KOMPUTERY I MODUŁY JEDNOPŁYTKOWE

www.ep.com.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA +FTP

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Październik ● 10/2021 ●

EP W TOKU NA EP.COM.PL

tylko Prenumeratorzy

mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP

PANEL PRZEDNI NAJWAŻNIEJSZYM ELEMENTEM OBUDOWY

TEMAT NUMERU

inspirujące, użyteczne projekty

Energooszczędny termometr z kalibracją • SFP reader • Wzmacniacze wejściowe do częstościomierza. Rozszerzenie możliwości AVT3275 • Moduł IoT AVR-IoT WA • Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero • Ośmiokanałowy multiplekser magistrali I^2C • Tranzystorowy moduł wykonawczy z optoizolacją • Konfigurowalny panel przycisków do komputera • System do rozpoznawania tablic rejestracyjnych • Prosty sensor poziomu CO_2

podzespoły, sprzęt, aplikacje

OSA – Opadający Satelita Atmosferyczny • Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Front-endy do pomiaru (bio)impedancji • Panel przedni najważniejszym elementem obudowy • Komputery jednopłytkowe z procesorami przeznaczonymi do IIoT • Komputery i moduły jednopłytkowe

tutoriale

Dobór mikronapędów DC i kontrolerów ruchu • Prosty miernik pojemności akumulatorów – suplement • Konwertery cyfrowe do przycisków pojemnościowych w aplikacjach medycznych i nie tylko

kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Komunikacja wielopasmowa zestawu czujnikowego LPSTK – CC1352R LaunchPad SensorTag

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR

ISSN 1230-3526 Indeks 357677

10 >

9 771230 352214

eprasa.pl 54fe1c0c92

Zaprenumeruj Elektronikę Praktyczną, a zawsze dostaniesz najnowszy numer wprost do Twojej skrzynki!

na start do 6* wydań gratis

po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty do 12* wydań gratis

* Cena prenumeraty rocznej **na start** wynosi 207,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 340,20 zł oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań Elektroniki Praktycznej.
Przedłużasz prenumeratę? Aby otrzymać zniżkę lojalnościową, przedłuż prenumeratę po zalogowaniu się do swojego panelu na **www.ulubionykiosk.pl**, gdzie znajdziesz atrakcyjną ofertę prenumeraty, która uwzględnia przysługujące Ci zniżki za lojalność. Po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty otrzymasz **rabat 50%** na prenumeratę dwuletnią.
Oferta dotyczy prenumeraty drukowanej.

PREZENT
do każdej opłaconej prenumeraty

Każdorazowo opłacenie prenumeraty jest premiowane prezentem. Możesz otrzymać t-shirt z logo EP (do wyboru mamy rozmiar L lub XL).
Zgłoś się po prezent mailowo – prenumerata@avt.pl.

Wszystkie opcje prenumeraty i e-prenumeraty znajdziesz na stronie
www.UlubionyKiosk.pl

prenumerata@avt.pl
AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, konto 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

eprasa.pl 54fe1c0c92

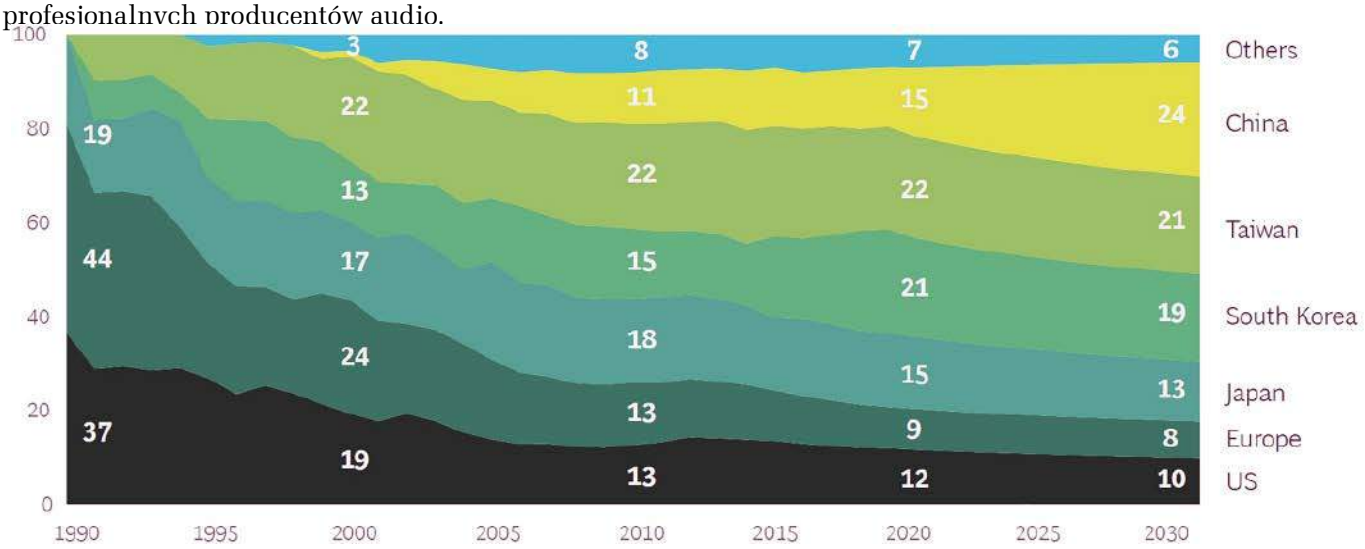
Gdzie te półprzewodniki?

Gdy rozpoczęła się pandemia, producenci elektroniki przewidywali, że przełoży się to na spadek popytu i ograniczyli produkcję. Tymczasem spadek zapotrzebowania nie trwał długo. Konsumenci, którzy przez długi czas byli zmuszeni do pozostania w domach, zaczęli kupować nowszy i wydajniejszy sprzęt komputerowy niezbędny do zdalnej pracy i nauki oraz urządzenia ułatwiające spędzanie czasu w domowym zamknięciu – telewizory, konsole i wiele innych elektronicznych gadżetów.

W podobny sposób zareagowali producenci samochodów, sygnalizując dostawcom półprzewodników ograniczenie produkcji i wstrzymanie dostaw. Prognozy okazały się przesadne i zapotrzebowanie na nowe auta ostatecznie przyjęło trend wzrostowy. Jednak w tym czasie linie produkcyjne zostały dostosowane do komponentów niezbędnych w innych branżach, m.in. komputerowej i realizacja nowych zamówień obarczona była dużym opóźnieniem.

Kiedy wydawało się, że wszystko wraca do normy i produkcja półprzewodników zaczyna nadrabiać zaległości, branżę dotyka szereg nieszczęśliwych wydarzeń. W lutym wyjątkowo ostra zima na południu USA zakłóciła produkcję półprzewodników. Temperatura w Teksasie spadła poniżej –30°C, a właśnie tam skoncentrowana jest produkcja półprzewodników w USA. Z powodu problemów z dostawami prądu Samsung musiał zamknąć dwie fabryki, które są odpowiedzialne za ok. 30% produkcji tego znaczącego dostawcy. Produkcja została zakłócona także w obiektach należących do NXP oraz Infineon.

Kolejnym nieszczęściem, jakie dotknęło branżę, był pożar jednej z fabryk firmy Renesas, który wybuchł 19 marca w północno-wschodniej Japonii. Firma odpowiada za ok. 30% światowej produkcji mikrokontrolerów stosowanych w samochodach. Natomiast rok wcześniej trzydniowy pożar spustoszył fabrykę producenta półprzewodników AKM w mieście Nobeoka. AKM produkuje różnorodne przetworniki ADC i DAC praktycznie dla wszystkich profesionalnych producentów audio.



Z kolei 14 kwietnia miała miejsce awaria zasilania w fabryce półprzewodników TSMC na Tajwanie. W zakładzie Fab14 nastąpiło odcięcie zasilania spowodowane zerwaniem kabla podczas prac na placu budowy. Najbardziej ucierpiała linia produkująca układy scalone w litografii 12 nm i większej, przeznaczone głównie dla branży motoryzacyjnej. Wytwarzanie układów półprzewodnikowych zakłóciły także skutki strasznej suszy, jaka dotknęła ten kraj. Tajwańskie władze zdecydowały o ograniczeniu dostaw wody do kompleksu technologicznego w Taichung, gdzie znajdują się fabryki TSMC i Microna, pomimo że uznają przemysł technologiczny za biznes krytyczny dla kraju.

Tak niefortunny przebieg wydarzeń spowodował, że poziom produkcji zaawansowanych układów półprzewodnikowych ciągle nie powrócił do stanu sprzed pandemii, a długotrwałe niedobory tych komponentów tylko potęgują zapotrzebowanie na nie. Ta sytuacja podkreśla też, jak niepewna jest produkcja tych komponentów – skoncentrowała się w obrębie kilku państw Dalekiego Wschodu, co czyni ją wrażliwą na kryzysy, konflikty geopolityczne i katastrofy naturalne. Na wykresie opracowanym przez www.semiconductors.org został pokazany procentowy udział produkcji półprzewodników na przestrzeni kilku ostatnich dziesięcioleci oraz przewidywania na najbliższe lata. Trudno uwierzyć, że były czasy, gdy Europa dominowała w tej branży. Niemniej problem został dostrzeżony i np. UE ogłosiła plan zwiększenia swojego udziału w światowym rynku półprzewodników – to tzw. „European Chips Act". Trzymajmy kciuki za powodzenie tego projektu.

Damian Soskowski

Źródło zamieszczonego wykresu: https://bit.ly/3D52tjv

eprasa.pl 54fe1c0c92

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 10 (345) • Październik 2021

58

System do rozpoznawania tablic rejestracyjnych

Rozpoznawanie napisów nie jest nową technologią. Pierwsze rozwiązania powstały już w latach '80 XX wieku i były stosowane przede wszystkim do digitalizacji książek i dokumentów. Wraz z upowszechnieniem się wydajnych platform obliczeniowych, technologia ta trafiła również do systemów wbudowanych takich, jak kamery na parkingach, które identyfikują samochody na podstawie tablic rejestracyjnych.

61

Prosty sensor poziomu CO_2

Dwutlenek węgla jest gazem, który wytwarzamy my, jak i wszystkie inne organizmy żywe, podczas oddychania. Jego nadmierna ilość w naszym otoczeniu może być dla nas szkodliwa, a w skrajnych przypadkach wręcz niebezpieczna. Monitorowanie poziomu CO_2 jest ważne również w przypadku ograniczania przenoszenia chorób zakaźnych, gdyż poziom tego wydychanego gazu koreluje się z ilością patogenów w powietrzu.

Nie przeocz

Nowe podzespoły 5
Dodaj do obserwowanych 11
OSA – Opadający Satelita Atmosferyczny 18
Koktajl niusów 95

Projekty

Energooszczędny termometr z kalibracją 20
SFP reader 24
Wzmacniacze wejściowe do częstościomierza (2). Rozszerzenie możliwości AVT3275 29

Moduły w aplikacjach

Moduł IoT AVR-IoT WA 50

Miniprojekty

Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero 33
Ośmiokanałowy multiplekser magistrali I²C 36
Tranzystorowy moduł wykonawczy z optoizolacją 38

Temat numeru: Panel przedni najważniejszym elementem obudowy

Panel przedni najważniejszym elementem obudowy 41

Projekty soft

Konfigurowalny panel przycisków do komputera 56
System do rozpoznawania tablic rejestracyjnych 58
Prosty sensor poziomu CO_2 61

Notatnik konstruktora

Konwertery cyfrowe do przycisków pojemnościowych w aplikacjach medycznych i nie tylko 64
Prosty miernik pojemności akumulatorów – suplement 86

Prezentacje

Dobór mikronapędów DC i kontrolerów ruchu 70

Poradnik implementacji

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (8). Front-endy do pomiaru (bio)impedancji 90

Wybór konstruktora

Komputery jednopłytkowe z procesorami przeznaczonymi do IIoT 72
Komputery i moduły jednopłytkowe 74

Kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy (53). Komunikacja wielopasmowa zestawu czujnikowego LPSTK – CC1352R LaunchPad SensorTag 99

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Kramik i rynek 98
Konkurs 106
Hity następnego numeru 107

Dodatkowe materiały do artykułów znajdziesz na https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 54fe1c0c92

Szczegóły na stronie 93

nowe podzespoły

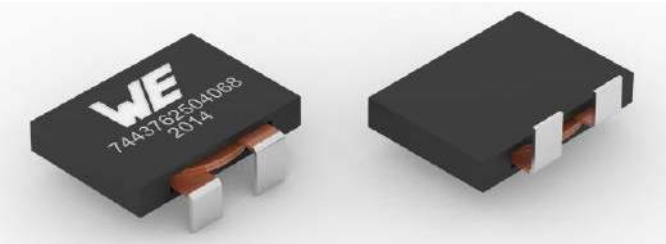
Z kilkuset nowości wybraliśmy te, których nie wolno przeoczyć. Bieżące nowości można śledzić na www.elektronikaB2B.pl

Fotoprzekaźnik 1-Form-B o wydajności prądowej 1,2 A

Toshiba Electronics Europe powiększa ofertę fotoprzekaźników o nowy model TLP4590A o konfiguracji 1-Form-B (normalnie zamknięty), umieszczony w obudowie DIP6 (7,62×7,12×3,65 mm). Wyróżnia się on wydajnością prądową równą 1,2 A, co stanowi 140% wartości wcześniejszej wersji TLP4176A. Może pracować z maksymalnym napięciem wyjściowym 60 V w stanie Off. Czułość stopnia wejściowego zwiększono dzięki zastosowaniu diody LED o małym prądzie progowym, wynoszącym maksymalnie 2 mA.

Fotoprzekaźnik TLP4590A zapewnia izolację do 5 kV rms (1 min.) i może pracować w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +110°C, co pozwala na zastosowania w automatyce budynkowej, instalacjach alarmowych i przeciwpożarowych oraz sterownikach PLC, interfejsach I/O itp.

www.toshiba.semicon-storage.com

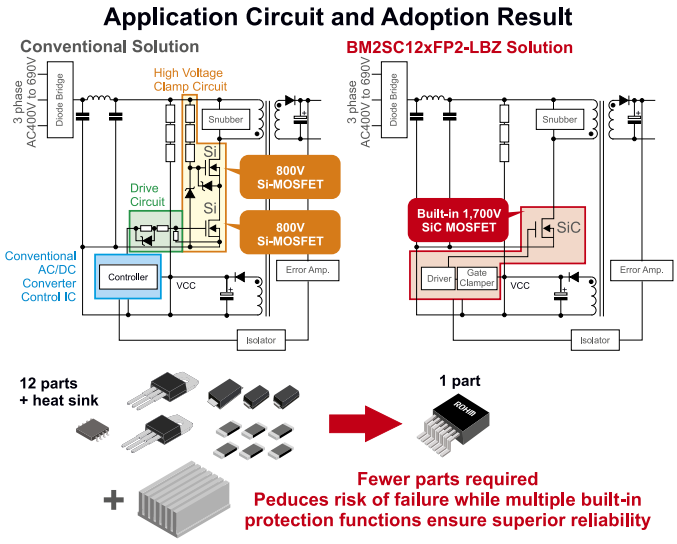


Seria cewek wysokoprądowych w obudowach THT o grubości 4 mm

Wurth Elektronik powiększa rodzinę cewek indukcyjnych WE-HCFT o nową wersję, wyróżniającą się wyjątkowo małą grubością (4 mm), wykonaną z zastosowaniem płaskiego uzwojenia. WE-HCFT 2504 to cewka wysokoprądowa, mogąca pracować w temperaturze otoczenia od –40 do +125°C, charakteryzująca się dużą gęstością mocy. Zawiera rdzeń z ferrytu manganowo-cynkowego (MnZn). Wykazuje bardzo małe straty stało- i zmiennoprądowe, wynikające ze zoptymalizowanej konstrukcji rdzenia i uzwojenia. Może przewodzić prąd o natężeniu do 33 A.

Cewka WE-HCFT 2504 jest oferowana w wersjach o indukcyjności 1, 2,2, 4,7, 6,8 i 10 μH. Doskonale nadaje się do zastosowań w konwerterach DC-DC o dużej sprawności, wysokoprądowych zasilaczach impulsowych, ładowarkach, falownikach i regulatorach napięcia POL stosowanych do zasilania wysokoprądowych układów FPGA, ASIC i GPU. Uzyskała kwalifikację AEC-Q200, pozwalającą na zastosowania w motoryzacji.

www.we-online.com



Seria konwerterów AC-DC zrealizowanych na bazie 1700-woltowych tranzystorów SiC MOSFET

Do oferty firmy Rohm wchodzi seria pierwszych na rynku konwerterów AC-DC z wbudowanym 1700-woltowym tranzystorem MOSFET, zrealizowanym w technologii SiC, pozwalającej zwiększyć niezawodność i ograniczyć straty mocy przy równoczesnym ograniczeniu powierzchni montażowej. Konwertery BM2SC12xFP2-LBZ, produkowane w obudowach TO 263-7L do montażu SMT, są polecane do zastosowań przemysłowych m.in. w układach zasilania awaryjnego lamp ulicznych, systemach klimatyzacji i falownikach w układach napędowych. Są konwerterami o topologii quasi-rezonansowej, pozwalającymi zredukować liczbę komponentów w układzie zasilania. W przykładowej konfiguracji 48-watowego zasilacza rezerwowego o napięciu wejściowym 400 VAC pozwalają zastąpić jednym układem scalonym 12 komponentów występujących w tradycyjnej konfiguracji. Dodatkowo, konwertery te mogą być lutowane z wykorzystaniem maszyn do automatycznego montażu. Ponadto, ich zaletą jest większa nawet o 5% sprawność energetyczna oraz mniejsze ryzyko awarii komponentów.

Firma Rohm oferuje płytkę ewaluacyjną wspomnianego zasilacza 48 W z układem BM2SC123FP2-LBZ. Pracuje on z napięciem wyjściowym 24 VDC, niezależnym od wartości napięcia zasilającego i nie wymaga stosowania radiatorów.

www.rohm.com

eprasa.pl 54fe1c0c92

Czujnik jakości powietrza ZMOD4510 o stopniu ochrony IP67 z funkcją wykrywania ozonu

Renesas Electronics powiększa rodzinę czujników gazu ZMOD4510 o nową wersję o stopniu ochrony IP67, wyposażoną w algorytm bazujacy na sztucznej inteligencji, realizujący selektywny pomiar ozonu. Jest to pierwszy w branży w pełni skalibrowany, miniaturowy cyfrowy czujnik OAQ (*Outdoor Air Quality*) z możliwością selektywnego pomiaru ozonu do oceny jakości powietrza.

Zawartość ozonu pogarsza jakość powietrza na zewnątrz pomieszczeń, stanowiąc zagrożenie dla zdrowia człowieka. Dzięki nowemu oprogramowaniu układowemu firmy Renesas, czujnik ZMOD4510 może obecnie wykrywać stężenie ozonu bez raportowania o innych zanieczyszczeniach, przy jednoczesnym utrzymaniu poboru mocy poniżej 200 μW. Ta selektywna funkcja pomiaru umożliwia urządzeniom, takim jak inteligentne zegarki, telefony czy czujniki dymu, wykrywanie obecności ozonu, który zwykle znajduje się na zewnątrz pomieszczeń, ale może przedostawać się do pomieszczeń przez otwarte okna i drzwi.

ZMOD4510 został zoptymalizowany pod kątem ograniczenia poboru mocy, co pozwala na jego zastosowania w urządzeniach bateryjnych. Umożliwia pomiar stężenia ozonu już od 20 ppb. Jest zamykany w hermetycznej (IP67) obudowie LGA o wymiarach 3,0×3,0×0,9 mm. Czujnik jest dostarczany w wersji w pełni skalibrowanej w opakowaniu hydrofobowym i oleofobowym. Klienci mogą zastosować powłokę ochronną zamiast dodawać zewnętrzną membranę do modułu.

www.renesas.com

Układ resetujący do systemów mikroprocesorowych pracujących z napięciem zasilania poniżej 1 V

Wielu projektantów aplikacji IoT korzysta obecnie z mikrokontrolerów, których rdzeń obliczeniowy pracuje z napięciem zasilania 1 V lub mniejszym. Może to stanowić problem dla tradycyjnych mikroprocesorowych układów resetujących, których sygnały wyjściowe mogą nie być stabilne dla tak małych napięć, co w konsekwencji może prowadzić do wybudzenia mikrokontrolera w niezdefiniowanym stanie z nieprawidłowymi poziomami na liniach I/O i innych błędów. Układ typu MAX16162 eliminuje ryzyko występowania tzw. *glitchów* aż do osiągnięcia przez napięcie wejściowe odpowiedniej wartości progowej, pozwalając zwiększyć niezawodność systemów IoT, przenośnych urządzeń medycznych, stacji bazowych czy kontrolerów PLC. Umożliwia generowanie sygnału resetującego przy włączaniu zasilania nawet dla napięć poniżej 0,6 V, bez ryzyka wygenerowania przypadkowego sygnału resetującego w stanie przejściowym przy narastaniu napięcia zasilającego.

MAX16162 pobiera zaledwie 825 nA prądu i jest zamykany w miniaturowej obudowie o powierzchni 1,06×0,73 mm, mniejszej o 23% od najbliższego odpowiednika. Jego ceny hurtowe zaczynają się od 1,19 USD przy zamówieniach 1000 sztuk.

www.maximintegrated.com

Przekaźniki elektromechaniczne G2RL, G5Q i G5NB w wersji ze sterowaniem sygnałem PWM

Popularne przekaźniki elektromechaniczne G2RL, G5Q i G5NB firmy Omron Electronic Components są obecnie dostępne w zmodyfikowanych wersjach ze sterowaniem sygnałem PWM, pozwalających zmniejszyć nawet o 75...90% moc wydzielaną w cewce w porównaniu z wersjami standardowymi. Ma to znaczenie zwłaszcza w aplikacjach, w których stosowane są zestawy (banki) przekaźników, wydzielające dużą ilość ciepła.

G2RL-PW1 to niskoprofilowy przekaźnik o dopuszczalnym prądzie przełączanym 16 A i grubości obudowy 15,7 mm. Charakteryzuje się poborem mocy cewki wynoszącym 120 mW, podczas gdy w wersji standardowej jest to 400 mW. G5Q-PW to przekaźnik SPDT o dopuszczalnym prądzie przełączanym 10 A i jeszcze mniejszym poborze mocy cewki, wynoszącym 36 W wobec 400 mW w wersji standardowej. Ostatni z nowych modeli, G5NB-PW to przekaźnik jednobiegunowy o dopuszczalnym prądzie 3 A lub 5 A, zapewniający wytrzymałość na przepięcia do 10 kV. Charakteryzuje się poborem mocy cewki wynoszącym 32 mW wobec 200 mW dla wersji standardowej. Wszystkie trzy przekaźniki z nowej oferty spełniają wymogi normy bezpieczeństwa IEC/EN 60335-1.

www.components.omron.eu

Biała dioda LED o dużej sprawności do systemów oświetlenia ogrodniczego

W przypadku każdej rośliny istnieje idealna receptura światła z odpowiednią długością fali, intensywnością, średnim czasem oświetlenia i innymi właściwościami, zapewniającymi jej optymalny wzrost. Operatorzy szklarni i tzw. farm domowych, poza maksymalizacją chcą być jak najbardziej energooszczędni. Nowa dioda LED Osconiq S 5050 firmy ams Osram rozwiązuje kluczowy problem białych diod LED stosowanych w tego typu uprawach, pozwalając obniżyć koszt energii.

W rolnictwie wewnętrznym, dominującymi obecnie kombinacjami są czerwone i niebieskie lub alternatywnie czerwone i białe diody

eprasa.pl 54fe1c0c92

LED. Standardowe białe diody LED używane w uprawach roślin emitują również światło w zakresie czerwieni, które może być zastąpione bezpośrednią emisją przez czerwone diody LED pobierające mniejszą moc przy emisji tej samej ilości „czerwonych" fotonów. Nowa dioda Osconiq S 5050 umożliwia obecnie zwiększenie sprawności energetycznej poprzez ograniczenie udziału czerwonych fotonów przekształconych w luminoforze. Zastosowany w niej luminofor „odcina" czerwoną część widma. Dioda zapewnia sprawność 2,86 μmol/J i charakteryzuje się mocą optyczną 630 mW. Jest produkowana w obudowie SMD o wymiarach 5,0×5,0×0,7 mm. W zależności od aplikacji docelowej pobiera od 180 do 1050 mA prądu. Jest zabezpieczona przed przepięciami do 8 kV.

www.osram-os.com

1200-woltowe moduły SiC MOSFET half-bridge do systemów ładowania pojazdów elektrycznych

Na targach APEC 2021 firma ON Semiconductor zaprezentowała dwa nowe moduły MOSFET wyprodukowane w technologii SiC, przeznaczone do zastosowań w systemach ładowania pojazdów elektrycznych. NXH010P120MNF i NXH006P120MNF2 to moduły półmostkowe o napięciu znamionowym 1200 V, produkowane w obudowach press-fit odpowiednio F1 i F2. Poza obudową różnią się rezystancją $R_{DS(on)}$, wynoszącą odpowiednio 10 mΩ i 6 mΩ oraz dopuszczalnym prądem ciągłym drenu (odpowiednio 114 A i 304 A @ TJ=175°C). Dzięki dużej powierzchni zapewniają mniejszą rezystancję termiczną od tranzystorów MOSFET produkowanych w procesie Trench, co obniża temperaturę pracy chipa. Zawierają wbudowane termistory NTC do monitorowania temperatury.

Moduły NXH010P120MNF i NXH006P120MNF2 mogą współpracować z wprowadzonym niedawno na rynek dwukanałowym sterownikiem bramek tranzystorów IGBT/MOSFET o symbolu NCD57252, zapewniającym izolację galwaniczną na poziomie 5 kV. Jest to układ zamykany w obudowie SOIC-16, akceptujący sygnały logiczne 3,3 V, 5 V i 15 V oraz zapewniający krótkie czasy propagacji na poziomie 60 ns.

www.onsemi.com

16-bitowy układ akwizycji danych do szybkich pętli sterowania

Analog Devices prezentuje nowy 16-bitowy układ akwizycji danych μModule ADAQ23875 o maksymalnej szybkości próbkowania

15 MSps, przeznaczony do digitalizacji szybkich sygnałów przejściowych w analizatorach poboru mocy oraz do zastosowań w szybkich pętlach sterowania Hil (Hardware in the Loop), systemach akwizycji danych, akustycznych badaniach nieniszczących, spektrometrach masowych, aparaturze medycznej i ultradźwiękowych miernikach przepływu. Układ zawiera krytyczne obwody kondycjonowania sygnału do skalowania przebiegów z czujników i pozwala 4-krotnie zmniejszyć wymaganą powierzchnię płytki drukowanej w porównaniu z równoważnym obwodem realizowanym na bazie elementów dyskretnych. Może skrócić cykl rozwoju precyzyjnych systemów pomiarowych, przenosząc ciężar projektowy związany z wyborem komponentów i optymalizacją z projektanta na układ. Wykorzystując technologię system-in-package (SIP), zmniejsza liczbę komponentów w systemie końcowym, łącząc wiele bloków przetwarzania i kondycjonowania sygnału w obrębie jednej struktury. Bloki te obejmują niskoszumowy, w pełni różnicowy sterownik przetwornika A/C, bufor źródła referencyjnego oraz szybki, 16-bitowy przetwornik A/C SAR o szybkości próbkowania 15 MSps. Dodatkowo, struktura układu obejmuje kluczowe elementy pasywne o małym dryfcie temperaturowym.

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

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

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

RENEX.PL
KOMPLEKSOWE WSPARCIE PRZEMYSŁU ELEKTRONICZNEGO

eprasa.pl 54fe1c0c92

Ważniejsze dane techniczne:
- zakres wejściowego napięcia różnicowego: ±2,048 V,
- zakres wejściowego napięcia sumacyjnego: od –1 do +4 V,
- pobór mocy: 143 mW @ 15 MSps,
- CMRR: 96 dB,
- INL: typ. ±0,6 LSB, maks. ±1 LSB,
- SINAD: typ. 89 dB @ 1 kHz,
- THD: –115 dB @ 1 kHz, –106 dB @ 400 kHz,
- błąd wzmocnienia: typ. 0,005% FS,
- dryft błędu wzmocnienia: maks. ±1 ppm/°C,
- interfejs wyjściowy: LVDS,
- zakres temperatury pracy: –40...+85°C.

ADAQ23875 jest zamykany w obudowie BGA o powierzchni 9×9 mm. Nadaje się do pracy w przemysłowym zakresie temperatury. Jego cena hurtowa wynosi 27,55 USD przy zamówieniach 1000 sztuk. We wrześniu 2021 na rynek ma wejść 18-bitowy odpowiednik układu o symbolu ADAQ23878. Będzie on dostępny w cenie 39,55 USD.

www.analog.com

Ultraszerokopasmowe kondensatory SMD na zakres częstotliwości pracy 16 kHz...70 GHz

Firma AVX wprowadza na rynek ultraszerokopasmowe kondensatory do aplikacji mikrofalowych i pracujących w zakresie fal milimetrowych, zaprojektowane do pracy w zakresie częstotliwości od 16 kHz do ponad 70 GHz. Serie UBC 550Z, 550U i 550L obejmują wielowarstwowe kondensatory ceramiczne w obudowach SMD, charakteryzujące się bardzo małymi stratami wtrąconymi i bardzo dobrą powtarzalnością parametrów pomiędzy różnymi egzemplarzami. Mogą znaleźć zastosowanie w optoelektronice, szybkich sieciach komunikacyjnych, szerokopasmowych urządzeniach pomiarowych itp.

Kondensatory serii UBC 550Z, zamykane w obudowach rozmiaru 0201 (0,58×0,3 mm), pokrywają zakres częstotliwości od 160 kHz do ponad 70 GHz (@ +25°C). Wykazują straty wtrącone poniżej 0,4 dB. Są produkowane w wersjach o pojemności od 10 nF oraz o napięciu znamionowym 6,3 i 10 VDC. Nadają się do pracy w zakresie temperatury otoczenia od –55 do +85°C. Ich temperaturowy współczynnik pojemności (TCC) wynosi ±15% w zakresie temperatury otoczenia do +85°C i ±22% w zakresie do +125°C.

Kondensatory serii UBC 550U, również zamykane w obudowach 0201, nadają się do pracy w zakresie częstotliwości od 16 kHz do ponad 70 GHz. Są produkowane na zakres pojemności od 100 nF/6,3 VDC. Charakteryzują się stratami wtrąconymi wynoszącymi typowo 0,4 dB, zakresem temperatury pracy od –55 do +85°C i współczynnikiem temperaturowym ±15%. Rezystancja izolacji wynosi minimum 1010 Ω i 109 Ω w temperaturze odpowiednio +25°C i +85°C przy napięciu znamionowym.

Kondensatory serii UBC 550L, zamykane w obudowach 0402 (1,016×0,508 mm), nadają się do pracy również w zakresie częstotliwości od 16 kHz do ponad 70 GHz. Ich straty wtrącone nie przekraczają 0,5 dB. Zakres pojemności wynosi od 100 nF. Dostępne są wersje o napięciach znamionowych 16 VDC (–55...+85°C) i 10 VDC (–55...+125°C). Współczynnik temperaturowy wynosi w zależności od parametrów pracy ±15% (+85°C, 16 VDC) lub ±22% (+125°C, 10 VDC), a minimalna rezystancja izolacji to odpowiednio 108 Ω i 107 Ω w temperaturze otoczenia +25°C i +125°C.

Kondensatory wszystkich trzech nowych serii mogą wytrzymać chwilowe skoki napięcia do 250% wartości znamionowej (do 5 s).

www.avx.com

Miniaturowe cewki chipowe na zakres częstotliwości pracy do 2,4 GHz

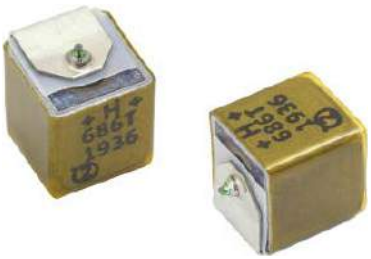
Do oferty firmy AVX wchodzi seria miniaturowych, wielowarstwowych cewek chipowych LCCI, mogących pracować w szerokim zakresie częstotliwości do nawet 2,4 GHz. Są one produkowane w obudowach rozmiaru 0201, 0402 i 0603, nadających się do automatycznego montażu w aplikacjach o dużej gęstości upakowania podzespołów. Poza szerokim zakresem częstotliwości pracy, charakteryzują się dużą niezawodnością, dużą dobrocią i małą rezystancją. Ich częstotliwość rezonansu własnego sięga 10 GHz, a tolerancja częstotliwości wynosi już od ±0,1 nH.

Obudowa	Indukcyjność	Tolerancja
0201 (0,6×0,3×0,3 mm)	0,3...0,9 nH	±0,1 nH
	1,0...6,2 nH	±0,1 nH, ±0,2 nH, ±0,3 nH
	6,8...27 nH	±3%, ±5%
	33...39 nH	±5%
0402 (1,0×0,5×0,5 mm)	0,3...0,8 nH	±0,1 nH
	1,0...6,2 nH	±0,1 nH, ±0,2 nH, ±0,3 nH
	6,8...68 nH	±2%, ±3%, ±5%
	82...150 nH	±5%
0603 (1,6×0,8×0,8 mm)	1,0...5,6 nH	±0,3 nH
	6,8...470 nH	±5%

Cewki ceramiczne LCCI nadają się do pracy w przemysłowym zakresie temperatury otoczenia od –40 do +85°C. Są produkowane na zakres indukcyjności od 0,3 do 470 nH w wersjach o tolerancji 2%, 3%, 5%, 10%, 0,1 nH, 0,2 nH i 0,3 nH.

www.avx.com

Kondensatory tantalowe z ciekłym elektrolitem o dopuszczalnej temperaturze pracy +200°C



Kondensatory tantalowe z ciekłym elektrolitem nowej serii HI-TMP T24 firmy Vishay wyróżniają się dopuszczalną temperaturą pracy +200°C, co pozwala na zastosowania w aplikacjach wojskowych i lotniczych oraz w przemyśle wydobywczym. Są one zamykane w hermetycznych obudowach SMD o wymiarach 9,0×7,4×7,1 mm. Wytrzymują nawet do 300 cykli szybkich zmian temperatury, a ich żywotność wynosi 2000 h

eprasa.pl 54fe1c0c92

w temperaturze +200°C, co eliminuje konieczność stosowania znacznie większych odpowiedników THT w aplikacjach pracujących w szczególnie wymagających środowiskach.

Kondensatory serii T24 są obecnie dostępne w dwóch wariantach: T24C336 o pojemności 33 μF i T24C106 o pojemności 10 μF. Charakteryzują się rezystancją ESR poniżej 2,5 Ω (120 Hz, +85°C). Ich napięcie znamionowe wynosi odpowiednio 75 i 12 VDC w temperaturze +85°C, a w maksymalnej dopuszczalnej temperaturze pracy +200°C zmniejsza się do odpowiednio 45 i 75 V. Dostępne są wersje o tolerancji ±10% i ±20%.

www.vishay.com

Bezpieczniki SMD aplikacji motoryzacyjnych i przemysłowych

Bourns rozszerza rodzinę bezpieczników SinglFuse do montażu SMT o dwie nowe serie przeznaczone do aplikacji wymagających komponentów o dużej niezawodności. Bezpieczniki SinglFuse SF-0603SA-M i SF-1206SA-M spełniają wymogi wewnętrznych standardów firmy, odpowiadających kwalifikacji AEC-Q200 i mogą pracować w temperaturze otoczenia do +150°C. Nadają się do zastosowań w elektronice samochodowej oraz w aplikacjach przemysłowych i medycznych o małym i średnim ryzyku. Są bezpiecznikami *slow blow*, których czas zadziałania w temperaturze +25°C wynosi maksymalnie 5 s przy natężeniu prądu równym 250% prądu znamionowego oraz minimalnie 4 h przy natężeniu równym 100% prądu znamionowego.

Serie SF-0603SA-M i SF-1206SA-M obejmują bezpieczniki wielowarstwowe ceramiczne, zamykane w obudowach rozmiaru EIA 0603 i 1206 odpornych na działanie szoku termicznego, mgły solnej i wibracji. Modele z serii SF-0603SA-M są produkowane na zakres prądów znamionowych od 0,5 do 8 A oraz na napięcia znamionowe 24, 35 i 65 VDC. Modele z serii SF-1206SA-M są produkowane na zakres prądów od 0,5 do 5 A, a ich napięcie znamionowe wynosi 65 VDC.

www.bourns.com

4-kanałowy przełącznik sygnałów DisplayPort 2.0 i HDMI 2.1 o przepustowości 20 Gbps

Układ typu PI3WVR14412 to pierwszy na rynku 4-kanałowy, wielostandardowy przełącznik sygnałów wideo z obsługą protokołów DisplayPort 1.3/1.4/2.0 i HDMI 2.1 obsługiwanych przez najnowocześniejsze jednostki GPU, charakteryzujący się przepustowością 20 Gbps. Może pracować jako multiplekser/demultiplekser 2:1/1:2 w laptopach, wyświetlaczach, stacjach dokujących, odbiornikach TV i konsolach do gier, w których wymagany jest routing sygnałów o rozdzielczości 4K i 8K. Transmituje sygnały o szerokim zakresie napięć, umożliwiając bezpośrednie sprzęganie zarówno portów pracujących z sygnałami różnicowymi do 1,4 V, jak również portów pracujących z sygnałami TMDS o napięciu sumacyjnym z zakresu od 0

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

Autoryzowany dystrybutor Altium w Polsce

Pracuj SZYBCIEJ

Zyskaj WIĘCEJ

Wybierz zunifikowane środowisko projektowania elektroniki łączące wszystkie narzędzia do projektowania PCB w jednej aplikacji

Specjalna oferta na migrację do Altium Designer 25% rabatu

Oferta dotyczy posiadaczy innych programów do PCB

ALTIUM DESIGNER

Zapraszamy na Roadshow Altium Designer, 14 października, Warszawa. Szczegóły na www.controls.pl

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

eprasa.pl 54fe1c0c92

do VDD. Dzięki wyeliminowaniu potrzeby stosowania kondensatorów blokujących składową stałą, pozwala zaoszczędzić przestrzeń na płytce drukowanej i poprawić integralność sygnału. Umożliwia multipleksowanie sygnałów HPD (*Hot Plug Detection*) i DDC (*Display Data Channel*), co pozwala dodatkowo zmniejszyć liczbę elementów współpracujących. PI3WVR14412 zapewnia małe straty wtrącone, małe przesłuchy międzykanałowe i dużą izolację w stanie Off. Jest zamykany w obudowie TQFN-40 o wymiarach 6×3×0,75 mm. Jego ceny hurtowe zaczynają się od 1,70 USD przy zamówieniach 5000 sztuk.

www.diodes.com

Nadajnik z zasilaniem energy harvest obsługujący standardy Bluetooth i ZigBee Green Power

PTM 535BZ to pierwszy moduł nadajnika z zasilaniem energy harvest, obsługujący dwa różne standardy radiowe w paśmie 2,4 GHz: Bluetooth Low Energy i ZigBee Green Power. W połączeniu z konwerterem energii mechanicznej EnOcean ECO 200, umożliwia on realizację bezprzewodowych przełączników z własnym zasilaniem. Dzięki wbudowanemu interfejsowi NFC może być łatwo konfigurowany z wykorzystaniem smartfona lub komputera z czytnikiem NFC.

Pod względem mechanicznym, nowy moduł PTM 535BZ odpowiada wcześniejszym wersjom obsługującym jeden standard transmisji: EnOcean w przypadku PTM 535 oraz ZigBee Green Power w przypadku PTM 535Z. Pozwala to na szybką integrację z już istniejącymi projektami mechanicznymi. Jednocześnie, dzięki bezprzewodowej i bezbateryjnej pracy oraz globalnej akceptacji standardów komunikacji w paśmie 2,4 GHz, może znaleźć praktycznie nieograniczony zakres zastosowań, np. w przyciskach Stop w pojazdach komunikacji miejskiej, mechanicznych czujnikach drzwi i okien oraz miniprzełącznikach domowych do włączania i wyłączania urządzeń AGD.

www.enocean.com

Wyświetlacze serii WF43V od Winstar

W ofercie Unisystemu pojawił się właśnie następca serii modeli WF43H – wyprodukowany przez Winstar 4,3-calowy wyświetlacz LCD-TFT, dostępny w kilku różnych wariantach. W zależności od potrzeb projektu, ekrany te znajdą zastosowanie w wielu zarówno przemysłowych, jak i bardziej konsumenckich aplikacjach. Model WF43VTIAEDNN0#, będący podstawowym, bazowym przedstawicielem serii to wyświetlacz o rozdzielczości 480×272, wyposażony w 24-bitowy interfejs RGB.

Wyświetlacze z serii WF43V będą działać bez zarzutu w przemysłowych zakresach temperatur, od –20°C do nawet 70°C. Sprawdzą się we wszystkich aplikacjach korzystających z niewielkich paneli dotykowych – urządzeniach medycznych, wyposażeniu aut, drukarkach 3D i wielu sprzętach przemysłowych. Możliwości dobrania odpowiednich modeli do specyfikacji technicznej danego projektu są w przypadku tych ekranów bardzo szerokie – od zupełnie podstawowych wyświetlaczy w zestawie z ramą montażową lub bez, przez możliwość wyboru technologii działania panelu dotykowego (rezystancyjny lub pojemnościowy), aż po opcję dwukrotnie podwyższonej jasności obrazu (high brightness, 1000 cd/m²). Przy kilku modelach z tej serii użyto również filtru O-film, poszerzającego kąty obserwacji ekranu przez ograniczenie zjawiska inwersji skali szarości.

Najistotniejsze parametry wyświetlacza WF43VTIAEDNN0#:	
typ matrycy	TFT
przekątna	4,3 cala
rozdzielczość	480×272
proporcje	16:9
interfejs TFT	24-bitowy RGB
kontroler TFT	ST7282-G4-1L
jasność	500 cd/m²
kontrast	500:1
kąty obserwacji	70°/70°/50°/50°
obszar aktywny	95,04 (H) × 53,856 (V) mm
wymiary	105,5 (W) × 67,2 (H) ×2,95 (D) mm
podświetlenie	LED
czas życia LED	50 000 godz.
powierzchnia	glare
zakres temperatury pracy	–20...70°C

eprasa.pl 54fe1c0c92

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.

CORE2 – komputer dla robotów

Moduł Husarion CORE2 został zaprojektowany po to, aby pomóc konstruktorom w budowaniu robotów i dronów podłączonych do Internetu. Występuje on w 2 konfiguracjach:

- CORE2 – komputer czasu rzeczywistego o niskim poborze mocy, połączony z chmurą, wyposażony w komunikację Wi-Fi,
- CORE2-ROS – komputer podłączony do chmury z Wi-Fi, zawierający system operacyjny ROS, łączący możliwości mikrokontrolera ARM Cortex-M4 do pracy w czasie rzeczywistym i wysoką moc obliczeniową komputera jednopłytkowego – Raspberry Pi 3 lub ASUS Tinker Board. Jest on idealny do robotów autonomicznych.

Husarion to polska firma projektująca z powodzeniem moduły do budowy amatorskich robotów. Firma wprowadza właśnie swój najnowszy moduł, korzystając z kampanii crowdfundingowej na crowdsupply.com. Moduł CORE2 zawiera:

- mikrokontroler czasu rzeczywistego z rdzeniem ARM Cortex-M4, taktowanym zegarem 168 MHz z 192 kB pamięci RAM i 1 MB pamięci Flash,
- (opcjonalnie) komputer pokładowy na ARMv8 z zegarem 1,2 GHz, z 1 GB pamięci RAM, 16 GB pamięci Flash (w postaci komputera jednopłytkowego Raspberry Pi 3 lub ASUS Tinker Board),
- moduł Wi-Fi z ESP3,
- cztery wyjścia dla silników DC z wejściami dla enkodera kwadraturowego dla każdego silnika,
- sześć wyjść dla serwosilników z możliwością wyboru napięcia zasilania (5/6/7,4/8,6 V),
- sześć portów dla czujników (4×GPIO, ADC/przerwanie zewnętrzne, I²C/UART, wyjście 5 V),
- port rozszerzeń (12×GPIO, 7×ADC, SPI, I²C, UART, dwa zewnętrzne przerwania),
- interfejs CAN z wbudowanym transceiverem,
- interfejs dla karty microSD,
- interfejs USB realizowany jako wirtualny port COM z konwerterem FTDI,
- zasilanie napięciem od 6 V do 16 V (zasilacz z wbudowanym zabezpieczeniem przeciwprzepięciowym i przeciwprzetężeniowym oraz zabezpieczenie przed odwróceniem polaryzacji zasilania).

Dodatkowo firma dostarcza wiele interesujących elementów oprogramowania w ramach swojego frameworku:

- API kompatybilne z C++ 11,
- framework oparty na systemie operacyjnym czasu rzeczywistego (RTOS),
- korzystanie z DMA, przerwań, funkcji RTOS do obsługi interfejsów komunikacyjnych i oszczędzania mocy obliczeniowej,
- równoległa obsługa wielu PID,
- rozszerzenie dla SDK+ Visual Studio Code do programowania offline,
- webowe IDE na *cloud.husarion.com* do programowania online,
- zgodność z Arduino,
- w pełni open source projekt ze źródłami na GitHubie.

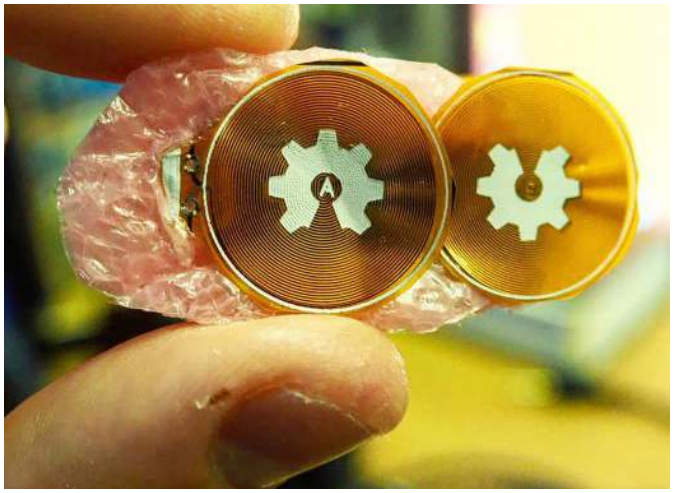
Wsparcie dla ROS (systemu operacyjnego przeznaczonego do sterowania pracą robotów).

Dedykowany obraz systemu operacyjnego, oparty na Ubuntu z ROS dla CORE2-ROS.

Liczne tutoriale i samouczki dla ROS w witrynie Husariona.

Dodatkowo, Husarion oferuje wsparcie w postaci swoich usług w chmurze, które pozwalają na tworzenie interfejsów webowych czy strumieniowanie obrazów wideo.

https://hackaday.io/project/21589-core2-a-computer-for-robots
https://github.com/husarion/hFramework



Ryba robot z elastycznymi płetwami z PCB

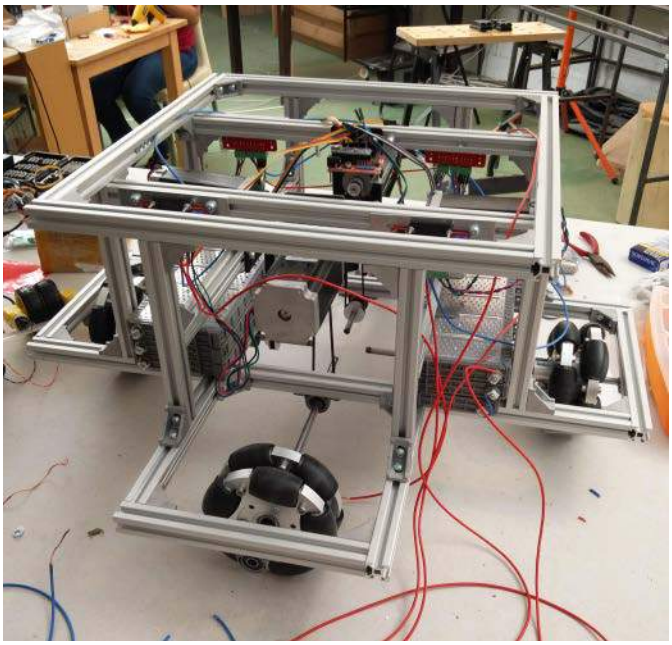
Znany niektórym twórca i youtuber Carl Bugeja opisuje na Hackaday.io swój projekt elastycznych rybich robotów. Twórca ten znany jest z budowy elastycznych robotów zawierających płytki drukowane typu FLEX i magnesy stałe do budowy nietypowych robotów.

