenumerata@avt.pl
www.sklep.avt.pl, tel.: 22 257 84 66

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel.: 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

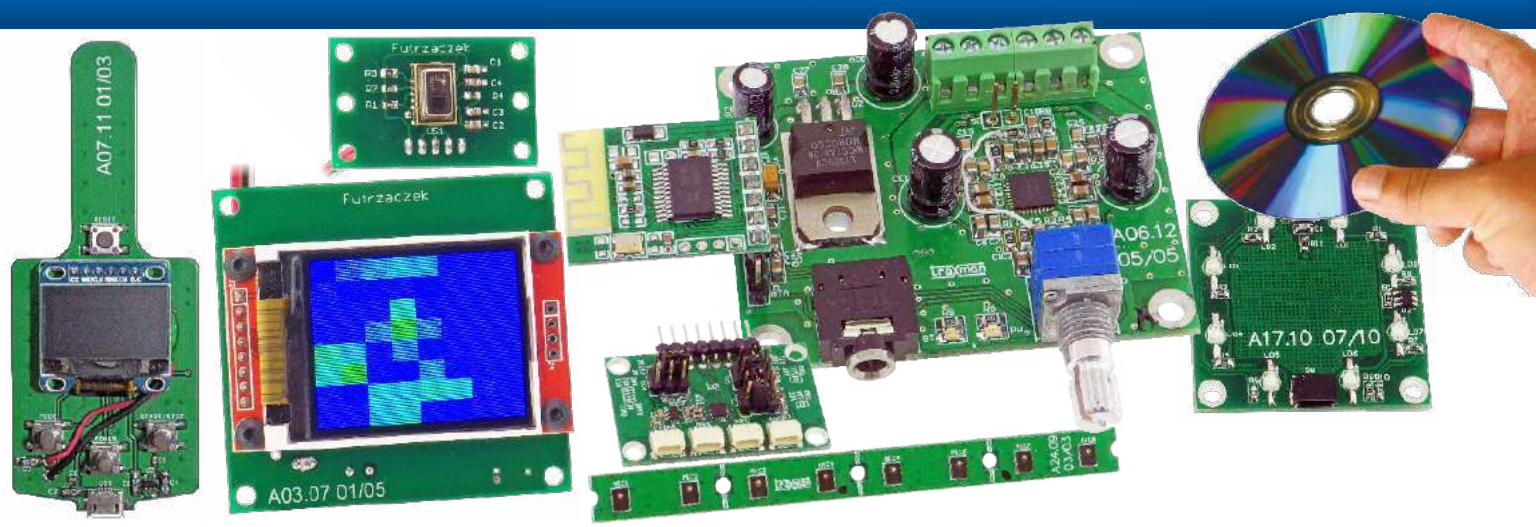
Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11

Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

eprasa.pl e017b7ba51

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 04/2020

Kolejne gigabajty narzędzi niezbędnych do pracy konstruktora, czyli NIEZBĘDNIK ELEKTRONIKA na DVD. **Tylko dla prenumeratorów EP**



Prosta kamera termowizyjna

Kompletna kamera termowizyjna zawierająca odpowiedni czujnik, wyświetlacz oraz kontroler zarządzający pracą urządzenia. Czujnik pobiera informację o temperaturze i dokonuje konwersji na postać cyfrową, która jest reprezentowana na wyświetlaczu w postaci różnobarwnych punktów. Kamera działa w czasie rzeczywistym, umożliwia szybkie wyznaczenie temperatury wielu punktów jednocześnie.

Wielokanałowy mikrofon cyfrowy

Dostępność procesorów sygnałowych, rozwój systemów rozpoznawania głosu, sztucznej inteligencji, systemów aktywnej redukcji hałasu, ułatwia wykorzystanie mowy w systemach sterowania. Żaden z systemów nie obędzie się jednak bez mikrofonu, od którego jakości zależy skuteczność działania. Podłączenie jednego lub dwóch mikrofonów jest proste, ale nie zawsze wystarczające. Opisany moduł umożliwia podłączenie do procesora, DSP lub SoC, do ośmiu mikrofonów z wykorzystaniem szeregowego interfejsu audio pracującego w trybie wielokrotnym TDM.