Obecnie opracowuje elastyczne roboty, które byłyby zdolne do poruszania się pod wodą. Konstrukcje te opierają się na elastycznych płytkach drukowanych, które pełnią funkcję uzwojenia i cyklicznie odpychają i przyciągają się do magnesów w konstrukcji. Ten ruch

eprasa.pl 54fe1c0c92

przypomina ruchy, wykonywane przez ryby, więc pomysł zaprojektowania poruszających się pod wodą elastycznych konstrukcji nie wziął się znikąd.

https://hackaday.io/project/160825-robot-fish-pcb-fins



Bástya 2.0 – system robotyczny do VR i teleprezencji

Zaprezentowana konstrukcja ma być prototypem platformy robotycznej, służącej do eksperymentów z teleobecnością rozszerzoną o zestawy słuchawkowe i kontrolery rzeczywistości wirtualnej. Celem projektu jest utworzenie uniwersalnej bazy. Robota można rozbudować o niestandardowe części, aby rozwiązać określone problemy. Taka ma być kolejna wersja robota, której opracowanie jest w toku i na bardzo wczesnym etapie. Główne planowane funkcje kolejnej wersji:

- regulowany poziom „oczu" robota, celem uzyskania wysokości podobnej do ludzkiej,
- dodanie robotycznego ramienia, zdalnie sterowanego przez użytkownika za pomocą odpowiednich kontrolerów.

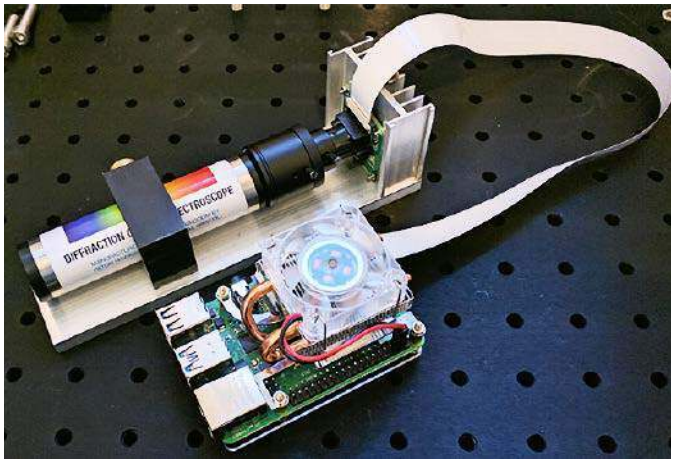
System przesyła strumieniowo wideo przez Wi-Fi i nasłuchuje wielu gniazd sieciowych (TCP/IP), które służą do kontroli i sterowaniem ruchu całego robota. Obecnie używany jest do tego HTC Vive, ale można go obsługiwać za pomocą podobnych HMD podłączonych do komputera. Poza tym można połączyć się z robotem za pomocą przeglądarki zgodnej z HTML5 i oglądać strumień wideo. Dzięki HTML5 można wysłać orientację urządzenia mobilnego z powrotem do robota, aby mógł on dostosować pozycję kamery w czasie rzeczywistym. Ruch robota można kontrolować za pomocą joysticka podłączonego do komputera lub tabletu.

Autorzy są obecnie otwarci na wszelkie sugestie zmian w systemie, więc jeśli macie jakieś interesujące pomysły, możecie się z nimi skontaktować poprzez portal Hackaday.io, gdzie publikują raporty z postępu prac nad swoją konstrukcją.

https://hackaday.io/project/167713-bstya-20-work-in-progress

Spektrometr optyczny z Raspberry Pi

PySpectrometer to prosta implementacja spektrometru optycznego bazującego na Pythonie (OpenCV i Tkinter), która korzysta z komercyjnie dostępnych elementów. Motywacją do realizacji tego projektu było zbudowanie narzędzia, które pozwoliłoby autorowi projektu na pomiar widma emisji laserów barwnikowych domowej roboty i spektroskopię fluorescencyjną. Co najważniejsze, jak zauważa autor konstrukcji, oprogramowanie to jest dostępne dla każdego za darmo – wydano je na licencji Apache.



Zastosowany w systemie sprzęt jest prosty i łatwo dostępny, dlatego powinien być łatwy do powielenia. W systemie tym największa praca polegała na rozwijaniu oprogramowania. Rozdzielczość systemu wydaje się wynosić kilka nanometrów, co jest całkiem rozsądnym osiągiem, jak na cenę tego sprzętu, zwłaszcza, jeśli weźmie się pod uwagę cenę komponentów komercyjnych, takich jak moduł Hamamatsu C12880MA, które kosztują ponad 300 dolarów i charakteryzuje się rozdzielczością na poziomie 15 nm. Oczywiście ten projekt jest fizycznie znacznie większy, ale nie jest ogromny, jak typowe spektrometry. Dokumentacja projektu jest dostępna w repozytorium na GiHubie. Dostępny jest tam cały kod źródłowy systemu.

System składa się z:

- komercyjnego spektrometru optycznego z siatką dyfrakcyjną;
- kamery dla Raspberry Pi (z gwintem dla obiektywu M12). Można zakupić kamerę NoIR pozbawioną filtra podczerwieni, aby poszerzyć zakres pomiarowy od strony dłuższych fal;
- obiektywu CCTV z zoomem (gwint M12) – polecany jest obiektyw zmiennoogniskowy nie gorszy niż F/1.6).

Wszystko zostało zmontowane na aluminiowej podstawie (warto zwrócić uwagę, że kamera nie jest chłodzona, a radiator został wykonany z kawałka aluminium o odpowiedniej wielkości).

https://github.com/leswright1977/PySpectrometer

https://hackaday.io/project/181144-raspberry-pi-spectrometer

Konkurs na zastosowanie modułu Micro:Bit

Moduł BBC micro:bit sprawia, że nauka elektroniki i programowania jest prosta i przyjemna. Dlatego „Chcemy zobaczyć projekty, które wprowadzają uczniów w elektronikę i podtrzymują ich zaangażowanie w naukę za pomocą micro:bit!" piszą organizatorzy konkursu – portal Instructables.com. Micro:bit ułatwia prototypowanie dzięki wbudowanej macierzy diod LED, przyciskom i różnym czujnikom. Jeśli potrzebne są dodatkowe elementy elektroniczne, można podłączyć je za pomocą zacisków krokodylkowych lub używając specjalnego adaptera lub bezpośrednio do płytki stykowej. Nowy micro:bit zawiera również wbudowany mikrofon i głośnik.

Aby wziąć udział w konkursie wystarczy dodać projekt na Instructables.com. Aby wziąć udział w dodatkowym konkursie dla nauczycieli wystarczy dodać obrazki i tekst opisujący zastosowanie micro:bit w klasie w szkole. Wtedy dostaje się szansę na wygranie

eprasa.pl 54fe1c0c92

jednej z dwóch dodatkowych nagród dla pedagogów. Zwycięzcy otrzymają kartę podarunkową o wartości 250 dolarów i będą jednymi z pierwszych nauczycieli, którzy otrzymają zestaw Autodesk Innovators Kit for Classrooms. Dodatkowo, jeśli w projekcie będzie zastosowany symulator Tinkercad's Circuit, można zdobyć Nagrodę Sędziów Tinkercad! Zwycięzcy otrzymają kartę podarunkową o wartości 250 dolarów.

Ponadto do wygrania są też normalne nagrody w otwartej kategorii – łącznie dwadzieścia. Najlepszy projekt uhonorowany zostanie bonem do Amazona w wysokości 500 dolarów. Kolejne trzy bonami po 250 dolarów. Następne 5 otrzyma bony po 100, a nagrodzoną grupę zamykają wyróżnienia – 10 projektów zostanie uhonorowanych nagrodą w wysokości 50 dolarów.

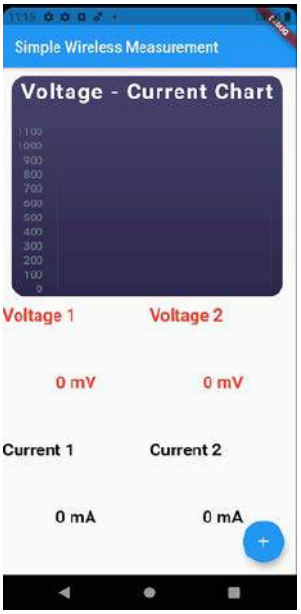
https://www.instructables.com/contest/microbit/

Prosty, kompaktowy moduł do pomiarów bezprzewodowych

„Pracuję z urządzeniami bezprzewodowymi, a testy w terenie są denerwujące, ponieważ co kilka minut muszę wstawać, aby zmierzyć napięcie baterii lub co kilka minut monitorować pobór prądu, aby upewnić się, że jest prawidłowy" pisze Ben Lim, autor omawianych poniżej modułów pomiarowych.

Ben zaprojektował kompaktowe urządzenie BLE (Bluetooth Low Energy) do wykonywania powtarzających się, prostych pomiarów, które normalnie wykonywałby za pomocą multimetru. Pomiary bezprzewodowe to funkcja, którą zazwyczaj spotyka się tylko w droższym sprzęcie. Celem tego projektu jest umożliwienie prostego monitorowania innych urządzeń, które autor prototypuje.

Obsługa systemu jest prosta: wystarczy podłączyć urządzenie, a natychmiast rozpocznie się przesyłanie danych przez BLE. Nie trzeba konfigurować żadnych serwerów itp. Projekt jest utrzymany na minimalistycznym poziomie, aby umożliwić innym powielanie i ulepszanie projektu. Jest on rozszerzalny w prawie każdy sposób: dodawanie przełączania stanu pinów, aby sterować monitorowanym obwodem, wyprowadzić sygnały PWM, zmienić mikrokontroler na inny itd., możliwości są nieograniczone! Jest on również bardzo przyjazny dla początkujących – cały projekt można używać bez zmian.



Większość początkujących elektroników czy hobbystów nie ma pełnej stacji roboczej do lutowania elementów SMD. Ponieważ celem tego projektu jest umożliwienie każdemu samodzielnego zbudowania takiego modułu pomiarowego. Autor dołożył wszelkich starań, aby projekt był całkowicie przystosowany do prostego montażu. Dodatkowo, może to być doskonały punkt wyjścia do zainteresowania się budowaniem układów elektronicznych – budując coś fajnego, co pomoże lepiej zbudować kolejną rzecz, łatwiej jest wejść w świat elektroniki.

Układ zawiera mikrokontroler ATmega-328P – dobrze znany

REKLAMA

FAULHABER

FAULHABER Motion Control

Poczuj moc

Nowy MC 3001 B/P to najbardziej kompaktowy na rynku kontroler ruchu posiadający te same funkcje, co inne kontrolery z rodziny MC3.

faulhaber.com/mc3-mini/en
FAULHABER Polska sp. z o.o.
info@faulhaber.pl

WE CREATE MOTION

eprasa.pl 54fe1c0c92

z ekosystemu Arduino i łatwy w programowaniu. Oznacza to również, że aby skorzystać z tego systemu, wystarczy moduł Arduino Uno. Alternatywnie, projekt pozwala na wykorzystanie układu Laser Bee firmy SiLab, który został specjalnie zaprojektowany do zbierania danych analogowych i pracy przy napięciu 3,3 V.

Moduł bezprzewodowy JDY-08/HM-11 stanowi rdzeń tego projektu. Jest to niezwykle tani moduł Bluetooth, który ma zaprogramowany kompletny zestaw poleceń podobnych do AT. Kluczową funkcjonalnością tego modułu jest to, że posiada on w pełni zaimplementowany tryb transparentny, który pozwala na przesyłanie danych z i do mikrokontrolera.

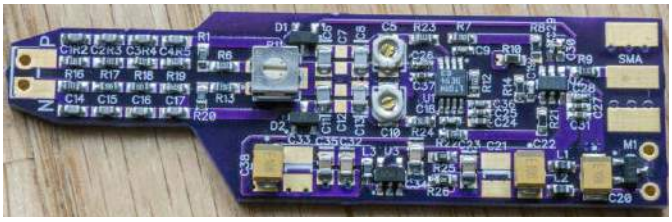
Płytka modułu została zaprojektowana w KiCadzie i jest udostępniona przez autora projektu. Wystarczy podłączyć do układu przewody, aby rozpocząć pomiary analogowe. Od razu po podaniu zasilania, mikrokontroler zaczyna mierzyć i przesyłać skonwertowane wartości do urządzenia podłączonego poprzez Bluetooth.

Układ posiada szereg podstawowych i zaawansowanych opcji, takich jak:

- pomiar napięcia,
- pomiar prądu,
- pomiar bardzo niskiego prądu w zakresie μA,
- możliwość uśpienia układu,
- aplikacja do tworzenia wykresów,
- możliwość zapisania danych w aplikacji (w fazie rozwoju),
- zdalne przełączanie pinów (w fazie rozwoju).

Do zdalnego gromadzenia danych można również zastosować Raspberry Pi 4 z Bluetooth lub komputera i użyć dostarczonego skryptu do skanowania i łączenia się z urządzeniem. Dzięki tej metodzie można w dowolny sposób logować i analizować dane.

https://bit.ly/2Y1qzNx



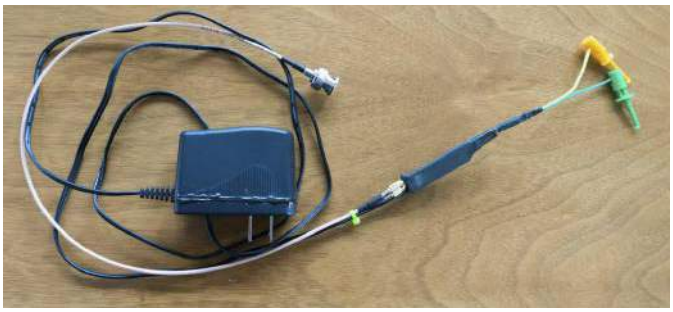
Różnicowa sonda oscyloskopowa 10× o pasmie do 100 MHz

Jak każdy projekt, także ten zaczął się od potrzeby. Autor – Bud Bennet, potrzebował sondy, która potrafi zmierzyć sygnał różnicowy 1 V, na napięciu sieciowym (60 Hz 125 VAC). Wiele komercyjnych sond nie nadaje się do takich celów i/lub jest bardzo drogich. To wszystko sprawiło, że warto było samodzielnie skontrować taką sondę.

„Dwa razy w ciągu ostatnich kilku lat potrzebowałem sondy do diagnozowania problemów z nieizolowanym zasilaczem podłączonym bezpośrednio do napięcia sieciowego 125 VAC. Udało mi się to obejść, stosując mniej niż satysfakcjonujące metody. Mój tani oscyloskop jest wystarczająco dobry dla większości moich celów, ale funkcja matematyczna odejmowania kanału 1 od kanału 2 jest naprawdę do kitu. I mimo, że jest to tanie urządzenie, wolałbym nie kupować nowego, ponieważ nie raz źle podłączyłem masę do oscyloskopu" pisze osoba z zespołu, stojącego za projektem.

Tak rzadkie zapotrzebowanie na narzędzie raczej nie kwalifikuje go, jako koniecznego w warsztacie. Jednak autor miał trochę czasu czekając na komponenty i płytki drukowane do innego projektu i nie chciał go marnować, więc zabrał się za ten projekt.

W momencie pisania tego artykułu istnieją trzy wersje sondy. Pierwsza, oryginalna wersja, która jest zasilana z zasilacza 5 V, nowsza wersja stworzona przez Paula Versteega, która jest zasilana z dowolnego zasilacza o napięciu z zakresu 7...12 V, i jeszcze jedna, opracowana przez współpracującego z nimi Christopha. Paul wprowadził pewne zmiany, aby zwiększyć odległość między pinami wejściowymi,



ponieważ musi używać sondy w sieci o napięciu 240 V. To nakłada większe wymagania, co do przerwy izolującej pomiędzy elementami. Można znaleźć pliki Gerber, BOM i schematy dla wersji Paula w jego repozytorium na Githubie. Sonda Christopha 1× zawiera zaprezentowany tutaj projekt, ale ma inny tłumik, aby osiągnąć większe wzmocnienie różnicowe kosztem niższego zakresu napięcia współbieżnego. Paul Versteeg omawia dodatkowo większość podstaw na swoim blogu – można tam znaleźć sporo dobrych referencji do innych podejść do tego rodzaju sondy. Paul przeprowadził również dokładniejsze testy gotowego systemu. Dużo więcej wysiłku poświęcił też na wyjaśnienie, jak złożyć sondę i ją skalibrować.

Specyfikacja sondy:

- impedancja wejściowa: 20 MΩ, 1,25 pF – różnicowa, 10 MΩ, 2,5 pF do masy;
- wzmocnienie różnicowe: 1/10 V/V;
- zakres napięcia współbieżnego > ±340 V (240 V AC wytwarza falę sinusoidalną o wartości międzyszczytowej 679 V);
- CMRR >90 dB przy DC, ok. 60 dB przy 1 MHz;
- zakres napięć różnicowych > ±24 V przy napięciu współbieżnym 240 V AC (wersja Paula zwiększa zakres do ±25 V);
- szerokość pasma ≥ 100 MHz (w zależności od amplitudy sygnału);
- offset DC < 20 mV;
- poziom szumu – jeszcze nie został zmierzony;
- koszt: ok. 50 dolarów.

Sonda potrzebuje zasilania 5 V (w przypadku sondy Buda) lub 7...12 V (w przypadku sondy Paula) oraz kabla SMA do BNC do podłączenia sondy do oscyloskopu. Warto też rozważyć posiadanie kilku dodatkowych przewodów na różne sytuacje. Przewody zawierają 2-stykowe złącze żeńskie Dupont 0,1" (2,54 mm) do podłączenia do sondy.

https://bit.ly/3zLSJsp

Pi64 – Raspberry Pi 400, które myśli, że jest Commodore 64

Każdy, kto uwielbia klimat retro, widzi, że Raspberry Pi 400 to konstrukcja mocno nawiązująca do starszych konstrukcji – zawiera cały komputer w klawiaturze, co sprawia wrażenie, jakby pracowało się z komputerem z dzieciństwa. Niestety – kiedy patrzymy znad klawiatury, to widzimy po prostu kolejny nowoczesny komputer z systemem operacyjnym Linux. Autor postanowił to zmienić, opracowując Pi64 – Raspberry Pi 400, które myśli, że jest Commodore 64.

eprasa.pl 54fe1c0c92

Zainspirowany komputerem Commodore 64, Pi64 ładuje się do powłoki bash w stylu podobnym do C64. System uruchamia się w trybie tekstowymi, żaden X Server nie jest uruchamiany. To nie jest emulator C64, to Raspberry Pi OS, dzięki czemu można na nim realnie pracować, po prostu na pierwszy rzut oka przypomina wizualnie konsolę, jaka uruchamiana jest na komputerze retro.

System operacyjny korzysta z biblioteki tmux. Zastępuje ona standardowe kolory tty wartościami RGB, korespondującymi z kolorami kojarzonymi z C64. Zmieniony jest także ekran logowania, poprzez ustawienia w *.bashrc*. Nie jest łatwo zmusić terminal do robienia tego typu rzeczy, więc autor musiał „włamać się" do systemu, aby to zadziałało. System korzysta z wysoce zmodyfikowanej sesji tmux, z siedmioma panelami. Wynik końcowy jest całkiem fantastyczny – przynajmniej autor tak twierdzi. System sprawia wrażenie tego, co było dostępne na Commodore 64, ale ze wszystkimi wygodami współczesnej dystrybucji Linuksa, wskazuje autor.

https://hackaday.io/project/181352-pi64

ThunderScope – oscyloskop definiowany programowo

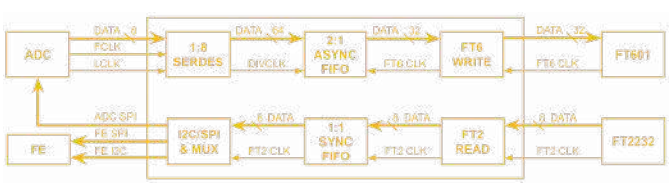
Celem tego projektu jest zaprojektowanie i zbudowanie podłączonej do komputera PC, otwartej alternatywy dla niedrogich oscyloskopów serii 1000, która jest konkurencyjna zarówno pod względem osiąganych parametrów, jak i ceny. Specyfikacje, które musi osiągnąć ten projekt, to pasmo o szerokości, co najmniej 100 MHz przy czterech kanałach, czy cenie mniejszej niż 500 dolarów.

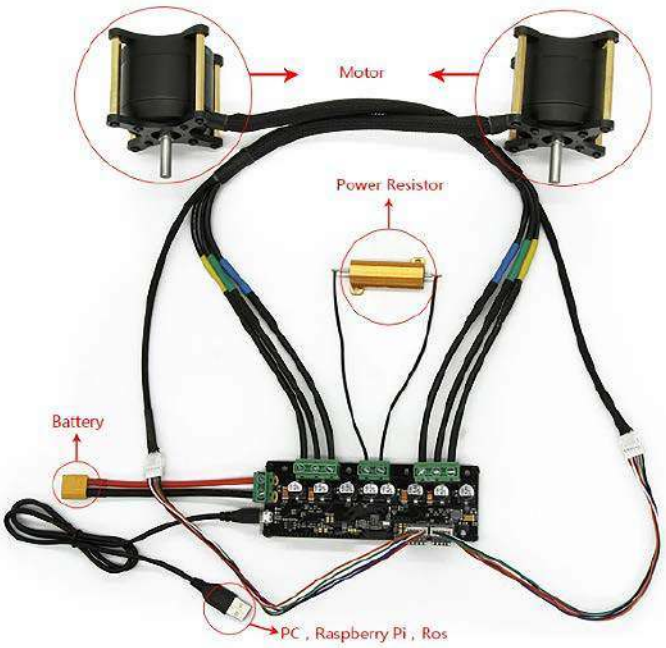
Autor zaczął ten projekt w 2018 roku i od tego momentu cały czas pracuje nad nim i rozwija go dalej. „Od samego początku planowałem wydać ten projekt, jako open source, ale padłem ofiarą, być może najbardziej klasycznej wymówki, jaką ma do zaoferowania open source: „Wypuszczę go, kiedy skończę". W ten sposób projekt posunął się do przodu, przekraczając różne kamienie milowe ukończenia. A mój strach przed pokazaniem nie tylko mojej pracy, ale także (czasem wadliwego i zawsze oszczędnego) procesu, który za tym stoi, sprawiał, że korzystałem cały czas z tej samej wymówki. Robiąc to, przegapiłem szansę na wkład społeczności open-source, w której tak długo się obracałem, a jednocześnie spędzałem noce waląc głową w problemy, które można było zauważyć wcześniej i spowolniłem cały projekt" pisze Aleksa Bjelogrlic, autor projektu.

Projekt jest teraz prawie ukończony. Zanim wszystko znajdzie się w repozytorium na GitHubie, autor planuje utworzyć szerszy opis w postaci serii postów dotyczących projektu, szczegółowo opisujących wszystkie awarie, poprawki i wyciągnięte wnioski w porządku chronologicznym. Wszystkie te materiały mają się ukazać na portalu Hackaday.io.

„Spoglądam wstecz i widzę moment, kiedy po raz pierwszy uczyłem się o sprzęcie, śledząc projekty open source i chociaż mogłem się trochę nauczyć z gotowych układów i schematów, najwięcej nauczyłem się z postów na blogu i dzienników projektów, które opisują napotkane problemy i to, jak one zostały rozwiązane. Chciałbym zrobić to samo dla tych, którzy dopiero zaczynają swoją przygodę z tą niesamowitą dziedziną i mam nadzieję, że zaprezentuje również doskonały oscyloskop, który będą mogli wykorzystać w swojej podróży z elektroniką!" podsumowuje autor.

https://hackaday.io/project/180090-thunderscope





Sterownik dwóch silników elektrycznych 48 V do gokarta

Nazwa tego modułu zdradza wszystko. Jest to kontroler silników elektrycznych, jakie można zastosować w elektrycznym gokarcie. Moduł SEQURE ODESC 3.6 jest przeznaczony do sterowania dwoma niezależnymi silnikami elektrycznymi o napięciu 48 V. Autor na stronie projektu opisuje, w jaki sposób skonfigurować należy modułu, aby zasilać silniki. Moduł posiada m.in. programowalne ograniczenie prądowe, które w swoim gokarcie autor ustawia na 20 A na każdy silnik (to prawie 1 kW na silnik), ale moduł potrafi wysterować obciążenie prądem do 50 A (czyli zasilić silnik o mocy 2400 kW!).

https://bit.ly/3CRRkmf

Przenośny emulator w stylu cyberdecku

Autor projektu, ukrywający się pod pseudonimem Kal, tworzy cyberdeck – system przeznaczony do różnych komputerków w stylu cyberpunkowym. Od czasu premiery polskiej gry Cyberpunk 2077,

eprasa.pl 54fe1c0c92

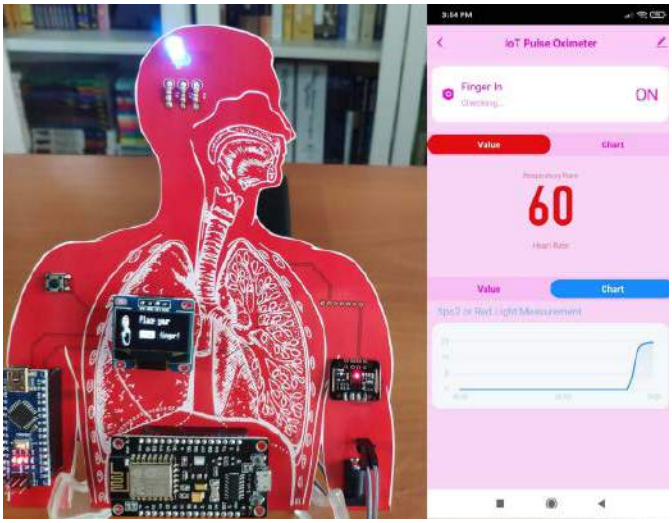
wróciła moda na tak samo nazywającą się estetykę, a co za tym idzie moda na budowę własnych cyberdecków – komputerów osobistych w spersonalizowanej obudowie itp., głęboko zakorzenionej w stylistyce punkowej.

„Większość z nich nie jest tym, czego chcę i zdecydowanie nie jest tym, co bym zrobił, ale ciekawi mnie to, że w ogóle istnieją. Mam bardziej punkowe pojęcie o cyberpunku niż większość ludzi, przypuszczam, że z powodu mojego wychowania i stylu życia" pisze Kal.

Urządzenie oparte jest na komputerze jednopłytkowym Raspberry Pi 4 z ekranem, baterią i kontrolerem do gier. Raspberry Pi 4 połączone jest z ekranem i baterią. Druga płytka będzie urządzeniem USB, będzie obsługiwać elementy sterujące i dodatkowe funkcje. Być może jest to głupie podejście, jak zauważa autor projektu, ale Raspberry Pi ma wystarczająco dużo GPIO, aby podłączyć wszystkie planowane urządzenia w prosty sposób, bez konieczności kombinowania w systemie operacyjnym.

Komputer wyposażony będzie w wentylator i otwory wentylacyjne z uwagi na konieczność chłodzenia Raspberry Pi 4. Dla autora kluczowym peryferium jest urządzenie do przechwytywania obrazu. Niech to będzie cyberpunkowa kamera lub aparat. Kamera bezpieczeństwa i inne elementy powinny zmieścić się w obudowie o wielkości 150×200×60 mm – jest to rozmiar ręcznej konsoli, czy innego, podobnego urządzenia. Na finalny rozmiar systemu kluczowy wpływ będzie mieć wybór baterii do zasilania.

https://hackaday.io/project/181338-emudeck01



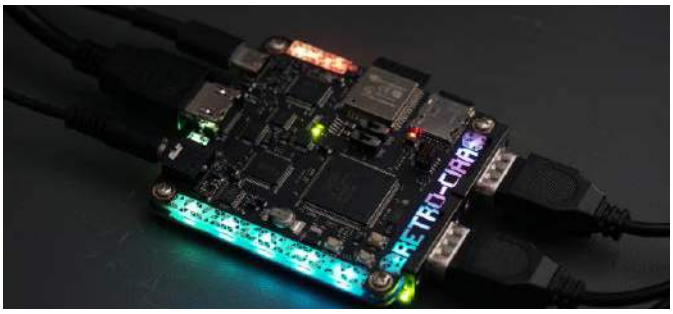
Monitor i tracker parametrów pracy serca

Tętno lub puls to liczba uderzeń serca w ciągu minuty (BPM). Serce powoduje, że krew krąży po całym naszym ciele i transportuje tlen oraz składniki odżywcze. Częstość akcji serca ma fundamentalne znaczenie dla tego procesu, ponieważ funkcja serca jest bezpośrednio związana z częstością akcji serca i objętością wyrzutową (ilością wypompowywanej krwi z każdym uderzeniem). Dlatego szybki wzrost lub spadek tętna lub rytmu może wskazywać na chorobę serca, chorobę płuc lub inny problem zdrowotny. Tak, więc śledzenie naszego tętna może dać nam pewien wgląd w nasz ogólny stan zdrowia. Chociaż istnieje wiele metod i systemów monitorowania i śledzenia tętna, w tym projekcie skupiono się na opracowaniu nowego urządzenia z łatwym do zrozumienia interfejsem aplikacji mobilnej kompatybilnym z Androidem i iOSem, do obserwacji danych generowanych przez czujniki w postaci pulsoksymetru.

Autor zdecydował się na użycie platformy IoT Tuya w tym projekcie, ponieważ pozwala ona na opracowanie interfejsu aplikacji mobilnej kompatybilnej z różnymi systemami operacyjnymi i zapisywać informacje w chmurze Tuya w celu śledzenia danych generowanych przez pulsoksymetr. W kilku krokach autor wyjaśnia, w jaki sposób skorzystał on z platformy IoT Tuya, aby zestawić ten system.

Urządzenie obsługuje dwa różne typy czujników podłączonych do Arduino Nano: MAX30102 oraz MAX30100. Autor zdecydował się na MAX30102. Następnie podłączył ekran SSD1306 OLED (o rozdzielczości 128×64), aby wyświetlić tętno przed wysłaniem danych do chmury Tuya. Na koniec system uzupełniono 5-milimetrową diodą LED RGB, która jest w stanie pokazać stan połączenia między urządzeniem, a chmurą Tuya. W interfejsie aplikacji mobilnej wspieranym przez Tuya Cloud, urządzenie pozwala użytkownikowi wyświetlić trzy różne punkty danych wraz z powiązanymi wykresami, pozycję palca, tętno, saturację krwi – SpO_2 (opcjonalnie) oraz podczerwony pomiar natlenienia krwi.

https://bit.ly/3kOJl2Y

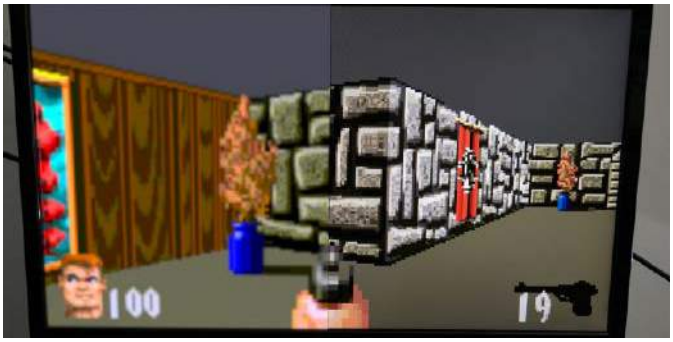


RETRO-CIAA – kolejna konsola do emulacji retro gier

Ten projekt obsługuje drugi rdzeń w dwurdzeniowym asymetrycznym mikrokontrolerze w niedrogim zestawie rozwojowym bez obsługi grafiki. Było to konieczne, aby zaimplementować programowy, podwójnie buforowany, skalowany bufor ramki wideo o wysokiej rozdzielczości. Umożliwiło to osiągnięcie grafiki o wysokiej jakości prawie bez dodatkowych kosztów. Koncepcja zmaterializowała się, jako nowe oprogramowanie układowe i prosta płytka rozszerzająca, tworząca potężną, jednoukładową konsolę do gier retro, zdolną do obsługi w pełni funkcjonalnego portu Wolfenstein 3D przy zaledwie 48 kB pamięci RAM.

CIAA to hiszpański akronim „*Argentine Industrial Open Computer*". Jest to zbiorowy, otwarty projekt sprzętowy prowadzony przez kilka uniwersytetów w całym kraju. Celem jest rozwijanie i promowanie ekonomicznych, przemysłowych systemów wbudowanych, spełniających potrzeby małych i średnich przedsiębiorstw. Oryginalny sprzęt CIAA zawiera dwurdzeniowy mikrokontroler NXP LPC4337 z zewnętrznymi pamięciami SDRAM, pamięciami Flash i standardowymi urządzeniami peryferyjnymi do sterowania przemysłowego – posiada interfejsy Ethernet, RS-485, wejścia z izolacją optyczną oraz wyjścia przekaźnikowe i FET, jak typowy sterownik przemysłowy. Zestaw rozwojowy o nazwie Edu-CIAA jest skierowany do środowisk edukacyjnych – zawiera ten sam mikrokontroler, ale nie ma zewnętrznej pamięci SDRAM, Flash ani specjalnych modułów wejścia i wyjścia. Jest to prosta, niedroga płytka jednoukładowa z diodami LED, przyciskami, UART i zintegrowanym debuggerem JTAG z FTDI FT-2232.

Szereg projektów już wykorzystuje Edu-CIAA, jako sprzęt docelowy. To, co dla autora projektu jest najbardziej zaskakujące to fakt, że drugi rdzeń mikrokontrolera nie jest w ogóle używany. „Fajnie byłoby pracować z graficznymi interfejsami użytkownika, ponieważ cała branża systemów



eprasa.pl 54fe1c0c92

wbudowanych zmierza w tym kierunku. Byłoby wspaniale mieć tę możliwość prawie za darmo, wyciskając każdy kawałek mocy z tej samej dostępnej platformy, z której już korzystaliśmy" pomyślał Santiago Germino, odpowiedzialny za tę konstrukcję.

Projekt otrzymał nazwę RETRO-CIAA ze względu na powstałą graficzną estetykę retro i dlatego, że staromodna koncepcja konsoli do gier powinna być atrakcyjna dla innych studentów. Praca nad tym projektem zbiegła się z rozwijaniem pracy magisterskiej na tej samej platformie sprzętowej.

Karta wideo to urządzenie, które konwertuje obraz lub ramkę reprezentowaną w pamięci wideo na sygnał, który monitor może dekodować i wyświetlać. Tryb wideo reprezentuje określoną liczbę klatek na sekundę i rozdzielczość mierzone w pikselach. Bufor ramki to obszar pamięci wideo przeznaczony do przechowywania pikseli pojedynczej ramki. Piksel jest umieszczany w pamięci bufora ramki na podstawie współrzędnych ekranowych X i Y. Bufor ramki może nie mieć tego samego rozmiaru, co wybrany sygnał wyjściowy. W takim przypadku adapter skaluje go do rozdzielczości sygnału wideo.

Głównym celem projektu było uruchomienie Cortex-M0 poprzez wdrożenie programowego adaptera wideo, który wysyła sygnał wideo na dostępne piny GPIO. Znaczna ilość pamięci SRAM jest zarezerwowana, jako pamięć wideo. Cortex-M4F odpowiada za aktualizację bufora ramki poprzez wykreślanie pojedynczych pikseli lub grup w postaci linii, prostokątów, tekstu, kafelków bitmapowych itp. Sam elektryczny interfejs pomiędzy systemem a monitorem składa się z kilku buforów i oporników.

Korzystanie z bufora ramki używanego przez kartę wideo do generowania sygnału wideo powoduje powstawanie artefaktów obrazu i zrywanie obrazu. Jako obejście, systemy buforowania pojedynczej klatki poważnie ograniczają okres rysowania na klatkę do około 5% czasu pełnej klatki. Rysowanie rozpoczyna się po zakończeniu przez adapter transmisji sygnału i kończy przed ponownym wyemitowaniem pikseli. Opracowana karta wideo wykorzystuje wielordzeniową współbieżność przy użyciu techniki zwanej podwójnym buforowaniem, która, jak sama nazwa wskazuje, wymaga dwóch buforów ramek. Rdzeń Cortex-M0 generuje sygnał wideo z już narysowanej zawartości w jednym buforze ramki. W tym samym czasie Cortex-M4F będzie jednocześnie aktualizować nową ramkę w drugim buforze ramki. Przy każdym przerwaniu wygaszania pionowego następuje zamiana bufora i proces się powtarza. Ta metoda wyświetla płynniejsze animacje, a Cortex-M4F nie jest zablokowany wyświetlaniem obrazu. Kompromis polega na tym, że zapotrzebowanie na pamięć wideo podwaja się. W szczególności dwa bufory ramek wymagają 72 kB pamięci SRAM.

Prosty, edukacyjny jednoukładowy zestaw rozwojowy zawiera teraz wydajne funkcje multimedialne dzięki nowemu oprogramowaniu sprzętowemu i niedrogiej, otwartej płytce drukowanej do rozbudowy. Projekt ten otwiera nowy świat możliwości dla tysięcy modułów Edu-CIAA należących do uniwersytetów, studentów i entuzjastów. Zmotywowało to również autora do zaprojektowania nowej, samodzielnej płyty RETRO-CIAA, która integruje LPC4337 i komponenty rozszerzające w jedną, mniejszą płytkę drukowaną zaprojektowaną specjalnie do produkcji.

https://hackaday.io/project/181324-retro-ciaa

Thenar – tania alternatywa dla wyświetlaczy brajla

W pełni zmontowany Thenar kosztuje mniej niż sto dolarów. Ta redukcja kosztów, w porównaniu do komercyjnie dostępnych wyświetlaczy alfabetu Braille'a dla osób niewidomych, spowodowana jest wdrożeniem dwóch podstawowych koncepcji:

Używanie tylko jednej komórki brajlowskiej zamiast rzędu kilku komórek w tradycyjnych monitorach brajlowskich;

Zastosowanie pokrętła do nawigacji w tekście za pomocą kciuka drugiej ręki. Pozwoliło to na zmniejszenie kosztów i wagi urządzenia.

Najważniejszą zaletą tego podejścia jest to, że urządzenie stało się naprawdę przenośne. Teraz osoba niedowidząca może cieszyć się czytaniem siedząc na zewnątrz np. w parku lub gdziekolwiek indziej.

Thenar jest ewaluacją poprzedniego otwartego projektu e-booka dla osób niedowidzących.

Monitor brajlowski jest urządzeniem elektromechanicznym, które może w pełni zastąpić tradycyjny brajl papierowy i zapewnia dostęp do dowolnego tekstu elektronicznego. Chociaż istnieje wiele syntezatorów mowy i niezliczone audiobooki, według badań umiejętność czytania i pisania można rozwijać tylko poprzez czytanie. Faktem jest to, że kiedy osoba niedowidząca czyta brajla, aktywuje te same części mózgu, co osoba widząca czytając litery. Sercem monitora brajlowskiego jest rząd kilku tak zwanych komórek brajlowskich, które tworzą linię tekstu. Każda komórka brajlowska to macierz 2×4 maleńkich szpilek poruszających się i wysuwających z powierzchni, tworzących wypukły znak brajlowski. Kołki poruszane są za pomocą siłowników piezoelektrycznych. Wyświetlacze mają od 10 do 80 komórek – im więcej komórek tym lepiej. Zmniejsza się, więc częstotliwość wciskania przycisku przewijania, co ułatwia czytanie. Najpopularniejsze są wyświetlacze z 40 komórkami, jednak koszt systemu z nawet 14 komórkami zaczyna się od tysiąca dolarów. Wyświetlacze to urządzenia, które nie mają przystępnej ceny dla większości ludzi.

„Postanowiłem popracować nad tym problemem, aby takie urządzenia stały się bardziej przystępne cenowo dla osób niewidomych i poprawiły ich jakość życia" pisze autor. W przypadku jednej komórki otrzymujemy minimalną cenę, ale i minimalną wygodę przesuwania palca czytającego po linijce tekstu; w przypadku nieskończonej ilości komórek maksymalizujemy wygodę, a także cenę. Tak, więc oczywistym rozwiązaniem jest połączenie końców długiej linii tekstu w okrąg i pozwolenie czytelnikowi na przesuwanie palcem po powierzchni pierścienia. To rozwiązanie ma dwa problemy: przesuwanie palcem po pierścionku nie jest wygodne, a trzeba go jeszcze odświeżać, naciskając przycisk.

Autor postanowił połączyć i uporządkować te procesy, a następnie podzielić je na dwie ręce. Palec jednej ręki służy do czytania – spoczywa na komórce brajlowskiej, przesuwanie się po pierścieniu zostało zastąpione obracaniem tarczy palcem drugiej ręki. Odświeżenie znaku Braille'a następuje z każdym krokiem obrotu pokrętła. Takie podejście zapewnia pełną kontrolę nad tekstem, a co najważniejsze daje poczucie czytania niekończącej się linii tekstu.

Ponadto nowe urządzenie posiada klasyczny zestaw minimalnych funkcji: trener Braille'a, zapisywanie i czytanie książek z karty SD, menu głosowe, sprzężenie haptyczne, zintegrowany akumulator i ładowarka.

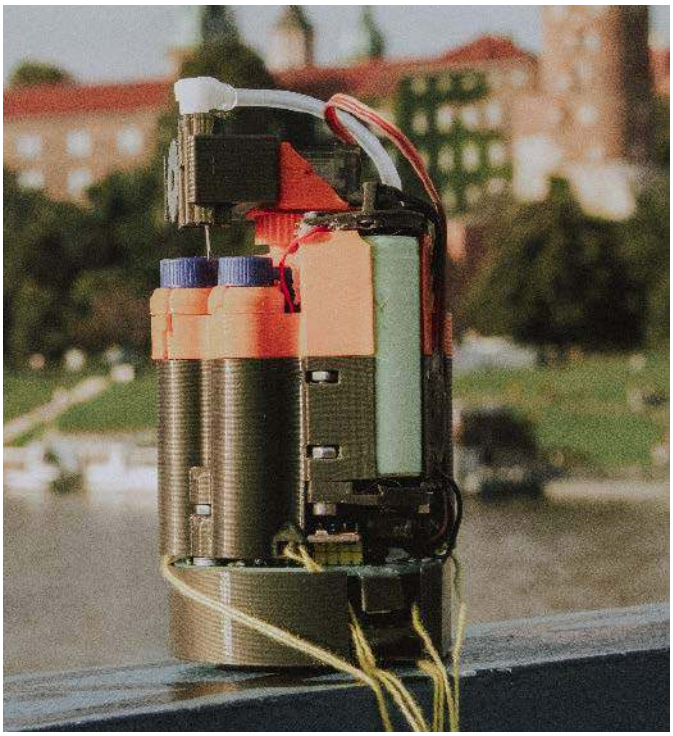
https://bit.ly/3CVdlk5

REKLAMA

eprasa.pl 54fe1c0c92

OSA – Opadający Satelita Atmosferyczny

Ten kosmiczny projekt został realizowany przez zespół licealistów z Krakowa. Wszystko zaczęło się rok temu, od zgłoszenia zespołu do krajowej edycji konkursu CanSat 2020/21. Zadanie konkursowe polegało na opracowaniu minisatelity wielkości puszki po napoju.



Wyzwanie wymagało wiedzy z dziedziny mechaniki, elektroniki, programowania, komunikacji radiowej i powiązania tego z kosmologią, fizyką, chemią czy informatyką. Trzeba było też zdobyć sponsorów, zmieścić się w odpowiednim budżecie. Drużyna się nie poddała - powstało wiele prototypów przetestowanych w atmosferze ziemskiej. Były zrzucane ze skał, z drona, a w końcu nawet z rakiety. Finalny prototyp wziął udział w konkursie krajowym CanSat. Drużynie udało się wygrać krajową edycję tego konkursu, dzięki czemu będzie reprezentować Polskę na finałach europejskich.

Młodzi konstruktorzy chcą zrewolucjonizować misje kosmiczne mające na celu eksplorację innych planet. Docelowym przeznaczeniem konstrukcji jest badanie atmosfery na innych planetach. Jednak zamiast wysyłania kosztownych sond wyposażonych w skomplikowane systemy badania atmosfery, przekazujących wszystkie dane do stacji naziemnej, zaproponowali wysłanie setki małych sond OSA, które pobiorą próbki a następnie dostarczą je bezpiecznie na powierzchnię planety. W następnym kroku sondy zostaną zlokalizowane i zebrane przez łazik. Na pokładzie łazika będzie zainstalowane laboratorium, gdzie próbki będą automatycznie badane, a dane wysyłane na Ziemię. Dzięki zastosowaniu takiego podejścia trzeba zainstalować tylko jeden zestaw analityczny w łaziku, zamiast umieszczać wiele takich zestawów w każdym satelicie. W ten sposób można pobrać tysiące próbek z różnych miejsc na całej planecie, mniejszym kosztem. Ich projekt może pomóc w szukaniu planety możliwej do zamieszkania, albo życia innego niż to na Ziemi.

Obecnie zespół przygotowuje się do finałów i prowadzi dalsze prace. Skonstruowany minisatelita może zostać zrzucony z drona, rakiety, samolotu, balonu meteorologicznego lub innej maszyny latającej. Podczas opadania na spadochronie z prędkością 6...7 m/s i ma za zadanie pobrać próbki powietrza do późniejszej analizy w zewnętrznym laboratorium. Poza tym sonda rejestruje dane z czujników: ciśnienia, wilgotności i temperatury i wysyła je co sekundę poprzez LoRa. Na Ziemi korzysta z sygnału GPS do ustalenia precyzyjnej lokalizacji. Na innych planetach nie ma satelitarnych systemów nawigacji, dlatego aktualnym wyzwaniem dla zespołu jest opracowanie innej metody nawigacji.

System poboru próbek składa się ze specjalnie zaprojektowanego do tego celu mechanizmu. Do pięciu sterylnych, próżniowych, kriogenicznych probówek ustawionych na okręgu o średnicy 66 mm (wymiar standardowej puszki po napoju) po kolei wbijana jest igła umieszczona na suwaku poruszanym przez koło zębate. Po wbiciu pompka napełnia pojemniczek próbką atmosfery. Następnie igła jest wyciągana, a próbka zabezpieczana przez samouszczelniającą membranę. Na końcu mechanizm obraca się, aby powtórzyć proces dla następnej probówki. Ważnym kryterium było ograniczenie ilości silników dla zredukowania miejsca i wagi. Dlatego elementami ruchomymi porusza jedynie serwomechanizm, używany do przesuwania suwaka z igłą oraz silnik krokowy, który przekręca cały mechanizm.

Dzięki zastosowaniu probówek z podciśnieniem oraz pompki, zebranie próbki trwa jedynie 2...3 sekundy. W tym czasie osiągnięte zostaje ciśnienie ok. 1,5 atmosfery. Ciśnienie wewnątrz pojemniczka mierzone jest przez cyfrowy przetwornik ciśnienia Honeywell z serii SSC, podłączony do układu rurek. W momencie osiągnięcia górnego ciśnienia pompka jest wyłączana, po czym inicjowany jest proces przekręcenia mechanizmu. Dzięki temu czujnikowi zbierane są dane diagnostyczne – wiadomo kiedy próbki nie udaje się pobrać i wtedy próba zostaje powtórzona. Wysokość jest ustalana na podstawie danych o ciśnieniu i temperaturze odczytywanych z czujnika Bosch BME280. Taka metoda daje dokładność na poziomie 300 mm. Na podstawie tych danych komputer pokładowy oblicza interwały pobrania próbki.

OSA jest sterowana przez płytkę CanSat kit, dzięki czemu jest w pełni kompatybilna z Arduino M0. Pełną dokumentację płytki można znaleźć na stronie ESERO Polska w regulaminie konkursu CanSat lub pod tym linkiem: https://bit.ly/3AupdZo. Dodatkowo na płytce umieściliśmy moduł GPS, dzięki czemu bez problemu można znaleźć satelitę po wykonanej misji. Gdy z jakiegoś powodu system lokalizacji nie zadziała, poszukiwanie urządzenia może odbywać się na podstawie siły sygnału radiowego.

Wszystkie elementy elektroniczne musiały być ulokowane w jednym miejscu, dlatego zaprojektowano płytkę dołączaną do głównej płytki CanSat kit, podobnie jak nakładki do Arduino. Ponieważ zastosowano silniki wymagające napięcia wyższego, niż dostarczane z baterii, do ich zasilania użyto przetwornicy. Napięcie z baterii 3,7 V przetwornica podnosi do 6 V. Na płytce jest moduł GPS oraz proste klucze tranzystorowe, umożliwiające odłączenie zasilania od silników i innych elementów, dzięki czemu OSA oszczędza baterię.

Celem najbliższych prac jest zaopatrzenie tej mini sondy kosmicznej w systemy, które zbliżą ją do udziału w prawdziwej misji kosmicznej.

eprasa.pl 54fe1c0c92

Przewiduje się zastosowanie systemu dokładnej lokalizacji przez nadajnik UWB (*Ultra Wide Band*), mechanizmu odrzucania spadochronu i innych zbędnych elementów od modułu probówek. Trzeba też ograniczyć wagę oraz objętość do minimum, ponieważ urządzenia będą zbierane przez łazik z ograniczoną przestrzenią ładunkową. W najbliższym czasie zespół OSA Team zamierza wykonać próbę zrzutu sondy z wysokości 30 km podczas lotu balonem meteorologicznym. Będą również dostosowywać podzespoły do ciężkich warunków klimatycznych występujących na dużych wysokościach – przede wszystkim skrajnie niska temperatura może uniemożliwić prawidłowe działanie urządzenia.

Cały projekt został umieszczony na GitHubie: https://bit.ly/3EzzaHB, a postępy pracy są dokumentowane w mediach społecznościowych: https://linktr.ee/osateam.

Zapraszamy do zapoznania się ze szczegółami oraz do wsparcia naszych działań poprzez jak najszersze rozpropagowanie projektu w mediach społecznościowych i trzymanie kciuków podczas październikowego finału.

Zespół OSA Team w składzie: Aleksy Grymek, Stanisław Michalik, Miłosz Słowiński, Piotr Wyżliński.

REKLAMA

Messe München
Connecting Global Competence

Secure your ticket now:
productronica.com/ticket

Time for new impossibilities.

Accelerating Your Innovation.

productronica 2021
World's Leading Trade Fair for Electronics Development and Production
November 16–19, 2021, Messe München
productronica.com

SEMICON® EUROPA | semi

co-located event

eprasa.pl 54fe1c0c92

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5892

Podstawowe parametry:

- pomiar temperatury w zakresie –55°C...+125°C,
- rozdzielczość pomiaru 0,1°C,
- możliwość kalibracji wskazań w zakresie –3,2°C... +3,2°C,
- wyświetlacz LCD 7-segmentowy,
- sygnalizacja błędu komunikacji z czujnikiem cyfrowym,
- napięcie zasilania 3 V (z baterii CR2032 lub złącza),
- średni pobór prądu 100 μA.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT5635 Bezprzewodowy, energooszczędny system pomiaru temperatury (EP 8-9/2018)
AVT5623 4-kanałowy termometr z interfejsem Wi-Fi (EP 4/2018)
AVT5566 THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT5535 Termometr 2-kanałowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
AVT5518 Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)
AVT1863 Termometr z interfejsem Bluetooth (EP 8/2015)
AVT1790 Termometr XXL (EP 2/2014)
AVT5489 8-kanałowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT5420 Wielopunktowy termometr z rejestracją (EP 10/2013)
AVT1734 Termometr do wędzarni (EP 4/2013)
AVT5373 Tlogger – rejestrator temperatury (EP 12/2012)
AVT1705 Moduł do pomiaru temperatury z interfejsem RS485 (EP 9/2012)
AVT1697 Wielogabarytowy termometr LED (EP 8/2012)
AVT5389 4-kanałowy termometr z wyświetlaczem LED (EP 5/1012)
AVT5330 Termometr PC (EP 2/2012)
AVT5301 Wskaźnik komfortu cieplnego z wbudowanym kalendarzem sezonowym (EP 7/2011)
AVT1582 Domowy termometr RGB (EP 8/2010)
AVT5230 Rejestrator temperatury z interfejsem USB (EP 4/2010)
AVT5205 System pomiaru temperatury z termoparą typu K (EP 10/2009)
AVT5117 Termometr USB (EP 11/2007)
AVT5108 2-kanałowy termometr z dwukolorowym wyświetlaczem LED (EP 8/2007)
AVT5041 Termometr MIN-MAX (EP 11/2001)
AVT3122 Termometr z wyświetlaczem LED (EdW 5/15)

* 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

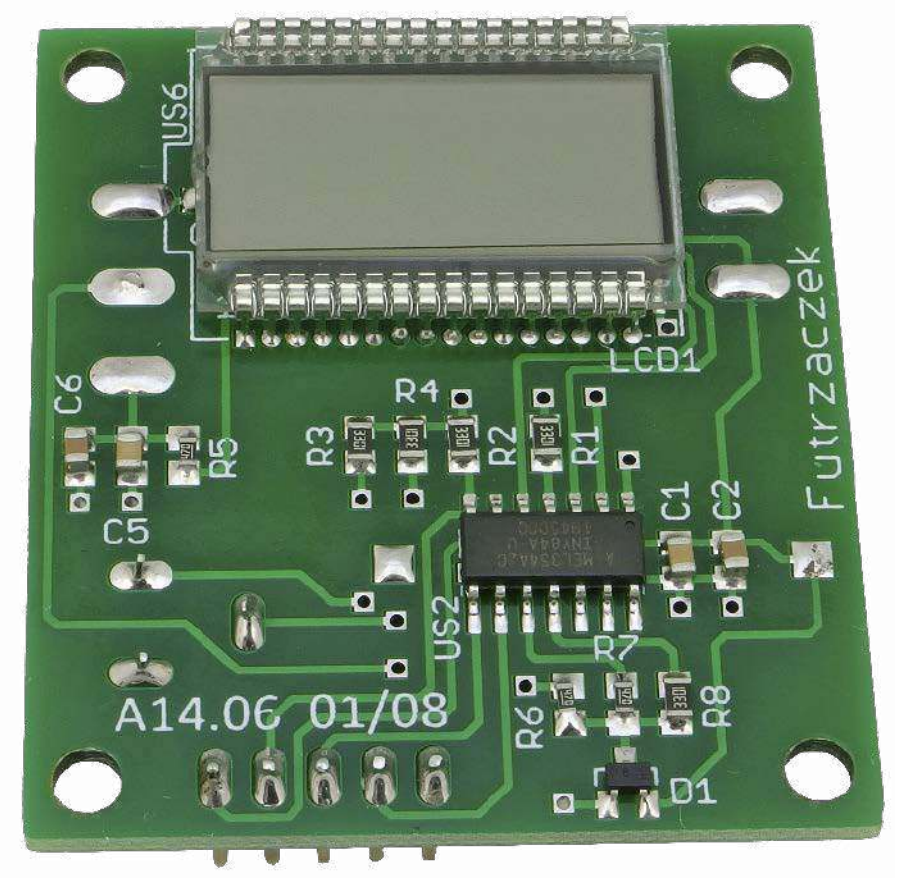
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] - zaprogramowany układ

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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Energooszczędny termometr z kalibracją

Termometry z wyświetlaczem LCD, których zapotrzebowanie na energię elektryczną jest znikome, są powszechnie dostępne. Ale co zrobić w sytuacji, kiedy musimy nieco skorygować ich wskazania? Wtedy należy zastosować zaprezentowany układ, który ma wbudowaną funkcję kalibracji i może pracować na jednej baterii przez wiele tygodni.



Elektroniczne przyrządy mierzące temperaturę są znane od dawna i mają różnorodne zastosowania. Znalazły swoje miejsce w przemyśle i laboratoriach, ale nie tylko, bowiem możemy je spotkać również w kuchni, domowych stacjach pogodowych oraz zabawkach. Wiele z nich została zaprojektowana z myślą o niskim poborze energii, aby dało się je zasilać z niewielkiej baterii.

Jednak bardzo często zdarzają się sytuacje, kiedy wskazania takiego termometru nie do końca odpowiadają rzeczywistości. Przyczyn może być wiele, a dwie najpowszechniejsze to błąd wprowadzany przez sam czujnik temperatury oraz jego niedoskonały kontakt z powierzchnią, której temperaturę ma mierzyć. Przeważnie nic nie możemy z tym zrobić, ponieważ w układzie nie przewidziano możliwości skorygowania wskazywanych wartości.

Zaprezentowany układ ma niespotykaną funkcję – pozwala dodać do wyniku poprawkę, zawierającą się w zakresie –3,2°C do +3,2°C. Tyle zazwyczaj wystarcza, aby skorygować wskazania przyrządu, które nieznacznie mijają się z rzeczywistością. Co ważne, wprowadzenie tej poprawki odbywa się w bardzo łatwy sposób – poprzez przekręcenie osi potencjometru montażowego. Nie ma tu żadnego rozbudowanego menu ani przycisków, wystarczy mały wkrętak i kilka chwil.

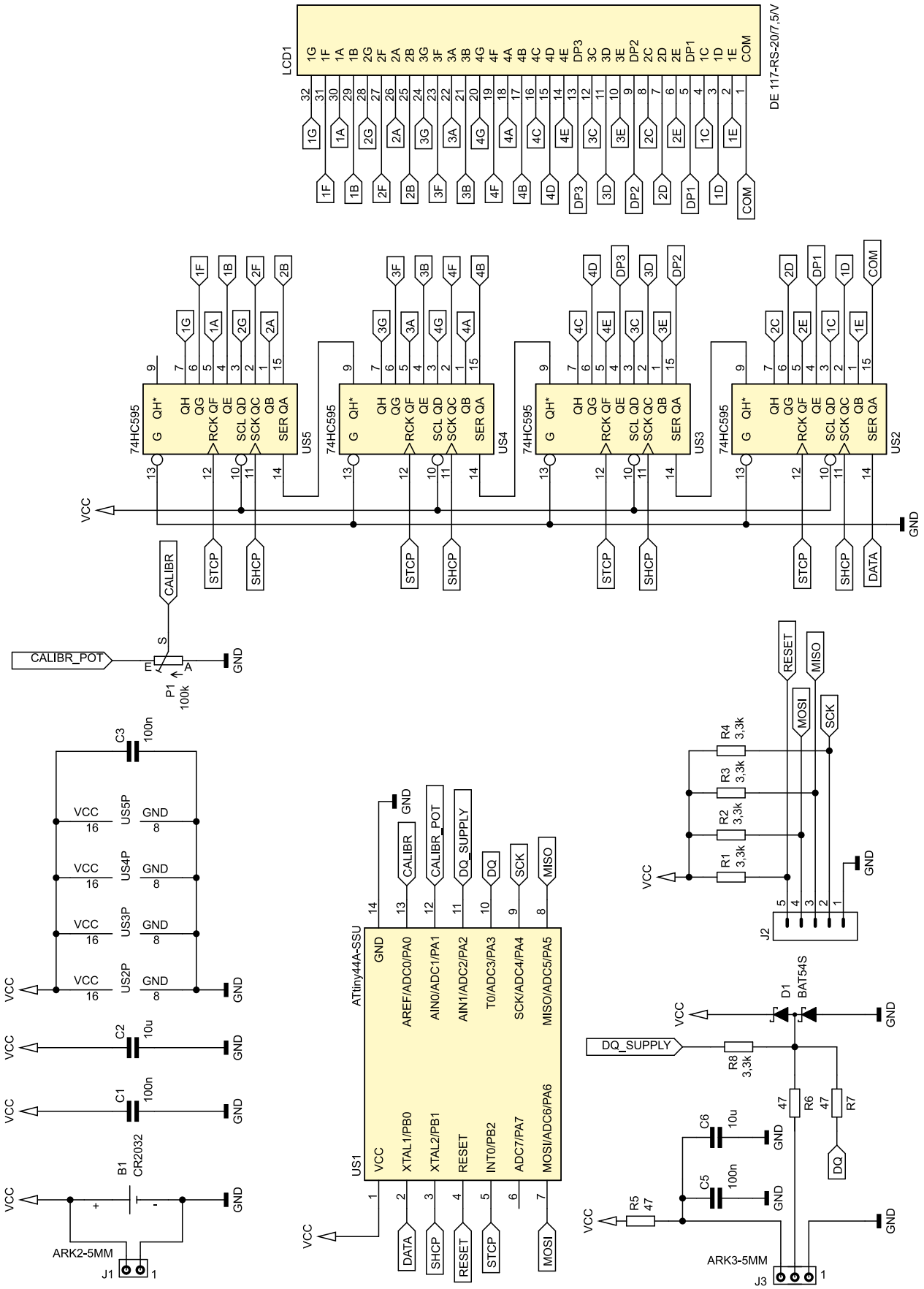
Budowa i działanie

Schemat ideowy energooszczędnego termometru został pokazany na **rysunku 1**. Jego pracą zarządza popularny mikrokontroler typu ATtiny44A, taktowany wewnętrznym sygnałem zegarowym o częstotliwości 8 MHz. Do jego zaprogramowania może służyć złącze J2, do którego zostały doprowadzone wszystkie linie służące realizacji programowania w systemie (*In-System Programming*). Ponieważ układ nie używa ich w czasie normalnej pracy, są podciągnięte do dodatniego bieguna zasilania przy użyciu zewnętrznych rezystorów.

eprasa.pl 54fe1c0c92

Kalibracja wskazań odbywa się cyfrowo, poprzez dodanie odpowiedniej wartości do wyniku, lecz jej wartość jest odczytywana przez przetwornik analogowo-cyfrowy. Do ustalenia wartości służy potencjometr P1, który przez większość czasu pozostaje odłączony od zasilania, aby nie marnował energii elektrycznej. Przed rozpoczęciem pomiaru przez mikrokontroler, najpierw dołączane jest zasilanie do ścieżki oporowej potencjometru. Po ustaleniu się potencjałów mierzone jest napięcie wyznaczone położeniem ślizgacza potencjometru.

Czujnikiem temperatury w tym układzie jest dobrze znany układ DS18B20. Nie został



Rysunek 1. Schemat ideowy energooszczędnego termometru

eprasa.pl 54fe1c0c92

ujęty wprost na schemacie, bowiem podłącza się go do zacisków złącza J3. Dioda D1 obcina amplitudę przepięć, które mogłyby się zaindukować w długich przewodach połączeniowych. Rezystor R6 ogranicza prąd płynący przez D1, zaś R7 dodatkowo zmniejsza prąd diod zabezpieczających wbudowanych w strukturę mikrokontrolera. Taka dwustopniowa ochrona daje wysoką skuteczność eliminacji zakłóceń. Rezystor R8 podciąga magistralę 1Wire do dodatniego potencjału, lecz i to można wyłączyć w przerwach pomiędzy pomiarami – wystarczy obniżyć jego napięcie zasilania do zera. Zadaniem R5, C5 i C6 jest odsprzęganie zasilania dla czujnika, a ponadto R5 pełni rolę bezpiecznika. Przegrzeje się i spali po przypadkowym zwarciu między skrajnymi wyprowadzeniami złącza J3, co ochroni źródło zasilania (np. baterię) przed przegrzaniem i uszkodzeniem.

Wyświetlacz nie ma wbudowanego kontrolera, zatem każdym jego wyprowadzeniem trzeba sterować oddzielnie. Służą do tego cztery rejestry typu 74HC595 podłączone kaskadowo. Mikrokontroler przygotowuje 32-bitową sekwencję, która jest do nich wysyłana za każdym razem, kiedy zachodzi potrzeba aktualizacji zawartości wyświetlacza. Są zasilane przez cały czas, gdyż ich pobór prądu w stanie ustalonym jest znikomo mały, rzędu 1 μA lub mniej.

Źródłem zasilania dla tego układu może być bateria typu CR2032, której gniazdo znajduje się na tylnej stronie płytki, albo zewnętrzny zasilacz napięcia stałego o wartości 3 V, podłączany do zacisków złącza J1. Pobór prądu przez układ jest naprawdę niewielki, więc bez problemu da się go zasilić prądem pobranym z niemal dowolnego źródła. Co istotne, wartość tego napięcia nie powinna wyraźnie spadać poniżej tej wartości, ponieważ grozi to brakiem poprawnego działania czujnika temperatury. Producent (Maxim Integrated) deklaruje jego poprawną pracę od napięcia 3 V, co udowadnia **rysunek 2**.

Górna granica napięcia zasilania również wynosi około 3 V, gdyż tyle przewidział producent wyświetlacza LCD, który został użyty w tym projekcie, jako typową wartość. Dlatego znaczne zwiększenie napięcia zasilającego ten termometr również jest niewskazane, gdyż może wpłynąć negatywnie na trwałość tego istotnego elementu. Dlatego użycie świeżej baterii albo zasilacza o napięciu wyjściowym 3,3 V będzie dobrym rozwiązaniem.

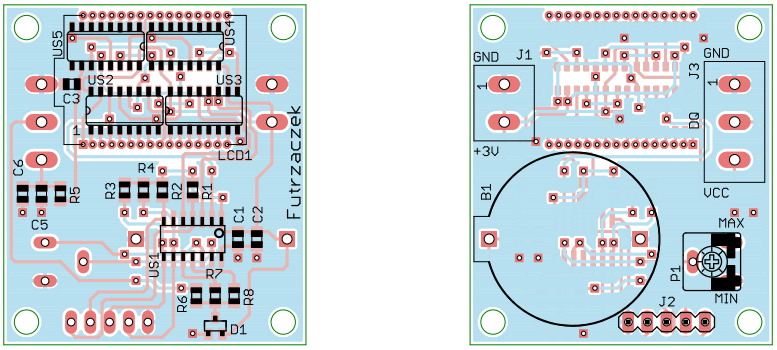
Mikrokontroler przez większość czasu pozostaje w stanie uśpienia. Do działania wybudza go wbudowany układ Watchdog, który generuje przerwania co ok. 32 ms. Za każdym razem dochodzi do aktualizacji zawartości rejestrów, aby segmenty wyświetlacza nie uległy elektrolizie wskutek wystąpienia składowej stałej między nimi a elektrodą wspólną. Co określoną liczbę takich wybudzeń następuje pomiar i aktualizacja zawartości ekranu.

DC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C; V_{DD} = 3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	Local power (Note 1)		+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	V_{PU}	Parasite power	(Notes 1, 2)	+3.0		+5.5	V
		Local power		+3.0		V_{DD}	

Rysunek 2. Fragment dokumentacji układu DS18B20, pokazujący dopuszczalny zakres napięcia zasilającego



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 45×40 mm. Jej schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 3**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm.

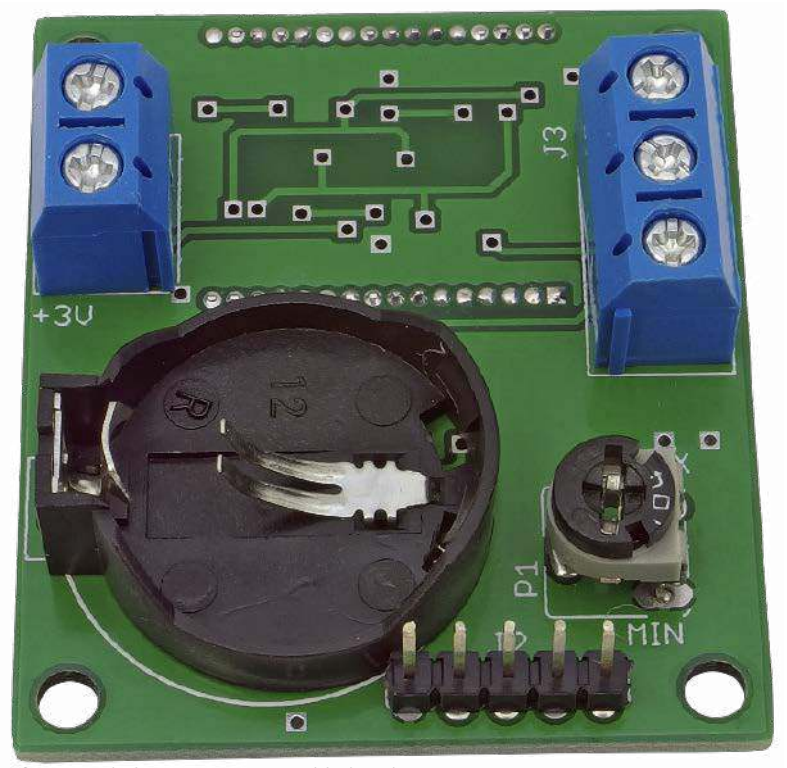
Montaż zalecam rozpocząć od elementów lutowanych powierzchniowo, które znajdują się tylko na wierzchniej stronie płytki. Po przylutowaniu wszystkich zalecam szczegółowo skontrolować wszystkie luty, ponieważ część z nich zostanie zakryta przez wyświetlacz, więc ich poprawienie będzie bardzo utrudnione, wręcz niemożliwe.

W drugim etapie montażu należy wlutować elementy lutowane w sposób przewlekany, które znajdują się na tylnej stronie płytki. Należą do nich:

- złącza J1, J2 i J3,
- gniazdo baterii B1,
- potencjometr P1.

Płytkę z tymi elementami można zobaczyć na **fotografii 1**. Wierzchnia strona płytki jest widoczna na fotografii tytułowej.

Jako ostatni należy wlutować wyświetlacz LCD1. Został wykonany z cienkiego szkła i nie posiada żadnej ramki ani obudowy – jest



Fotografia 1. Wygląd zmontowanego układu od strony BOTTOM

eprasa.pl 54fe1c0c92

Rysunek 4. Konfiguracja bitów zabezpieczających w programie BitBurner

kruchy, a przez to podatny na uszkodzenia. Kierunek prawidłowego montażu wskazuje kropla szkła spajająca jego strukturę z boku oraz występ z lewej strony obrysu na płytce. Cienkie, blaszane wyprowadzenia należy delikatnie dogiąć palcami, o ile zachodzi taka konieczność, a potem włożyć w przeznaczone dla niego miejsce (nad układami US2…US5 i kondensatorem C3) i przylutować z drugiej strony. Znajdujące się pod nim układy scalone wydzielają znikome ilości ciepła, więc może się z nimi stykać – nie ma potrzeby zapewniania wentylacji.

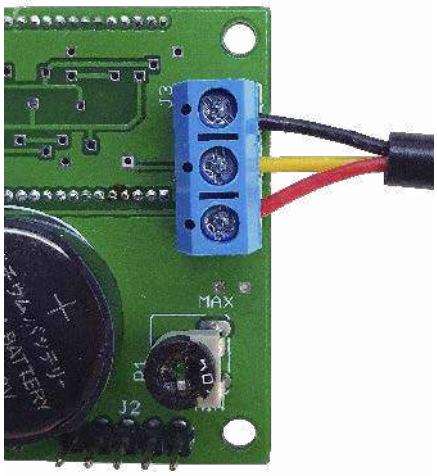
Po zakończeniu montażu, należy ustawić konfigurację bitów zabezpieczających (fuse bits) mikrokontrolera ATtiny44A na następujące wartości:

Low Fuse = 0xE2

High Fuse = 0xDE

Spowoduje to wyłączenie preskalera sygnału zegarowego oraz ustawienie zabezpieczenia Brown-Out Detector na napięcie 1,8 V. Rdzeń układu będzie od tej chwili taktowany z częstotliwością 8 MHz, a uaktywnione zabezpieczenie zapobiegnie jego nieprawidłowemu działaniu w momencie włączania zasilania. Szczegóły tej konfiguracji zostały pokazane na **rysunku 4**, zawierającym zrzut okna programu BitBurner. Oprócz bitów zabezpieczających, również pamięć Flash musi zostać zaprogramowana. Można posłużyć się do tego celu gotowym plikiem źródłowym w formacie hex.

Jeżeli mikrokontroler przeszedł konfigurację bez problemów, trzeba podłączyć czujnik temperatury do zacisków złącza J3. Może to być układ fabrycznie zaprasowany w metalowej tulejce, razem ze szczelnie dołączonym przewodem. Do testów układu prototypowego został użyty DS18B20 MOD-1, który ma przewód o długości 1 m. Można posłużyć się również innymi, dłuższymi przewodami – istotne, aby zrealizowane w ten sposób połączenie spełniało standardy narzucane przez magistralę 1Wire. Jeszcze lepiej, aby długie połączenie było ekranowane,



Fotografia 2. Podłączenie czujnika temperatury do płytki

choć nie zawsze jest to możliwe do zrealizowania. Szczegóły podłączenia pokazuje **fotografia 2**. Kolory przewodów mają następujące znaczenie:

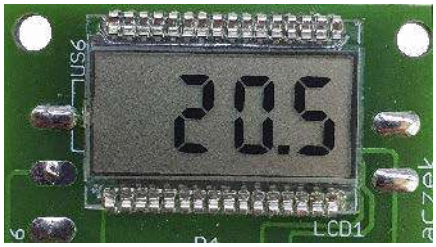
- czerwony – zasilanie (VCC),
- żółty – linia danych 1Wire (DQ),
- czarny – masa (GND).

Eksploatacja

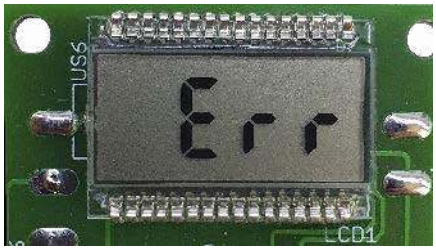
Prawidłowo zmontowany i zaprogramowany układ jest gotowy do działania. Po dołączeniu zasilania (o wartości 3 V) do zacisków złącza J1 lub włożeniu baterii CR2032 do koszyka, zaczyna pracę od wskazania „0.0”. Po niecałej sekundzie, zawartość wyświetlacza ulega aktualizacji. Widok ekranu w czasie prawidłowej pracy można wygląda jak na **fotografii 3**.

Temperatura jest wyświetlana w stopniach Celsjusza, z rozdzielczością jednej cyfry po przecinku. Zbędne zera (setek lub dziesiątek) są wygaszane. Temperaturę ujemną układ sygnalizuje poprzez wyświetlenie minusa. Pomiar temperatury następuje co około 3 s. Błąd komunikacji z czujnikiem (zwarcie linii sygnałowej do masy) można rozpoznać po wyświetleniu napisu „Err” (**fotografia 4**).

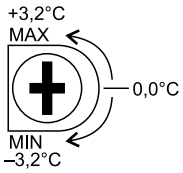
Ostatnim etapem jest skalibrowanie wskazań termometru. Służy do tego potencjometr P1. Ustala się nim wartość poprawki, dodawanej do każdego wyniku pomiaru. Przekręcenie jego ślizgacza w stronę MIN powoduje zaniżanie wskazania o maksymalnie 3,2°C. Przekręcenie w stronę MAX powoduje zwiększenie wskazania o maksymalnie 3,2°C. W położeniu środkowym, wskazanie nie jest zmieniane. Szczegóły zostały pokazane na **rysunku 5**. Rozdzielczość ustawiania poprawki



Fotografia 3. Wskazania wyświetlacza w trakcie normalnej pracy



Fotografia 4. Sygnalizacja wystąpienia błędu komunikacji



Rysunek 5. Sposób regulacji wskazania przy pomocy potencjometru

wynosi 0,1°C i jest ona aktualizowana razem z odczytem temperatury z DS18B20 – czyli co około 3 s. Dlatego należy chwilę odczekać po przekręceniu ślizgacza potencjometru, aby wynik uległ aktualizacji.

Zakres mierzonych temperatur jest ograniczony przez użyty czujnik i wynosi od –55°C do +125°C. Z kolei temperatura pracy układu powinna znajdować się w węższym zakresie (–20°C… +70°C) i jest zdeterminowana przez wyświetlacz LCD1. Jeszcze bardziej restrykcyjnie należy podejść do zagadnienia, jeżeli w grę wchodzi zasilanie z baterii. Wiele ogniw dostępnych na rynku działa nieprawidłowo w temperaturze niższej od 0°C, więc warto zwrócić na to uwagę.

Średni pobór prądu przez układ to około 100 µA przy zasilaniu napięciem 3 V. Średni, bowiem nie jest on stały: w momencie trwania konwersji przez czujnik zapotrzebowanie na prąd jest większe. Kiedy układ jedynie obsługuje wyświetlacz, pobór prądu wynosi niecałe 40 µA. Przyjmując pojemność typowej baterii CR2032 na poziomie 200 mAh, powinna ona wystarczyć na prawie 3 miesiące pracy.

Michał Kurzela, EP

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1...R4, R8: 3,3 kΩ SMD0805
R5...R7: 47 Ω SMD0805
P1: 100 kΩ montażowy leżący

Kondensatory:
C1, C3, C5: 100 nF SMD0805
C2, C6: 10 µF 16 V SMD0805

Półprzewodniki:
D1: BAT54S (SOT23)
US1: Attiny44A-SSU (SO14)
US2...US5: 74HC595 (SO16)

Pozostałe:
B1: gniazdo baterii CR2032 THT leżące
J1: ARK2/500
J2: goldpin 5 pinów, męski, 2,54 mm THT
J3: ARK3/500
LCD1: DE 117-RS-20/7,5/V
Układ DS18B20

eprasa.pl 54fe1c0c92

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- pozwala na odczyt pamięci oraz zmianę konfiguracji modułów SFP i SFP+,
- obsługa poprzez graficzny interfejs webowy,
- prezentuje opis poszczególnych rejestrów,
- komunikacja z komputerem poprzez interfejs USB.

* 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

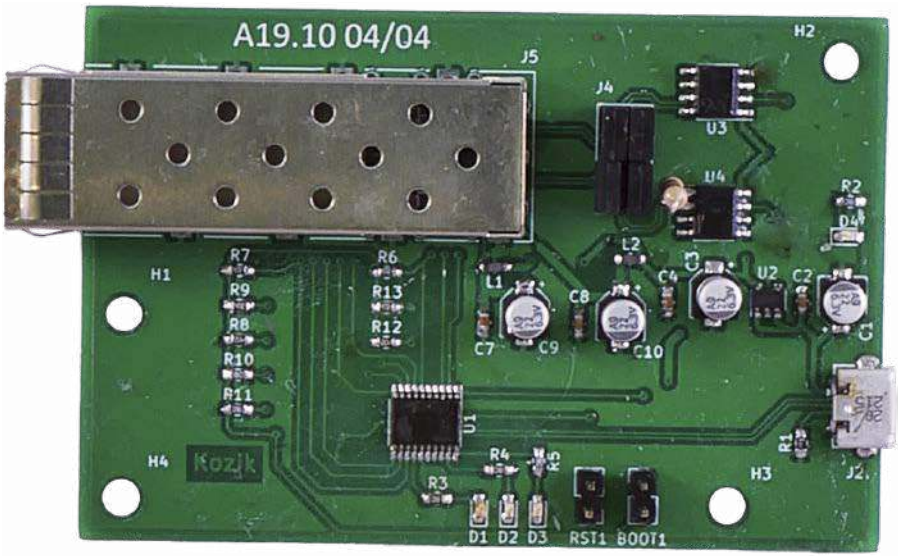
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

SFP reader

SFP reader pozwala na odczyt pamięci oraz zmianę konfiguracji modułów SFP i SFP+. Obsługa jest możliwa poprzez graficzny interfejs webowy. Poza podglądem zawartości prezentuje on także opis poszczególnych rejestrów zaczerpnięty ze standardu.



SFP jest skrótowcem od *Small Form-factor Pluggable transceiver*. Służy on do połączenia pomiędzy naszym urządzeniem, a zewnętrznym medium transmisyjnym. Najczęściej jest to laser ze złączem światłowodowym (**fotografia 1a**), albo wtyk RJ-45 (**fotografia 1b**) pozwalający na podłączenie miedzianej skrętki. Dostępne są także kable DAC (D*irect Attached Cable*), które powodują bezpośrednie połączenie wyjścia Tx z wejściem Rx po drugiej stronie (**fotografia 1c**). Na **fotografii 2** została pokazana gotowa komputerowa karta sieciowa z dwoma złączami SFP+.

Dostępna jest szeroka gama złączy wymagających takiej samej obudowy, ale różniących się prędkością transmisji:

- SFP (<= 1 Gbps),
- SFP+ (10 Gbps),
- SFP28 (25 Gbps),
- SFP56 (50 Gbps).

Są też wersje typu *quad* (qSFP), w których dostępne są cztery linie transmisyjne, co zapewnia czterokrotnie większą szybkość przesyłania danych. Mają one jednak inną budowę mechaniczną i nie pasują do opisywanego urządzenia.

Standard SFP+ jest zdefiniowany w normie [1]. Moduły SFP mają złącze w postaci krawędzi płytki PCB z wyprowadzeniami wykonanymi, jako 20 metalizowanych pół po obu stronach płytki. Jednak do jego połączenia z płytką używa się odpowiedniego gniazda oraz metalowej „klatki", które zostały pokazane na **fotografii 3**. Rozmieszczenie sygnałów na wyprowadzeniach gniazda zostało pokazane na **rysunku 1**, a ich funkcjonalność została opisana w **tabeli 1** i na **rysunku 2.** Najważniejsze są dwa sygnały różnicowe:

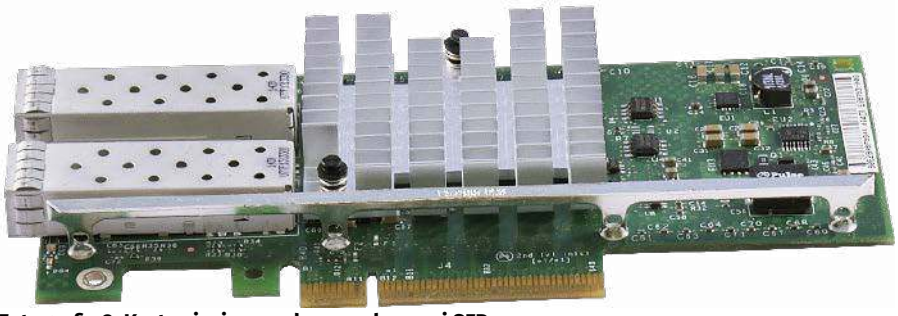
- **RD**, czyli odebrany sygnał, który dociera do naszego urządzenia,
- **TD**, czyli sygnał nadawany, który wysyłamy do innego urządzenia.

Znajdują się tam osobne wejścia zasilania dla części nadawczej oraz odbiorczej, znajdziemy także sygnały pozwalające na kontrolę oraz sprawdzenie stanu modułu:

- **Tx_Fault** – gdy jest w stanie wysokim informuje o błędzie nadajnika. Jest to wyjście typu otwarty kolektor, dlatego musimy je podciągnąć do zasilania za pomocą rezystora 4,7...10 kΩ;
- **Tx_disable** – wejście pozwalające na sterowanie diodą laserową w nadajniku. Gdy panuje na nim stan wysoki jest ona wyłączona.

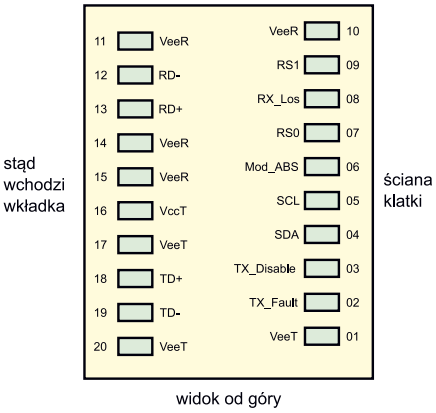
Fotografia 1. Przykładowe komponenty SFP: a) moduły światłowodowe; b) moduł z RJ45; c) kabel DAC

eprasa.pl 54fe1c0c92

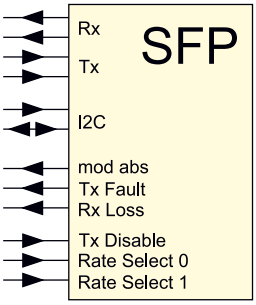


Fotografia 2. Karta sieciowa z dwoma złączami SFP

Fotografia 3. Złącze i klatka dla modułu SFP



Rysunek 1. Rozmieszczenie sygnałów na wyprowadzeniach złącza SFP



Rysunek 2. Funkcje i kierunki sygnałów złącza SFP

Tabela 1. Funkcje wyprowadzeń modułu SFP

Pin	Nazwa	Funkcja	Opis
1	VeeT	masa	Masa nadajnika
2	Tx_Fault	Wyjście	Błąd nadajnika
3	Tx_Disable	Wejście	Wyłącza nadajnik
4	SDA	Wejście/wyjście	Linia SDA I²C
5	SCL	Wejście/wyjście	Linia zegarowa I²C
6	Mod_ABS	Wyjście	Brak modułu
7	RS0	Wejście	Wybór prędkości (Rate select 0)
8	Rx_LOS	Wyjście	Brak sygnału na wejściu
9	RS1	Wejście	Wybór prędkości (Rate select 1)
10	VeeR	Masa	Masa odbiornika
11	VeeR	Masa	Masa odbiornika
12	RD-	Wyjście	Dane odebrane
13	RD+	Wyjście	Dane odebrane
14	VeeR	Masa	Masa odbiornika
15	VccR	3,3 V	Zasilanie odbiornika
16	VccT	3,3 V	Zasilanie nadajnika
17	VeeT	Masa	Masa nadajnika
18	TD+	Wejście	Dane wysyłane
19	TD-	Wejście	Dane wysyłane
20	VeeT	Masa	Masa nadajnika

Wejście to powinno być wewnątrz modułu podciągnięte do plusa zasilania za pomocą rezystora. Aby włączyć nadajnik należy wymusić na nim stan niski;

- **RS0/RS1** – wejścia pozwalające na wybór prędkości. RS0 dotyczy odbiornika, a RS1 nadajnika. Ich implementacja jest opcjonalna;
- **Mod_ABS** – wejście to jest w module zwarte do masy. Po stronie urządzenia powinno być podciągnięte do plusa zasilania. Przy braku modułu panuje na nim stan wysoki, a po jego włożeniu zostanie ściągnięte do masy;
- **Rx_LOS** – kolejne wyjście pracujące w trybie otwartego kolektora (podłączamy rezystor podciągający). Stan wysoki informuje, że na wejściu nie wykryto sygnału;
- **SDA i SCL** – to dobrze znany *Two Wire Interface* (TWI, albo inaczej I²C). Pozwala na dostęp do pamięci konfiguracyjnej modułu.

Budowa i działanie

Schemat ideowy urządzenia został pokazany na **rysunku 3**. Głównym elementem jest mikrokontroler STM32F042F6. Dzięki synchronizowaniu swojego wewnętrznego generatora z sygnałem USB pozwala on na poprawną obsługę tej magistrali bez zewnętrznego rezonatora kwarcowego. Zwarcie zworki BOOT1 pozwala na włączenie bootloadera. Pozwala on na wgranie oprogramowania poprzez port USB, bez zewnętrznego programatora.

Złącze mikroUSB J2 służy do komunikacji oraz zasilania. Dioda D4 sygnalizuje obecność napięcia. Stabilizator U2 dostarcza napięcia 3,3 V dla mikrokontrolera oraz modułu SFP. Dodatkowo zasilanie sekcji nadajnika i odbiornika jest filtrowane przez cewki L1, L2 oraz kondensatory C7...C10. Złącze J5 umożliwia dołączenie modułu SFP. Większość jego wejść i wyjść wymaga podciągnięcia do plusa zasilania, co zostało zrealizowane za pomocą rezystorów R6...R13.

Za pomocą zworki J4 możemy ustalić, czy część nadawcza i odbiorcza ma być sterowana. Gdy je zewrzemy trafią na nie sygnały z pary układów scalonych U3 i U4. Są to odpowiednio nadajnik i odbiornik linii różnicowej. Jeżeli chcemy używać urządzenia jedynie do odczytu i modyfikacji pamięci możemy ich nie montować (co znacznie

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0603)
R1: 100 kΩ
R2: R5...390 Ω
R6...R9, R12, R13: 4,7 kΩ
R10,R11: 1 kΩ
R14: 100 Ω

Kondensatory:
C1, C3, C9, C10: 22 µF
C2, C7, C8: 100 nF
C4: 1 µF

Półprzewodniki:
D1...D4: dioda LED (SMD0603)
U1: STM32F042F6 (TSSOP20)
U2: TLV75533 (SOT23-5)
U3: ADN4661 (SO8)
U4: ADN4662 (SO8)

Pozostałe:
L1, L2: 4,7 µH
J2: złącze mikroUSB
J5: złącze SFP

eprasa.pl 54fe1c0c92

zredukuje koszty urządzenia). Rezystor R14 terminuje linię odbiornika.

Diody LED D1...D3 prezentują stan modułu SFP: brak modułu, błąd odbiornika oraz błąd nadajnika. Można także wymusić ich miganie w celu identyfikacji sterowanego sprzętu.

Oprogramowanie

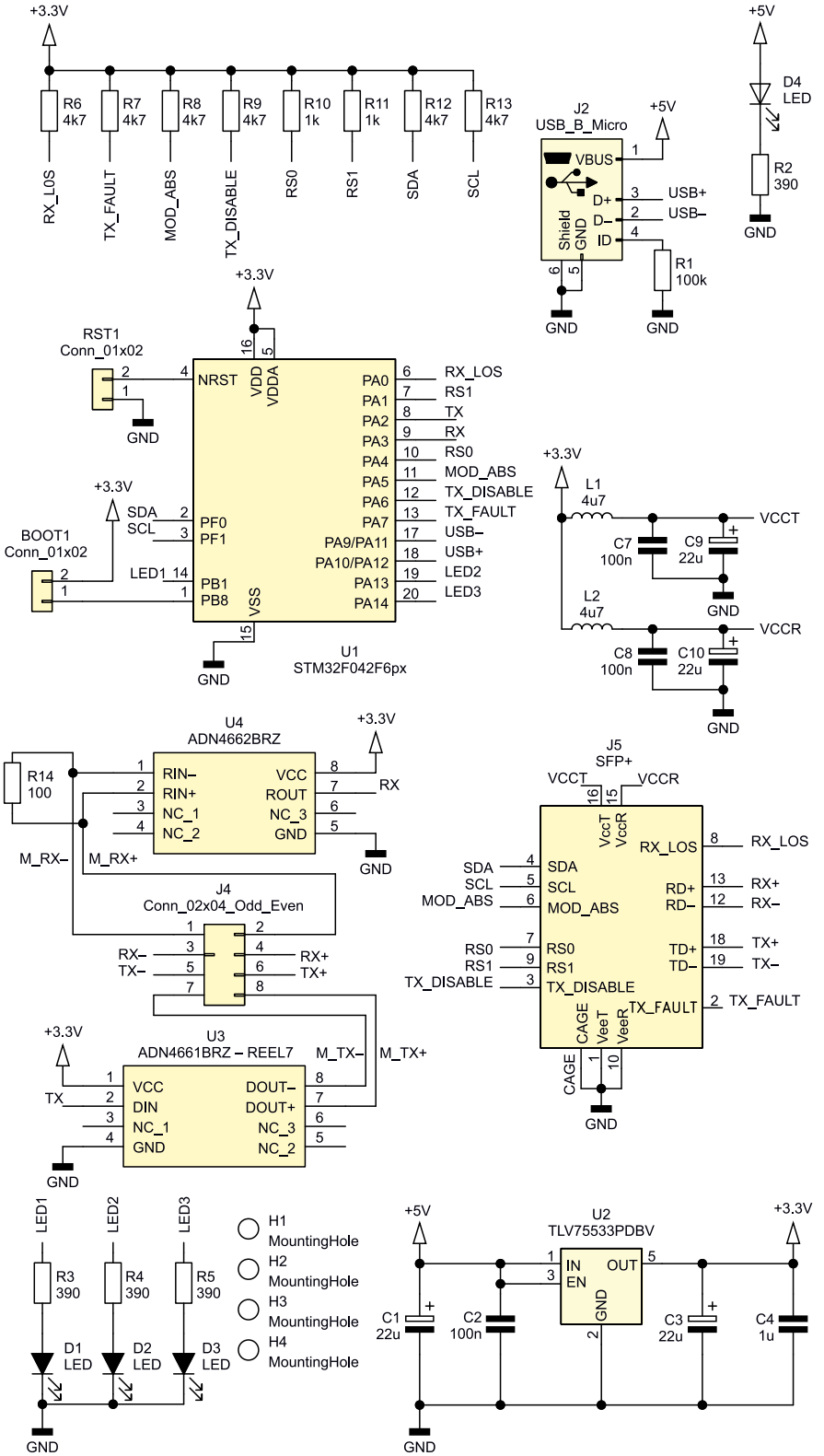
Oprogramowanie zostało napisane w języku C, z zastosowaniem biblioteki HAL udostępnionej przez producenta, a większość konfiguracji została wygenerowana w programie STM32CubeMX. Kod można pobrać z repozytorium [4].

Schemat blokowy projektu prezentuje **rysunek 4**. Komunikacja odbywa się poprzez wirtualny port szeregowy udostępniony przez firmę STM32. Sterownik dla niego można pobrać z [6]. Kolejno odebrane bajty są przekazywane do maszyny stanów. Jej implementacje znajdziemy w pliku *firmware/sfpexperiments/Src/parse.c*. Dla parsera zostały przygotowane testy w Google Test. Przykładowy wynik testów regresyjnych wykonanych w serwisie Gitlab można zobaczyć w [5].