Cyfrowy wzmacniacz mocy z interfejsem Bluetooth

Kompletna „cyfrowa” końcówka audio średniej mocy pozwalająca osiągnąć do 2×10 W/8 Ω przy zasilaniu 12 V. Zastosowany układ PAM8106 firmy Diodes Inc integruje w sobie dwukanałową mostkową końcówkę mocy pracującą w klasie D z modulacją rozproszoną, zmniejszającą generowane zaburzeń EMI, wyposażoną w układ zabezpieczeń oraz konfigurowany limiter mocy przydatny przy pracy bateryjnej. W roli odbiornika Bluetooth Audio zastosowano tani moduł ze złączem 7 pinowym.

Magnetometr GaussMeter

Urządzenie zostało skonstruowane do badania magnesów stałych w przetwornikach gitarowych, jednak może być użyte do badania pola magnetycznego emitowanego przez dowolny obiekt. Oprócz wskazania wielkości pola magnetycznego (indukcji magnetycznej), wskaże także jego biegunowość.

QTkey – przycisk dotykowy

Przycisk dotykowy przydatny jest w aplikacjach, w których styki mechaniczne się nie sprawdzają. Jako sensor służy pole dotykowe o średnicy 15 mm, wykonane bezpośrednio na płytce drukowanej. Otoczone jest 8 diodami LED, które mogą wskazywać aktywne pole i sygnalizować zadziałanie.

a ponadto tematy wiodące EP4/2020:

KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA EMC I CERTYFIKAT CE

PROJEKTOWANIE I PROTOTYPOWANIE

WYŚWIETLACZE

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

Reklamy stron internetowych na str. 12

AKSOTRONIK 139
ARMEL 139
BALTRADE 96, 105, 106
BORNICO 6
BOTLAND 118
COMPUTER CONTROLS 9, 70
DELTA-OPTI 139
ELMAX 139
FARNELL 115, 140
FAULHABER 72, 73
FERYSTER 16
GAMMA 16
KRADEX 67, 68
MICROCHIP 7
PIEKARZ 16
RELPOL 21
RENEX 16
RUTRONIK 11
ST MICROELECTRONICS 5, 17, 33, 35, 37, 55

eprasa.pl e017b7ba51

Ogłoszenia i reklamy hurtowni, sklepów, importerów, producentów, dealerów, itp. są płatne. Cena podstawowego modułu (35×20 mm) wynosi 66 zł + VAT. Koszt minimalnej ramki dla ogłoszeń o wielkości 3 modułów wynosi 198 zł + VAT. Moduły można łączyć zarówno w pionie jak i w poziomie. Maksymalna szerokość ogłoszenia to 5 modułów, wysokość 12 modułów. Rabaty stosujemy wyłącznie dla reklam powyżej 8 modułów: 4-6 emisji 10%, 7-11 emisji 15% i od 12 emisji 25%.

Oferta specjalna:

• publikacja fragmentów cennika w ramce o wielkości: 8 modułów w pionie cena 264 zł + VAT, 9 modułów w poziomie 305 zł + VAT

• rabat specjalny dla firm poszukujących pracowników wynosi 25% (wyłącznie dla dużych reklam).

Wszelkich informacji udziela **Grzegorz Krzykawski**, **tel. 22 257 84 60**, e-mail: **grzegorz.krzykawski@ep.com.pl**.

Reklamy do tej rubryki mogą być przygotowane przez Zamawiającego w CMYK, w formacie CDR (wersja do 2018), AI, EPS (tekst zmieniony na krzywe), PSD, PDF (programy Adobe w wersji do CC 2019 włącznie PC/Mac) z próbnym wydrukiem. Małe reklamy mogą być przygotowane w redakcji (gratis) na podstawie odręcznego szkicu. Opracowania te nie będą jednak wówczas uzgadniane z Zamawiającym przed oddaniem do druku.

Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczonych w Elektronice Praktycznej

www.delta.poznan.pl

Wielkość matrycy: 5 Mpx (Sony Starvis)
Obiektyw: 2.8 - 12 mm (kąt widzenia 86° - 24°)
Rozdzielczość: 2592 x 1944 (5 Mpx)
Zasięg oświetlacza IR: 40 m
Protokoły sieciowe: TCP/IP, DDNS, NTP, ONVIF 2.4
PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66
3D-DNR, WDR, DEFOG, H265+, ROI, ...
Aplikacje dla: Android, iOS
➤ APTI-54C4-2812WP Bardzo dobra jakość w jeszcze lepszej cenie

Wielkość matrycy: 8,3 Mpx (przetwornik 1/1.8")
Obiektyw: 3.6 - 11 mm (kąt widzenia 90° - 36°)
Rozdzielczość: 3840 x 2160 (4K UHD)
Przepływność (bitrate): 64 ... 12000 kbit/s
Protokoły sieciowe: TCP/IP, NTP, DNS, ONVIF 2.4
PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66
3D-DNR, WDR, DEFOG, ROI, H265+, ...
Aplikacje dla: Android, iOS
➤ APTI-84C6-3611WP-Z Wysoka rozdzielczość dostępna w atrakcyjnej cenie

Wielkość matrycy: 5 Mpx (przetwornik 1/2.8")
Obiektyw: 2,8 - 12 mm (kąt widzenia 86° - 24°)
Rozdzielczość: 2592 x 1944
Obsługa audio - mikrofon zewnętrzny
Protokoły sieciowe: TCP/IP, NTP, DDNS, FTP
PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66, H.265+
3D-DNR, DEFOG, D-WDR, ROI, detekcja ruchu, ...
Aplikacje dla: Android, iOS
➤ APTI-54VA3-2812P Bardzo dobry stosunek jakości do ceny

Największy wybór w Polsce

Hurtownia elementów elektronicznych "AKSOTRONIK" zaprasza do swojego sklepu internetowego
Zaloguj się i kupuj ON-LINE na naszej stronie:
WWW.AKSOTRONIK.COM.PL

Uwaga!!! Powyższe ceny dotyczą zakupów minimalnych ilości hurtowych, poprzez nasz sklep internetowy.
W swojej ofercie posiadamy m.in.: półprzewodniki (diody, układy scalone, tranzystory, triaki, elementy optoelektroniczne), elementy dystansowe, złącza, przełączniki, elementy akustyczne, rezystory, kondensatory, kwarce, podstawki, moduły Arduino
Zapraszamy do kontaktu: INFO@aksotronik.com.pl, tel: (22) 783-20-51

RACK i Eurocarta 19" Wyposażenie szaf 19"
www.obudowa.pl
Producent obudów dla elektroniki tel. 032-230-2301

KITy AVT

http://bit.ly/2FNvrIN

www.ep.com.pl

ELMAX 1988
OBWODY DRUKOWANE
Produkcja, Projektowanie, Montaż

Certyfikat Underwriters Laboratories
94V-0 E48018 TYPE 1

Płytki jednostronne
Płytki dwustronne
Płytki na podłożu aluminium
Płyty czołowe FR4

Serie dowolne
Prototypy
Maksymalny wymiar płytek 1w 630 mm

Zakład produkcyjny:
05-260 Marki
ul. Duża 1
tel. 22 781 63 95
22 761 95 80
fax. 22 781 63 95 w 23
www.elmax.waw.pl
elmax@elmax.waw.pl

Dokumentacja technologiczna
Dokumentacja konstrukcyjna
Trawione szablony SMD

Montaż elektroniki
Krótkie terminy
Wykonania super expresowe

Aktywny kalkulator prototypów na stronie internetowej

Pokrycie Sn lub SnPb inne na życzenie
Maski, opisy montażowe w różnych kolorach

NINIEJSZE OGŁOSZENIA SĄ INFORMACJĄ HANDLOWĄ I NIE STANOWIĄ OFERTY W MYŚL ART. 66, § 1 KODEKSU CYWILNEGO. EWENTUALNIE PODANE CENY MOGĄ ULEC ZMIANIE.

eprasa.pl e017b7ba51

Ready for Tomorrow

Farnell®
AN AVNET COMPANY

AUTOMATICON®
AUTOMATYKA POMIARY ELEKTRONIKA

SPRAWDŹ SWOJE SIŁY W NASZYM KONKURSIE!

Wygrywaj atrakcyjne nagrody z okazji targów Automaticon 2020

Odwiedź nas na targach Automaticon:

- / zobacz nowości produktowe
- / spotkaj się z czołowymi dostawcami

automaticon.farnell.com

Sorensen
HARWiN
multicomp PRO

17 -19 marca

Hala 1 A14
EXPO XXI Warszawa