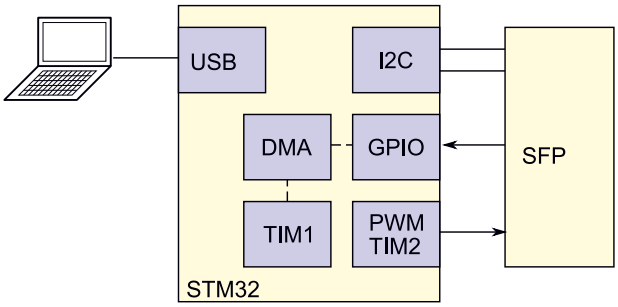
Listę obsługiwanych poleceń znajdziemy w **tabeli 2**. Polecenie *B* powoduje miganie diodami modułu. Jest ono przydatne do identyfikacji urządzenia, gdy podłączonych jest kilka modułów, na przykład przy eksperymentowaniu z komunikacją pomiędzy dwoma SFP. Komendy *P* pozwalają na obsługę wejść/wyjść konfiguracyjnych modułu. Rozkazy *I* i *G* służą do dostępu do pamięci I²C. *I* pozwala na odczyt/zapis pojedynczego adresu, natomiast *G* odczytuje całą stronę z pamięci. Ostatnia rodzina poleceń to *R*. Pozwalają one na zgrubne testowanie komunikacji. Możemy włączyć generowanie sygnału PWM na lini nadawczej. Drugi rozkaz uaktywnia moduł DMA, który zbiera do pamięci sto kolejnych próbek z wyjścia Tx. Pozwala

Tabela 2. Komendy odbierane przez port szeregowy

Polecenie	Opis
B	Miga diodami (pozwala na identyfikację sprzętu)
P [0...5]	Odczytuje stan pinu o podanym numerze
P 10	Odczytuje wszystkie piny
P [0...5] [0...1]	Zapisuje stan pinu o podanym numerze
I [160/162] [0...255]	Odczytuje bajt poprzez I²C
I [160/162] [0...255] [0...255]	Zapisuje bajt poprzez I²C
G [0...1]	Odczytuje 255 bajtów z pamięci
R 0 [0...1]	Włącza/wyłącza sygnał PWM
R 1	Odczytuje 100 próbek z wejścia Rx

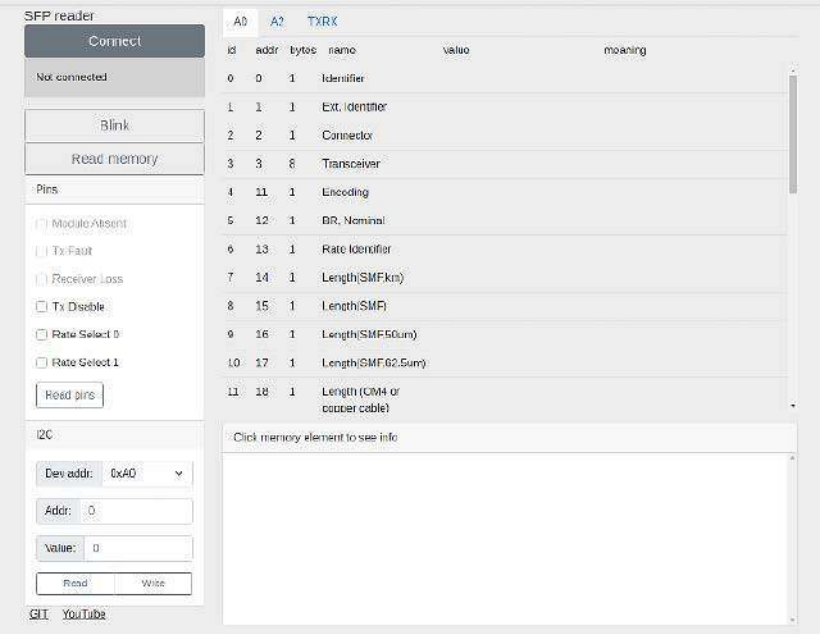


Rysunek 3. Schemat ideowy urządzenia



Rysunek 4. Schemat blokowy programu sterującego pracą urządzenia

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 5. Wygląd aplikacji webowej

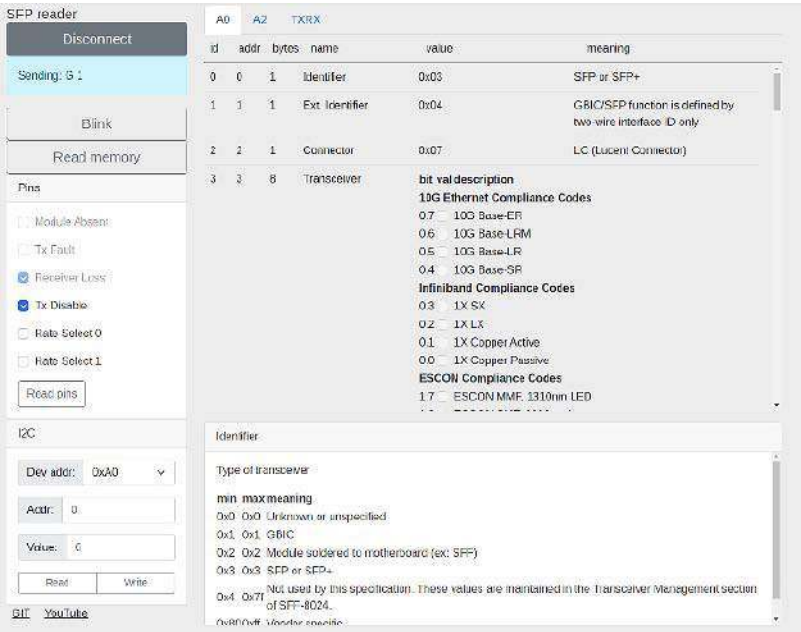
to na proste eksperymenty z torem nadawczo/odbiorczym.

Interfejs graficzny

GUI zostało przygotowane w formie strony internetowej. Można je uruchomić w przeglądarce Chrome. Może być konieczne odblokowanie funkcji eksperymentalnych *#enable-experimental-web-plat-form-features* w *chrome://flags*. Stronę można otworzyć z adresu [7] albo z repozytorium: *gui/index.html*. Zobaczymy ekran podobny do tego z **rysunku 5**. Najpierw w lewym górnym rogu naciskamy *Connect* i z listy wybieramy odpowiedni port szeregowy. Poniżej znajdziemy przyciski: *Blink* miga diodami, a *Read memory* wczytuje całą zawartość pamięci. Poniżej w panelu Pins znajdują się kontrolki pokazujące stan i pozwalające sterować wejściami i wyjściami modułu SFP. Aby uaktualnić stan klikamy przycisk *Read pins*. Ostatni panel I²C pozwala na odczyt i zapis pojedynczego rejestru pamięci.

Wartości odczytane z pamięci widzimy w prawej części okna. Górna część to lista rejestrów. Zakładkami A0 i A1 wybieramy interesującą nas stronę pamięci. Gdy klikniemy któryś z rejestrów w dolnej części okna wyświetli się jego opis. Na **rysunku 6** pokazano fragment odczytanej pamięci. Opis rejestrów został przygotowany w formacie JSON. Znajduje się w pliku *gui/sfp.js*. Na jego podstawie generowany jest obraz w przeglądarce.

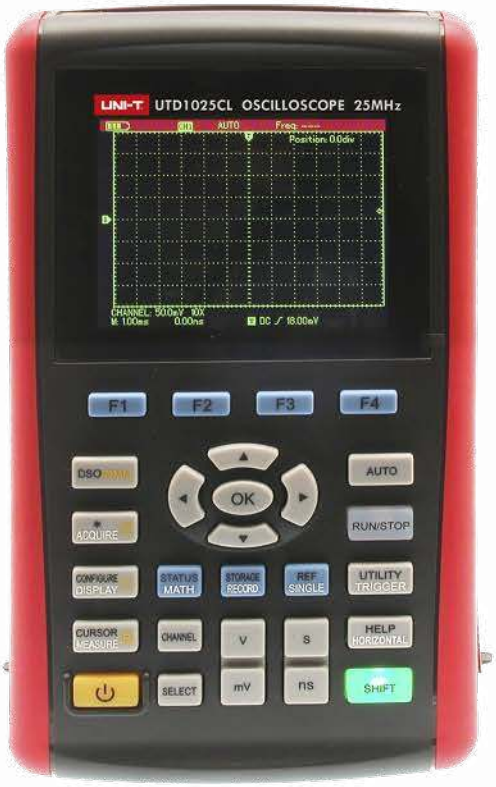
Ostatnia zakładka TXRX pozwala na eksperymenty z nadajnikiem i odbiornikiem. Na **rysunku 7** zostały pokazane dwa otwarte okna, dla dwóch modułów połączonych ze sobą. Za pomocą przełącznika *Send Tx*



Rysunek 6. Przykład odczytanych rejestrów

REKLAMA

UNI-T®
Oscyloskop UTD1025CL



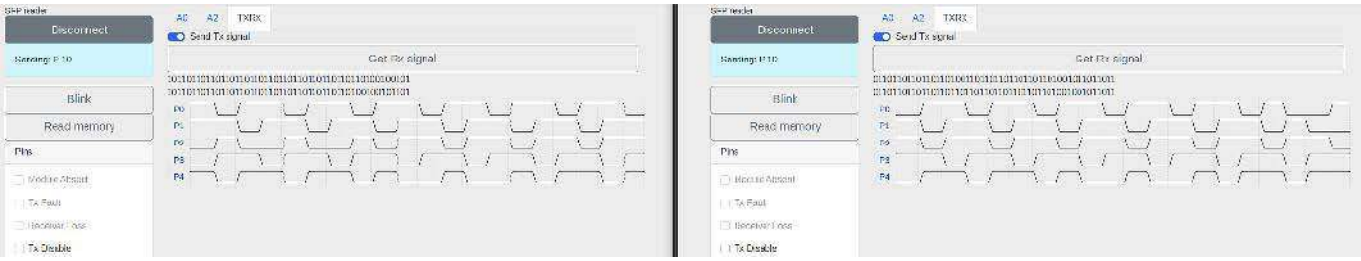
UTD-1025CL
1255zł

Cechy:
•1 kanał
•pasmo 25 MHz
•częstotliwość próbkowania 200 MS/s
•pomiary:
•napięcie DC: 400 mV - 400 V
•napięcie AC: 400 mV - 400 V
•prąd DC: 400 µA/4000 µA
•prąd AC: 400 µA/4000 µA
•rezystancja: 400 Ω - 40 MΩ
•pojemność: 51,20 nF - 100 µF
•kolorowy wyświetlacz LCD 3999
•złącze miniUSB
•zasilanie: zasilacz 9 V 4 A;
akumulator litowy 7,4 V 3600 mAh;

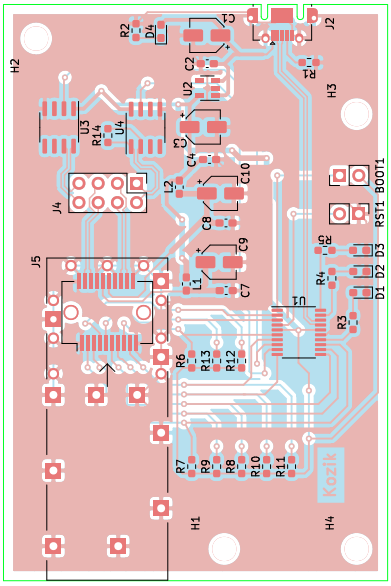
W zestawie:
•sonda pomiarowa (1:1, 10:1)
•bocznik pomiarowy 10A
•oprogramowanie na CD
•zasilacz sieciowy
•kabel USB
•etui
•instrukcja

AVT SPV Sp. z o.o.
Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 51
handlowy@avt.pl
sklep.avt.pl

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 7. Działanie trybu TXRX



Rysunek 8. Schemat płytki PCB

signal włączamy nadawanie. Natomiast gdy naciśniemy przycisk *Get RX Signal* włączymy zbieranie danych, które następnie zostaną przesłane do komputera i wyświetlone w postaci ciągu zer i jedynek oraz graficznie.

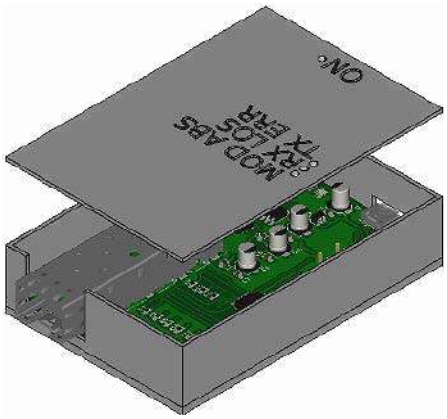
Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 8**. Montaż jest klasyczny, ale szczególną uwagę należy zwrócić na to, aby równo przylutować piny oraz klatkę dla złącza SFP. Jeśli tego nie dopilnujemy, to możemy mieć problemy z podłączaniem modułów. Zmontowany układ prezentuje fotografia tytułowa.

Dla urządzenia została zaprojektowana prosta obudowa, którą można wydrukować na drukarce 3D. Projekt powstał w otwartym programie FreeCAD. Znajdziemy go w folderze *case*. Składa się z pudełka i pokrywki widocznych na **rysunku 9**. Aby wyprowadzić światło z diod LED na obudowę, można wkleić w otwory kawałek pręta z plexi. Pokrywkę można delikatnie przykleić klejem na gorąco. Zmontowany układ umieszczony w wydrukowanej obudowie prezentuje **fotografia 4**.

Rafał Kozik
rafkozik@gmail.com

[1] SFF Committee SFF-8431 Specification for SFP+ High Speed Electrical Interface
[2] Management Interface for SFP+ SFF-8472 Rev 12.3 SNIA SFF TWG Technology Affiliate Jul 29,2018
[3] SFF-8024 Specification for SFF Module Management Reference Code Tables
[4] https://bit.ly/3zI0z6C
[5] https://bit.ly/3ibSdOq
[6] http://bit.ly/37e7bw7
[7] https://bit.ly/39DY7TR



Rysunek 9. Wizualizacja projektu obudowy

Fotografia 4. Układ w obudowie

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?

Zajrzyj na
www.ep.com.pl/EPwtoku

eprasa.pl 54fe1c0c92

Podstawowe parametry:

- poszerza możliwości niemal każdego miernika częstotliwości/czasu, dopasowując parametry mierzonych sygnałów do wejść miernika,
- zawiera wzmacniacze sygnału cyfrowego, sygnału HF oraz sygnału VHF oraz multiplekser pozwalający na wygodne przełączanie pomiędzy nimi,
- zawiera łatwo dostępne elementy i daje możliwość dokonania różnych modyfikacji, zarówno sprzętowych, jak i programowych.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

----	Wzmacniacze wejściowe do częstościomierza. Rozszerzenie możliwości AVT3275 (EP 9/2021)
AVT3275	F-meter – mofułowy licznik częstotliwości i czasu (EdW 9/2020)
AVT5755	F-meter – licznik częstotliwości i czasu (EP 5/2020)
AVT2885	Miernik częstotliwości – f-meter (EdW 11/2008)
AVT2831	Mikroprocesorowy miernik częstotliwości 4...150 MHz (EdW 7/2007)
AVT2764	Częstościomierz & generator na PC (EdW 9/2005)

* 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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Wzmacniacze wejściowe do częstościomierza (2)

Rozszerzenie możliwości AVT3275

W „Elektronice Praktycznej" oraz siostrzanej „Elektronice dla Wszystkich", były publikowane artykuły opisujące liczniki częstotliwości i czasu (EP 5/20, EdW 9/20). Są to urządzenia, które doskonale spełniają swoje funkcje, ale ich możliwości można jeszcze poszerzyć. Zadaniem prezentowanego układu jest dostosowanie sygnałów, których parametry uniemożliwiały wykonanie pomiaru, do poziomów akceptowanych przez opisywane liczniki częstotliwości oraz projektowanego AVT3278.

Poprzedni odcinek znajduje się pod adresem:
https://ulubionykiosk.pl/media

W pierwszej części artykułu zostały zaprezentowane 3 wersje wzmacniaczy wejściowych, przeznaczone dla różnych typów sygnałów:

- wzmacniacz sygnału cyfrowego (AVT3277/1),
- wzmacniacz sygnału HF (AVT3277/2),
- wzmacniacz sygnału VHF (AVT3277/3).

Aby umożliwić wygodne przełączanie pomiędzy tymi wersjami został opracowany i opisany w poprzedniej części, multiplekser wzmacniaczy sygnału (AVT3277/0). Dopełnieniem całości jest odpowiedni zasilacz, od którego rozpoczniemy opis drugiej części artykułu.

Zasilacz do wzmacniaczy sygnału AVT3277/ZAS – budowa i działanie

Schemat modułu zasilacza został pokazany na **rysunku 5**. Jego najważniejszymi elementami są gotowe moduły przetwornic napięcia U1 i U2 typu IRM-03-3.3 oraz IRM-03-5, które dostarczają napięć 5 V oraz 3,3 V.

Na potrzeby układu AVT3275 na płytce zasilacza umieszczono dzielnik częstotliwości przez dwa. Aby druga połowa układu 74HC74D nie pozostała niewykorzystana, dodatkowo zrealizowano dzielnik przez cztery. Dzięki temu sygnał zegarowy o częstotliwości 16 MHz z TCXO płytki AVT3276 można podzielić przez dwa i użyć do taktowania STM32F401 na płytce częstościomierza. Na TCXO jest dostępny sygnał 8 MHz (pin 5, złącze J16), ale zanika on na chwilę po resecie mikrokontrolera. Tej wady nie ma sygnał dostępny na złączu J5 i z niego, kablem ekranowanym, należy doprowadzić sygnał do pinu 1 złącza J4 płytki zasilacza. Na tym samym złączu, na pinie 3, dostępna jest ta częstotliwość podzielona przez dwa.

Płytka zasilacza zawiera dodatkowo multiplekser I²C typu PCA9554, co pozwala podłączyć TXCO AVT3276 do częstościomierza AVT3275. Pierwotnie przewidywano możliwość podłączenia TXCO do płytki AVT3277/0, ale po namyśle zrezygnowano z takiej możliwości. Złącze jednak pozostało (J11) i jeśli Czytelnicy wykażą zainteresowanie taką opcją, powstanie stosowne oprogramowanie.

Montaż i uruchomienie

Układy można zmontować na płytkach drukowanych, których schematy zostały pokazane na rysunkach 6...10. Układy montujemy

eprasa.pl 54fe1c0c92

standardowo, zaczynając od elementów najmniejszych, a kończąc na największych. Na płytkach wzmacniaczy, jeśli mają współpracować z płytką multipleksera, jako złącza łączące je z multiplekserem najlepiej wlutować kątowe gniazdo goldpin 1×14 od spodu płytki. Dziewiąty pin (pomiędzy wyjściem sygnału a złączem zasilania i magistrali I²C) warto zaślepić, co pozwoli uniknąć pomyłek podczas umieszczania płytek wzmacniaczy w multiplekserze. Jeśli płytki wzmacniaczy będą używane niezależnie od multipleksera, można na nich zamontować złącza NS25-W8(K) i NS25-W3(K).

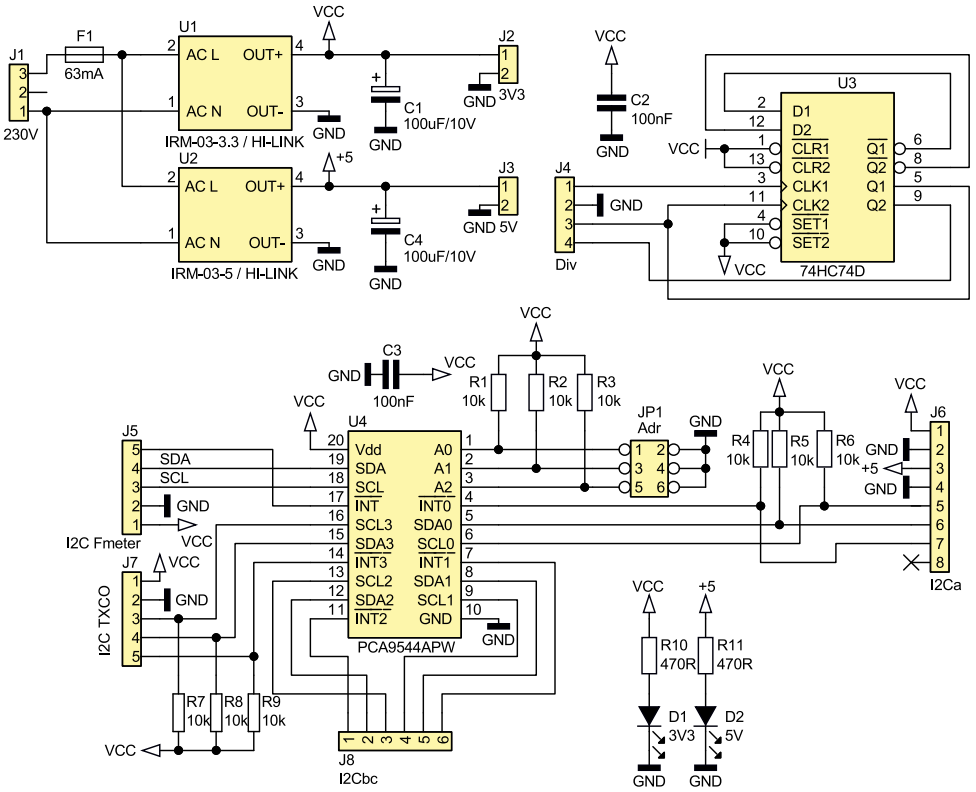
Zmontowane modele płytek zostały pokazane na **fotografiach 2...6**. Na **fotografii 7** pokazano zmontowany częstościomierz wraz z modułem TXCO AVT3276. W materiałach dodatkowych dostępne są dodatkowe fotografie oraz filmy.

Układ nie wymaga uruchomienia. Prawidłowo zmontowany, ze sprawnych elementów, powinien od razu pracować, ale wskazane jest przetestowanie poprawności działania poszczególnych komponentów, o czym w dalszej części artykułu. Osoby mniej doświadczone powinny poprosić kogoś o pomoc w zaprogramowaniu procesora, a właściwie procesorów.

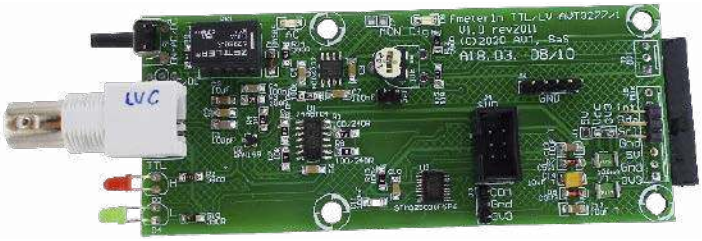
Na płytce AVT3277/2 montuje się jeden z układów U4 lub U4b. To, który zostanie zamontowany, zależy od umiejętności osoby montującej płytkę, ponieważ U4 dostępny jest w stosunkowo dużej obudowie SO-16, natomiast U4 w małej TSSOP-8, ale wydaje się, że jeśli uda się zamontować U3 w obudowie SC-70, to i z TSSOP-8 nie będzie problemu. Obudowa SO-16 może być o tyle korzystniejsza, że prędzej znajdzie się w zapasach hobbysty.

Na płytkach AVT3277 nie montujemy zworek. Jedyna zworka znajduje się na płytce zasilacza AVT3277-ZAS. Zwiera piny 1-2 JP1 (linia adresowa A0 układu U4 PCA9544A) ustalając jego adres na 0x76 (0xEC) w odróżnieniu od PCA9544A na płytce AVT3277/0, który ma adres 0x77 (0xEE).

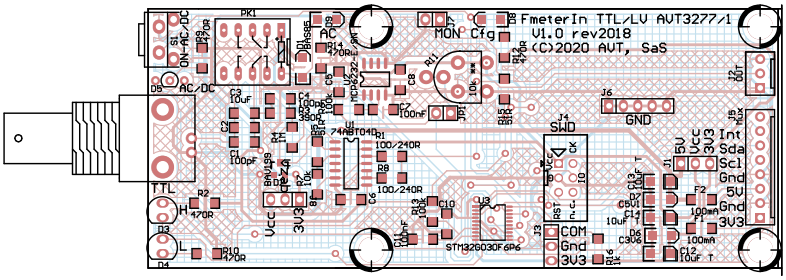
Testowanie płytek można rozpocząć od pojedynczego podłączenia ich do AVT3275, do którego należy wgrać soft V2.0 lub nowszy. Sygnały SCL i SDA oraz GND ze złącza J12 w AVT3275 należy doprowadzić do J5 na płytce zasilacza AVT3277-ZAS lub J13 płytki AVT3277/0. Dla ułatwienia, na warstwie opisu przy J5 AVT3277-ZAS



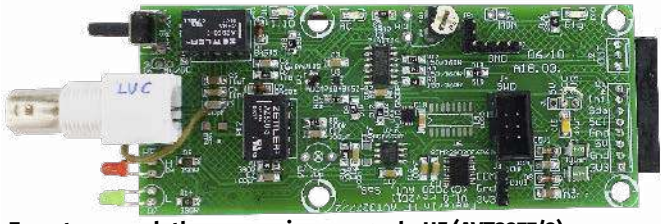
Rysunek 5. Schemat ideowy modułu zasilacza



Fotografia 2. Zmontowana płytka wzmacniacza sygnału cyfrowego (AVT3277/1)



Rysunek 6. Schemat płytki PCB wzmacniacza sygnału cyfrowego (AVT3277/1) (zmniejszony o 25%)



Fotografia 3. Zmontowana płytka wzmacniacza sygnału HF (AVT3277/2)

Wydawnictwo AVT podejmie współpracę z tłumaczami fachowych tekstów dla elektroników z języka angielskiego. Kontakt: anna.cember@avt.pl

eprasa.pl 54fe1c0c92

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

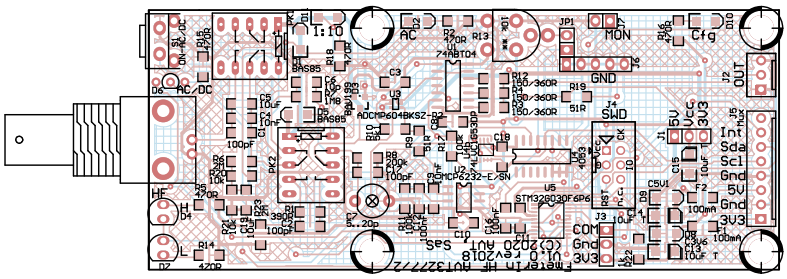
AVT3277/ZAS
Rezystory: (SMD1206)
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9: 10 kΩ
R10, R11: 470 Ω

Kondensatory:
C1, C4: 100 µF/10 THT
C2, C3: 100 nF SMD1206

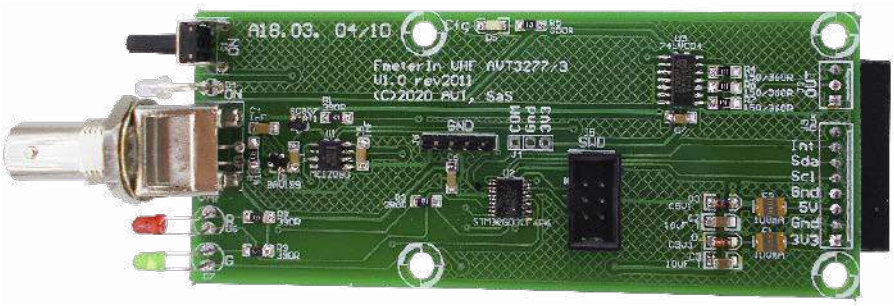
Półprzewodniki:
D1, D2: zielona dioda LED 3 mm
U1: IRM-03-3.3/HI-LINK
U2: IRM-03-5/HI-LINK
U3: 74HC74D
U4: PCA9544APW

Pozostałe:
F1: bezpiecznik SMD 250 V/63 mA
JP1: listwa kołkowa 2×3
J1: szpilki typu TB-5.0-PP-3P + złącze TB-5.0-PIN24
J2, J3: szpilki typu J3TB-5.0-PP-2P + złącze TB-5.0-PIN24
J4: złącze NS25-W4P
J5: złącze J7NS25-W5P
J6: złącze NS25-W8P
J8: złącze NS25-W6P

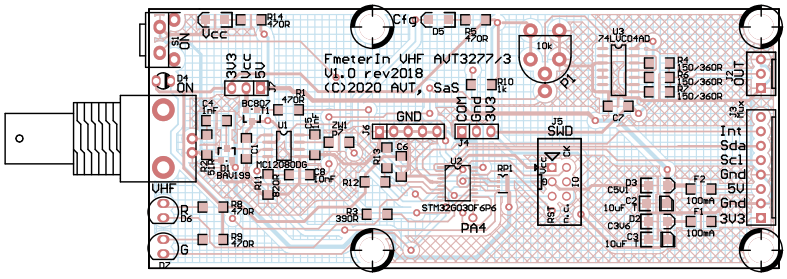
znajdują się nazwy sygnałów. W złączu J6 można umieścić testowaną płytkę wzmacniacza wejściowego AVT3277/1, /2 lub /3. W przypadku testowania na AVT3277/0, płytkę umieszczamy w jednym z złącz J9, J10, J11(b), J12(b).



Rysunek 7. Schemat płytki PCB wzmacniacza sygnału HF (AVT3277/2) (zmniejszony o 25%)



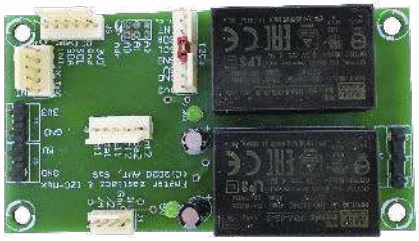
Fotografia 4. Zmontowana płytka wzmacniacza sygnału VHF (AVT3277/3)



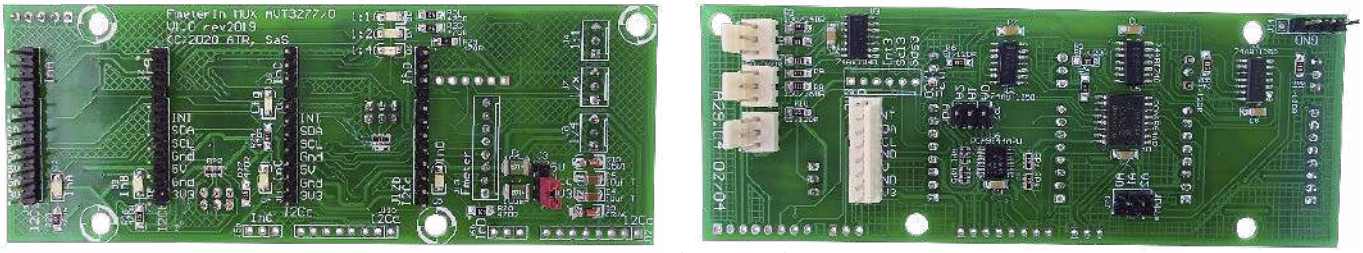
Rysunek 8. Schemat płytki PCB wzmacniacza sygnału VHF (AVT3277/3) (zmniejszony o 25%)

Do wyprowadzenia 1 i 2 złącza J7 AVT3275 podłączamy konwerter UART-USB. Uruchamiamy terminal, wybieramy port COM oraz ustawiamy parametry transmisji 921600 8N1. Po włączeniu zasilania AVT3275 po pięciu sekundach wygląd ekranu zmieni na taki, jak na **fotografii 8** – w tym przypadku wykryta płytka to AVT3277/1.

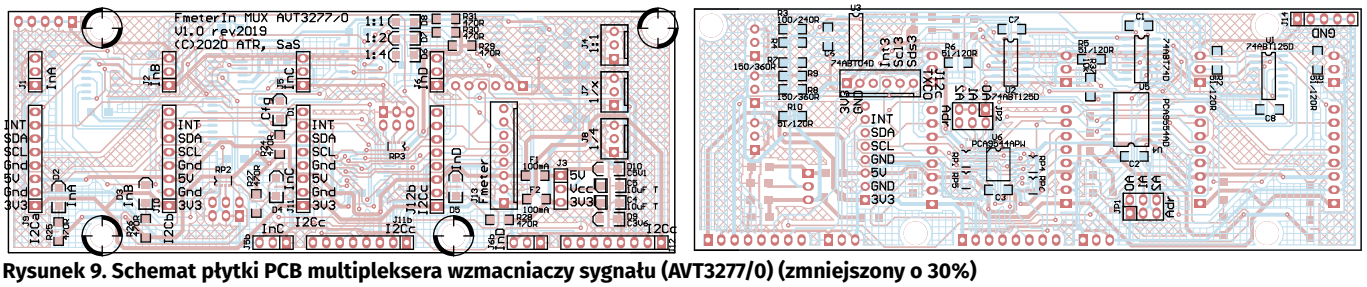
W oprogramowaniu AVT3275 V2.0 zmieniła się funkcja przycisków SCREEN i MENU. Teraz przełączanie ekranów pomiędzy pomiarem częstotliwości na wejściu A i B realizuje przycisk SRC, a nie MENU. Przełączanie ekranów możliwe jest tylko enkoderem. Przycisk MENU powoduje ukazanie się ekranu konfiguracji płytki wzmacniacza AVT3277. Ekrany są różne – dla AVT3277/1 i /3 nie pojawi się opcja tłumika 1:1/1:10, w AVT3277/0 dodatkowo nie ma opcji wyzwalania AUTO/MANUAL. Aby wejść w konfigurację opcji płytki wzmacniacza, należy nacisnąć przycisk enkodera. Modyfikowany parametr zacznie migać. Enkoderem modyfikujemy jego wartość. Kolejne naciśnięcia pozwolą na modyfikację kolejnych parametrów. Opcja „Trigger" będzie dostępna tylko wtedy, gdy wybrany jest tryb wyzwalania



Fotografia 6. Zmontowana płytka zasilacza do wzmacniaczy sygnału (AVT3277/ZAS)

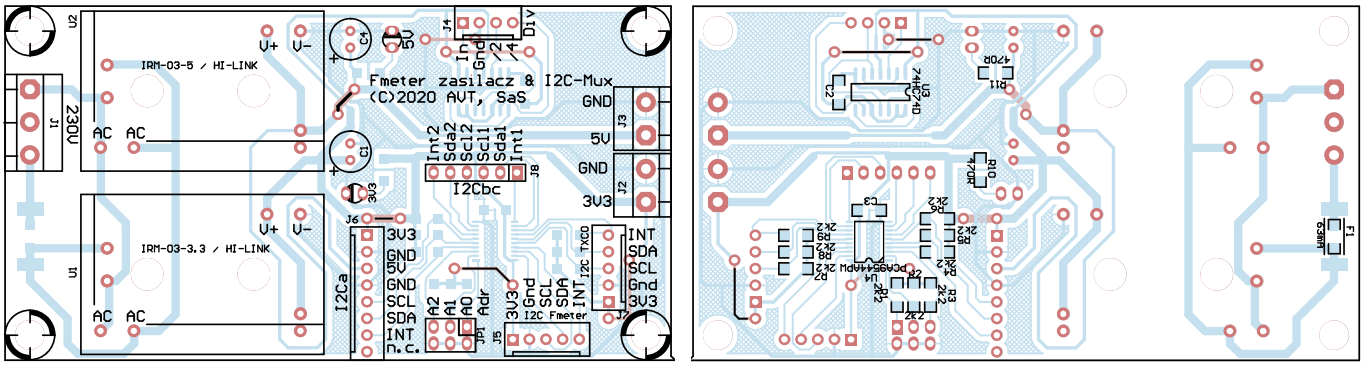


Fotografia 5. Zmontowana płytka multipleksera wzmacniaczy sygnału (AVT3277/0), pokazana od strony TOP i BOTTOM



Rysunek 9. Schemat płytki PCB multipleksera wzmacniaczy sygnału (AVT3277/0) (zmniejszony o 30%)

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 10. Schemat płytki PCB zasilacza do wzmacniaczy sygnału (AVT3277/ZAS) (zmniejszone o 14%)

Fotografia 7. Zmontowany częstościomierz wraz z modułem TXCO AVT3276

Fotografia 8. Wygląd ekranu po włączeniu zasilania

aluminiową do kartonu, tworząc swego rodzaju boksy widoczne na fotografii 7. Przy tak wysokich częstotliwościach przewód pomiarowy czy sonda musi być dobrej jakości.

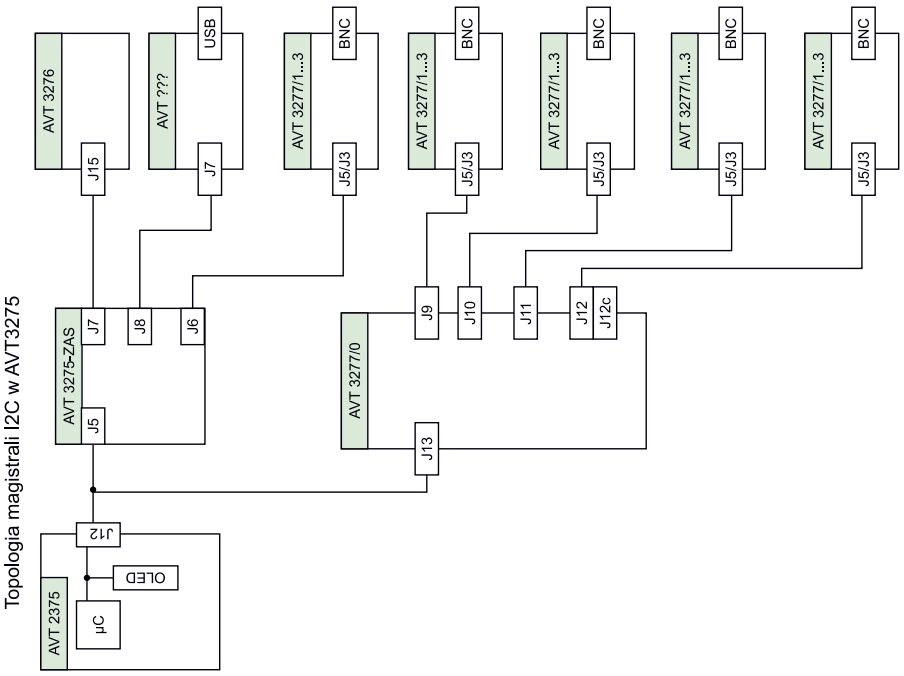
W ostatniej części artykułu wyjaśnimy kilka istotnych szczegółów dotyczących działania programu sterującego i całego urządzenia oraz opiszemy dokładnie obsługę i komunikację poprzez terminal.

SaS
sas@elportal.pl

„MANUAL". Tryb „AC/DC" zmienia się przyciskiem na płytce AVT3277/1, /2, /3, na ekranie wyświetlacza tryb pracy wyświetlany jest tylko w celach informacyjnych.

Gdy nie ma płytki multipleksera AVT3277/0, dostępna jest konfiguracja jednego wejścia. Po przetestowaniu wszystkich płytek można podłączyć multiplekser AVT3277/0. Do złącza J13 należy doprowadzić zasilanie z płytki zasilacza AVT3277/ZAS oraz magistralę I²C z częstościomierza AVT3275. Opisy na płytce multipleksera ułatwią tą operację. Domyślną topologię magistrali I²C pokazuje **rysunek 11**. Dla płytki TCXO AVT3276 przewidziano dwa miejsca, do których można ją podłączyć, ale w praktyce może to być inne miejsce, byle dostosować się do reguł opisanych dalej. Ta sama sytuacja tyczy się płytki USB z układem FT201 i izolatorem ADuM125x.

Aby możliwy był pomiar częstotliwości wyższych niż 60 MHz, płytki wzmacniaczy należy ekranować. W modelu zrealizowano to przyklejając samoprzylepną folię



Rysunek 11. Topologia magistrali I²C

eprasa.pl 54fe1c0c92

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- interfejs ethernet zrealizowany na znanym, sprawdzonym i wspieranym przez Linuxa układzie ENC28J60,
- zastosowano gotowy moduł zasilacza PoE Ag990xLP,
- moduł jest zgodny z IEE802.3af, obsługuje urządzenia klasy 0 (0,44...12,95 W),
- wymaga zasilania o napięciu 36...57 V (PSE),
- ma pełne zabezpieczenie wyjścia przetwornicy gwarantujące niezawodną pracę oraz możliwość kalibracji napięcia wyjściowego w zakresie ok. ±10%.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT5890	Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero (EP 9/2021)
AVT5882	Podwójny klucz zasilania High Side (EP 8/2021)
----	Zasilacz PoE do Raspberry Pi (EP 7/2021)
----	Cyfrowy wzmacniacz audio w formacie RPi Zero (EP 7/2021)
----	Moduł DSP Audio do Raspberry Pi (EP 6/2021)
AVT5858	Płytka bazowa dla Raspberry Pi Pico (EP 5/2021)
AVT5851	Dwukanałowy port szeregowy dla Raspberry (EP 3/2021)
AVT5847	Interfejs wyświetlacza TFT-RGB dla RPi Zero (EP 3/2021)
----	Sterownik 18 LED dla Pi Zero (EP 2/2021)
AVT5837	Moduł do pomiaru napięcia i prądu z interfejsem I²C (EP 1/2021)
AVT5811	Odtwarzacz audio z Raspberry Pi (EP 10-12/2020)
-	Kieszonkowy Linux (EP 9/2020)
AVT5776	Miniaturowa czujka ruchu dla Raspberry Pi, Arduino i nie tylko (EP 6/2020)
AVT5770	Arduino i nie tylko (EP 5/2020)
AVT5761	Czterokanałowy moduł przekaźnikowy sterowany I²C (EP 4/2020)
Projekt 249	Karta muzyczna dla Raspberry Pi (EP 3/2020)
AVT5739	Zasilacz buforowy z superkondensatorami dla Raspberry Pi (EP 1/2020)
----	Instalacja zegara czasu rzeczywistego w Raspberry Pi (EP 9/2019)
----	Domowy serwer Network Attached Storage na Raspberry Pi (EP 9/2019)
----	Sprzętowy przycisk do wyłączania Raspberry Pi (EP 9/2019)
AVT5689	Budżetowy interfejs USB-I²S (EP 7/2019)
AVT5680	Sensor smogu z technologią Bluetooth Low Energy (EP 4/2019)
----	Miniaturowy moduł interfejsu RS485 dla Raspberry Pi, launchpadów i nie tylko (EP 11/2018)
----	Budowa projektora DLP z użyciem Raspberry Pi 3 oraz modułu TI LightCrafter Display 2000 (EP 9/2018)
AVT1989	Miniaturowy driver LED RGBW z interfejsem I²C (EP 8/2018)
----	2-portowy, miniaturowy hub USB zgodny z Raspberry Pi Zero (EP 6/2018)
----	Płytka rozszerzeń GPIO dla Raspberry Pi Zero (EP 5/2018)
----	Moduł audio do Raspberry Pi Zero (EP 4/2018)
----	Płytka wejść analogowych dla Raspberry Pi Zero (EP 3/2018)
AVT1947	Przenośny zasilacz dla Raspberry Pi Zero (EP 2/2017)
AVT1939	Miniaturowa klawiatura USB do Raspberry Pi (EP 11/2016)
AVT1937	Płytka domowej automatyki dla Raspberry Pi Zero (EP 10/2016)
AVT1936	Combo Audio DAC dla Raspberry Pi (EP 10/2016
----	Stacjonarny odtwarzacz audio Media Pi (EP 8/2016)
AVT1909	Driver silników prądu stałego dla Raspberry Pi Zero (EP 6/2016)
AVT1906	Moduł audio DAC dla Raspberry Pi z wyjściami I²S i S/PDIF (EP 5/2016)
AVT1905	Interfejs Ethernet dla Raspberry Pi Zero (EP 4/2016)
AVT1896	RaspbPI DAC+ (EP 1/2016)
AVT5515	HABoard – moduł automatyki domowej dla RPi+ (EP 10/2015)
AVT5513	Moduły do komunikacji szeregowej Xbee dla Raspberry Pi i nie tylko (EP 9/2015)
AVT1854	RaspbPI_PLUS_GPIO. Moduł rozszerzeń GPIO Pi B+ (EP 6/2015)
AVT1851	RaspbPI_DAC – przetwornik audio dla Raspberry Pi (EP 4/2015)
AVT1827	RaspbPI_NFC – płytka czytnika RFID dla Raspberry Pi i nie tylko (EP 9/2014)
AVT5459	RaspbPI_GSM Płytka z modemem GSM dla Raspberry Pi (EP 7/2014)
AVT5431,-32,-33	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (4) – RaspbPi_LCD, RaspbPi_Relay, RaspbPi_LED8_PWM_ Expander (EP 1/2014)
AVT5412,-13,-14	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (3) - RaspbPi_ DIO16, RaspbPi_HUB, RaspbPi_DCM (EP 9/2013)
AVT5402_2	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (2) – Płytka do komunikacji szeregowej (EP 7/2013)
AVT5402	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (1) – Płytka stykowa, moduł I/O, moduł wejść analogowych (EP 6/2013)
AVT5146	4-portowy Hub USB 2.0 (EP 9/2008)

W ofercie AVT*

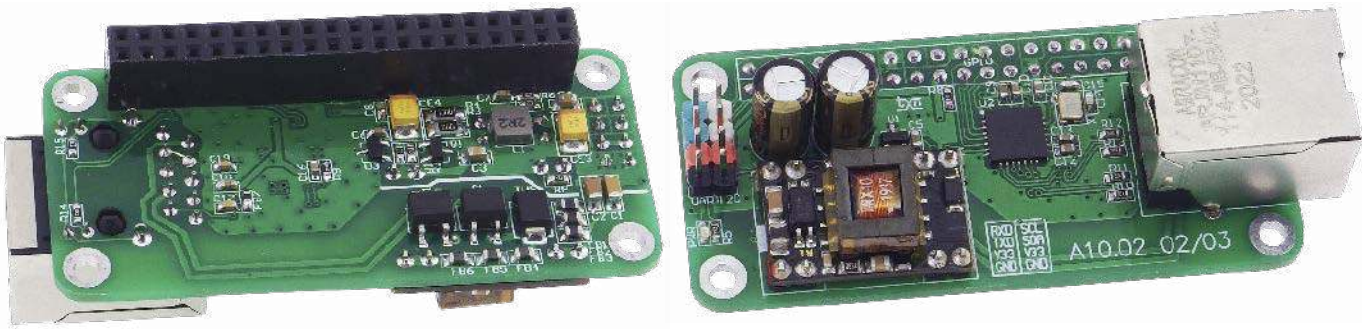
AVT5896

* 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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

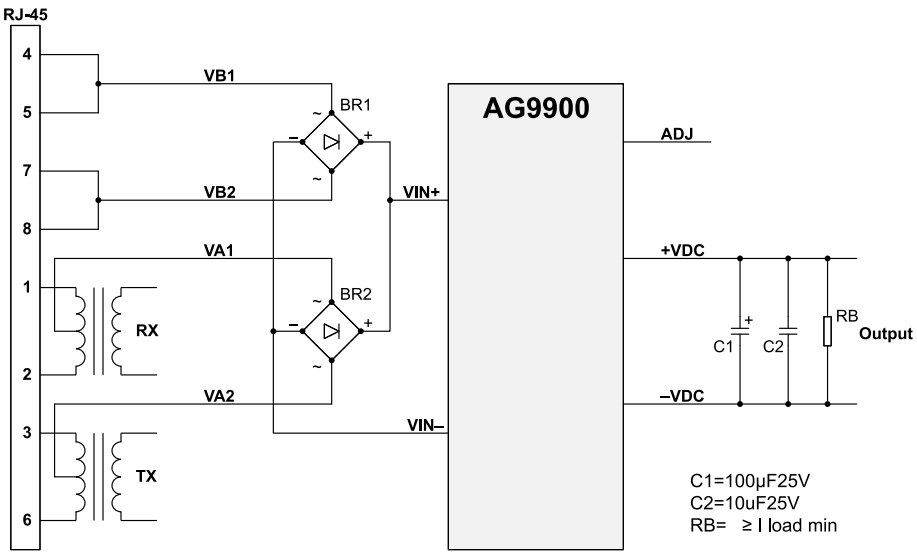


Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero

Opisana nakładka ułatwia zastosowanie Raspberry Pi Zero w aplikacjach IoT, oraz automatyce domowej, gdzie karta sieciowa z wbudowanym zasilaczem PoE zgodnym z IEE802.3af upraszcza okablowanie aplikacji.

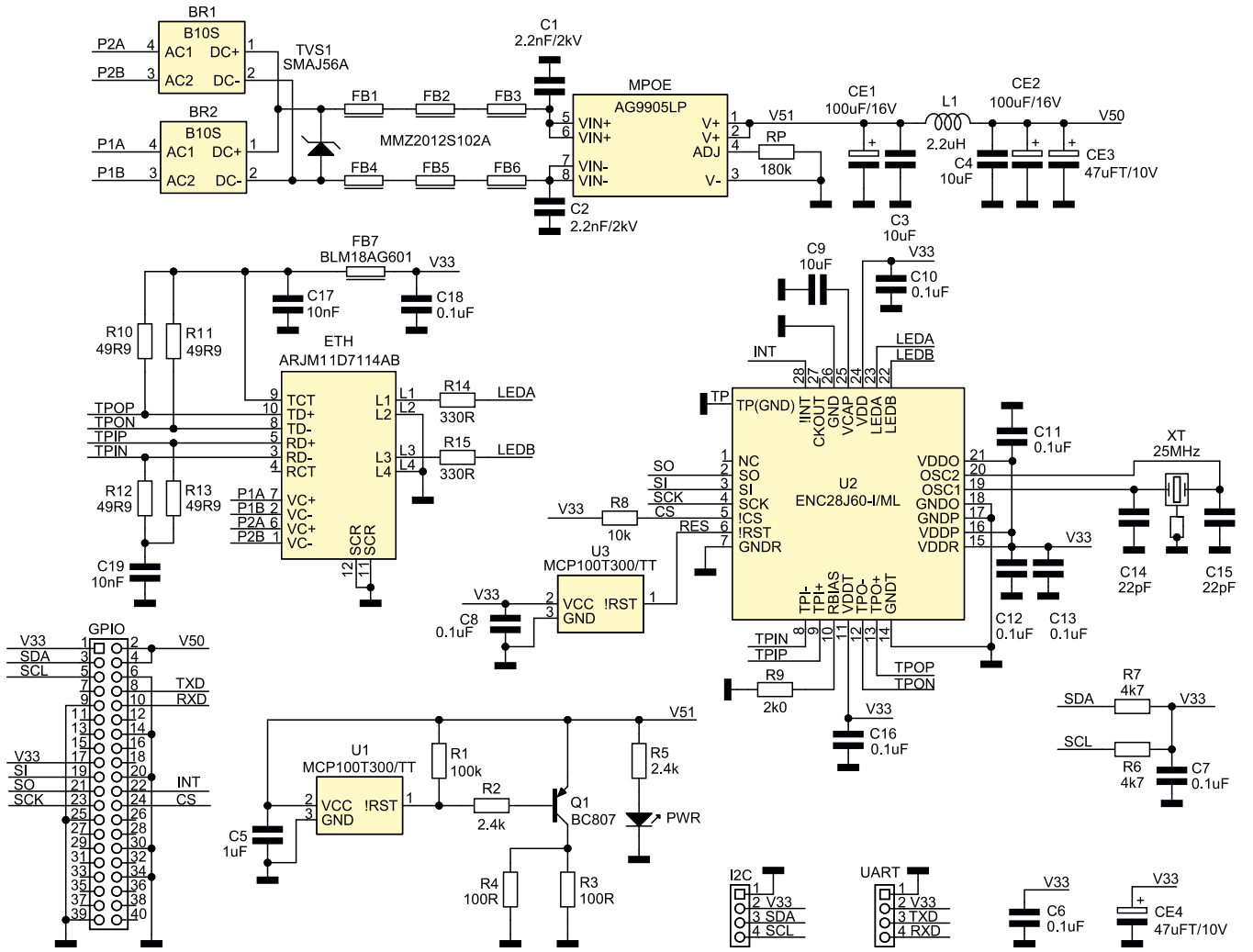
Uproszczoną zasadę działania PoE (*Power over Ethernet*) pokazano na **rysunku 1**. Oprócz transmisji danych jednym standardowym przewodem dostarczane jest także zasilanie. W wersji podstawowej służą do tego wolne pary interfejsu 10M/100M (żyły 4, 5, 7, 8), co pozwala na zastosowanie typowych gniazd i transformatorów sprzęgających. W wersji rozszerzonej, zasilanie jest przesyłanie tymi samymi parami przewodów co transmisja danych (żyły 1, 2, 3, 6), co wymusza zastosowanie specjalizowanych gniazd lub transformatorów sprzęgających zdolnych do pracy z większymi prądami uzwojeń.

W sieci z systemem PoE są dwa urządzenia:
- PSE – źródło zasilania, którym może być switch/router PoE lub zasilacz PoE,
- PD – urządzenie zasilane, dowolny odbiornik zgodny z PoE, np.: kamera IP, punkt dostępowy Wi-Fi itp.



Rysunek 1. Uproszczony schemat połączenia bloku zasilania PoE z typowym złączem RJ-45

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 2. Schemat ideowy karty sieciowej z PoE

Aby zapewnić odpowiednią moc zasilania, przy niewielkich przekrojach przewodów (ok. 0,2 mm²) podobnie jak w energetyce, zdecydowano o podniesieniu wartości przesyłanego napięcia PoE do wartości ok. 48 V (jeszcze bezpieczne). Teoretycznie umożliwia to dostarczenie z PSE mocy do 15,4 W. Każde z urządzeń PD, w zależności od klasy (0...3, 4) ma przydzielony dopuszczalny zakres pobieranej mocy:

- 0 – 0,44...12,95 W,
- 1 – 0,44...3,84 W,
- 2 – 3,84...6,49 W,
- 3 – 6,49...12,95 W,
- 4 – jest zarezerwowane dla przyszłych zastosowań.

Budowa i działanie

Schemat modułu karty sieciowej z PoE został pokazany na **rysunku 2**. Układ składa się z dwóch bloków: interfejsu Ethernet i zasilacza PoE. Rolę interfejsu pełni znany, sprawdzony i wspierany przez Linuxa układ ENC28J60. Jest to co prawda tylko interfejs 10BASE-T, ale w domowej automatyce taka przepustowość jest wystarczająca. Układ U2 zasilany jest napięciem 3,3 V bezpośrednio z Raspberry. Układ U3 zapewnia reset U2 po włączeniu zasilania. Do komunikacji z Raspberry układ ENC28J60 używa interfejsu SPI. Odbiornik i nadajnik U2 współpracuje z gniazdem RJ45 ze zintegrowanym transformatorem ETH. Wbudowane w gniazdo diody LED sygnalizują stan interfejsu. Wyprowadzenia VC+/– umożliwiają podłączenie przetwornicy PoE korzystającej zarówno z przesyłu wydzielonymi parami 4/5 i 7/8 jak i wykorzystującymi linie danych 1/2 i 3/6.

W układzie zastosowano gotowy moduł zasilacza PoE. Wśród dostępnych na rynku opracowań, wybrany został moduł z rodziny Ag990xLP firmy Silvertel. Moduły są zgodne z IEE802.3af, obsługują urządzenia Class0, dopuszczają zasilanie 36–57 V (PSE), posiadają pełne zabezpieczenie wyjścia przetwornicy gwarantujące niezawodną pracę oraz możliwość kalibracji napięcia wyjściowego w zakresie ok. ±10%.

Zastosowanie mostków prostowniczych BR1 i BR2 zapewnia współpracę nakładki z oboma modelami zasilania. Transil TVS1 zabezpiecza przetwornicę przed skutkami przepięć. Dławiki ferrytowe FB1...6 ograniczają zakłócenia EMI generowane przez przetwornicę MPoE. Zastosowany moduł zasilacza AG9905LP dostarcza napięcia 5 V. Rezystor RP umożliwia kalibrację napięcia

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

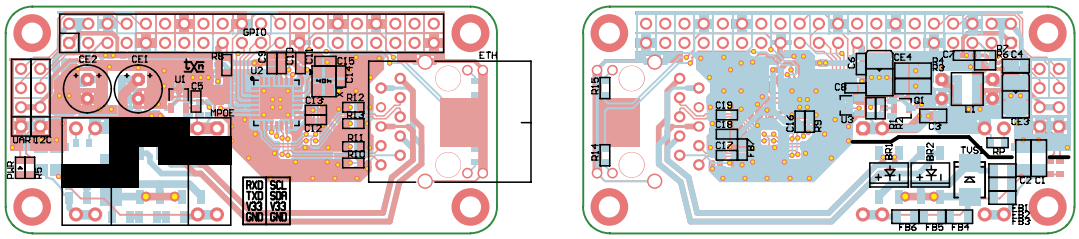
Rezystory:
(SMD0603, 1%, o ile nie zaznaczono inaczej)
R1 100 kΩ
R2, R5: 2,4 kΩ
R3, R4: 100 Ω SMD1206
R6, R7: 4,7 kΩ
R8: 10 kΩ
R9: 2 kΩ
R10, R11, R12, R13: 49,9 Ω
R14, R15: 330 Ω
RP: 180 kΩ

Kondensatory:
C1, C2: 2,2 nF/2 kV SMD1206
C3, C4: 10 µF SMD0805
C5: 1 µF SMD0603
C6...C8, C10...C13, C16, C18: 0,1 µF SMD0603
C9: 10 µF SMD0603
C14, C15: 22 pF SMD0603
C17, C19: 10 nF SMD0603
CE1, CE2: 100 µF/16 V, low ESR, 6,3 mm
CE3, CE4: 47 µF/10 V SMD3528 tantalowy

Półprzewodniki:
BR1, BR2: mostek prostowniczy 600 V/1 A
MPOE: moduł PoE Silvertel AG9905LP (5 V)
PWR: dioda LED SMD0603
Q1: BC807 (SOT-23)
TVS1: transil SMAJ56A
U1, U3: MCP100T300/TT (SOT-23)
U2: ENC28J60-I/ML (QFN28)

Pozostałe:
XT: rezonator kwarcowy 25 MHz CFPX-180
L1: 2,2 µH dławik WE 74438356022
FB1...FB6: dławik ferrytowy MMZ2012S102A SMD0805
FB7: dławik ferrytowy BLM18AG601 SMD0603
GPIO: złącze IDC40 żeńskie do druku
I2C, UART: listwa SIP4 2,54 mm
ETH: gniazdo RJ45 z transformatorem PoE ARJM11D7114

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

wyjściowego modułu (podniesienie napięcia). Dla zapewnienia niezawodnej współpracy z Raspberry Zero, napięcie wyjściowe ustalone jest na 5,2 V. Jest to wartość bezpieczna dla Pi, a jednocześnie zapewniony zostaje zwiększony margines zasilania dla podłączonych urządzeń USB, kompensując spadki napięć na płytce i kluczach zasilania portów. Kondensator CE1 zapewnia filtrację zasilania 5,2 V, dodatkowy filtr L1, CE2, CE3 obniża poziom szumów na wyjściu układu. Kondensatory ceramiczne C3, C4 podnoszą skuteczność filtracji wysokich częstotliwości.

Przetwornica AG9905LP współpracuje z zalecanym przez producenta układem wstępnego obciążenia. Praktycznie każdy z modułów PoE musi pracować z minimalnym obciążeniem, gdyż tylko wtedy zagwarantowane są parametry wyjściowe. Dotyczy to też momentu rozruchu wbudowanej przetwornicy. Spełnienie warunków gwarantuje pracę PSE bez zakłóceń. Układ detektora progu zasilania U1 (MCP100T-3.00) nadzoruje napięcie wyjściowe przetwornicy. Jeżeli jest ono niższe od progu zadziałania, na jego wyjściu utrzymywany jest stan niski, który otwiera tranzystor Q1 włączający rezystory obciążenia wstępnego R3, R4. Po przekroczeniu napięcia progowego, tranzystor jest odcinany, a obciążenie przetwornicy zapewnia uruchamiające się Raspberry Pi Zero.

Dioda PWR sygnalizuje obecność zasilania PoE. Płytka dodatkowo wyposażona jest w wyprowadzenia interfejsów UART i I²C w postaci złącz szpilkowych.

Montaż i uruchomienie

Interfejs został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat pokazuje **rysunek 3**. Montaż nie jest trudny i nie wymaga opisu, wszelkie wątpliwości wyjaśnia fotografia tytułowa zmontowanego układu.

Uwaga: w module przetwornicy występują napięcia o wartości siegającej 60 V. Należy zachować szczególną ostrożność podczas uruchamiania układu. Dla zwiększenia bezpieczeństwa polecam moduł zabezpieczyć dodatkowo przekładką lub taśmą izolacyjną.

Dla uruchomienia obsługi układu ENC28J60 konieczna jest konfiguracja systemu. W pierwszym kroku należy uaktywnić interfejs SPI i zrestartować RPi. Następnie w pliku: */boot/config.txt* należy dodać linię:

```
dtoverlay=enc28j60
```

Po restarcie interfejs sieciowy będzie aktywny.

Przed podłączeniem modułu do Pi warto przeprowadzić próby działania. Do wejścia PoE należy doprowadzić napięcie 48 V (wyprowadzenia 1, 2 PoE), wyjście V50 (wyprowadzenia 1, 3 GPIO) należy podłączyć do sztucznego obciążenia 0,1...1 A. Po włączeniu zasilania na wyjściu powinno pojawić się napięcie ok. 5,2 V. Zmieniając prąd obciążenia oraz zasilanie w zakresie 37..57 V sprawdzamy stabilność napięcia wyjściowego, które powinno zawierać się w przedziale 4,8...5,2 V. Dodatkowo jakość zasilania można sprawdzić oscyloskopem, poziom szumów nie powinien przekraczać 50 mV przy maksymalnym obciążeniu (w rzeczywistości jest niższy).

Jeżeli moduł pracuje prawidłowo, możemy podłączyć go do Raspberry Pi Zero oraz do switcha lub zasilacza PoE. Po włączeniu zasilania ponownie sprawdzamy napięcie wyjściowe. Zalecane obciążenie modułu MPoE to 4,5 W, zależy ono od temperatury otoczenia i przy odpowiednim chłodzeniu może sięgać 7,5 W.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

eprasa.pl 54fe1c0c92

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5894

Podstawowe parametry:

- szerokiemu zakresowi napięć zasilania 1,8–5,5 V,
- aktywny kanał (jeden lub kilka) wybierany poprzez bezpośrednią konfigurację jednego rejestru,
- nie wymaga dodatkowych wyprowadzeń sterujących,
- na jednej magistrali może współpracować do ośmiu takich układów, co daje możliwość współpracy z 64 układami slave.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

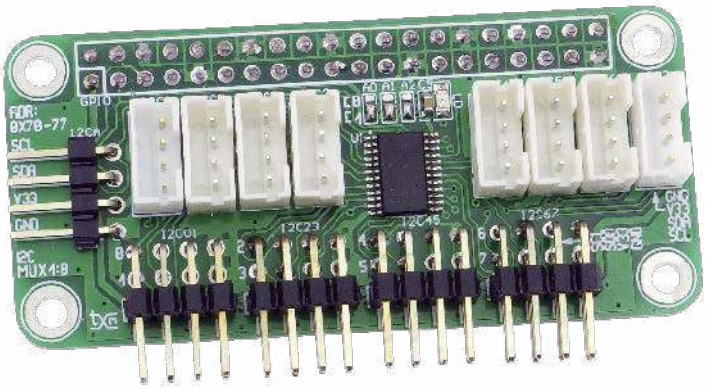
AVT5884	Expander portu szeregowego UART dla magistrali I²C (EP 9/2021)
AVT5881	Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C (EP 8/2021)
AVT5854	Przedłużacz magistrali I²C (EP 4/2021)
----	Izolator magistrali I²C (EP 3/2021)
AVT5786	Translator adresu magistrali I²C (EP 8/2020)
----	Expander IO z interfejsem I²C (EP 6/2020)
AVT5769	Podwójny potencjometr z interfejsem I²C (EP 5/2020)
----	Moduł wyjść dużej mocy z kontrolą poprzez I²C (EP 5/2020)
AVT5751	I²C Extender – przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C (EP 3/2020)
AVT5708	Przedłużacz magistrali I²C (EP 8/2019)
AVT5687	Konwerter poziomów magistrali I²C (EP 7/2019)
AVT5154	Wyświetlacz LCD sterowany magistralą I²C (EP 10/2008)
AVT5147	Moduł wyświetlacza LED sterowany magistralą I²C (EP 9/2008)
AVT1439	Sprzętowy konwerter RS232<–>I²C (EP 8/2006)
AVT816	Uniwersalne moduły I²C (EP 5/1999)
AVT480	Mikroprocesorowy interfejs I²C (EP 12/1998)

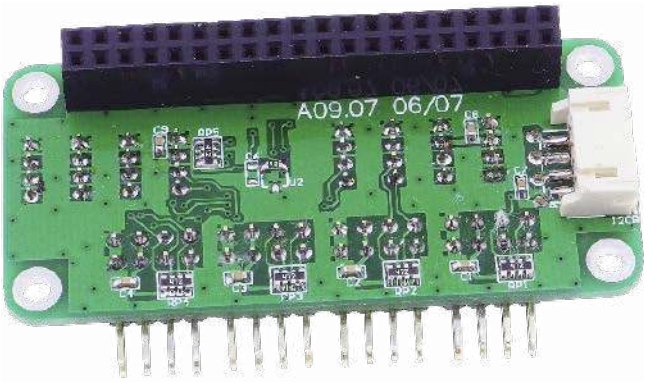
* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować 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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

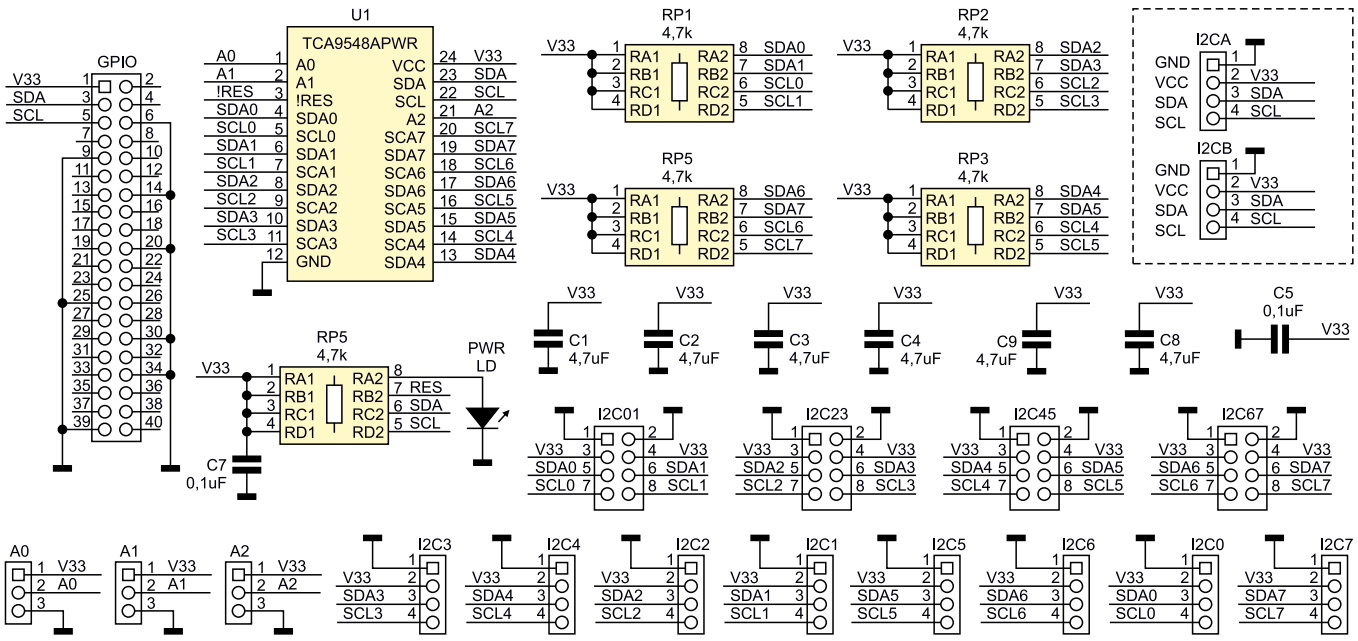




Ośmiokanałowy multiplekser magistrali I²C

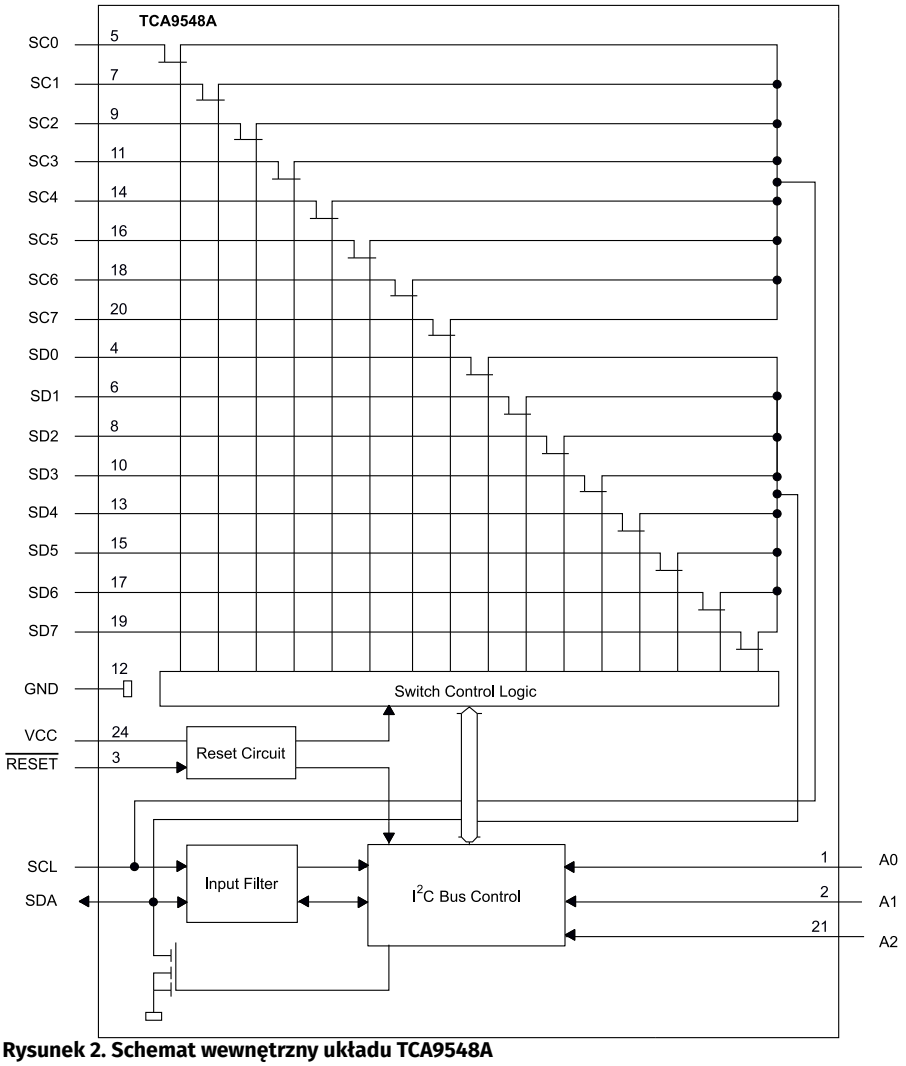
Multiplekser magistrali I2C będzie przydatny np. wtedy, gdy zachodzi konieczność użycia kilku takich samych układów na jednej magistrali, a nie mają one możliwości fizycznej zmiany adresu. Mogą to być czujniki gazu SGP30, czujniki oświetlenia serii VEML lub sensory parametrów środowiskowych serii BMP. Dzięki uniwersalnym złączom i szerokiemu zakresowi napięć zasilania, układ współpracuje poprawnie z nie tylko z Raspberry Pi ale także z Arduino MKR, STM Nucleo itd.

Moduł bazuje na układzie multipleksera magistrali I²C typu TCA9548A, którego schemat wewnętrzny został pokazany na **rysunku 2**. W swojej strukturze układ zawiera ośmiokanałowy multiplekser cyfrowy, którego aktywny kanał (jeden lub kilka) wybierany jest poprzez bezpośrednią konfigurację rejestru i nie wymaga dodatkowych wyprowadzeń



Rysunek 1. Schemat modułu multipleksera magistrali I²C

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 2. Schemat wewnętrzny układu TCA9548A

sterujących. Dzięki elastycznej adresacji na jednej magistrali może współpracować do ośmiu takich układów, co daje możliwość współpracy z 64 układami slave pozbawionymi możliwości zmiany adresacji, o ile utrzymamy parametry elektryczne magistrali I²C.

Budowa i działanie

Schemat ideowy modułu jest pokazany na **rysunku 1**. Sygnały magistrali I²C wraz z zasilaniem (3,3 V) dla części cyfrowej doprowadzone są ze złącza GPIO, gdy moduł podłączony jest do Raspberry Pi lub ze złącz I2CA, I2CB w przypadku innych płytek uruchomieniowych. Magistrala I²C od strony układu master doprowadzona jest do wejścia multipleksera – wyprowadzenia SC, SDA U1. Linie magistrali wraz z zasilaniem dla układów slave wyprowadzone sa na dwie grupy złącz I2C0...I2C7 (PH 2 mm) i I2C01...I2C67 (szpilkowe 2,54 mm).

Dioda LD sygnalizuje obecność zasilania, rezystory RP1...RP5 podciągają wstępnie magistralę, ich wartość można zoptymalizować w zależności od docelowego napięcia zasilania układu. Zwory A0...A2 umożliwiają zdefiniowanie adresu bazowego TCA9548A pomiędzy 0x70...0x77. Domyślnie na płytce wszystkie ustawione są w stan wysoki (zwarcie do V33), a układ U1 widoczny jest pod adresem 0x77.

Układ TCA9548A ma tylko jeden 8 bitowy rejestr kontrolny pod ustawionym adresem bazowym, który można odczytywać i zapisywać. Domyślnie po włączeniu zasilania wszystkie magistrale są odłączone i w rejestrze inicjowana jest wartość 0x00. Ustawienie kolejne bitów od B0 do B7 aktywuje klucze odpowiadające magistralom I2C0 do I2C7. Zapis wartości 0x01 wybiera odpowiednio magistralę I2C0, zapis 0x80 magistralę I2C7. TCA9548A umożliwia jednoczesne załączenie kilku magistral, po ustawieniu w rejestrze sterującym odpowiadających im bitów – trzeba zwrócić szczególną uwagę czy taka sytuacja nie doprowadzi do zablokowania lub nie przekroczy dopuszczalnych pojemności obciążenia magistrali.

Montaż i uruchomienie

Moduł został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu. Zmontowany moduł pokazuje fotografia tytułowa. Zamiennie do układu TCA9548A (TI) można zastosować układ PCA9548A (NXP).

Dla sprawdzenia modułu podłączonego do Raspberry Pi można użyć narzędzia z pakietu i2ctools. Sprawdzamy obecność modułu na magistrali:

`pi@raspberrypi:~ $ i2cdetect -y 1,`

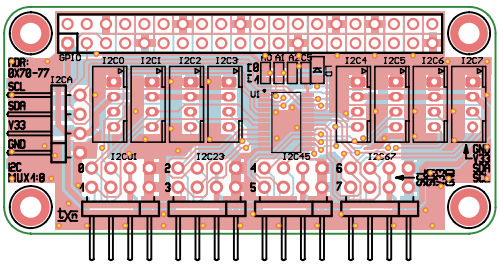
efekt został pokazany na **listingu 1**. Po włączeniu zasilania TCA9548A widoczny jest pod adresem 0x77 i ma odłączone wszystkie wyjścia multipleksera. Aktywny kanał I2C0, wybieramy poleceniem:

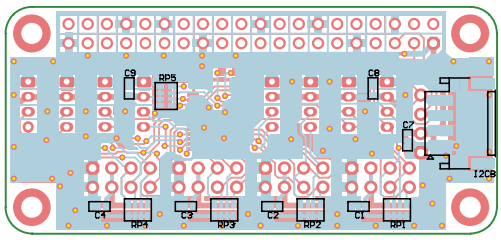
Listing 1. Sprawdzenie obecności układu na magistrali

```
pi@raspberrypi:~ $ i2cdetect -y 1
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          -- 04 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- UU -- -- -- -- -- -- --
50: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: -- -- -- -- -- -- -- 77
```

Listing 2. Uaktywniony kanał I2C0

```
pi@raspberrypi:~ $ i2cset -y 1 0x77 0x01
pi@raspberrypi:~ $ i2cdetect -y 1
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          -- 04 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- 29 -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- UU 49 -- -- -- -- -- --
50: -- -- -- -- -- -- -- -- 58 -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: -- -- -- -- -- -- -- 77
```





Rysunek 3. Schemat płytki PCB

eprasa.pl 54fe1c0c92

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
RP1...RP5: 4,7 kΩ drabinka rezystorowa SMD CRA06S08

Kondensatory:
C1...C4, C8, C9: 4,7 µF SMD0603
C5, C7: 0,1 µF SMD0603

Półprzewodniki:
LD: dioda LED SMD0805
U1: TCA9458APWR (TSSOP24)

Pozostałe:
A0...A2: zwora SMD0603
GPIO: złącze IDC żeńskie
I2C0, I2C1...I2C7: złącze PH 2 mm 4 piny proste
I2C01, I2C23, I2C45, I2C67: złącze IDC kątowe męskie 2×4 piny 2,54 mm
I2CA: złącze SIP proste męskie 1×4 piny 2,54 mm
I2CB: złącze JST 1 mm 4 piny kątowe

```
pi@raspberrypi:~ $ i2cset -y 1 0x77 0x01
```

po ponownym skanowaniu magistrali widoczne są wszystkie zainstalowane na module przetworniki dostępne poprzez I2C0 oraz układy dostępne po „pierwotnej" stronie multipleksera – **listing 2**.

Aby wybrać drugi kanał I2C1 wykonujemy polecenie:

```
pi@raspberrypi:~ $ i2cset -y 1 0x77 0x02
```

i ponownie sprawdzamy magistralę. Tym razem widoczne są czujniki z kanału I2C1. Metoda współpracy z TCA9548A jest bardzo prosta, ale wymaga każdorazowego przełączenia się na odpowiednią magistralę.

Drugą znacznie bardziej efektywną metodą jest użycie sterownika systemowego. W tym celu w pliku *config.txt* dodajemy linię:

```
dtoverlay=i2c-mux,pca9548,addr=0x77
```

Jeżeli mamy ustawiony inny adres zworami A0...A2, to musimy odpowiednio zmodyfikować parametr `adrr`. Po restarcie systemu poleceniem:

```
sudo reboot now
```

powinien zostać uruchomiony driver dla TCA9548A. Magistralę po „wtórnej" stronie multipleksera (i2c-1-mux) są teraz „zmapowane" od i2c-mux-7 do i2cmux-13 i w taki sposób należy odwoływać się do nich w systemie. Sprawdzenie mapowania odbywa się poleceniem:

```
pi@raspberrypi:~ $ i2cdetect -l
```

Odpowiedź została pokazana na **listingu 3**. Mapowanie magistral zależy od konfiguracji Raspberry Pi, poszczególne magistrale mogą mieć nadane inne identyfikatory, sposób użycia pozostaje jednak nie zmieniony. Przykładowo sprawdzenie układów na magistrali I2C3, (chan_id 3) odbywa się poleceniem:

```
pi@raspberrypi:~ $ i2cdetect -y 10
```

Listing 3. Sterowanie układem z użyciem sterownika systemowego

```
pi@raspberrypi:~ $ i2cdetect -l
i2c-13  i2c i2c-1-mux (chan_id 6)   I2C adapter
i2c-1   i2c bcm2835 I2C adapter     I2C adapter
i2c-11  i2c i2c-1-mux (chan_id 4)   I2C adapter
i2c-8   i2c i2c-1-mux (chan_id 1)   I2C adapter
i2c-14  i2c i2c-1-mux (chan_id 7)   I2C adapter
i2c-12  i2c i2c-1-mux (chan_id 5)   I2C adapter
i2c-9   i2c i2c-1-mux (chan_id 2)   I2C adapter
i2c-10  i2c i2c-1-mux (chan_id 3)   I2C adapter
i2c-7   i2c i2c-1-mux (chan_id 0)   I2C adapter
```

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- tranzystor MOSFET jako element wykonawczy,
- możliwość przewodzenia prądu o natężeniu do 20 A,
- napięcie zasilania obciążenia: 0...50 V,
- oddzielne wejście zasilania bloku sterującego,
- wbudowane zabezpieczenia tranzystora wykonawczego,
- izolacja galwaniczna zrealizowana transoptorem.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT5682 Przekaźnik elektromagnetyczny 230 V sterowany optoelektronicznie (EP 6/2019)
AVT1914 Uniwersalny, 2-kanałowy moduł przekaźnikowy (EP 8/2016)
AVT1916 Konfigurowalny przełącznik 4-kanałowy (EP 8/2016)
AVT5538 Moduł załączający z triakami (EP 5/2016)
AVT1733 Dwukanałowy, optoizolowany moduł przekaźnikowy (EP 6/2015)
AVT3130 Moduł I/O sterowany przez USB (EdW 5/2015)
AVT1815 4-kanałowy przełącznik sterowany dowolnym pilotem IR (EP 8/2014)
AVT1679 Moduł wykonawczy z triakami (EP 6/2012)
AVT1656 Uniwersalny moduł wykonawczy (EP 12/2011)
AVT1481 Przekaźnikowy moduł wykonawczy (EP 8/2008)
AVT1965 Moduł wykonawczy z triakiem (EP 8/2017)

W ofercie AVT*
AVT5895

* 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

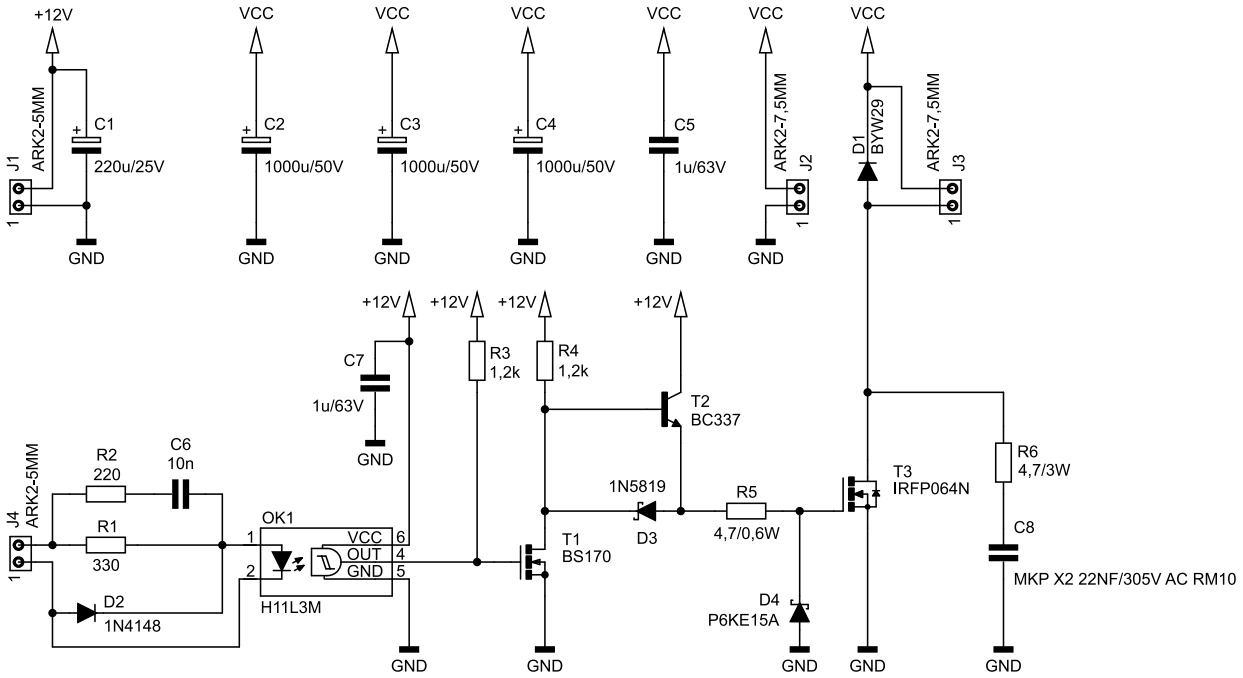
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Tranzystorowy moduł wykonawczy z optoizolacją

Przełączanie prądu o wysokim natężeniu może przysporzyć wielu nieoczekiwanych problemów. Straty mocy, generowane zakłócenia, zapewnienie odpowiednio szerokich ścieżek – to tylko część zagadnień, którym należy sprostać. Zaprezentowany moduł pozwala w prosty sposób zrealizować wysokoprądowe wyjście sterujące. Dodatkowo zapewnia izolację galwaniczną między układem sterującym, a generującą zakłócenia częścią wysokiej mocy.

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

Mikrokontrolery nie są w stanie przełączać obciążeń pobierających znaczny prąd, wymagają stosowania odpowiednich układów wykonawczych. Najlepiej, aby taki układ miał wbudowane zabezpieczenia chroniące sam element wykonawczy przed uszkodzeniem. Jeszcze lepiej, aby te zabezpieczenia uwzględniały również obciążenia indukcyjne, takie jak silniki prądu stałego. Izolacja galwaniczna również przyczynia się do poprawy stopnia ochrony delikatnego układu sterującego. Wszystkie te funkcje ma zaprezentowany moduł. Wystarczy dołączyć dwa źródła zasilania, obciążenie i sygnał sterujący. Dzięki temu można skupić się na rozwoju innych funkcji urządzenia, na przykład jego oprogramowaniu.

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 1**. Elementem wykonawczym jest tranzystor MOSFET typu IRFP064N. Jego rezystancja otwartego kanału to jedynie 8 mΩ, co gwarantuje powstawanie minimalnych strat mocy. Przy przepływie prądu o maksymalnym dopuszczalnym natężeniu (20 A) wydzieli się na nim niewielka moc, jedynie 3,2 W.

Izolację galwaniczną zapewnia transoptor OK1. Układ sterujący, który załącza diodę LED w jego strukturze, wywołuje przewodzenie elementu odbiorczego po drugiej stronie izolatora. W strukturę tego transoptora jest wbudowany przerzutnik Schmitta, który zapewnia możliwie szybkie przełączanie wyjścia wraz z niewielką histerezą. Takie warunki umożliwiają prawidłowe odtworzenie prostokątnego sygnału sterującego. Jednak sama dioda również wymaga odpowiedniego sterowania, aby spełniała swoją funkcję. Równolegle do rezystora R1, który ogranicza prąd przez nią płynący, znajduje się rezystor R2 połączony szeregowo z C6. Kondensator ma niewielką pojemność, bowiem jego rolą jest zwiększenie natężenia prądu diody w momentach występowania zboczy sygnału sterującego. Wtedy R1 i R2 na krótką chwilę stają się połączone równolegle, gdyż C6 stanowi zwarcie dla szybkich zmian napięcia. Dioda D2 zabezpiecza diodę LED przed przebiciem wywołanym przez impulsy napięcia o przeciwnej polaryzacji.

Wyjście transoptora odwraca sygnał, czyli przyjmuje niski stan logiczny po załączeniu diody LED. Dlatego w roli odwracacza fazy użyto tranzystora T1 typu MOSFET, który nie wchodzi w nasycenie, bowiem jest to tranzystor unipolarny. Czas trwania impulsów nie będzie zniekształcony przez opóźnienie wynikające z wychodzenia tego elementu ze stanu nasycenia. Rezystor R3 polaryzuje jego bramkę potencjałem dodatnim, aby domyślnie jego kanał był otwarty. Obciążeniem drenu T1 jest rezystor R4, który ma jednak zbyt dużą wartość, aby szybko przeładowywać pojemność wejściową tranzystora wykonawczego – T3. Z tego powodu między drenem T1 a bramką T3 zostały dodane dwa elementy przyspieszające ten proces: wtórnik napięciowy na tranzystorze T2, który zmniejsza rezystancję R4 „widzianą" przez bramkę T3 oraz diodę D3, która otwiera się podczas opadania potencjału drenu T1. W ten sposób została zmniejszona dysproporcja między rezystancją ładującą bramkę T3 a rozładowującą ją.

Rezystor R5 ogranicza prąd przeładowujący pojemność wejściową T3. Z kolei dioda D4 zabezpiecza izolator podbramkowy tranzystora T3 przed przebiciem, które powstałoby po przekroczeniu dopuszczalnego napięcia bramka-źródło. Szybka dioda typu transil lepiej sprawdzi się w takim układzie niż dioda Zenera, ponieważ jej przełączanie zajmuje zdecydowanie mniej czasu, a powstające zakłócenia mogą mieć postać szpilek.

Do ochrony tranzystora T3 przed wspomnianymi zakłóceniami służy dioda D1 oraz gasik RC, złożony z rezystora R6 i kondensatora C8. Teoretycznie rzecz biorąc, wartości elementów gasika powinny zostać precyzyjnie dobrane do przełączanego obciążenia

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

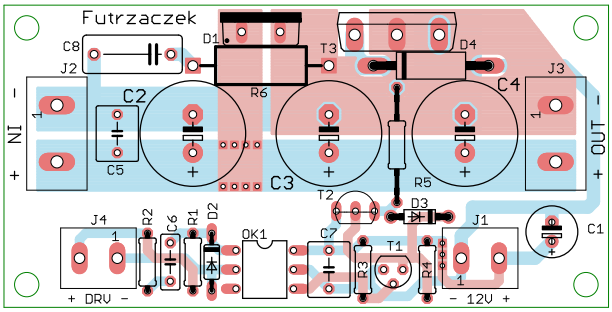
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W jeżeli nie zaznaczono inaczej)
R1: 330 Ω
R2: 220 Ω
R3, R4: 1,2 kΩ
R5: 4,7 Ω 0,6 W
R6: 4,7 Ω 3 W

Kondensatory:
C1: 220 μF 25 V
C2...C4: 1000 μF 50 V
C5, C7: 1 μF 63 V MKT
C6: 10 nF MKT
C8: 22 nF 305 V X2 MKP

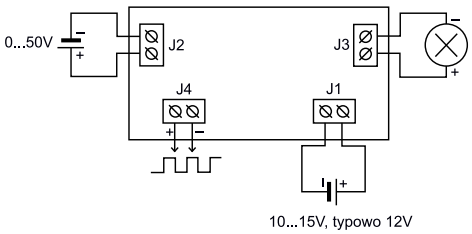
Półprzewodniki:
D1: BYW29
D2: 1N4148
D3: 1N5819
D4: P6KE15A
OK1: H11L3M
T1: BC337
T2: BS170
T3: IRFP064N

Pozostałe:
J1, J4: ARK2/500
J2, J3: ARK2/750
Radiator (opis w tekście)
Jedna podstawka DIP6

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 2. Schemat płytki PCB



Rysunek 3. Schemat podłączenia zasilaczy, obciążenia i sygnału sterującego do płytki modułu wykonawczego

oraz do szybkości przełączania tranzystora T3. Jednak w praktyce gasik złożony z zaproponowanych na schemacie elementów sprawdza się dostatecznie dobrze, choć nic nie stoi na przeszkodzie, by go samodzielnie zmodyfikować w zależności od potrzeb.

Kondensatory C2…C4 magazynują energię elektryczną, przez co zmniejszają tętnienia napięcia wywołane regularnym przełączaniem się T3 – na przykład, kiedy na wejście układu zostanie podany sygnał PWM. Najlepiej, aby były to elementy o niskiej impedancji (Low ESR) zwłaszcza, gdy częstotliwość owego sygnału PWM będziewysoka. W układzie zastosowano oddzielne wejście zasilania dla części sterującej tranzystorem T3. To daje duże możliwości jeżeli chodzi o sterowane obciążenie, bowiem jego napięcie zasilania może być dowolnie niskie. Nie może przekraczać 50 V, aby nie doszło do przebicia kondensatorów elektrolitycznych i samego T3.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 80×40 mm. Jej schematzostał pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe o średnicy 3,2 mm.

Wszystkie elementy znajdujące się na płytce są przystosowane do montażu przewlekanego. Należy je wlutować klasycznie, poczynając od najniższych, a na najwyższych kończąc. Pod transoptor można zastosować podstawkę, aby łatwiej było go wymienić w razie awarii. Napięcie zaporowe diody D1 powinno być wyższe od 50 V. Jej obudowę należy odizolować od obudowy tranzystora T3 podkładkami izolacyjnymi, ponieważ nie powinny być elektrycznie połączone. Wielkość radiatora, do którego te elementy będą przykręcone, zależy od wydzielanej w nich mocy, a na nią ma wpływ częstotliwość przełączania oraz natężenie pobieranego przez obciążenie prądu. Przykładowy radiator może być wycięty z profilu A4755, o rozmiarach 40×50 mm i wysokości 15 mm.

Gotowy, zmontowany układ pokazuje fotografia tytułowa. Schemat połączeń pokazuje **rysunek 3**. Zasilacz dla obciążenia (złącze J2) oraz dla części sterującej tranzystorem T3 (złącze J1) może być ten sam, o ile jego napięcie mieści się w podanych na rysunku granicach. Ich masy są galwanicznie połączone.

Pobór prądu ze źródła zasilającego obwody sterujące bramką T3 zależy od napięcia oraz od wypełnienia sygnału sterującego. Przy napięciu 12 V nie będzie przekraczał wartości 25 mA. Nie zaleca się napięcia niższego niż 10 V, aby tranzystor T3 mógł się w pełni otworzyć. Z kolei wyższe niż 15 V może doprowadzić do otwarcia diody D4 i uszkodzenia transoptora OK1.

Prąd płynący przez zaciski złącza J4 również zależy od napięcia, jakie zostanie do niego przyłożone. Minimalna amplituda sygnału sterującego to 3,3 V, aby dioda LED transoptora była prawidłowo sterowana – jej minimalny prąd to 5 mA. Wprawdzie sam tranzystor T3 typu IRFP064N może przewodzić prąd o natężeniu do 110 A, ale na wytrzymałość całego układu mają wpływ również inne podzespoły. Szerokość ścieżek obwodu drukowanego oraz złącza śrubowe ARK ograniczają go do około 20 A i tę wartość należy uznać za kres możliwości tego układu.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

ELPORTAL.pl

Nie przegap interesujących materiałów w siostrzanym czasopiśmie

We wrześniowym wydaniu „Elektroniki dla Wszystkich" między innymi:

„Maluch" dla malucha
Samodzielna budowa zabawki dla dziecka może zapewnić podwójną satysfakcję. Czy i Ty doświadczysz takiej radości?

Inteligentny dom także dla Ciebie, czyli jest dobrze, ale nie beznadziejnie. Trochę historii
Każdy, kto zainteresowany jest tematyką Smart home, koniecznie powinien choć trochę poznać historię inteligentnych domów.

Silniki prądu stałego
Silniki elektryczne prądu stałego nazywane PMDC niesłusznie są lekceważone jako elementy wręcz prymitywne. Nie można w pełni zrozumieć ich właściwości bez dobrego rozumienia, czym jest ich praca w czterech ćwiartkach.

Współczesne neony, czyli znów tajemnicze lampy EL
Na rynku można znaleźć mnóstwo gadżetów, które z reguły przedstawiane są jako lampy lub neony LED. Jednak nie zawsze zawierają diody LED, a często są to po prostu lampy EL.

Redukcja napięcia sieci energetycznej z 240 V na 220 V
Nominalna wartość napięcia sieci energetycznej to 230 V, a w praktyce coraz częściej sięga 240 V. Jak zapewnić długą żywotność starych radioodbiorników, projektowanych na napięcie 220 V?

Ponadto w numerze:
- Filozofia sieci. Protokół TCP
- Panorama audio. Co to jest DAC?
- Droga do RRIO, czyli wzmacniacze operacyjne (nie tylko) dla początkujących,
- Lampowa „mrygałka"
- Dołączanie przewodów do złączy kołkowych
- Szkoła Konstruktorów: jak wdrażać dzieci i wnuki w arkana techniki, a w szczególności elektroniki, logiki oraz programowania; zaproponuj ciekawe, najlepiej nietypowe zastosowanie diod LED

EdW możesz zamówić na **www.ulubionykiosk.pl** lub w Empikach i wszystkich większych kioskach z prasą.

Masz może pomysł na ciekawy artykuł lub projekt? Skonstruowałeś urządzenie, które jest godne zaprezentowania szerszej publiczności? Możesz napisać artykuł edukacyjny? Chcesz podzielić się doświadczeniem? W takim razie zapraszamy do współpracy na łamach Elektroniki dla Wszystkich. Kontakt: edw@elportal.pl

Panel przedni najważniejszym elementem obudowy

Obudowa urządzenia elektronicznego pełni szereg niezwykle istotnych funkcji – chroni umieszczone w niej układy przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz wpływem środowiska zewnętrznego, stanowi ramę montażową do ułożenia płytek drukowanych, podzespołów zasilania i ew. dodatkowych mechanizmów, tworzy barierę przeciwporażeniową, a nierzadko także pomaga w spełnieniu wymogów kompatybilności elektromagnetycznej, bądź bierze udział w formowaniu systemu chłodzenia. Elementem obudowy wymagającym szczególnej uwagi projektanta jest panel czołowy – w wielu przypadkach to jedyna „aktywna" część obudowy, tak ściśle zintegrowana z elektroniką i pracująca w roli elementu interfejsu użytkownika (HMI).

Produkcja obudowy przeznaczonej dla konkretnego urządzenia jest rozwiązaniem najbardziej elastycznym, pozwala bowiem w znacznym stopniu znieść ograniczenia projektowe, a jednocześnie dopasować kształt, wymiary oraz rodzaj i rozmieszczenie elementów montażowych do potrzeb wytwarzanego sprzętu. Uruchomienie linii produkcyjnej wiąże się jednak ze sporymi kosztami. W niektórych przypadkach „ratunkiem" może być druk 3D, jednak często jakość – rozumiana jako efekt estetyczny uzyskanych w ten sposób pokryw, nie będzie zadowalająca.

Z pomocą przychodzą obudowy uniwersalne, których wybór jest obecnie na tyle szeroki, że bez większego problemu można wyszukać odpowiednią obudowę pasującą do projektowanego urządzenia. Wybierając model obudowy warto rozważyć nie tylko kwestie wymiarowe czy kolorystyczne, ale także sposób montażu, łatwość serwisowania oraz… rodzaj zastosowanego panelu czołowego. Obudowy uniwersalne można z grubsza podzielić na dwie grupy:

Fotografia 1. Przykład obudowy z panelem czołowym zintegrowanym z pokrywą – model BS604 DIS-7024 – Bopla (https://bit.ly/2W166HA)

- **Obudowy ze zintegrowanym panelem czołowym** – w większości obudów uniwersalnych przeznaczonych do urządzeń trzymanych w ręce (**fotografia 1**) oraz typu desktop (**fotografia 2**) płyta frontowa stanowi zarazem jedną z pokryw zamykających komorę obudowy. Rozwiązanie takie w niektórych przypadkach nieco utrudnia obróbkę mechaniczną, uniemożliwia też podmianę panelu na płytę wykonaną np. z innego materiału. Większość obudów tego typu posiada specjalne, płytkie zagłębienie, służące do estetycznego wkomponowania folii opisowej lub panelu membranowego. Często można także spotkać wykonania z gotowym otworem pod wyświetlacz (np. alfanumeryczny) o standardowych wymiarach;
- **Obudowy z wyjmowanym panelem** – zdecydowana większość prostopadłościennych, leżących obudów uniwersalnych, jest wyposażona w wyjmowaną płytę przednią oraz tylną. Zwykle sam panel ma postać gładkiej płytki o obrysie prostokątnym lub zbliżonym do prostokąta, co znacznie ułatwia dokładne zamocowanie na stole roboczym maszyny wykorzystywanej do obróbki mechanicznej. Co ważne, w uzasadnionych przypadkach można zrezygnować z oryginalnego panelu znajdującego się w komplecie

eprasa.pl 54fe1c0c92

Fotografia 2. Przykładowa obudowa biurkowa ze zintegrowanym panelem czołowym z serii BoPad marki Bopla (https://bit.ly/3EAWowO)

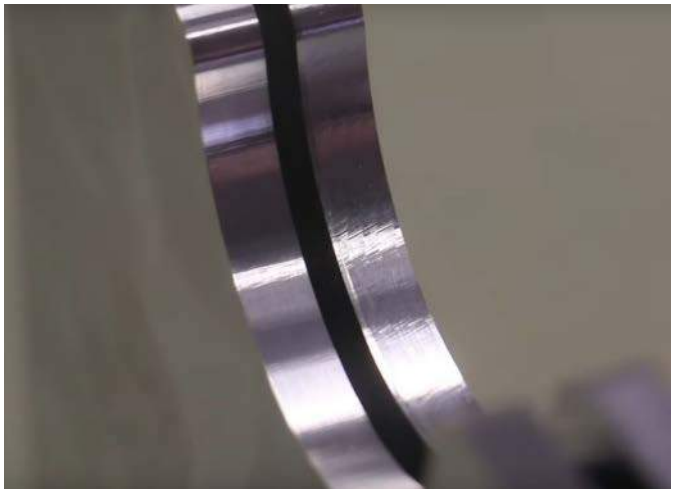
Fotografia 3. Typowy zestaw elementów niskobudżetowej obudowy uniwersalnej z wyjmowanymi panelami – Z39W PS, Kradex (https://bit.ly/3nQSMkt)

z obudową i zastąpienie go płytą wykonaną z materiału o innym kolorze lub wykończeniu. W produktach z dolnej i średniej półki cenowej panele znajdują się w zestawie z pozostałymi elementami, obudowy (**fotografia 3**), podczas gdy w wykonaniach wysokiej klasy panele mogą być one sprzedawane osobno, pod indywidualnym numerem katalogowym.

Technologie obróbki mechanicznej paneli czołowych

Metodę obróbki mechanicznej panelu czołowego – podobnie, jak i dowolnego innego elementu obudowy – powinno się dobierać z uwagi na rodzaj i grubość materiału, planowaną wielkość produkcji, sposób wykończenia panelu, a nawet... widoczność krawędzi wykonywanych otworów po zakończeniu procesu montażu. Do wyboru są trzy główne technologie: konwencjonalna obróbka skrawaniem (frezowanie CNC), a także cięcie laserem oraz wodą.

- **Cięcie i frezowanie CNC** – klasyczna, stosunkowo tania technika obróbki mechanicznej, która znajduje zastosowanie w przypadku paneli wykonanych z dowolnych dostępnych materiałów. Niewątpliwą zaletą obróbki za pomocą frezarki numerycznej jest możliwość wykonywania nie tylko pełnych cięć (tj. przez całą grubość materiału), ale także zagłębień (np. pod łby śrub), krawędzi fazowanych, itp. W niektórych przypadkach konieczna będzie jednak obróbka końcowa, mająca na celu poprawę niedoskonałości poprodukcyjnych – zatępienie ostrych krawędzi, usunięcie resztek materiału, itd. Na estetykę efektu końcowego można również wpływać modyfikując szereg parametrów obróbczych – duże znaczenie ma nie tylko prędkość wrzeciona, szybkość posuwu narzędzia oraz grubość zdejmowanej warstwy, ale także rodzaj końcówki roboczej (frezu), poziom drgań i sztywność maszyny (wynikające z jej jakości oraz stopnia zużycia). Wbrew pozorom, miękkie materiały (termoplastyczne tworzywa sztuczne, np. chętnie stosowany do produkcji obudów ABS, a także aluminium) stanowią nie mniejsze wyzwanie dla operatora maszyny, niż stal o dużej twardości. Przykładowo, zbyt wysoka prędkość skrawania tworzywowego panelu powoduje topienie krawędzi materiału i jego przywieranie do powierzchni frezu. W przypadku aluminium niezwykle ważne jest z kolei zapewnienie bieżącego chłodzenia podczas obróbki, co pozwala znacząco poprawić wizualną jakość krawędzi (**fotografia 4**). Podobne zasady okazują się zresztą słuszne także dla prostszej obróbki (np. wiercenia otworów z użyciem zwykłej wiertarki kolumnowej);



Fotografia 4. Efekt wykończenia krawędzi płyty aluminiowej po cięciu CNC z chłodzeniem – element po lewe stronie i bez chłodzenia – element po prawej stronie (https://youtu.be/AzZBgJBai_k)

- **Cięcie laserem** – technika laserowa może być stosowana zarówno do elementów metalowych, jak i tworzywowych, choć w przypadku tych ostatnich, z uwagi na łatwość powstawania podtopień krawędzi, konieczne jest zoptymalizowanie ustawień maszyny z użyciem próbki danego materiału. Pewne komplikacje mogą pojawiać się także podczas cięcia paneli wykonanych z metali o wysokiej refleksyjności (np. miedzianych czy mosiężnych), jeśli wiązka odbita od powierzchni obrabianego detalu, na drodze odbicia i wstecznej propagacji przez optykę lasera, uszkodzi delikatne zwierciadło, znajdujące się w głowicy tnącej. Problemu tego pozbawione są lasery światłowodowe, które zdobywają coraz większą popularność z uwagi na doskonałe parametry robocze, w tym znacznie mniejszą średnicę ogniska wiązki laserowej;
- **Cięcie wodą** – maszyny typu waterjet bazują na sprężaniu wody do bardzo wysokiego ciśnienia (rzędu kilku tysięcy barów) i wstrzykiwania jej do cienkiej dyszy wylotowej, co dodatkowo zwiększa prędkość strumienia wody i pozwala ciąć materiały o grubości niemożliwej do obróbki za pomocą innych technik – w przypadku cienkich paneli czołowych można zatem wykonywać wiele egzemplarzy jednocześnie, ustawiając na stole roboczym stos unieruchomionych wzajemnie płyt. Ogromną zaletą tej technologii jest możliwość uzyskania wyjątkowo czystej krawędzi cięcia bezpośrednio po opuszczeniu stołu roboczego przez obrabiany detal (strumień wody ma właściwości chłodzące), zaś jako główną wadę metody waterjet wymienia się wysoką cenę, stanowiącą istotną barierę zwłaszcza w produkcji małoseryjnej.

Projekt graficzny panelu frontowego – aspekty kolorystyczne i identyfikacja wizualna marki

Oprócz wycięcia niezbędnych otworów w panelu przednim obudowy konieczne jest, także opracowanie graficzne oraz wykonanie opisów. Minimalny zestaw oznakowania obejmuje zwykle logotyp producenta, nazwę modelu urządzenia oraz opisy elementów sterujących (przycisków, pokręteł, przełączników) i gniazd. W zależności od przyjętej konwencji graficznej, docelowej grupy odbiorców produktu oraz możliwości technicznych można zastosować ewentualne dodatkowe elementy ozdobne, jednak zwykle najbardziej ceniony jest

eprasa.pl 54fe1c0c92

Rysunek 1. Przykładowy opis odstępów logotypu z księgi znaku marki Samsung (według https://bit.ly/3AtoAzq)

minimalizm. Projekt graficzny panelu warto zlecić doświadczonemu projektantowi wzornictwa przemysłowego, choć w wielu wypadkach możliwe okaże się nawet samodzielne opracowanie grafiki. Warto przy tym pamiętać o kilku podstawowych aspektach.

Księga znaku

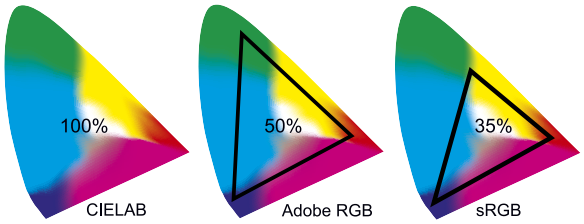
Dobrą praktyką w przedsiębiorstwach dbających o wizerunek marki jest opracowanie tzw. księgi znaku – kompleksowego opisu kształtu i typografii logotypu, zalecanej kolorystyki oraz dopuszczalnych odmian graficznych sygnetu (znaku rozpoznawczego) i nazwy marki. Księga znaku obejmuje najczęściej, oprócz podstawowej formy logo wraz z opisem proporcji i odstępów (**rysunek 1**), także jego wersje w różnych rozmiarach (niezbędne w przypadku, gdy pełnowymiarowa postać nie mieści się na znakowanym elemencie) oraz w zredukowanej liczbie kolorów. Przykładowo, dla celów grawerowania niezbędne będzie wykorzystanie monochromatycznej wersji logo nawet, jeśli oryginalna wersja korzysta z kilku lub więcej barw. Istotna jest nawet dopuszczalna różnorodność prezentacji logo na różnych tłach (**rysunek 2**). Projektując opisy elementów funkcjonalnych oraz wszelkiego typu „dodatki" graficzne warto także w miarę możliwości trzymać się przyjętej konwencji (kolorystyki, fontów, itd.), gdyż konsekwencja i wyczucie są podstawowymi cechami dobrego wzornictwa przemysłowego, zwłaszcza w świecie nowych technologii.

Przestrzenie i systemy zapisu barw

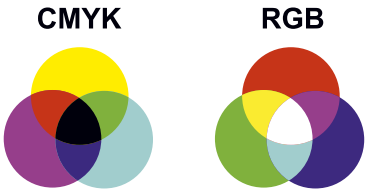
Nawet jeśli nie dysponujemy kompletną księgą znaku, nie unikniemy konieczności ustalenia barw logotypu i elementów graficznych w różnych przestrzeniach barw. Choć dla osób niezaznajomionych z tajnikami grafiki komputerowej i zagadnień DTP temat może wydawać się niepotrzebnym utrudnieniem, to w rzeczywistości zróżnicowanie sposobów zapisu kolorów ma głęboki sens praktyczny:

- **Przestrzeń RGB** – poszczególne odcienie są kodowane za pomocą trójki liczb (zwykle 8-bitowych), zapisywanych w sposób dziesiętny lub szesnastkowy (**rysunek 3**). Ściślej rzecz ujmując,

Rysunek 2. Dopuszczalna kolorystyka logotypu marki Samsung (według https://bit.ly/3AtoAzq)



Rysunek 3. Przestrzenie kolorów CIELAB, Adobe RGB oraz sRGB (https://bit.ly/3mpYTtK)



Rysunek 4. Addytywne (RGB) i subtraktywne (CMYK) rodzaje mieszania barw (https://bit.ly/304kmku)

istnieje kilka odmian tej reprezentacji barw, spośród których najczęściej wykorzystywane są: sRGB (pokrywająca ok. 35% całego spektrum widzialnego, objętego przez tzw. przestrzeń CIELAB) oraz Adobe RGB (ok. 50%);

- **CMYK** – podstawowa przestrzeń barw stosowana w poligrafii zakładająca, że każdy możliwy do odwzorowania kolor jest wynikiem mieszania w odpowiednich proporcjach czterech podstawowych farb drukarskich (pigmentów) w kolorach: cyjan, magenta, żółć oraz czerń. Różnice pomiędzy zasadami mieszania kolorów względem palet RGB (**rysunek 4**) wynikają bezpośrednio z fizyki – kolory RGB są generowane „aktywnie" (tj. przez addytywne mieszanie światła o trzech barwach podstawowych), zaś CMYK – „pasywnie" (poszczególne farby pochłaniają różne części widma światła padającego na nie, stąd widoczna barwa stanowi „resztkę" światła odbitego przez farby – dlatego ta metoda mieszania nazywana jest subtraktywną). W przypadku opisów paneli czołowych, przestrzeń CMYK powszechnie wykorzystuje się w druku cyfrowym, zarówno nanoszonym bezpośrednio na powierzchnię panelu, jak i wykonywanym na folii samoprzylepnej lub innym podłożu;
- **RAL** – system oparty na arbitralnie dobranym zestawie kolorów (**fotografia 5**), tworzących paletę podzieloną na 9 grup odcieni, kodowanych czterocyfrową liczbą poprzedzoną prefiksem RAL (np. RAL 6018). Paleta RAL jest wykorzystywana w przemysłowym doborze farb i lakierów (głównie samochodowych) – warto jednak pamiętać o jej istnieniu, gdyż można zetknąć się z nią m.in. przy doborze koloru farby do pokrycia metalowego panelu bądź podczas przygotowywania farb do sitodruku lub tampodruku (więcej na ten temat w dalszej części artykułu). Dość często stosowana (np. w nadrukach klawiatur membranowych) jest także paleta Pantone, która jednak nie podlega bezpośredniej

Fotografia 5. Próbnik barw w palecie RAL (https://bit.ly/3EyL4Bs)

eprasa.pl 54fe1c0c92

Fotografia 6. Przykładowy nadruk cyfrowy na pokrywie obudowy o zakrzywionej powierzchni – jedyną opcją uzyskania kolorowej grafiki płaskiej jest w takim przypadku bezpośredni druk cyfrowy (https://bit.ly/3CvxpsX)

Fotografia 7. Pełnokolorowy nadruk cyfrowy bezpośrednio na pokrywie obudowy (https://bit.ly/3CvxpsX)

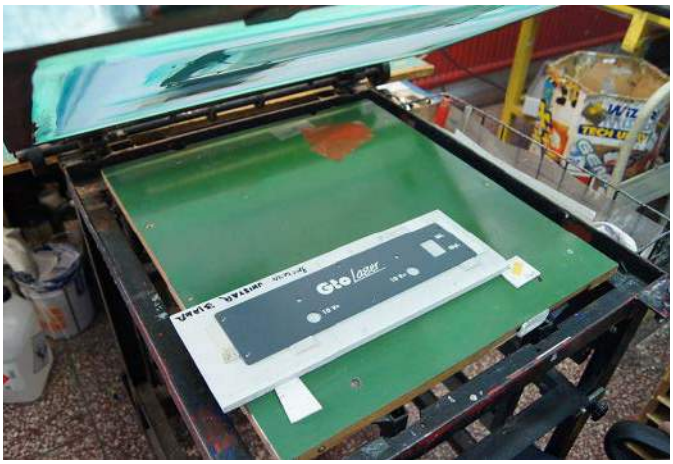
konwersji do systemu RAL (odpowiadające sobie barwy są dobierane na zasadzie najbliższego dopasowania).

Z różnorodności wykorzystywanych w praktyce palet i przestrzeni barwnych wynika bardzo istotna konkluzja praktyczna – idealna konwersja pomiędzy różnymi systemami zapisu barw jest trudna lub wręcz niemożliwa, a dodatkowych trudności nastręczają różnice w kalibracji monitorów komputerowych oraz barwach pigmentów, stosowanych w maszynach różnych producentów. Dlatego też przed rozpoczęciem seryjnej produkcji nadruków dla paneli czołowych należy, podobnie, jak w każdej innej aplikacji DTP, upewnić się co do prawidłowości uzyskanych w danej technologii barw, zamawiając próbkę detalu i ew. korygując ustawienia projektu.

Technologie wykonywania opisów

Kwestie zapewnienia zgodności z identyfikacją wizualną marki oraz doboru palety barw to jednak nadal sam początek procesu graficznego opracowania panelu czołowego urządzenia. Niezwykle ważnym aspektem jest dobór właściwej technologii wykonania nadruku, a w tym zakresie mamy do rozważenia kilka diametralnie różnych opcji:

- **Cyfrowy druk na samoprzylepnej folii opisowej** – technika ta pozwala skorzystać z szerokiej gamy materiałów bazowych i, co ważne, zazwyczaj umożliwia uzyskanie najwyższej jakości (ostrości oraz rozdzielczości wydruku), dając także pełną kontrolę nad barwą tła. Wadą wydruku na folii jest ograniczony zakres obudów, w których można zastosować tę technikę – z oczywistych przyczyn naklejenie warstwy graficznej jest możliwe praktycznie tylko w modelach wyposażonych w odpowiednie zagłębienie (jak na fotografiach 1 i 2). Metoda ta nie sprawdzi się np. na niewielkich obudowach o obłych kształtach (**fotografia 6**). Warto też pamiętać o odpowiednim zabezpieczeniu wydruku przed ścieraniem i zarysowaniami – zazwyczaj dobrym wyjściem bywa zamówienie pokrycia grafiki specjalną folią, która na dodatek jest w stanie poprawić estetykę „gołego" wydruku przez jego zmatowienie i nadanie przyjemnej w dotyku faktury (tzw. soft touch);
- **Bezpośredni nadruk na panelu czołowym** – paradoksalnie, o ile bezpośredni wydruk na panelu wyjmowanym lub pokrywie obudowy jest znacznie bardziej wymagający technologicznie (lub wręcz nieosiągalny dla wielu punktów poligraficznych), to zakres dostępnych technik nanoszenia grafiki okazuje się bardzo szeroki. Najbardziej zaawansowaną technologią jest bezpośredni nadruk cyfrowy, umożliwiający uzyskanie wysokiej jakości, pełnokolorowej grafiki o szerokim zakresie tonalnym (**fotografia 7**). Zastosowanie fotoutwardzalnych tuszy polimerowych i naświetlarek ultrafioletowych w procesie tzw. druku UV umożliwia uzyskanie trwałych oznaczeń, zdolnych do pracy nawet na zewnątrz budynków. W prostszych aplikacjach doskonale sprawdzi się sitodruk – jego niebywałą zaletą jest wysoka odporność na uszkodzenia mechaniczne i warunki środowiskowe (**fotografia 8**). Dość często stosowany jest także tampodruk, polegający na na przeniesieniu rysunku na powierzchnię detalu za pomocą silikonowego stempla (tamponu), dociśniętego przez specjalną prasę (**fotografia 9**). Co ważne, technologia ta umożliwia wykonywanie zdobień nie tylko na płaskich lub lekko zakrzywionych powierzchniach – istnieją tampony o kształtach przeznaczonych



Fotografia 8. Prosty nadruk monochromatyczny na panelu czołowym, wykonany metodą sitodruku (https://bit.ly/3lG8V9L)

Fotografia 9. Kolorowy tampodruk na powierzchni tworzywowego zbiornika zapalniczki. Widoczny silikonowy stempel, służący do przenoszenia farby – górny element. (https://bit.ly/3lG8V9L)

eprasa.pl 54fe1c0c92

Fotografia 10. Przykładowe nadruki rotacyjne na powierzchni bocznej pokręteł regulacyjnych (https://bit.ly/2XBTnv9)

do określonych zastosowań, w tym nawet do wykonywania nadruków rotacyjnych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku wykonywania specjalizowanych oznaczeń na powierzchni bocznej pokręteł enkoderów i potencjometrów (**fotografia 10**).

Niezależnie od wybranej techniki należy upewnić się, że uzyskany efekt będzie możliwy do utrzymania przez długi czas eksploatacji urządzenia w docelowym środowisku. Oprócz odporności na zarysowania i działanie pyłu oraz wilgoci, należy także sprawdzić wytrzymałość nadruku na zmiany temperatury, działanie promieniowania UV oraz (głównie w przypadku urządzeń medycznych i kosmetycznych) środków dezynfekcyjnych [1].

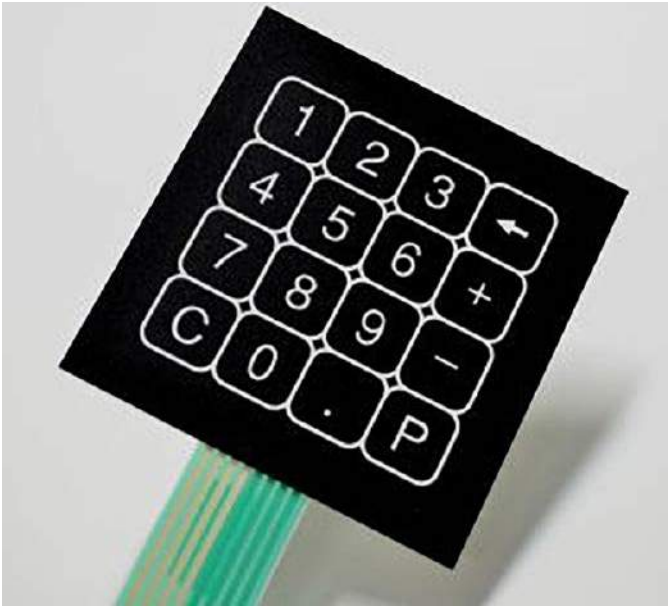
Grawerowanie

Jedną ze stosunkowo prostych, ale bardzo skutecznych technik wykonywania opisów na panelach czołowych jest grawerowanie. Plotery CNC są chętnie stosowane w obróbce tzw. laminatów grawerskich, złożonych zwykle z dwóch (rzadziej trzech) warstw, różniących się barwą. Frezowanie górnej, cieńszej warstwy, umożliwia odsłonięcie podłoża, co powoduje uwidocznienie plotowanego rysunku. Technika ta pozwala na uzyskanie trwałej, relatywnie odpornej na ścieranie grafiki monochromatycznej o doskonałym kontraście – przykładowy panel czołowy urządzenia pomiarowego, wykonany na laminacie grawerskim za pomocą frezarki numerycznej, został pokazany na **fotografii 11**.

Plotery laserowe są natomiast doskonałą alternatywą dla grawerek CNC, zwłaszcza w przypadku paneli czołowych wykonanych

Fotografia 11. Panel czołowy wykonany na bazie czarno-białego laminatu grawerskiego

Fotografia 12. Panel czołowy wykonany z aluminium grawerowanego laserowo (https://bit.ly/3AwCl0m)



Fotografia 13. Uniwersalna klawiatura membranowa, wykonana w postaci modułu samoprzylepnego (https://bit.ly/3nOpSl3)

z anodowanego aluminium – przykład został pokazany na **fotografii 12**.

Klawiatury membranowe i zintegrowane panele kontrolne

Obok opisanych do tej pory technik znakowania paneli czołowych wartą uwagi technologią są panele zintegrowane, wykonywane na bazie klawiatur membranowych. Choć istnieje możliwość naklejenia klawiatury na panel wykonany w dowolnej z zaprezentowanych metod (**fotografia 13**), to znacznie ciekawszą opcją jest… wypełnienie całej płyty czołowej pojedynczym panelem samoprzylepnym, integrującym w sobie nie tylko samą klawiaturę, ale także inne elementy elektroniczne – np. diody LED czy też pokrętła o specjalnej konstrukcji, zintegrowanej z panelem. Dodatkowa zaleta takiego rozwiązania to możliwość wykonania okna dla wyświetlacza dowolnego typu i o dowolnych rozmiarach – jednolita folia poliestrowa, pokrywająca cały panel czołowy, stanowi doskonałą ochronę mechaniczną delikatnej powierzchni wyświetlacza LCD bądź OLED oraz maskuje ewentualne niedoskonałości otworu lub tolerancji montażowej wyświetlacza (**fotografia 14**).

Konstrukcja stosu

Produkcja panelu frontowego wykonanego w technologii foliowej jest nieco zbliżona koncepcyjnie do procesu tworzenia wielowarstwowych

eprasa.pl 54fe1c0c92

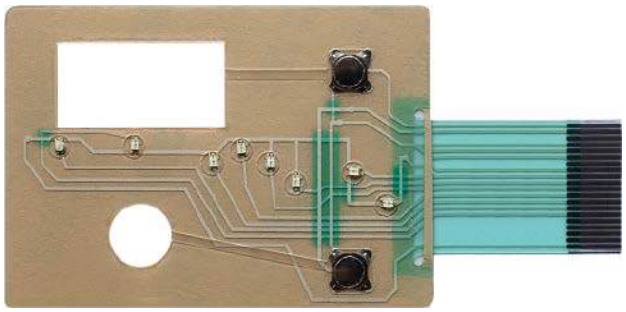
Fotografia 14. Przykładowy panel frontowy z oknem wyświetlacza i klawiaturą membranową (https://bit.ly/3lGsRcF)

płytek drukowanych. Poszczególne warstwy funkcjonalne (np. ścieżki przewodzące, pola kontaktowe czy też pady lutownicze dla wbudowanych diod LED – są zestawiane z odpowiednio wyciętymi przekładkami dystansującymi i łączone w całość poprzez laminowanie. Taka technika pozwala na uzyskanie wysokiej wytrzymałości mechanicznej i doskonałej odporności na warunki środowiskowe – zwłaszcza pył i wilgoć. Najprostsza klawiatura płaska składa się z folii zewnętrznej (wyposażonej w nakładki przewodzące), przekładki dystansowej (z otworami odsłaniającymi pola kontaktowe) oraz folii podstawowej, na którą naniesione zostały ścieżki przewodzące wraz z polami stykowymi (**rysunek 5a**). Działanie klawisza polega w takim wypadku na ugięciu górnej folii pod naciskiem palca, co powoduje zwarcie pól kontaktowych przez nakładkę przewodzącą górnej folii. Często stosowaną odmianą tej topologii jest klawiatura tłoczona, w której górna folia posiada wypukłe lub wklęsłe przetłoczenia nad każdym z przycisków (**rysunek 5b**). Powszechnie stosowane są też specjalne kopułki metalowe, powodujące wyczuwalny efekt kliknięcia po naciśnięciu klawisza (rysunki 5c, 5d, 5g, 5h, **fotografia 15**).

Praktycznie wszyscy producenci klawiatur membranowych oferują także możliwość montażu diod LED w obudowach SMD, podświetlających kontrolki zintegrowane z panelem (rysunki 5c, 5g, **fotografia 16**). W niektórych aplikacjach istnieje także możliwość zintegrowania panelu czołowego lub klawiatury membranowej z wbudowanym ekranem RFI (rysunek 5d) lub frontem silikonowym (rysunek 5h), zaś zastosowanie przezroczystej folii zewnętrznej pozwala na współpracę z klasycznymi wyświetlaczami LCD, LED, OLED czy ePaper, zabezpieczonymi szybką ze szkła akrylowego PMMA (rysunek 5e), a nawet z ekranami dotykowymi (rysunek 5f).

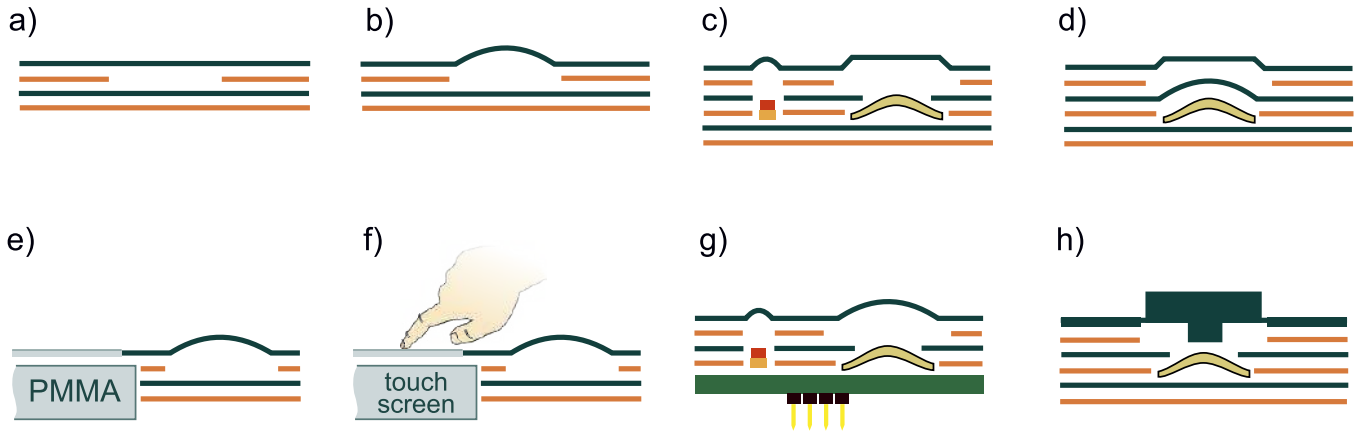
Interesującą propozycję ma łódzka firma QWERTY – wprowadziła do oferty pokrętła z enkoderem magnetycznym, bazującym na czujnikach Halla (**fotografia 17**, **rysunek 6**). Pokrętło jest połączone mechanicznie z niewielkim magnesem pierścieniowym i obraca się w podstawie zintegrowanej z pokrywą panelu czołowego. Takie rozwiązanie zapewnia wysoką – praktycznie nieograniczoną – wytrzymałość mechaniczną oraz uproszczenie budowy panelu, a dodatkowo umożliwia uzyskanie wyjątkowo niskoprofilowego desginu pokrętła w porównaniu do rozwiązań z konwencjonalnymi enkoderami mechanicznymi.

Fotografia 15. Kopułka blaszana stosowana w klawiaturach membranowych (https://bit.ly/39Dh3lX)



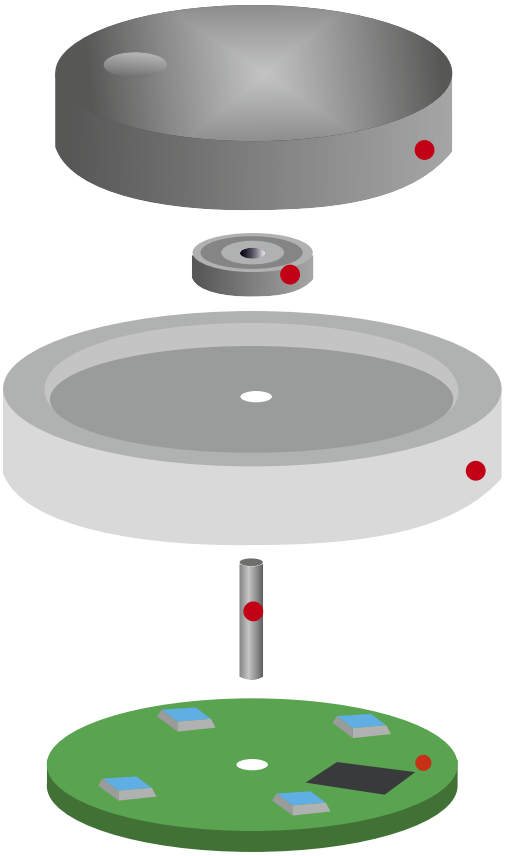
Fotografia 16. Widok klawiatury membranowej przed nałożeniem górnej (zewnętrznej) folii opisowej. Widoczne otwory technologiczne, diody LED ze ścieżkami przewodzącymi oraz kopułki przycisków i taśma elastyczna ze złączem (https://bit.ly/39Dh3lX)

Fotografia 17. Pokrętło magnetyczne zintegrowane z panelem czołowym (https://bit.ly/3nPNmpN)

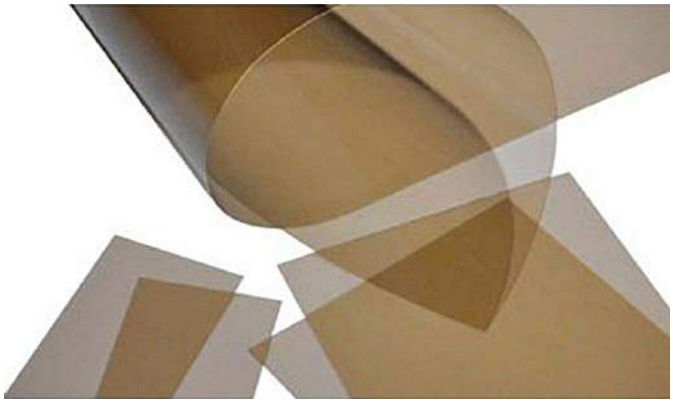


Rysunek 5. Przykładowe konstrukcje stosu klawiatur i paneli membranowych (https://bit.ly/3mwZw4H)

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 6. Konstrukcja enkodera magnetycznego z czujnikami Halla (https://bit.ly/3nPNmpN)



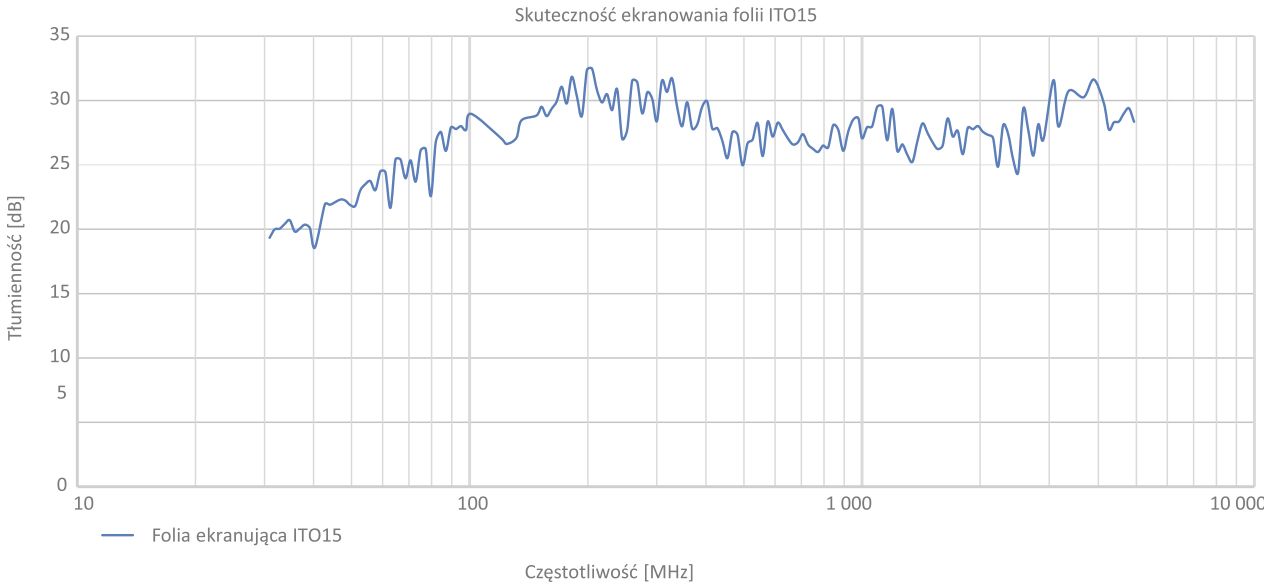
Fotografia 18. Przewodząca folia ITO do ekranowania ESD/RFI okien wyświetlaczy (https://bit.ly/3tWSREg)

Fotografia 19. Rodzina złączy CRIMPFLEX w wersji męskiej i żeńskiej, z obudową izolacyjną lub bez niej (https://bit.ly/2XMioEz)

Zagadnienia techniczne dot. wykończenia klawiatur i paneli membranowych

Producenci klawiatur membranowych i paneli foliowych oferują szeroki wachlarz parametrów i dostępnych wykończeń, dzięki czemu możliwe jest dostosowanie efektu końcowego do pożądanej przez klienta estetyki, czy też wymogów odporności na zużycie. W roli materiału folii zewnętrznej występuje zwykle poliester (PET) lub poliwęglan (PC), przy czym w obydwu wariantach do wyboru są powierzchnie gładkie, matowe, a nawet teksturowane. W przypadku kopułek diod LED oraz okien ekranów monochromatycznych istnieje możliwość wykonania filtrów (np. czerwonych), co pozwala zwiększyć kontrast – zwłaszcza w przypadku wyświetlaczy LED. Oprócz PET, PC i pleksiglasu (szkła akrylowego) w produkcji klawiatur i paneli foliowych zastosowanie znajdują także polichlorek winylu (PCW) oraz polistyren. Właściwie zabezpieczony panel czołowy zapewnia odporność chemiczną na alkohole, rozcieńczone kwasy i zasady, a także węglowodory, estry, ketony, czy też środki chemii gospodarczej.

Szczególnie istotne okazują się parametry stosowanego przez producenta kleju, służącego do montażu klawiatury na panelu czołowym urządzenia. Powszechnie stosowaną praktyką jest wykorzystanie dwustronnych błon klejących, wśród których prym wiodą produkty



Rysunek 7. Wykres tłumienności folii ITO w paśmie 30 MHz...5 GHz (https://bit.ly/3mwjZql)

eprasa.pl 54fe1c0c92

Fotografia 20. Przykładowe klawiatury silikonowe (https://bit.ly/3o6Y37R)

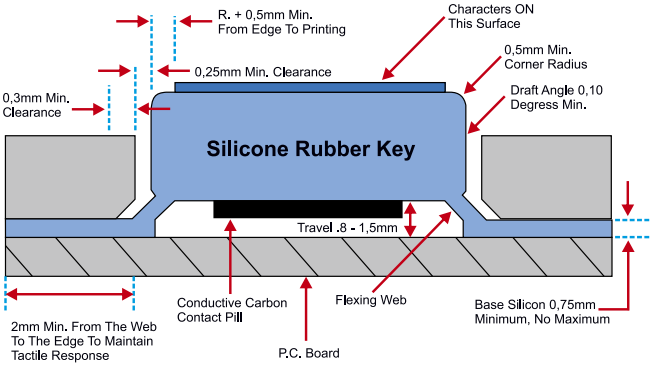
marki 3M™. Przykładowo, błona 467MP oferuje niewielką grubość (zaledwie 0,06 mm) i doskonałą odporność na działanie promieniowania UV, wilgoci, temperatur (nawet do 204°C) oraz odrywanie (siła klejenia na poziomie 200 MP).

Od strony elektrycznej zastosowanie znajdują pokrycia srebrne, umożliwiające uzyskanie rezystancji ścieżek na poziomie 1 Ω/cm, zaś trwałość mechaniczna styków waha się zwykle od jednego do kilku milionów cykli. Co ważne, niektórzy producenci deklarują wytrzymałość dielektryczną klawiatur nawet do kilkunastu kilowoltów, co w połączeniu z zastosowaniem ewentualnego ekranowania ESD/RFI okna wyświetlacza umożliwia spełnienie nawet najbardziej rygorystycznych wymogów branżowych EMC. Przykładem wspomnianej folii ekranującej może być poliestrowa folia ITO (**fotografia 18**) o grubości 0,175 mm, pokryta warstwą tlenku indu i cyny, zapewniająca rezystancję powierzchniową na poziomie 15 Ω/sq i transmisję światła rzędu 82%. Skuteczność tłumienia zakłóceń RFi w niemal całym paśmie od 30 MHz do 5 GHz przekracza 20 dB (**rysunek 7**).

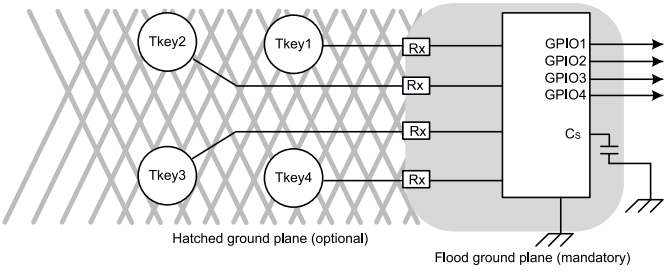
Złącza stosowane do zarabiania końcówek taśm FPC/FFC w większości przypadków należą do rodziny CRIMPFLEX (**fotografia 19**), choć w niektórych przypadkach lepiej sprawdzają się odsłonięte styki taśmy, przygotowane do współpracy ze złączami ZIF. Najczęściej stosuje się taśmy o rastrze 2,54 mm, jednak w użyciu są także wersje o rozstawie ścieżek równym 1,27 mm, a nawet 1,00 mm.

Klawiatury silikonowe

Oprócz klawiatur membranowych, w powszechnym użyciu są także klawiatury silikonowe (**fotografia 20**), bezpośrednio współpracujące z płytką drukowaną urządzenia. Ze względu na brak dodatkowych elementów – klawiatura jest bowiem pojedynczym elementem



Rysunek 8. Przekrój przycisku klawiatury silikonowej z oznaczeniem najważniejszych odstępów (https://bit.ly/3mu4wY0)



Rysunek 9. Prosta implementacja klawiatury pojemnościowej z zastosowaniem kontrolera peryferyjnego w mikrokontrolerach z rodziny STM32 (https://bit.ly/3oAsqDM)

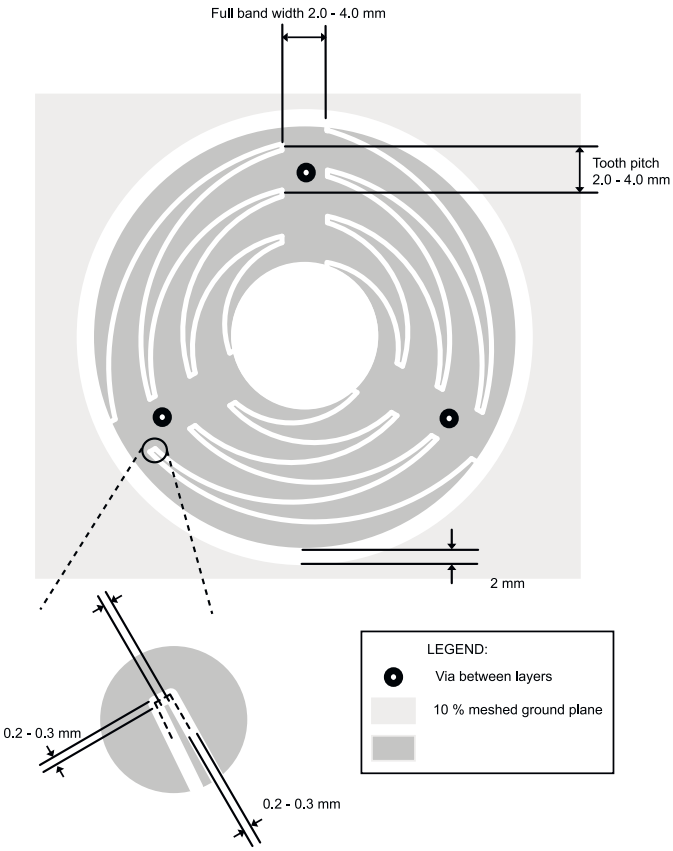
Fotografia 21 Porównanie pokryć padów kontaktowych, stosowanych w klawiaturach silikonowych: farbą grafitową (po lewej) lub złotem (po prawej) https://bit.ly/3nT77gu

z naniesionym bezpośrednio nadrukiem oraz polami zwiernymi na bazie żywicy węglowej – technologia ta zdobyła szczególną popularność w masowo produkowanych telefonach stacjonarnych i komórkowych starego typu, zabawkach, sprzęcie RTV i AGD, aparaturze pomiarowej, a nawet kalkulatorach, gdyż zyski z wielkonakładowej produkcji z łatwością kompensują koszty przygotowania matrycy do formowania silikonu.

Przygotowanie PCB do współpracy z klawiaturą polega na umieszczeniu padów grzebieniowych na pustej (nieobsadzonej elementami) stronie płytki – w niektórych przypadkach można zastosować dodatkowe diody LED SMD, podświetlające niezadrukowane podłoże przycisków. W zależności od wybranej technologii, możliwe jest wykonanie pokrycia padów warstwą złota lub farby grafitowej (**fotografia 21**). Kluczowe dla prawidłowego działania klawiatury będzie, także dobranie odpowiednich luzów pomiędzy klawiszami, a otworami obudowy – przykładowa konfiguracja została pokazana na **rysunku 8**.

Przyciski i klawiatury pojemnościowe

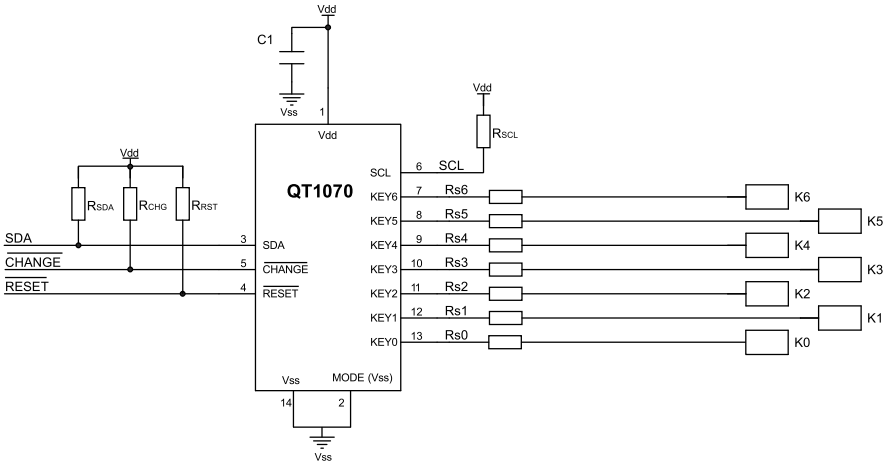
Omawiając tematykę różnych technologii wykonywania klawiatur stosowanych na panelach czołowych urządzeń elektronicznych, nie sposób nie wspomnieć o przyciskach pojemnościowych. Zadanie implementacji tego typu elementów sterujących jest dziś znacznie



Rysunek 10. Przykładowy layout pokrętła pojemnościowego, obsługiwany sprzętowo przez przeznaczony do tego celu blok peryferyjny mikrokontrolera STM32 (https://bit.ly/3oAsqDM)

eprasa.pl 54fe1c0c92

ułatwione, a to dzięki obecności gotowych rozwiązań, wydatnie redukujących nakład pracy projektanta oraz ilość niezbędnych elementów peryferyjnych. Do wyboru są dwie opcje: zastosowanie specjalnie do tego celu przeznaczonego kontrolera pojemnościowego w mikrokontrolerze lub zastosowanie scalonego czujnika dotyku. Pierwsza z wymienionych opcji pozostaje co prawda ograniczona do wybranych rodzin mikrokontrolerów [2], ale na szczęście te najbardziej popularne, w tym STM32, AVR, ATSAM, PIC czy HCS08, w większości zawierają dedykowane bloki peryferyjne, znacznie ułatwiające implementację prostych interfejsów dotykowych.



Rysunek 11. Schemat aplikacyjny scalonego kontrolera dotyku AT42QT1070 (https://bit.ly/3lh6qvC)

Na **rysunku 9** zaprezentowano uproszczony schemat podłączenia przykładowego zestawu czterech niezależnych przycisków pojemnościowych do kontrolera, wbudowanego w mikrokontrolery STM32. Do uruchomienia klawiatury wystarczą cztery rezystory szeregowe (Rx) oraz jeden kondensator próbkujący (Cs). Co ważne, bardziej zaawansowane kontrolery peryferyjne są w stanie obsługiwać nie tylko niezależne przyciski, ale także złożone struktury, takie jak suwaki dyskretne i liniowe oraz pokrętła (**rysunek 10**).

Scalone kontrolery przycisków pojemnościowych wymagają wprawdzie nieco większej liczby elementów dyskretnych, w zamian zapewniają jednak szereg dodatkowych funkcji zwiększających niezawodność działania klawiatury – przykładowy sterownik AT42QT1070 automatycznie wykonuje operacje kalibracji, kompensacji dryfu, filtracji szumu oraz redukcji przesłuchów pomiędzy sąsiadującymi kanałami. Schemat praktycznej implementacji układu dla 7-przyciskowej klawiatury dotykowej został pokazany na **rysunku 11**.

Największą zaletą płynącą z zastosowania pojemnościowych klawiatur, suwaków i innych elementów sterujących, jest możliwość montażu przez podklejenie bezpośrednio do wewnętrznej powierzchni nieprzewodzącego panelu czołowego. Rozwiązanie takie redukuje liczbę niezbędnych otworów technologicznych, pomaga w zapewnieniu szczelności obudowy oraz daje szerokie możliwości kształtowania estetycznych i nowoczesnych interfejsów HMI. W przypadku opisanego wyżej kontrolera AT42QT1070 możliwe jest umieszczenie klawiatury pod panelem szklanym o grubości nawet 10 mm lub tworzywowym do 5 mm, co w zupełności wystarczy niemal we wszystkich standardowych aplikacjach.

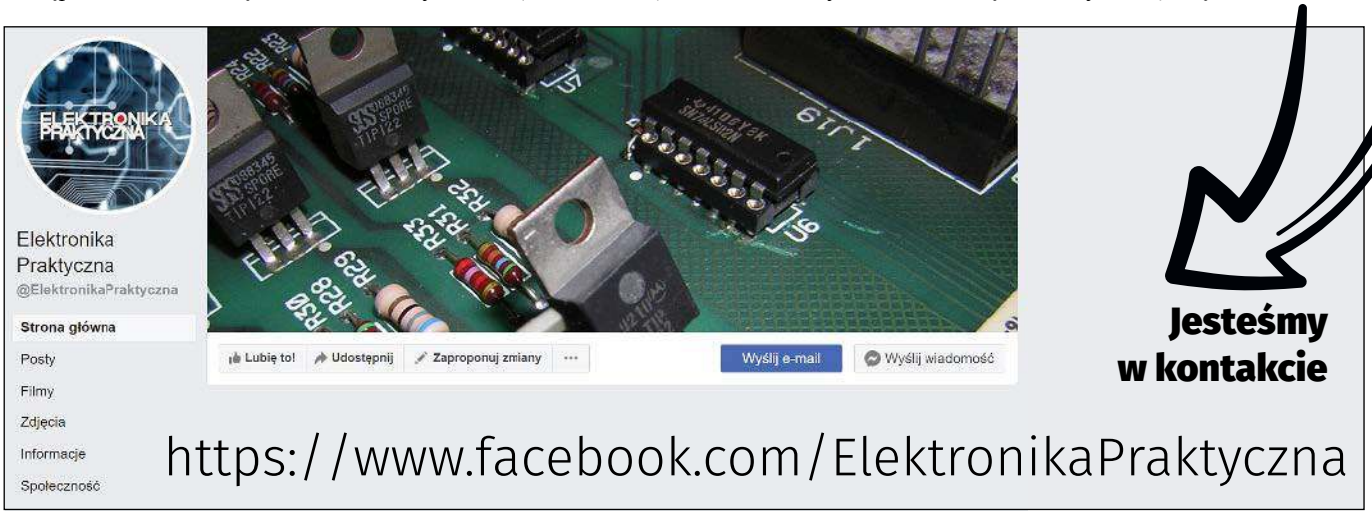
Podsumowanie

Panele czołowe są elementami obudowy, którym zdecydowanie należy się największa uwaga projektantów urządzeń elektronicznych. Dostępne obecnie rozwiązania – klawiatury foliowe (membranowe), zintegrowane panele czołowe, a także klawiatury silikonowe i pojemnościowe, pokrywają zdecydowaną większość zastosowań w urządzeniach RTV, AGD, sprzęcie pomiarowym, medycznym czy motoryzacyjnym. W naszym opisie umyślnie pominęliśmy tematykę tradycyjnych przycisków, przełączników czy potencjometrów, których typowe zastosowania nie wymagają raczej zbyt obszernego opisu, zaś dogłębne omówienie takich zagadnień z uwzględnieniem wszelkich niuansów technologicznych, zdecydowanie wykroczyłoby poza ramy tego artykułu. Niezależnie jednak od przyjętej koncepcji panelu czołowego jedno jest pewne – zadanie zaprojektowania płyty frontowej urządzenia wymaga kompleksowego podejścia od strony graficznej, wytrzymałościowej i ekonomicznej, z uwzględnieniem aspektów ergonomii użytkowania, parametrów elektrycznych, a nawet kwestii normalizacyjnych.

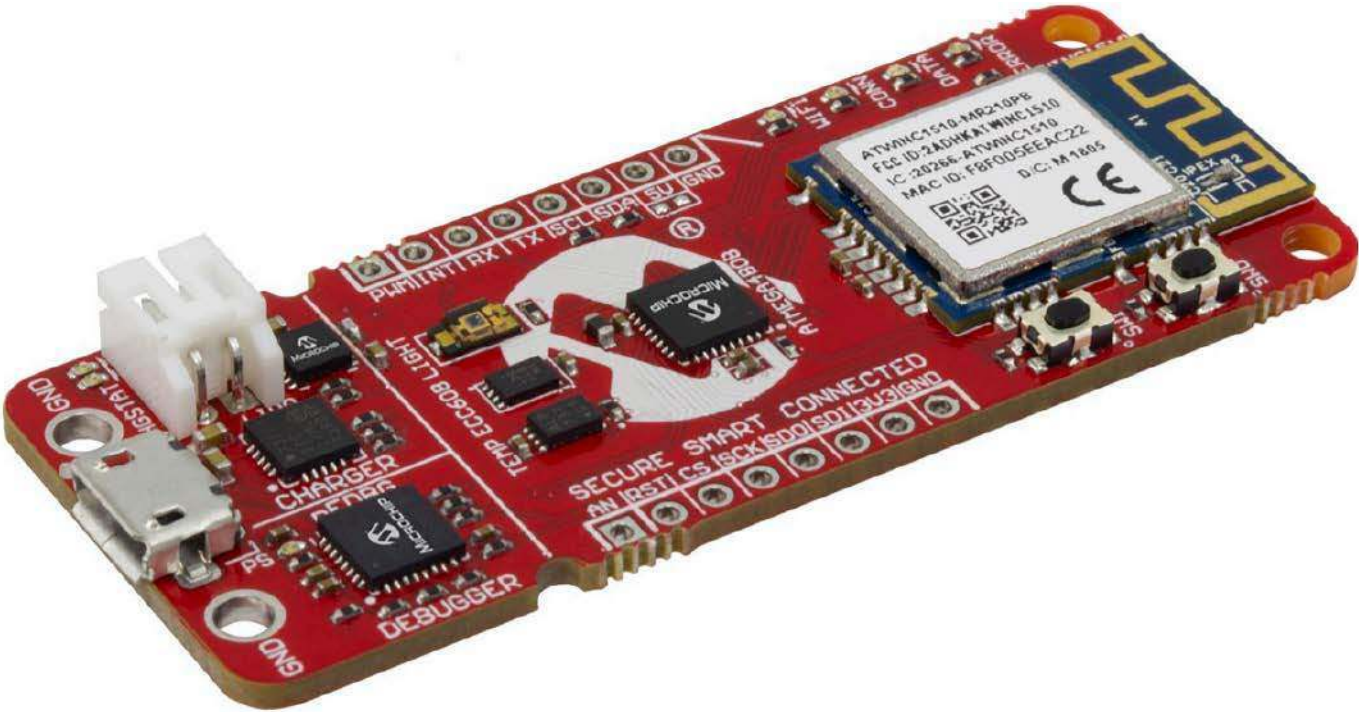
inż. Przemysław Musz, EP

[1] Przykładowo, podrozdział 7.1.3 normy PN-EN 60601-1:2011, traktującej o wymaganiach dot. medycznych urządzeń elektrycznych, definiuje szczegółową procedurę testowania trwałości oznakowania. Badanie ścierania nadruku należy wykonać przez pocieranie ściereczką nasączoną wodą destylowaną, spirytusem skażonym oraz alkoholem izopropylowym przez czas 15 sekund. Test uznaje się za zaliczony, jeżeli po takiej serii zabiegów nie zostaną odnotowane uszkodzenia nadruku zmniejszające jego czytelność, ani żadne widoczne podwinięcie krawędzi lub odklejenie etykiet.

[2] Należy dodać, że istnieją metody obejścia problemu przez „ręczne" zaimplementowanie podobnej funkcjonalności na niemal dowolnym mikrokontrolerze, jednak z uwagi na szeroką dostępność wbudowanych kontrolerów dotyku zarówno w procesorach 8-, jak i 32-bitowych, takie rozwiązanie zwykle mija się z celem.



eprasa.pl 54fe1c0c92



Moduł IoT AVR-IoT WA

Urządzenia Internetu Rzeczy – IoT, to bardzo często układy pozwalające na odczyt danych z różnych czujników. Jeżeli to konieczne, mają również wbudowane funkcje sterowania elementami wykonawczymi. Jednak największym wyzwaniem w całej konstrukcji jest łącze radiowe zapewniające połączenie z aplikacją odbierającą i przetwarzającą dane. W artykule zaprezentujemy rozwiązanie proponowane przez firmę Microchip.

Ze względu na wykonywane funkcje urządzenia IoT muszą spełniać kilka podstawowych wymagań:

- pobór mocy powinien być na bardzo niskim poziomie – umożliwiającym długotrwałe zasilanie bateryjne;
- muszą zapewniać połączenie radiowe z Internetem lub specjalnym koncentratorem danych. Transmisja radiowa musi być zabezpieczona przed nieuprawnionym dostępem – podsłuchaniem czy modyfikacją przesyłanych danych. W praktyce oznacza to, że przesyłane dane wymagają odpowiedniego kodowania;
- przesyłane dane powinny mieć możliwość dalszej obróbki: gromadzenia, wizualizacji lub analizy. Gromadzenie i obróbka danych jest często wykonywana przez aplikacje chmurowe;
- produkcja i eksploatacja powinny odbywać się jak najniższym kosztem.

Jednym z głównych problemów w implementacji urządzeń IoT jest zapewnienie odpowiedniego połączenia radiowego, szczególnie w obszarach mało zamieszkanych, gdzie nie ma niezbędnej infrastruktury. Dlatego są rozwijane systemy takie jak LoRaWan pozwalające małym kosztem uzyskiwać zasięgi ponad 20 km. Łącze LoRaWan, do przesyłania danych do aplikacji chmurowych, wymaga specjalnych koncentratorów (*gateway*) podłączonych do Internetu. Niestety, u nas technologia LoRaWAN nie jest popularna, nie ma rozbudowanej sieci koncentratorów i dość trudno jest ją stosować.

Spora część urządzeń IoT stosowanych w domach, fabrykach czy biurach jest w zasięgu lokalnej sieci Wi-Fi. Ta sieć zapewnia bezpośredni dostęp do Internetu i odpowiedni poziom bezpieczeństwa przy stosowaniu szyfrowania WPA2. Jest też, ze względu na dużą popularność, relatywnie tania, ale ma ograniczony zasięg.

Standard Wi-Fi rozwiązuje problemy z łącznością, ale jednocześnie stawia spore wymagania sprzętowe i programowe urządzeniom IoT, które powinny być proste i tanie. Połączenie z Internetem wymaga stosowania protokołów TCP/IP i trzeba mieć na pokładzie moduł radiowy pracujący w odpowiednich pasmach. Niezależnie od szyfrowania standardu Wi-Fi, musimy też zapewnić algorytmy szyfrowania swoich danych. Przykładem gotowego rozwiązania sprzętowego i programowego spełniającego wymagania urządzenia IoT pracującego w sieci Wi-Fi jest moduł firmy Microchip AVR-IoT WA pokazany na fotografii tytułowej.

Moduł AVR-IoT WA

Jest to platforma demonstracyjna z 8-bitowym mikrokontrolerem AVR, zaprojektowana do testowania rozwiązań IoT korzystajacych z technologii Wi-Fi. Zastosowane rozwiązania sprzętowe można podzielić na trzy główne bloki:

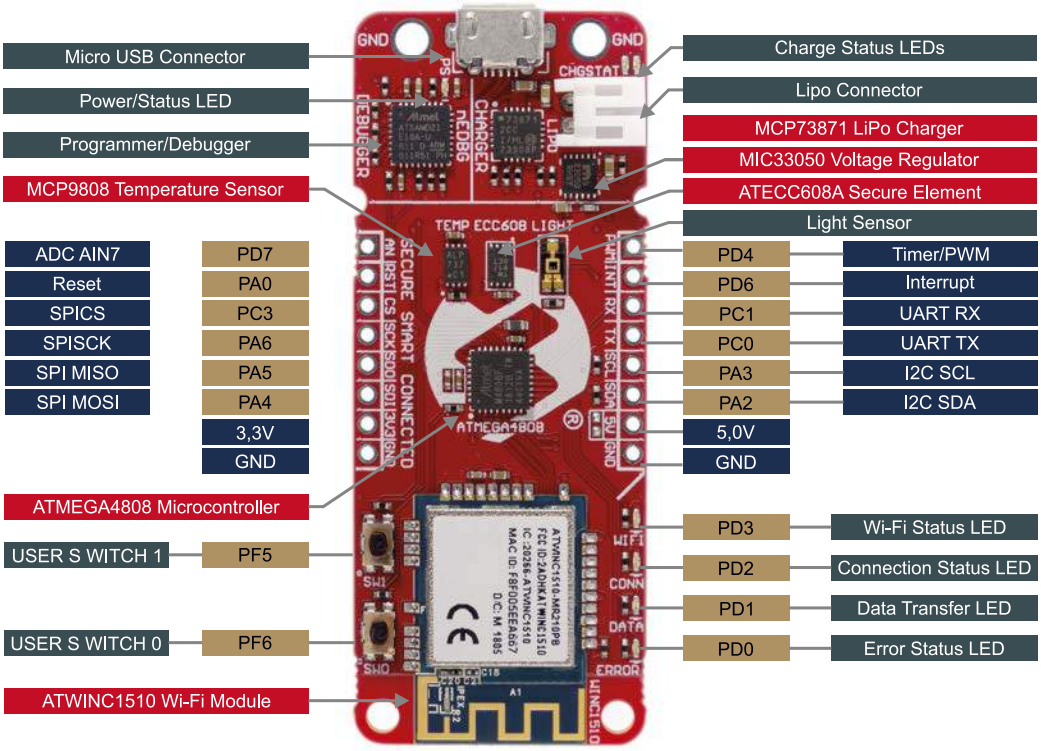
- mikrokontroler ATmega4808,
- układ szyfrujący ATECC608A,
- moduł kontrolera Wi-Fi WINC1510.

Możliwość testowania różnych funkcji zapewniają dwa wbudowane czujniki:

- czujnik temperatury MCP9808 z interfejsem I²C,
- czujnik natężenia światła z fototranzystorem TMT6000 – pomiar natężenia jest wykonywany przez przetwornik analogowo cyfrowy mikrokontrolera.

Dzięki umieszczonemu na płytce złączu mikroBUS, możliwe jest dołączenie jednego spośród 450 modułów rozszerzeń Click oferowanych przez firmę MikroElektronika. Pozwalają one w prosty sposób rozszerzać funkcjonalność AVR-IoT WA na przykład o dodatkowe czujniki. Wybór jest naprawdę duży – od czujników gazu, smogu, ciśnienia, temperatury czy wilgotności, poprzez czujniki (mierniki) prądu, pola magnetycznego, żyroskopy, akcelerometry i wiele innych.

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 1. Rozmieszczenie elementów na płytce modułu AVR-IoT WA

Moduł jest standardowo zasilany napięciem 5 V z interfejsu USB, ale ma możliwość pracy bateryjnej. Zastosowany układ MCP73871 umożliwia ładowanie i nadzór nad ogniwem Li-Ion/Li-Poly o maksymalnym napięciu 4,2 V. Ogniwo automatycznie zasila moduł przy zaniku napięcia z USB.

Mikrokontroler ATmega4808

Mikrokontroler ATmega4808 jest wyposażony w szybki 8-bitowy rdzeń AVR ze sprzętowym układem mnożenia. Może być taktowany sygnałem o częstotliwości do 20 MHz i ma wbudowane 48 kB pamięci programu Flash, 6 kB pamięci danych SRAM i 256 bajtów pamięci EEPROM. Wyposażenie w układy peryferyjne nie odbiega od standardu przyjętego w produktach Microchipa. Należy tu wspomnieć o 10 bitowym przetworniku ADC z własnym źródłem napięcia referencyjnego, komplecie interfejsów komunikacyjnych (UART, SPI, I²C), układach CMP (Capture/Compare/PWM) i odpowiedniej ilości liczników. Układ może być zasilany w szerokim zakresie napięć –od 1,8 do 5 V. Ma wbudowane 3 tryby oszczędzania energii: Idle, Stand-by i Power Down.

Moduł Wi-Fi ATWIN1500

Układ ATWINC1500 firmy Microchip jest zintegrowanym kontrolerem przeznaczonym do pracy w sieci IEEE 802.11 b/g/n (Wi-Fi). Według zapewnień producenta jest zoptymalizowany do pracy w urządzeniach IoT. Jest to idealne rozwiązanie dla małych układów mikroprocesorowych, które potrzebują funkcji sieciowych. ATWINC1500 łączy się poprzez interfejs SPI z dowolnym MCU. Ma zintegrowany wzmacniacz mocy (PA), niskoszumny wzmacniacz LNA, switch, moduł zarządzania energią, oraz zintegrowaną antenę umieszczoną na płytce drukowanej. Dostępna jest też wersja z mikro złączem RF co-ax (U.FL) do podłączenia zewnętrznej anteny. Wyposażony jest w wewnętrzną pamięć Flash o pojemności 4 MB do przechowywania oprogramowania systemowego Atmel Software Framework. Oprogramowanie jest darmowe i można je pobrać/uaktualniać na przykład poprzez framework MPLAB Harmony. Oprogramowanie wspiera protokoły: DHCP, DNS, TCP/IP (IPv4), UDP, HTTP i HTTPS. Układy wyposażone w ten moduł i tanie mikrokontrolery 8-bitowe mogą bez problemu pracować z protokołami sieciowymi i realizować połączenia internetowe.

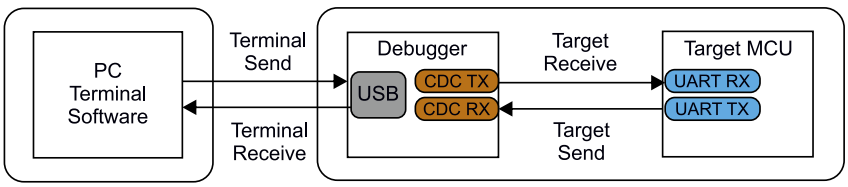
ATECC608A CryptoAuthentication

Układ ATECC608A CryptoAuthentication realizuje zaawansowane funkcje kryptografii krzywej eliptycznej (ECC). Dzięki wbudowanym funkcjom ECDH i ECDSA urządzenie jest idealne dla szybko rozwijającego się rynku IoT, ponieważ zapewnia pełny zakres zabezpieczeń, na który składają się: poufność, integralność danych i uwierzytelnianie. Może być stosowany w systemach z MCU lub MPU z algorytmami szyfrowania/deszyfrowania. Podobnie jak wszystkie produkty Microchip CryptoAuthentication, nowy ATECC608A zawiera bardzo bezpieczne sprzętowe przechowywanie kluczy kryptograficznych i kryptograficzne środki zaradcze, które eliminują potencjalne backdoory związane ze słabymi punktami oprogramowania. Do komunikacji z mikrokontrolerem zastosowano standardowy interfejs I²C. Układ ATECCC608A zapewnia niskie zużycie energii i pracuje w dość szerokim zakresie napięć zasilania – od 2 do 5,5 V.

Programator/debuger

Na płytce modułu AVR-IoT WA umieszczono programator/debuger PICkit On-Board (PKOB nano) zapewniający pełną obsługę programowania pamięci programu Flash i debugowania przez programy Microchip Studio lub Microchip MPLAB IDE. Debugger również działa jako urządzenie interfejsu pamięci masowej, umożliwiając uproszczone programowanie przez przeciąganie i upuszczanie plików.

Wbudowany PICkit On-Board ma zaimplementowane kompozytowe urządzenie USB, które zawiera standardową klasę urządzeń komunikacyjnych (CDC) rozpoznawanych przez hosta USB jako wirtualny



Rysunek 2. USB-CDC wbudowany w debugger

eprasa.pl 54fe1c0c92

port szeregowy. Może służyć do strumieniowego przesyłania dowolnych danych w obu kierunkach między komputerem hostem, a MCU na płytce (**rysunek 2**). Może też być używane do konfiguracji sieci Wi-Fi, lub do innych celów, na przykład przy debugowaniu kodu, czy jako kanał do przesyłania danych z aplikacji.

Testy modułu – pierwsze kroki

Moduł jest dystrybuowany z wgraną aplikacją demonstracyjną i po skonfigurowaniu sieci Wi-Fi jest gotowy do testów. Jak już wspomniałem – programator/debugger ma wbudowaną funkcję pamięci masowej. Po połączeniu kablem z portem USB komputera system operacyjny powinien wykryć moduł AVR-IoT WA jako dysk pamięci masowej o nazwie Curiosity z zapisanymi plikami (**rysunek 3**).

Po kliknięciu na plik *click-me.htm* w przeglądarce internetowej otwiera się strona https://bit.ly/3CyTO8K przeznaczona do konfigurowania i testowania modułu. Pierwszą czynnością, którą powinniśmy zrobić, jest aktualizacja oprogramowania firmware modułu do najnowszej wersji (**rysunek 4**). Po kliknięciu na przycisk *Get the latest Firmware* zostaniemy przeniesieni na stronę Git Hub z plikiem *AVR-IoT-WA-4.1.1.hex* zawierający skompilowany plik najnowszej dostępnej wersji oprogramowania modułu przeznaczonej do łączenia się a chmurą Amazon AWS (**rysunek 5**).

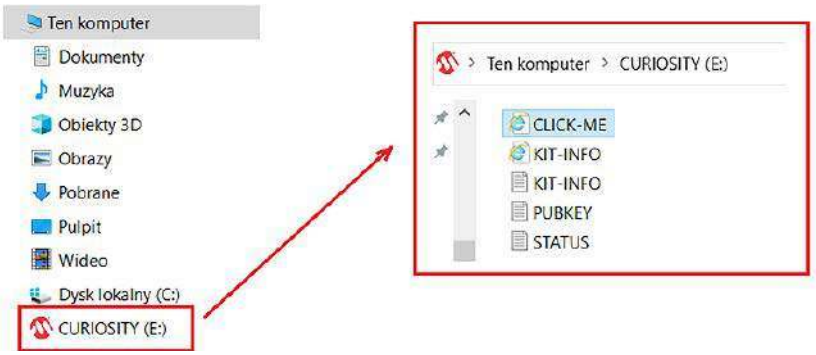
Po kliknięciu na AVR-IoT-WA-4.1.1.hex zostanie on pobrany i zapisany na dysku komputera. Na tej stronie jest też dostępny spakowany program źródłowy (*Source code*), który można pobrać w taki sam sposób. Będzie przydatny później do testowania i dostosowania programu do własnych potrzeb. Pobrany plik przeciągamy i upuszczamy na dysk Curiosity. Proces aktualizacji przebiega dalej automatycznie bez potrzeby wykonywania żadnych dodatkowych czynności.

Kolejny krok to konfiguracja połączenia z siecią Wi-Fi. Można go wykonać na kilka sposobów. Jednym z nich jest wykorzystanie do tego celu witryny internetowej https://bit.ly/3CyTO8K otwieranej po kliknięciu na *click-me.htm*. W lewym dolnym rogu jest wyświetlane okno konfiguracji sieci. Wpisujemy tu SSD sieci, wybieramy rodzaj szyfrowania i zgodny z nim klucz (hasło). Po wpisaniu tych danych klikamy na przycisk *Download Configuration*. Witryna generuje plik *wifi.cfg*, który jest potem automatycznie przesyłany do folderu pobierania. Ten plik należy przenieść i upuścić na dysk Curiosity. Zostało to pokazane na **rysunku 6**. Przykładowa zawartość pliku została pokazana na **rysunku 7**.

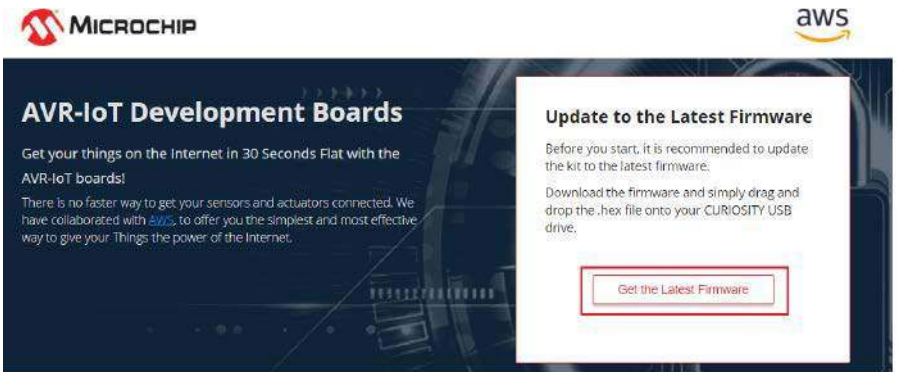
Jeżeli konfiguracja jest poprawna, to moduł powinien się połączyć z routerem Wi-Fi, który przydzieli mu adres IP w sieci lokalnej LAN. Proces nawiązywania połączenia z siecią Wi-Fi trwa kilkadziesiąt sekund i jest sygnalizowany miganiem niebieskiej diody na płytce. Po nawiązaniu połączenia dioda świeci się światłem ciągłym.

Taki sposób konfiguracji jest szybki, wygodny i łatwy. W dokumentacji modułu opisano jeszcze dwa kolejne sposoby. Pierwszy korzysta z wirtualnego portu COM (CDC) programatora/debugera płytki modułu. Niezbędny tu jest pogram terminala znakowego. Na **rysunku 9** jest pokazany ekran terminala PuTTY z komendą konfiguracji połączenia Wi-Fi. Za pomocą terminala można też sprawdzić wersję softu, wykonać restart, nawiązać ponowne połączenie Wi-Fi itp.

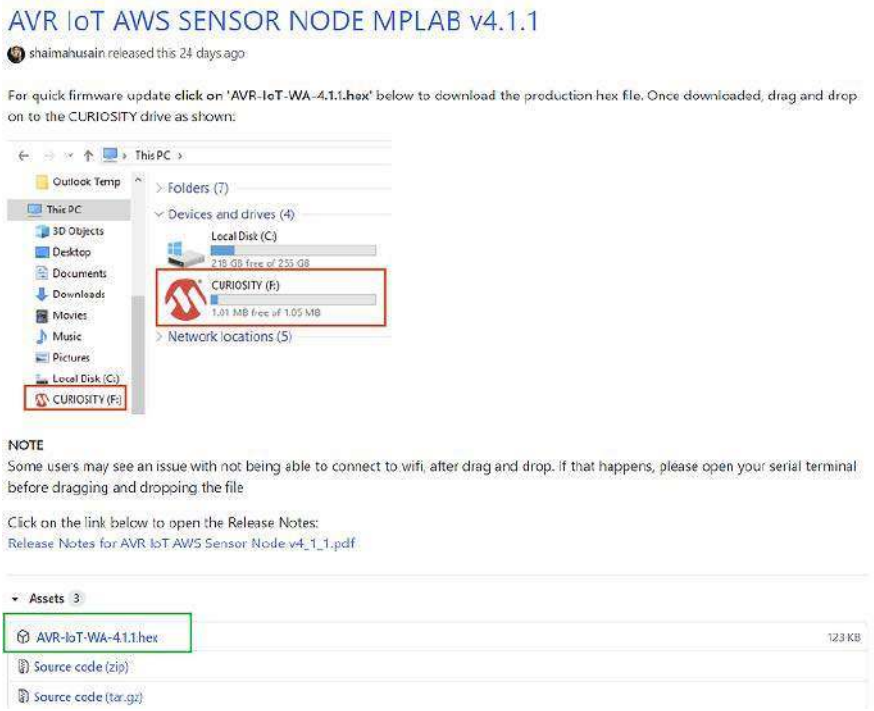
Ostatnią metodą połączenia z Wi-Fi jest zaawansowany tryb *Software Access Point* (Soft AP), wbudowany w moduł ATWINC. Ta metoda jest dobra, jeśli użytkownik korzysta tylko z urządzenia mobilnego, takiego jak telefon komórkowy lub tablet zamiast laptopa lub komputera. W tryb Soft



Rysunek 3. Dysk pamięci masowej Curiosity

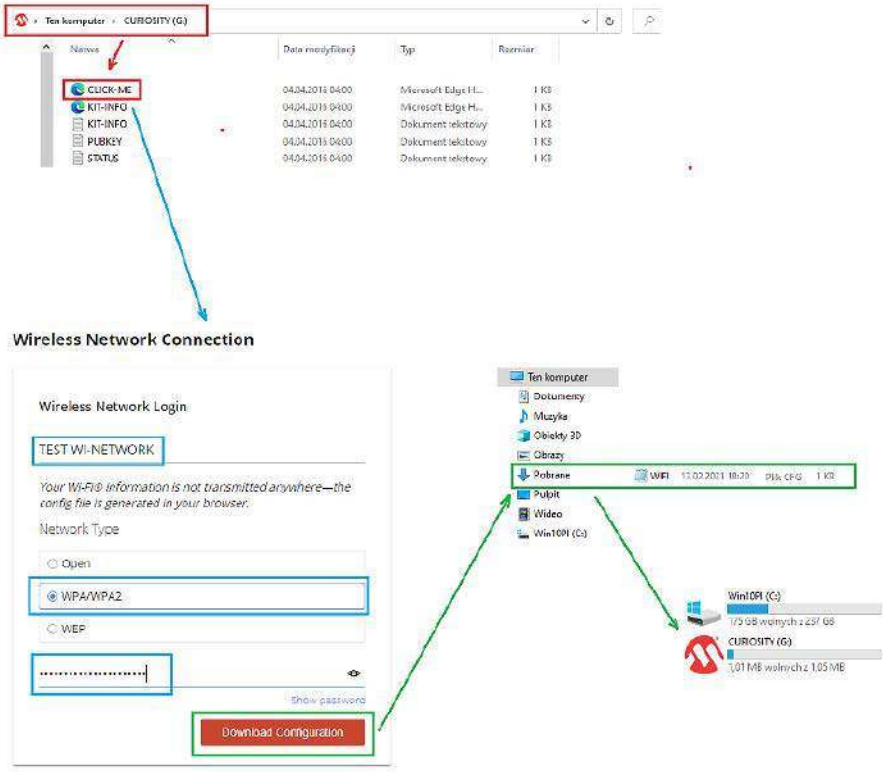


Rysunek 4. Inicjowanie pobierania najnowszego oprogramowania firmware

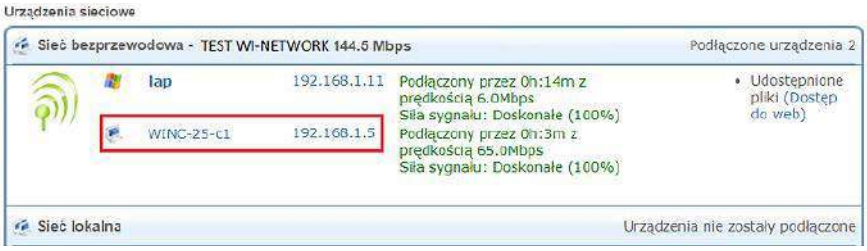


Rysunek 5. Strona GitHub z plikiem AVR-IoT-WA-4.1.1.hex

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 6. Konfiguracja połączenia Wi-Fi



Rysunek 8. Moduł z przydzielonym adresem w sieci lokalnej LAN

AP można wejść naciskając i przytrzymując przycisk SW0.

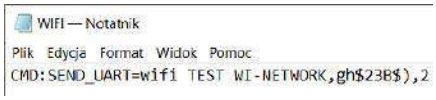
Po prawidłowym połączeniu się z siecią Wi-Fi moduł nawiązuje połączenie z chmurą Amazon AWS. Jeżeli to połączenie się powiedzie to następuje przesyłanie danych pomiarowych: temperatury i natężenia oświetlenia do aplikacji chmurowej i można je obrabiać i wyświetlić.

Na stronie https://bit.ly/3CyTO8K uruchamianej po kliknięciu na plik *click-me.htm* wyświetlany jest interaktywny wskaźnik faz działania aplikacji składający się z elementów sygnalizacyjnych:

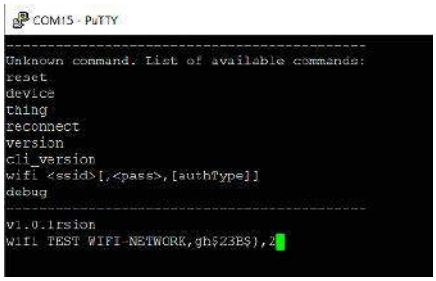
- połączenia modułu z portem USB komputera,
- połączenia z siecią Wi-Fi,
- połączenia z chmurą,
- przesłania danych do chmury.

Poprawnie działająca aplikacja powinna sygnalizować poprawność każdego z etapów tak jak to zostało pokazane na **rysunku 10**. Pod wskaźnikiem są wyświetlane wykresy wartości pomiarów temperatury i natężenia światła przesyłanych do chmury co 1 sekundę jak to zostało pokazane na **rysunku 11**.

W czasie testowania modułu wykonałem aktualizację firmware i konfigurację połączenia Wi-Fi. Moduł połączony z Wi-Fi połączył się z chmurą i przesyłał dane. Jedyną



Rysunek 7. Przykładowa zawartość pliku *wifi.cfg*



Rysunek 9. Ustawianie parametrów połączenia Wi-Fi za pomocą wirtualnego portu COM i terminala znakowego PuTTY

wątpliwość budziły pomiary temperatury zawyżone o ok. 10°C. W temperaturze otoczenia ok +21°C aplikacja wyświetlała temperaturę ok +33°C. W czasie ogrzewania czujnika palcem wykres reagował wzrostem temperatury do ok +34°C. Również czujnik natężenia oświetlenia reagował na zmiany oświetlenia, chociaż w tym przypadku trudno było określić czy prawidłowo mierzył jego poziom.

Co dalej?

Wszystkie płyty rozwojowe AVR-IoT WA są wstępnie zarejestrowane na koncie Sandbox AWS Cloud firmy Microchip. Konto jest skonfigurowane wyłącznie do celów testowych i demonstracyjnych. Wszyscy, którzy zakupili firmowe moduły i testują technologię Microchipa mogą z niego korzystać bez ograniczeń. Jednak nie ma możliwości gromadzenia danych i ich obróbki w dowolnym czasie. Pełne możliwości aplikacji chmurowej można wykorzystywać

Rysunek 10. Wskaźnik poprawności działania aplikacji

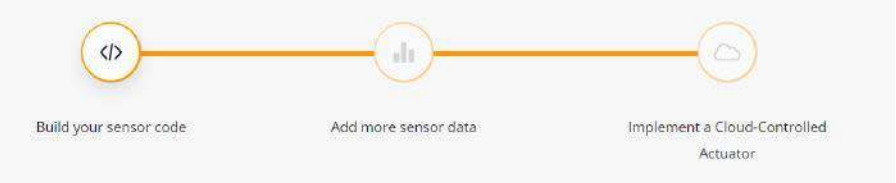
Rysunek 11. Wykresy wielkości pomiarowych z aplikacji chmurowej

eprasa.pl 54fe1c0c92

po migracji na własne prywatne konto utworzone w chmurze AWS.

Programy demonstracyjne dostarczane przez producentów sprzętu są atrakcyjne, ale często trudne do praktycznego zastosowania. Główną przeszkodą jest brak dokumentacji i przewodników niezbędnych do dostosowania dla własnych potrzeb. Łatwiej jest napisać wszystko od nowa niż wkładać mnóstwo pracy w zrozumienie jak działa czyjś program.

W tym przypadku jest inaczej. Microchip zadał sobie wiele trudu, żeby umożliwić projektantom łatwe tworzenie i testowanie własnych aplikacji. Pierwsze kroki można stawiać we wspomnianym już testowym koncie Sandbox AWS Cloud. Krótki samouczek jak się do tego zabrać, znajduje się na dole strony https://bit.ly/3CyTO8K (**rysunek 12**).



Rysunek 12. Modyfikacja projektu

Listing 1. Funkcja SentToCloud() przed modyfikacją

```
// This will get called every 1 second only
// while we have a valid Cloud connection
static void sendToCloud(void)
{
    static char json[PAYLOAD_SIZE];
    static char publishMqttTopic[PUBLISH_TOPIC_SIZE];
    int rawTemperature = 0;
    int light = 0;
    int len = 0;
    memset((void*)publishMqttTopic, 0, sizeof(publishMqttTopic));
    sprintf(publishMqttTopic, "%s/sensors", cid);
    // This part runs every CFG_SEND_INTERVAL seconds
    if (shared_networking_params.haveAPConnection){
        rawTemperature = SENSORS_getTempValue();
        light = SENSORS_getLightValue();
        len = sprintf(json,"{\"Light\":%d,\"Temp\":%d.%02d}",
            light,rawTemperature/100,abs(rawTemperature)%100);
    }
    if (len >0){
        CLOUD_publishData((uint8_t*)publishMqttTopic ,(uint8_t*)json, len);
        if (holdCount){
            holdCount--;
        }else{
            ledParameterYellow.onTime = LED_BLIP;
            ledParameterYellow.offTime = LED_BLIP;
            LED_control(&ledParameterYellow);
        }
    }
}
```

Listing 2. Zapisywanie tablicy json wartościami temperatury i natężenia światła

```
len = sprintf(json,"{\"Light\":%d,\"Temp\":%d.%02d}",
    light,rawTemperature/100,abs(rawTemperature)%100);
```

Pobieranie, otwieranie i kompilacja kodów źródłowych

Spakowany kod źródłowy *source code.zip* można pobrać z GitHub. Do pracy z nim będzie nam potrzebne środowisko projektowe i kompilator. Użytkownicy mikrokontrolerów AVR często używali środowiska Atmel Studio i kompilatora AVR GCC. Microchip po przejęciu Atmela konsekwentnie integruje swoje programy narzędziowe i środowisko MPLAB X IDE z mikrokontrolerami AVR i SAM. Jest co prawda możliwość używania Atmel Studio, które teraz nazywa się Microchip Studio, ale nie wiadomo, czy to środowisko będzie rozwijane. Dlatego użyjemy środowiska projektowego MPLAB X IDE w wersji V5.30 i najnowszej dostępnej wersji kompilatora XC8 w wersji bezpłatnej. Kod źródłowy zawiera gotowy projekt dla MPLAB IDE i pozostaje tylko jego otwarcie i skompilowanie.

Pierwszą modyfikacją będzie możliwość przesyłania dodatkowej informacji, którą będzie odczytywany stan przycisku SW0. Zaczynamy od odnalezienia funkcji *sendToCloud()* w pliku *application_manager.c* (**listing 1**). Jest ona odpowiedzialna za przesyłanie danych z czujników do chmury AWS. Wartość zmiennych *rawTemperature* (temperatura z czujnika) i *light* (natężenie światła z czujnika) jest formatowana przez funkcję *sprintf* i umieszczana w tablicy *json* (**listing 2**). Żeby wysyłać stan przycisku SW0 trzeba zmodyfikować fragment pokazany na listingu 2 tak, jak to zostało pokazane na **rysunku 13**.

Dodajemy definicję zmiennej uint8_t sw0 = SW0_GetValue() != 0; i modyfikujemy zapisywanie tablicy *json*:

```
len = sprintf(json,"{\"Light\"
:%d,\"Temp\":%d.%02d,\"Switch 0\"
:%u}",light,rawTemperature/100,abs
(rawTemperature)%100, sw0);
```

Po skompilowaniu kodu i zaprogramowaniu pamięci powinniśmy zobaczyć dodatkowy wykres Switch 0 pokazujący stany SW0 (zwarty/rozwarty) (**rysunek 14**).

Kolejna modyfikacja pozwoli na sterowanie zielonej diody LED umieszczonej na module z poziomu strony internetowej https://bit.ly/3CyTO8K. Zielony LED jest uzywany do sygnalizacji nawiązania poprawnego połączenia z chmurą. Najpierw wyłączamy tą sygnalizację. W pliku *application_manager.c* odszukujemy funkcję *MAIN_dataTask()* i komentujemy fragment odpowiedzialny za sterowanie zieloną diodą LED – **listing 3**.

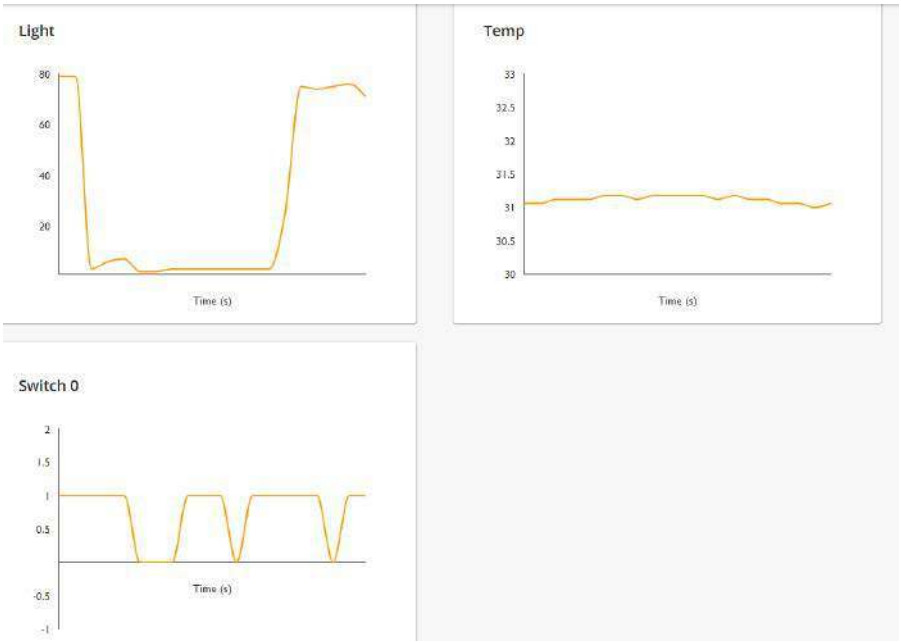
W funkcji *receivedFromCloud()* zostały przygotowane wszystkie mechanizmy odbierania polecenia toggle i nic tam już nie trzeba robić. Funkcja *getToggle* zwraca wartość 0 lub 1 po każdym odebraniu polecenia z chmury. Na końcu funkcji *MAIN_dataTask()* dodajemy fragment zapalający lub gaszący zieloną diodę LED zależnie od tego co zwróci funkcja *getToogleState()* – **listing 4.** Panel sterujący diodą został pokazany na **rysunku 15**.

Podsumowanie

Moduł Microchip AVR-IoT WA to kompletne rozwiązanie sprzętowo-programowe przeznaczone do aplikacji IoT korzystającej

Rysunek 13. Zmodyfikowana funkcja *SentToCloud*

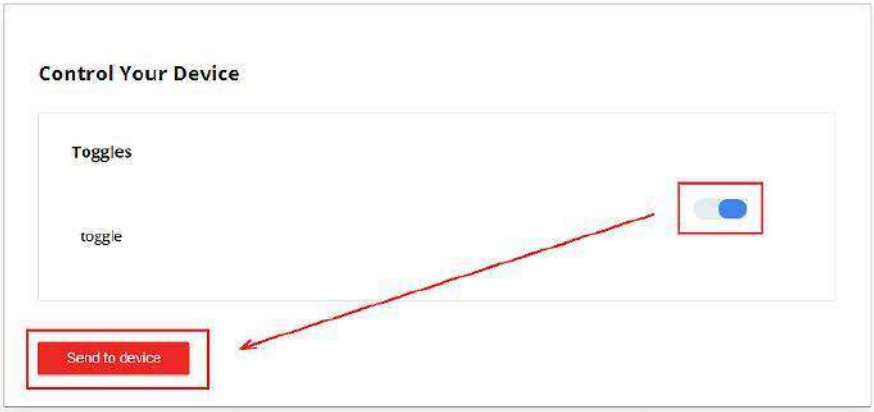
eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 14. Działanie zmodyfikowanego programu

Listing 3. Wyłączenie sterowania zieloną diodą LED

```
// Green LED if we are in Access Point
    if (!shared_networking_params.amConnectingSocket){
        if(CLOUD_checkIsConnected()){
        //wylaczenie sterowania zelonym LED
        //ledParameterGreen.onTime = SOLID_ON;
        //ledParameterGreen.offTime = SOLID_OFF;
        //LED_control(&ledParameterGreen);
        }else if(shared_networking_params.haveDataConnection == 1){
            ledParameterGreen.onTime = LED_BLINK;
            ledParameterGreen.offTime = LED_BLINK;
            LED_control(&ledParameterGreen);
        }
```



Rysunek 15. Sterowanie diodą LED z poziomu „chmury”

Listing 4. Fragment funkcji MAIN_dataTask() zapalający lub gaszący zieloną diodę LED

```
if(!getToggleState()) {
    ledParameterGreen.onTime = SOLID_ON;
    ledParameterGreen.offTime = SOLID_OFF;
    LED_control(&ledParameterGreen);
} else {
    ledParameterGreen.onTime = SOLID_OFF;
    ledParameterGreen.offTime = SOLID_ON;
    LED_control(&ledParameterGreen);
}
```

z łączności Wi-Fi. Dane z czujników są przesyłane do chmury AWS (Amazon), gdzie mogą być wizualizowane i ewentualnie archiwizowane i przetwarzane. Producent zrobił bardzo wiele, żeby zaproponowane rozwiązania można było wdrożyć tak szybko jak to możliwe. Do dyspozycji mamy kompletny moduł i program przykładowy z kodami źródłowymi. Do stawiania pierwszych kroków, testowania wbudowanych funkcji i modyfikacji aplikacji Microchip udostępnia swoją bezpłatną usługę w chmurze AWS. Korzystając z tych możliwości jesteśmy w stanie, w relatywnie krótkim czasie, skonfigurować połączenie Wi-Fi, przetestować funkcje przesyłania danych pomiarowych, a potem zmodyfikować samodzielnie program tak by wysyłał stan SW0 i odbierał z chmury polecenia zapalania i gaszenia diody LED umieszczonej na module.

Te testy można traktować jako wstęp do pełnego zastosowania modułu. Na GitHub są umieszczone samouczki pokazujące jak założyć sobie własne konto w chmurze AWS i przystosować moduł do własnych celów bez ograniczeń stawianych przez konto Microchipa. Wszystko to pokazuje, że producent zaoferował nam znacznie więcej niż tylko moduł z programem demonstracyjnym. Kody źródłowe oraz kopalnia wiedzy na GitHub pozwalają wejść w świat chmurowych aplikacji IoT i korzystać z nich bez ograniczeń.

Microchip oferuje tez wersję modułu z mikrokontrolerem rodziny PIC24 oraz wersje oprogramowanie firmware przeznaczone do połączenia z chmurą Google.

Tomasz Jabłoński, EP

KLUB APLIKANTÓW PRÓBEK KAP www.ep.com.pl/KAP

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 www.ep.com.pl/KAP. 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 https://forum.ep.com.pl/viewforum.php?f=80.

Ponadto, by zwiększyć swoje szanse na bycie wybranym do realizacji projektu w oparciu o nasze próbki, należy polubić fanpage „Elektroniki Praktycznej” na Facebooku (https://facebook.com/ElektronikaPraktyczna) oraz udostępnić post, w którym opisujemy rozdawane próbki. W przypadku podobnie interesujących pomysłów na projekty, będziemy uwzględniać to jako dodatkowe kryterium wyboru.

https://ep.com.pl/nowosci/kap

eprasa.pl 54fe1c0c92

Konfigurowalny panel przycisków do komputera

Pracując przy komputerze często korzystamy z powtarzających się skrótów i kombinacji klawiszowych, czy też sekwencji naciskania klawiszy do wykonywania pewnych czynności. Kuszącym pomysłem jest zastąpienie ich czymś prostszym… na przykład osobnym przyciskiem na podręcznym panelu.

Autor projektu, początkowo chciał skonstruować prosty panel z jednym przyciskiem z programowalnymi funkcjami, aby móc sterować swoim laptopem bez konieczności podchodzenia do samej maszyny. Potem natrafił na zbiór przycisków wykonanych w takim stylu, że kojarzony jest ze starymi maszynami do gier. To sprawiło, że zmienił plany i zdecydował się na konstrukcje panelu z wieloma przyciskami, z których każdy z nich może pełnić rolę programowalnego skrótu klawiszowego, lub wręcz sekwencji klawiszy.

Projekt zawiera moduł Adafruit Trinket M0 i symuluje działanie klawiatury. Autor dużo uwagi przyłożył do konstrukcji obudowy, jednak w artykule skupimy się na elektronice i oprogramowaniu urządzenia. Obudowę urządzenia można zbudować na wiele sposobów, zależnie od tego, jakie posiadamy narzędzia. Autor na stronie z projektem prezentuje dwa różne podejścia do konstrukcji obudowy i udostępnia wszystkie potrzebne pliki projektowe, nawet projekt gotowy do druku 3D. Można oczywiście zmienić obudowę zupełnie, czy zastosować inne przyciski, aby stworzyć dopasowany do swoich wymagań panel skrótów klawiszowych.

Potrzebne elementy

Do zbudowania obudowy, takiej jak prezentuje autor potrzebne będą następujące elementy:

- pleksi o grubości 3 mm,
- klej do pleksi,
- pięć przycisków w stylu starych automatów do gier,
- gumowe nóżki (podstawki) urządzenia.

Jeśli zdecydujemy się na wydrukowanie zaprojektowanej przez autora obudowy, musimy się zaopatrzyć tylko w klej cyjanoakrylowy.

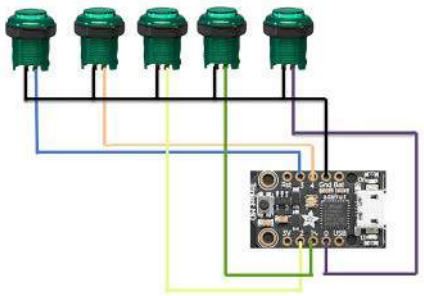
Do budowy elektroniki potrzebne będą następujące komponenty:

- moduł Adafruit Trinket M0,
- zworki kablowe,
- goldpiny do wlutowania w moduł z mikrokontrolerem.

Połączenia elektryczne

Zamiast łączyć przyciski z modułem mikrokontrolera na stałe, autor przylutował do niego goldpiny, aby podłączenia przycisków do układu wykonać przy pomocy typowych przewodów połączeniowych. Analogicznie, po stronie przycisków, także znajdują się goldpiny. Piny do modułu Trinket wlutowane są do góry nogami, aby można było przykleić moduł w obudowie z wykorzystaniem taśmy dwustronnej.

Schemat połączeń elektrycznych w systemie został pokazany na **rysunku 1**. Jedna strona przycisków jest podłączona do masy modułu Trinket. Z kolei druga nóżka podłączona jest do wejścia cyfrowego. Przyciski łączone są po kolei do pinów z wejściami 0, 1, 2, 3 oraz 4 w systemie. Dzięki temu przyciski są w pełni niezależne i każdy z nich może obsługiwać zupełnie osobną i niezależną funkcję. Po podłączeniu zworek kablowych, wystarczy tylko wkleić moduł z mikrokontrolerem gdzieś w obudowie w taki sposób, aby zapewnić dostęp do portu USB z zewnątrz. Zamiast przyklejania modułu na taśmę dwustronną, można oczywiście zamontować moduł w inny sposób, np. z pomocą uchwytu wydrukowanego na drukarce 3D itp.



Rysunek 1. Schemat połączeń elektrycznych w panelu z przyciskami

eprasa.pl 54fe1c0c92

Oprogramowanie

Kluczowym elementem systemu jest oczywiście oprogramowanie. System nie będzie działał, jeśli nie zaprogramujemy go odpowiednim skryptem. Na **listingu 1** został pokazany szkic Arduino, który zastosowano do uruchomienia opisywanego modułu.

Kod źródłowy do Arduino, obsługujący panel z klawiszami, jest bardzo prosty. Zastosowana została biblioteka *keyboard.h*, która realizuje kompletną emulację klawiatury PC. W zależności od systemu operacyjnego, z jakim ma współpracować klawiatura – OS X czy Windows/Linux, należy wybrać odpowiednie klawisze specjalne. W pierwszej sekcji kodu – *setup()*, konfigurowane są wszystkie wejścia cyfrowe (piny zdefiniowane w tablicy *buttonNum*. Dla każdego pinu załączane jest wewnętrzne podciąganie do plusa zasilania, dzięki czemu nie musimy tego robić fizycznie w systemie, co znacznie upraszcza jego konstrukcję. Podciaganie dołączone jest do wartości logicznej 1 więc naciśnięcie przycisku oznacza wystąpienie zbocza opadającego – w ten sposób właśnie skonfigurowane są przerwania, za pomocą funkcji *attachInterrupt*. Wystąpienie stanu niskiego (LOW) na jednym z pinów z tablicy *buttonNum* spowoduje uruchomienie funkcji *buttPressed*. Finalnie w sekcji tej uruchamiana jest klawiatura za pomocą metody *Keyboard.begin()*. Funkcja *buttPressed* jest bardzo prosta. Po jej wywołaniu ustawia ona flagę naciśnięcia przycisku *buttFlag*, a następnie odczytuje wartości logiczne z pinów *buttonNum*, ustawiając numer naciśniętego przycisku w zmiennej *buttSelect*.

Główna pętla programu – *loop()*, oczekuje na naciśnięcie przycisku. W momencie, gdy flaga *buttFlag* zostanie ustawiona, skrypt uruchamia za pomocą *switch(buttSelect)* jedną z funkcji, które zapisane są poniżej. Dla przycisków 0, 1 i 2 jest to, odpowiednio *Command0()*, *Command1()* oraz *Command0()*. Dla przycisku czwartego ponownie *Command0()*, a dla piątego bardziej złożona kombinacja – najpierw *Command1()*, a po sekundzie (*delay(1000)*) *Command2()*. Wszystkie te funkcje zdefiniowane są poniżej.

Autor w przykładowym programie zdefiniował tylko trzy pierwsze funkcje. Pierwsza i druga z nich naciskają kombinację klawiszy, odpowiednio CTRL+u i CTRL+n. Naciśnięcie klawisza realizuje się metodą *Keyboard.press('klawisz')*, a ich puszczenie powoduje metoda *Keyboard.releaseAll()*. Trzecia komenda wykorzystuje metodę *Keyboard.println('tekst')*, która pozwala wpisać z klawiatury cały ciąg znaków.

Komendy można w dowolny sposób konfigurować i łączyć ze sobą w sekwencje, aby dopasować do konkretnych potrzeb użytkownika. Wystarczy zapisać swoje własne skróty klawiszowe i sekwencje we wszystkich pięciu komendach i uzupełnić w głównej pętli programu wywołanie poszczególnych funkcji *CommandX()*.

Jedyne co zostało do zrobienia, to skompilowanie i wgranie szkicu do mikrokontrolera i podłączenie układu do komputera. Powinien on zostać automatycznie wykryty, jako klawiatura i tak właśnie działać. Po naciśnięciu dowolnego z przycisków komputer powinien zareagować zgodnie z zaprogramowaną funkcją.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło:
https://bit.ly/3hSgqtf
https://bit.ly/3AzRoXa

Listing 1. Kod oprogramowania panelu skrótów klawiszowych

```
#include "Keyboard.h"

//char ctrlKey = KEY_LEFT_GUI;  // zakomentuj dla Win
char ctrlKey = KEY_LEFT_CTRL;   // zakomentuj dla OSX
char altKey = KEY_LEFT_ALT;   // zakomentuj dla OSX

int buttonNum[5] = {3, 4, 2, 0, 1};
int buttSelect = 0;
int buttFlag = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  for (int x = 0; x < 5; x++) {
    pinMode(buttonNum[x], INPUT_PULLUP);
    attachInterrupt(buttonNum[x], buttPressed, LOW);
  }
  Keyboard.begin();
}

void loop() {
  while (buttFlag == 0) {
    delay(10);
  }
  Serial.print("Button ");
  Serial.print(buttSelect);
  Serial.println(" pressed.");
  switch (buttSelect) { // Uruchammianie komend
    case 0:
      Command0();
      break;
    case 1:
      Command1();
      break;
    case 2:
      Command2();
      break;
    case 3:
      Command0();
      break;
    case 4:
      Command1();
      delay(1000);
      Command2();
      break;
    default:
      break;
  }
  int pressed = digitalRead(buttSelect);
  while (pressed == 0) {
    pressed = digitalRead(buttSelect);
  }
  buttFlag = 0;
}

void buttPressed() {
  buttFlag = 1;
  for (int x = 0; x < 5; x++) {
    int butt = digitalRead(x);
    if (butt == LOW) {
      buttSelect = x;
      break;
    }
  }
}

// Poniżej zdefiniować można własne komendy

void Command0() {
  Serial.println("Pressing CTRL+U");
  Keyboard.press(ctrlKey);
  Keyboard.press('u');
  delay(100);
  Keyboard.releaseAll();
  delay(500);
}

void Command1() {
  Serial.println("Pressing CTRL+ALT+N");
  Keyboard.press(ctrlKey);
  Keyboard.press(altKey);
  Keyboard.press('n');
  delay(100);
  Keyboard.releaseAll();
  delay(500);
}

void Command2() {
  Keyboard.println("HelloWorld");
  }

void Command3() {}

void Command4() {}
```


eprasa.pl 54fe1c0c92

System do rozpoznawania tablic rejestracyjnych

Rozpoznawanie napisów nie jest nową technologią. Pierwsze rozwiązania powstały już w latach '80 XX wieku i były stosowane przede wszystkim do digitalizacji książek i dokumentów. Wraz z upowszechnieniem się wydajnych platform obliczeniowych, technologia ta trafiła również do systemów wbudowanych takich, jak kamery na parkingach, które identyfikują samochody na podstawie tablic rejestracyjnych.

Rozpoznawanie tablic rejestracyjnych pojazdów nie jest funkcjonalnością łatwą do zrealizowania, ale bardzo potrzebną m.in. w systemach parkingowych czy nadzorujących ruch. Umożliwia automatyzację procesu poboru opłat parkingowych czy też identyfikację pojazdów przejeżdżających na czerwonym świetle lub łamiących inne przepisy ruchu drogowego. Zaprezentowany projekt bazuje na komputerze jednopłytkowym Raspberry Pi i korzysta z algorytmów przetwarzania obrazu do automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych pojazdów. System zawiera kamerę Full HD z czujnikiem podczerwieni oraz prosty wyświetlacz LCD. Stale przetwarza obraz z kamery i wykrywa pojawienie się tablicy rejestracyjnej pojazdu. Po jej wykryciu, algorytm przetwarza dane z kamery, wyodrębnia obraz tablicy rejestracyjnej z całego obrazu i przetwarza go za pomocą algorytmu OCR. Finalnie uzyskiwany jest numer rejestracyjny, który zostaje wyświetlony na klasycznym wyświetlaczu LCD 2×16.

System taki może mieć wiele zastosowań – zamiast tylko wyświetlić odczytany z tablicy tekst na ekranie LCD, można zapisać go w bazie danych, lub, na przykład podnieść szlaban wjazdu na parking, jeśli tablica jest właściwa.

Tabela 1. Wykaz połączeń Raspberry Pi z wyświetlaczem i przyciskiem

Lp.	Numer GPIO	Podłączony element
1	16	LCD, linia danych D4
2	12	LCD, linia danych D5
3	7	LCD, linia danych D6
4	8	LCD, linia danych D7
5	20	LCD, linia kontrolna EN
6	21	LCD, linia kontrolna RS
7	2	Przycisk

Potrzebne elementy

Zbudowanie zaprezentowanego systemu wymaga kilku komponentów. Potrzebne są:

- komputer jednopłytkowy Raspberry Pi 3,
- wyświetlacz LCD z kontrolerem HD44780,
- buzzer,
- oporniki, kondensatory i tranzystory, potrzebne do konstrukcji płytki bazowej,
- diody LED,
- kable i złącza, do integracji wszystkich systemów.
- zasilacz DC,
- kamera USB z sensorem Full HD i możliwością obserwacji w podczerwieni.

Dodatkowo konieczne jest oprogramowanie, które trzeba zainstalować na Raspberry Pi. Aby zaprezentowany dalej skrypt działał poprawnie, musimy zainstalować w systemie następujące komponenty:

- system operacyjny Linux,
- interpreter Pythona, jeśli nie jest domyślnie obecny w systemie,
- biblioteka Adafruit_CharLCD do obsługi wyświetlacza LCD,
- biblioteka OpenCV.

Przygotowanie sprzętu

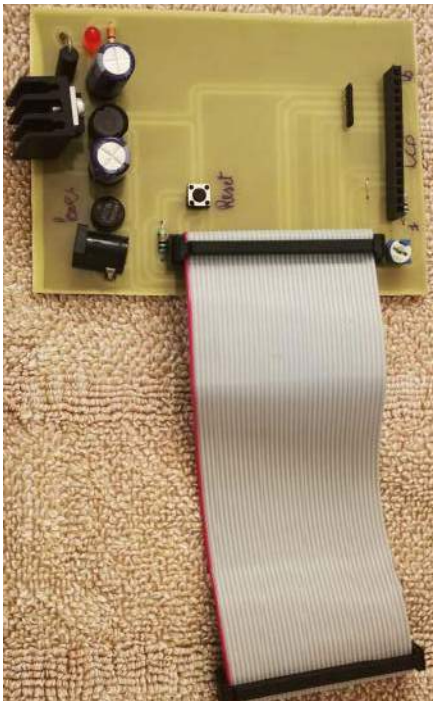
Przygotowując Raspberry Pi należy upewnić się, że maszyna posiada wolne trzy wejścia USB, wyjście HDMI i oczywiście gniazdo kart micro SD. Do USB podłączone będą: kamera, mysz i klawiatura. Czwarte wejście przydatne będzie do podłączenia np. dysku USB lub na przykład układów wykonawczych, jeśli komputer ma czymś sterować. Do złącza HDMI można dołączyć monitor i obserwować działanie systemu, do gniazda kart Micro SD należy zainstalować kartę pamięci z zapisanym systemem operacyjnym.

Płytka główna urządzenia zawiera blok zasilania oraz kilka elementów dodatkowych (**fotografia 1**), w tym przycisk

eprasa.pl 54fe1c0c92

Listing 1. Kod skryptu który realizuje funkcjonalność urządzenia

```
import Adafruit_CharLCD as LCD
import RPi.GPIO as GPIO
import time
from openalpr import Alpr
import sys
import cv2
from datetime import datetime
import os

button = 2
GPIO.setup(button,GPIO.IN)

# Konfiguracja pinów Raspberry Pi
lcd_rs        = 21
lcd_en        = 20
lcd_d4        = 16
lcd_d5        = 12
lcd_d6        = 7
lcd_d7        = 8

# Definicja wiellkości LCD (domyślnie 16 znaków x 2 linie).
lcd_columns = 16
lcd_rows    = 2

lcd = LCD.Adafruit_CharLCD(lcd_rs, lcd_en, lcd_d4, lcd_d5, lcd_d6, lcd_d7,
                           lcd_columns, lcd_rows)

plate_detected = False

alpr = Alpr("eu", "/home/pi/openalpr/src/build/config/openalpr.conf", "/home/pi/openalpr/runtime_data")

alpr.set_top_n(20)
alpr.set_default_region("md")

reset = True

while reset == True:
    lcd.set_backlight(0)
    lcd.clear()
    print("Automatic Number Plate Detection")
    lcd.message('  Raspberry pi\n     Based     ')
    time.sleep(2)
    lcd.clear()
    lcd.message('Automatic Number\nPlate Detection')
    time.sleep(3)

    lcd.clear()
    lcd.message('Searching for\nCamera')
    print("Searching for Camera")
    time.sleep(2)

    camera=cv2.VideoCapture(0)

    if not camera.isOpened():
        main = False
        print("can't open the camera")
        lcd.clear()
        lcd.message('Error:Camera not\nFound')
        time.sleep(2)
        lcd.clear()
        lcd.message('Connect Camera &\npress reset')
        while GPIO.input(button) == True:
            None

    else:
        main = True
        print("camera found")
        lcd.clear()
        lcd.message('Found Camera')
        time.sleep(2)

    while True:
        ret, frame = camera.read()
        results = alpr.recognize_file(frame)
        i = 0
        for plate in results['results']:
            i += 1
            for candidate in plate['candidates']:
                prefix = "-"
                if candidate['matches_template']:
                    prefix = "*"
                plate_detected = True
                break
        if plate_detected:
            lcd.clear()
            lcd.message('license plate \nno. is '+ candidate['plate'] )
            plate_detected = False
        else:
            lcd.clear()
            lcd.message('Plate not detected..')
        if GPIO.input(button) == False:
            camera.release()
            break
```



Fotografia 1. Płytka drukowana umożliwiająca połączenie wszystkich elementów systemu

resetowania. Odpowiednie złącza, umożliwiają łatwe połączenie komputerka z wyświetlaczem. Alfanumeryczny wyświetlacz LCD 16×2 podłączony jest do Raspberry Pi w trybie 4-bitowym, aby zredukować liczbę potrzebnych linii GPIO. W **tabeli 1** znajduje się spis kluczowych połączeń. Wszytko zasilane jest ze zwykłego zasilacza wtyczkowego.

Oprogramowanie

Na **listingu 1** został pokazany kod skryptu, napisanego w Pythonie, który realizuje funkcjonalność urządzenia. System operacyjny powinien być skonfigurowany tak, aby skrypt uruchamiał się automatycznie, po starcie systemu.

W pierwszej, konfiguracyjnej części skryptu, przy użyciu biblioteki GPIO uruchamiana jest obsługa przycisku. Następnie inicjalizowany jest ekran LCD. Jeśli

eprasa.pl 54fe1c0c92

w naszym systemie linie GPIO podłączone są do wyświetlacza w inny sposób niż opisano w tabeli 1, możliwa jest zmiana ich definicji w kodzie, tak, aby odpowiadały rzeczywistości.

Kluczowa część programu umieszczona jest w pętli *while*. Skrypt inicjalizuje kamerę przez funkcje z biblioteki OpenCV, a następnie pobiera z niej obraz i rozpoczyna jego analizę. Kluczowym elementem jest tutaj zastosowanie biblioteki OpenALPR, która służy do automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych i została napisana w C++. Metoda *recognize_file()* zwraca wynik w postaci listy *results, w której znajduje* się lista „kandydatów" (*candidates*) – rozpoznanych potencjalnych tablic rejestracyjnych. Skrypt sprawdza następnie, czy pasują one do zdefiniowanego szablonu i jeśli tak, ustawia flagę *plate_detected*. Jeśli jest ona ustawiona, skryp ustawia na wyświetlaczu napis ze zidentyfikowaną tablicą rejestracyjną, korzystając z metody *lcd.message*.

Integracja systemu

Po skompletowaniu wszystkich komponentów sprzętowych, można przystąpić do uruchomienia systemu. W pierwszej kolejności należy umieścić kartę microSD w odpowiednim slocie w Raspberry Pi. Następnie podłączamy do Raspberry Pi kamerę, mysz, klawiaturę i ekran. Podłączamy również wyświetlacz LCD, z użyciem wspomnianej płytki lub w dowolny inny sposób. Nie pozostaje teraz nic innego, jak uruchomić system, podłączając zasilanie do Raspberry Pi i połączonych z nim elementów (pamiętajcie o zasileniu wyświetlacza LCD). Na **fotografii 2** pokazano gotowy do działania system.

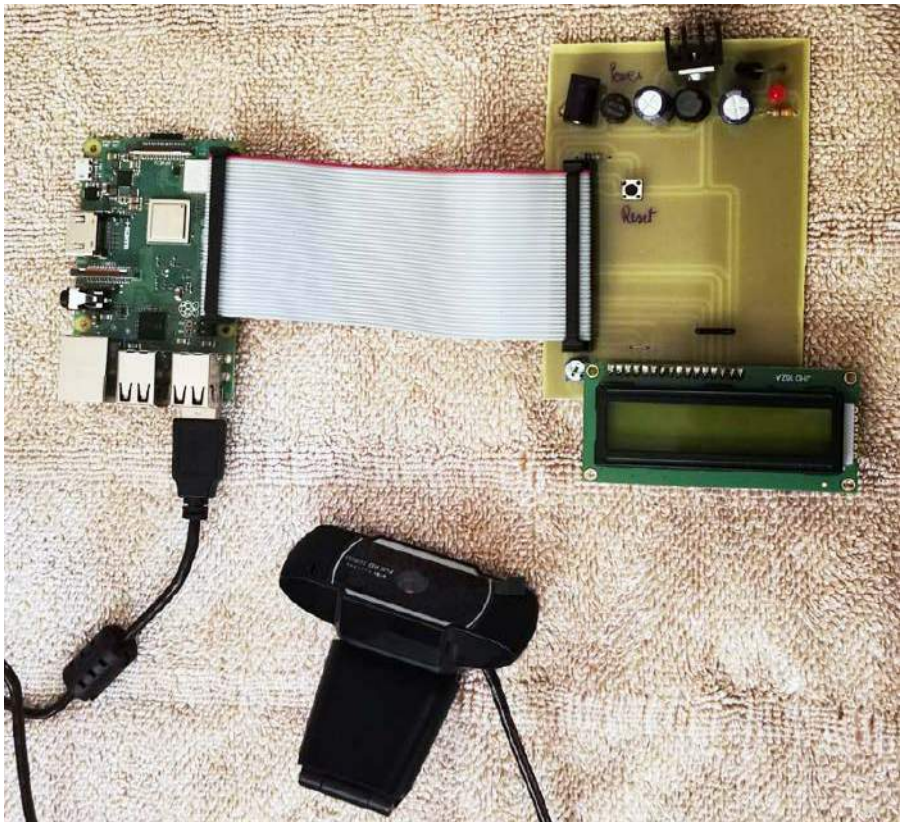
Inicjalizacja i testy

Po uruchomieniu systemu operacyjnego należy przejść do folderu, w którym znajduje się plik *Number plate Recognition.py* ze skryptem z listingu 1. Uruchomienie skryptu spowoduje natychmiastowe zainicjowanie kamery i wyświetlacza LCD. Po aktywowaniu systemu warto upewnić się, że wyświetlacz LCD pokazuje informacje o poprawnym wykryciu kamery – w przeciwnym wypadku należy upewnić się, że wszystko zostało podłączone poprawnie, a kamera USB jest sprawna. Następnie wyświetlacz zacznie podawać zidentyfikowane numery tablic rejestracyjnych.

Aby przetestować system, wystarczy wyświetlić zdjęcie tablicy rejestracyjnej np. w telefonie i umieść go przed kamerą, jak pokazano na **fotografii 3**. Po rozpoznaniu tablicy rejestracyjnej, jej numer zostanie wyświetlony, co pokazano na **fotografii 4**.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło
https://bit.ly/3ohuKiP



Fotografia 2. Zmontowana elektronika systemu do rozpoznawania tablic rejestracyjnych

Fotografia 3. Prosty sposób na przetestowanie systemu – umieszczenie zdjęcia tablicy rejestracyjnej przed kamerą

Fotografia 4. Efekt działania systemu

eprasa.pl 54fe1c0c92

Prosty sensor poziomu CO_2

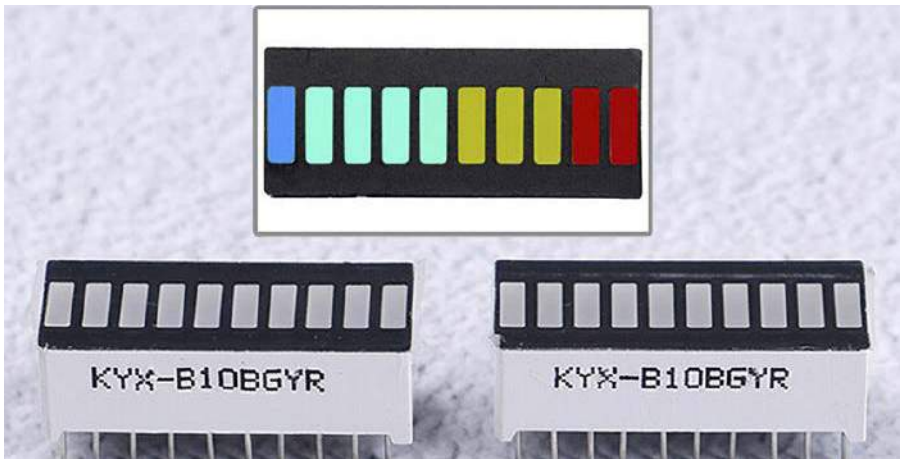
Dwutlenek węgla jest gazem, który wytwarzamy my, jak i wszystkie inne organizmy żywe, podczas oddychania. Jego nadmierna ilość w naszym otoczeniu może być dla nas szkodliwa, a w skrajnych przypadkach wręcz niebezpieczna. Monitorowanie poziomu CO_2 jest ważne również w przypadku ograniczania przenoszenia chorób zakaźnych, gdyż poziom tego wydychanego gazu koreluje się z ilością patogenów w powietrzu.

Ostatnio obserwuje się szczególne wzmożone zainteresowanie czujnikami CO_2, ponieważ są one kluczowym składnikiem systemów monitorowania jakości powietrza w naszym otoczeniu. Zwiększone stężenie CO_2 w naszym otoczeniu sprawia, że stajemy się senni i zmęczeni. Dlatego wietrzenie pomieszczeń pomaga man obudzić się. Kiedy jednak otworzyć okno? Ten sprytny sensor pozwoli szybko sprawdzić, czy poziom dwutlenku węgla w powietrzu przekroczył ustalony poziom.

Oprócz monitorowania jakości powietrza, opisany sensor jest również przydatny w zapobieganiu rozprzestrzeniania się koronawirusa i innych chorób zakaźnych. Wirusy i bakterie są przenoszone głównie przez aerozole, dlatego ważne jest zapewnienie dobrej wentylacji w pomieszczeniach. Dwutlenek węgla jest wydychany razem z aerozolami, stężenie tych substancji jest ze sobą ściśle skorelowane, a czujnik CO_2 może być zastosowany do wskazania, kiedy należy otworzyć okno, aby wpuścić świeże powietrze do pomieszczenia.

„W moim miejscu pracy używamy również czujników CO_2 do monitorowania jakości powietrza, aby pomóc złagodzić rozprzestrzenianie się koronawirusa. Firma, w której pracuję, zaprojektowała nawet własny SHIELD z czujnikiem CO_2 dla Arduino UNO i rozdano nieobsadzone płytki PCB za darmo wszystkim zainteresowanym zbudowaniem własnego czujnika. To zainspirowało mnie do zbudowania własnej wersji czujnika CO_2 z zastosowaniem czujnika SCD30" – pisze o projekcie jego autor.

Sensor SCD30 jest stosunkowo dużym sensorem, w porównaniu z niektórymi innymi czujnikami gazów, ponieważ jest to tzw.



Fotografia 1. Wyświetlacz LED-owy – bargraf z dziesięcioma diodami w różnych kolorach

eprasa.pl 54fe1c0c92

Listing 1. Uproszczony szkic Arduino programu obsługującego sensor

```
#include "esp_timer.h"
#include <Wire.h>
#include "SCD30.h"
#include "Sensirion_GadgetBle_Lib.h"

#define SDA_pin 21  // Pin SDA układu SCD30
#define SCL_pin 22  // Pin SCL układu SCD30

// Piny wyświetlacza LED
#define LED1 15
#define LED2 13
#define LED3 12
#define LED4 14
#define LED5 27
#define LED6 26
#define LED7 25
#define LED8 33
#define LED9 32
#define LED10 23

static int64_t lastMmntTime = 0;
static int startCheckingAfterUs = 1900000;

GadgetBle gadgetBle = GadgetBle(GadgetBle::DataType::T_RH_CO2);

void allLEDsOff() {
  digitalWrite(LED1, LOW);
  //...
  digitalWrite(LED10, LOW);
}

void allLEDsOn() {
  digitalWrite(LED1, HIGH);
  //...
  digitalWrite(LED10, HIGH);
}

void lightBarGraph(uint8_t N) {
  switch(N) {
    case 1:
      digitalWrite(LED1, HIGH);
      break;
    case 2:
      digitalWrite(LED1, HIGH);
      digitalWrite(LED2, HIGH);
      break;

    //...

    case 10:  // Zapal wszystkie diody i mrugaj
      allLEDsOn();
      delay(200);
      allLEDsOff();
      delay(200);
      allLEDsOn();
      delay(200);
      allLEDsOff();
      delay(200);
      allLEDsOn();
      break;
  }
}

void setup() {
  pinMode(LED1, OUTPUT);
  pinMode(LED2, OUTPUT);
  pinMode(LED3, OUTPUT);
  pinMode(LED4, OUTPUT);
  pinMode(LED5, OUTPUT);
  pinMode(LED6, OUTPUT);
  pinMode(LED7, OUTPUT);
  pinMode(LED8, OUTPUT);
  pinMode(LED9, OUTPUT);
  pinMode(LED10, OUTPUT);
  allLEDsOff();
  Serial.begin(115200);
  delay(100);
  gadgetBle.begin(); // Inicjalizacja biblioteki GadgetBle
  Serial.print("Sensirion GadgetBle Lib initialized with deviceId = ");
  Serial.println(gadgetBle.getDeviceIdString());
  Wire.begin(SDA_pin, SCL_pin); // Inicjalizacja drivera SCD30
  scd30.initialize();
  scd30.setAutoSelfCalibration(1);
  scd30.setTemperatureOffset(3);
}

void loop() {
  float result[3] = {0};
  if (esp_timer_get_time() - lastMmntTime >= startCheckingAfterUs) {
    if (scd30.isAvailable()) {
      scd30.getCarbonDioxideConcentration(result);
      gadgetBle.writeCO2(result[0]);
      gadgetBle.writeTemperature(result[1]);
      gadgetBle.writeHumidity(result[2]);
      gadgetBle.commit();
      lastMmntTime = esp_timer_get_time();
      uint8_t N; // Wyświetlanie poziomi CO2
      // poziom 400-1000ppm: zielone diody LED (1-5)
      if(result[0]<1000) {
        N = constrain(map(result[0],400,1000,1,5),1,5);
      }
      // poziom 1000-1600ppm: żółte diody LED (6-8)
      else if(result[0]<1600) {
        N = constrain(map(result[0],1000,1600,6,8),6,8);
      }
      // poziom powyżej 1600ppm: czerwone diody LED (9-10)
      else {
        N = constrain(map(result[0],1600,5000,9,10),9,10);
      }
      allLEDsOff();
      lightBarGraph(N);
      Serial.print("CO2[ppm]:");
      Serial.print(result[0]);
      Serial.print("\t");
      Serial.print("Temperature[°]:");
      Serial.print(result[1]);
      Serial.print("\t");
      Serial.print("Humidity[%]:");
      Serial.println(result[2]);
      Serial.print("LED bargraph value: "); Serial.println(N);
    }
  }
  gadgetBle.handleEvents();
  delay(3);
}
```

niedyspersyjny czujnik pracujący w podczerwieni (NDIR). Mierzy on absorpcję określonych długości fal światła charakterystycznych dla cząsteczek gazu w otaczającym powietrzu. Ma to tę zaletę, że mierzy tylko poziom CO_2 w przeciwieństwie do czujników chemicznych, które są również wrażliwe na inne gazy.

Celem tego projektu było użycie minimalnej ilości komponentów przy zachowaniu zaawansowanej funkcjonalności. Zaprezentowany czujnik CO_2 oferuje następujące funkcje:

- proste wyświetlanie stężenia CO_2 w powietrzu za pomocą wykresu słupkowego na diodach LED;
- odczyt i rejestrację danych o stężeniu dwutlenku węgla, wilgotności względnej i temperatury za pomocą aplikacji na smartfonie (aplikacja dostarczana jest przez producenta sensora CO_2, firmę Sensirion).

Potrzebne elementy

Do zbudowania systemu potrzebne są następujące komponenty:

- czujnik CO_2 z wbudowanym termometrem i czujnikiem wilgotności względnej typu SCD30;
- moduł z mikrokontrolerem ESP32 typu NodeMCU;
- 10-segmentowy wyświetlacz z diodami LED w kolorze niebieskim, zielonym, żółtym i czerwonym (np. KYX-B10BGYR – **fotografia 1**) lub dowolny inny bargraf LED-owy;
- 10 sztuk oporników SMD w obudowach 0805 o rezystancji dopasowanej do diod LED wyświetlacza (w przypadku pokazanego wyświetlacza są to rezystancje od 300 Ω do 1 kΩ, zależnie od koloru);
- płytka drukowana (**fotografia 2**), zaprojektowana przez autora projektu (pliki projektowe znajdują się w repozytorium na GitHubie);
- obudowa drukowana w technice 3D (pliki STL znajdują się w repozytorium na GitHubie);
- cztery śruby M2×20 mm do skręcenia obudowy.

Płytka drukowana

Pokazana na **fotografii 2** płytka drukowana jest podstawą tego minimalistycznego systemu. Z wyjątkiem rezystorów diod LED, wszystkie elementy są montowane przelotowo. Bargraf LED należy umieścić z przodu, tak aby oznaczenie modelu z boku było skierowane w dół. Z tyłu zamontowano z kolei moduł ESP32 i czujnik SCD30 (**fotografia 3**). W przypadku SCD30 zaleca się pozostawienie niewielkiej odległości między czujnikiem a płytką drukowaną, co można osiągnąć wkładając np. monetę między czujnik a płytkę, jako przekładkę na czas lutowania.

eprasa.pl 54fe1c0c92

Pola lutownice rezystorów SMD są łatwe nawet dla ręcznego lutowania – zastosowano specjalnie powiększone pola. Pokazana na fotografiach wersja systemu to jeszcze prototyp – autor musiał użyć kilku dodatkowych przewodów z powodu błędu projektowego, ale zostało to poprawione w plikach PCB, znajdujących się w repozytorium na GitHubie. Po zmontowaniu systemu – wlutowaniu oporników, a następnie wyświetlacza, sensora i modułu z mikrokontrolerem, układ można zamknąć w obudowie.

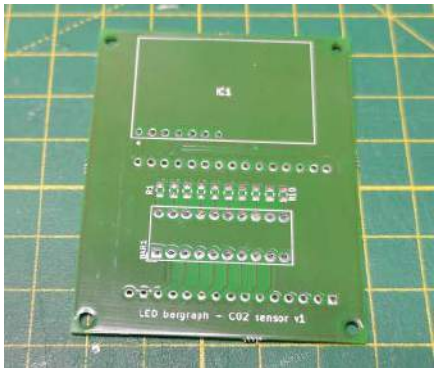
Obudowa

Obudowa czujnika została zaprojektowana w programie Fusion 360. Jest bardzo prosta – to zwykły prostokąt z zaokrąglonymi rogami oraz wycięciami dla sensora (kratki po boku) oraz wyświetlacza LED i portu zasilania modułu NodeMCU. Autor wydrukował obudowę w 3D, używajac zielonego tworzywa PETG.

Obudowa składa się z dwóch połówek, które są razem połączone za pomocą czterech śrub M2 o długości 20 mm. Po skręceniu obudowy w czterech miejscach urządzenie jest, w zasadzie, gotowe, wystarczy je tylko zaprogramować.

Oprogramowanie

Na **listingu 1** został pokazany najistotniejszy fragment kod źródłowego programu.



Fotografia 2. Płytka drukowana sensora, przygotowana do zamontowania wszystkich elementów

Fotografia 3. Płytka z elementami zamontowanymi na tylnej stronie

Jest to prosty szkic Arduino, który obsługuje sensor dwutlenku węgla, wyświetlacz oraz połączenie bezprzewodowe do komunikacji z oprogramowaniem kolekcjonującym pomiary z czujnika. System korzysta z dwóch zewnętrznych bibliotek, które nie znajdują się w standardowym ekosystemie Arduino – biblioteka *Sensirion BLE*, obsługująca komunikację poprzez Bluetooth Low Energy z aplikacją, którą można pobrać z repozytorium Sensiriona, oraz biblioteka *Seeed Studio* do obsługi sensora SCD30, która jest dostępna w repozytorium Seeed Studio. Oba repozytoria znajdują się na GitHubie (linki na końcu artykułu).

Sensor SCD30 podłączony jest do mikrokontrolera poprzez interfejs I²C, do pinów 21 (SDA) oraz 22 (SCL). Program działa w pętli sterowanej czasowo. Po upływie określonego czasu sprawdza on, czy jest dostępny nowy pomiar SCD30. Jeśli tak, pobiera go i ustawia odpowiednie stany na diodach LED.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła
https://bit.ly/3nTTOfK
https://bit.ly/3nSB4gp
https://bit.ly/3AvQpH8
https://bit.ly/3CwZVuu

REKLAMA

sprasa.pl 54fe1c0c92

Konwertery cyfrowe do przycisków pojemnościowych

w aplikacjach medycznych i nie tylko

Wszędzie tam, gdzie higiena, niezawodność i łatwość w czyszczeniu mają wysoki priorytet, chętnie stosowane są przyciski i suwaki pojemnościowe. Segment urządzeń medycznych wymaga spełniania wszystkich tych kryteriów, dlatego też jest miejscem częstej aplikacji sensorów pojemnościowych.

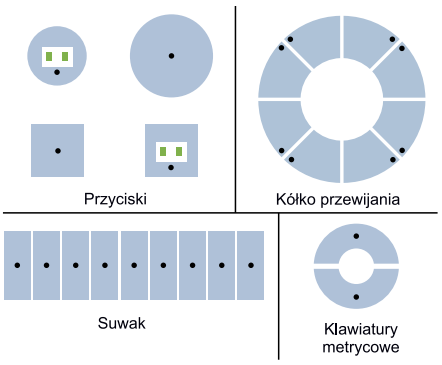
Ogromną zaletą paneli sterowania zawierających przyciski pojemnościowe jest ciągłość ich powierzchni. Ze względu na częste i intensywne czyszczenie, nierzadko dosyć agresywnymi środkami, nadruki na klawiaturach membranowych czy gumowych klawiaturach kopułkowych często bledną. Ponadto mechaniczne elementy przełączników ulegają zmęczeniu lub nawet uszkodzeniu w czasie ich cyklu życia. W odróżnieniu od tego, przełączniki czy suwaki pojemnościowe mogą być uruchamiane kilka milionów razy bez żadnej awarii czy degradacji elementów. Nawet intensywne czyszczenie powierzchni nie ma wpływu na tego rodzaju interfejs.

Awarie przycisków, spowodowane zanieczyszczeniami powierzchni, takimi jak woda, wydzieliny czy pozostałości innych substancji, są ograniczane przez tego rodzaju czujniki do minimum. Dzięki specjanemu procesowi pomiaru dotyk palca, nawet w rękawicy, może być niezawodnie rozpoznawany i wykrywany.

Dzięki pojemnościowym przyciskom i suwakom można dynamicznie sterować funkcjami urządzenia za pomocą jednego elementu. Interfejs użytkownika można dostosować graficznie, aby pokazać wszystkie funkcje i ich stany bezpośrednio pod interfejsem użytkownika.

Ze względu na dostosowaną do konkretnej aplikacji konfigurację, sensory pojemnościowe mogą przyjmować formy o dowolnym kształcie i rozmiarze. Powierzchnie o dowolnym kształcie, nie tylko płaskie, mogą być również wyposażone w czujniki pojemnościowe. W ten sposób operator korzysta z bardzo przejrzystego i ergonomicznego interfejsu. Inżynieria użyteczności jest niezwykle istotna w przypadku aparatury medycznej. Przyciski te mają ponadto dodatkowe zalety – sensor pojemnościowy może już wykryć zbliżający się do niego palec przed faktycznym dotknięciem pola. Pozwala to na szybką reakcję w sytuacjach, w których liczy się czas. Możliwe jest również użycie dodatkowych elementów wibracyjnych lub sygnałów akustycznych, aby dać operatorowi haptyczną i dźwiękową informację zwrotną podczas korzystania z urządzenia.

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 1. Przykładowe projekty i rozmieszczenie przycisków dotykowych

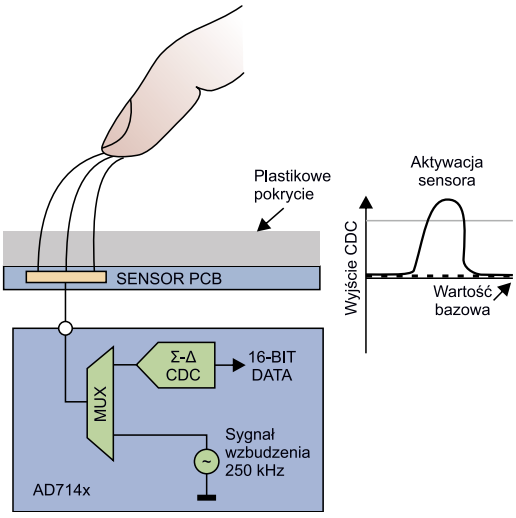
W artykule skupimy się na kluczowym elemencie interfejsu z czujnikami pojemnościowymi – konwerterowi pojemności na wartość cyfrową (CDC), która istotnie ułatwia zastosowanie przycisków pojemnościowych w systemach takich, jak urządzenia medyczne.

Kontroler pojemnościowego czujnika dotyku – nowatorska metoda kontroli urządzeń przez użytkowników

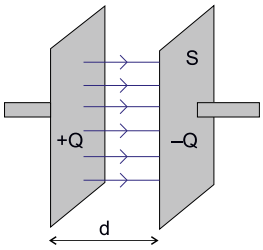
Pojemnościowy czujnik dotykowy zapewnia interfejs użytkownika w postaci przycisku, suwaka, kółka przewijania lub innych form podobnych do przykładów pokazanych na **rysunku 1**. Każdy niebieski obszar geometryczny, pokazany na rysunku reprezentuje elektrodę czujnika na płytce drukowanej (PCB), która tworzy jedną okładkę wirtualnego kondensatora. Drugą płytkę tworzy palec użytkownika, który jest zasadniczo uziemiony w stosunku do wejścia czujnika.

Rodzina kontrolerów AD7147/AD7148 CapTouch, została zaprojektowana do aktywacji i współpracy z pojemnościowymi czujnikami dotykowymi. Układ kontrolujący przyciski pojemnościowe mierzy zmiany pojemności czujników jednoelektrodowych. Urządzenie najpierw podaje na elektrodę sygnał wzbudzenia, aby naładować okładkę kondensatora. Kiedy obiekt, taki jak palec użytkownika, zbliża się do czujnika, tworzy się wirtualny kondensator, a użytkownik działa, jak druga okładka kondensatora (**rysunek 2**). Pojemność jest mierzona za pomocą zintegrowanego przetwornika pojemnościowo-cyfrowego (CDC).

Układ CDC, zdolny do wykrywania zmian pojemności czujników zewnętrznych, wykorzystuje te informacje do rejestracji aktywacji czujnika. Układy scalone AD7147 i AD7148, z odpowiednio trzynastoma i ośmioma wejściami dla czujników pojemnościowych, mają



Rysunek 2. Zobrazowanie zasady działania przycisków pojemnościowych i typowa odpowiedź układu na dotknięcie palcem



Rysunek 3. Idea kondensatora z płytkami równoległymi

wbudowane moduły kalibracyjne, które kompensują zmiany mierzonej wartości, spowodowane zmianami w otoczeniu, zapewniając w ten sposób, że nie występują fałszywe detekcje naciśnięcia przycisku ze względu na np. zmiany temperatury czy wilgotności.

Kontrolery przycisków pojemnościowych oferują różne tryby pracy, programowalne przez użytkownika sekwencje konwersji i bardzo elastyczne funkcje sterowania. Te cechy sprawiają, że idealnie nadają się do funkcji czujników dotykowych o wysokiej rozdzielczości, takich jak suwaki czy kółka do przewijania, jakie pokazane są na rysunku 1. Dzięki rozbudowanym i elastycznym funkcjom układów CDC, potrzebne jest tylko minimalistyczne oprogramowanie do obsługi przycisków dotykowych. Co więcej, aplikacje z czujnikami przyciskowymi mogą być dzięki nim realizowane całkowicie za pomocą wbudowanej cyfrowej logiki bez żadnych wymagań co do oprogramowania.

Zasada działania sensorów pojemnościowych

Pojemność to zdolność kondensatora do magazynowania energii w polu elektrycznym. W swojej postaci ideowej, kondensator zawiera dwie równoległe płytki (**rysunek 3**). Pojemność C jest miarą ładunku Q przechowywanego w kondensatorze przy danym napięciu V i jest obliczana wyrażeniem zapisanym na równaniu:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Kondensator z płytą równoległą składa się z dwóch przewodzących płytek, które są do siebie równoległe. Płytki te charakteryzuje się ich parametrami mechanicznymi – powierzchnią, tutaj określaną, jako a × b oraz odległością pomiędzy płytkami (okładkami) kondensatora – d. Pomiędzy tymi okładkami znajduje się ośrodek dielektryczny, czyli taki, który nie przewodzi prądu. Charakteryzuje się on tzw. stałą dielektryczną ε_r. Pojemność, na podstawie tych parametrów, jest obliczana zgodnie z równaniem:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{a \cdot b}{d}$$

gdzie ε_0 jest przenikalnością próżni.

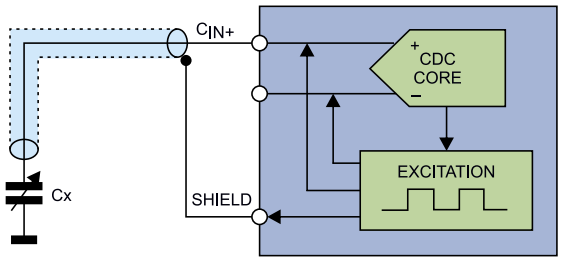
Zintegrowany przetwornik pojemność-na-wartość-cyfrową podaje sygnał wzbudzenia do jednej płytki kondensatora i mierzy ładunek zgromadzony w kondensatorze. Wtedy wynik cyfrowy jest dostępny dla układów zewnętrznych. Cztery typy czujników pojemnościowych, pokazane na **rysunku 4**, różnią się sposobem zastosowania wzbudzenia.

Ponieważ pojemność czujnika jest określana przez a, b, d i ε_r, zmiana wartości któregokolwiek z tych parametrów pozwala na zastosowanie technologii CDC do bezpośredniego pomiaru wartości pojemności, do wykrywania np. naciśnięcia przycisku, ale i nie tylko. Istnieje wiele zastosowań sensorów pojemnościowych, z których część zostanie omówiona poniżej. Wszystko zależne jest od konfiguracji sensora. Na przykład, jeśli a, b oraz ε_r są stałe, wyjście z CDC jest odwrotnie proporcjonalne do odległości między dwoma przewodami.

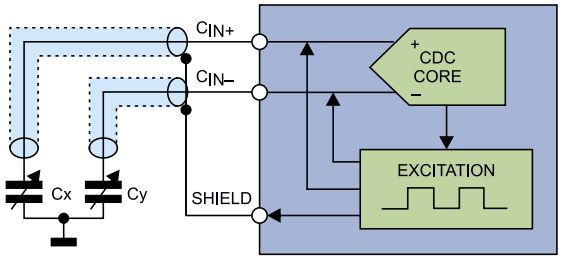
Aplikacje sensorów pojemnościowych i konwerterów CDC

Jak opisano powyżej, pomiar pojemności ma wiele ciekawych aplikacji, zwłaszcza w tak wymagających sektorach, jak urządzenia medyczne. W dalszej części tego rozdziału, przyjrzymy się bliżej

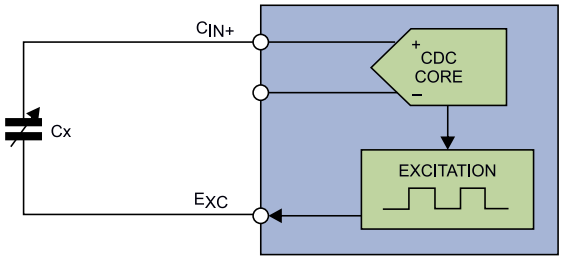
eprasa.pl 54fe1c0c92



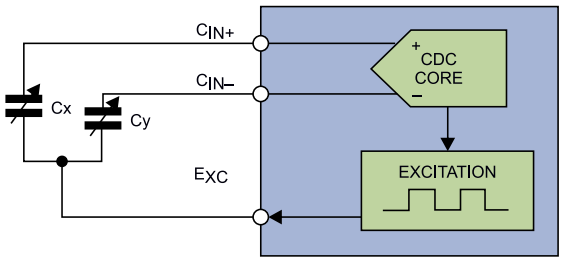
(a) Asymetryczny sensor, podłączony do masy.



(b) Różnicowy sensor, podłączony do masy.



(c) Asymetryczny sensor, pływający.



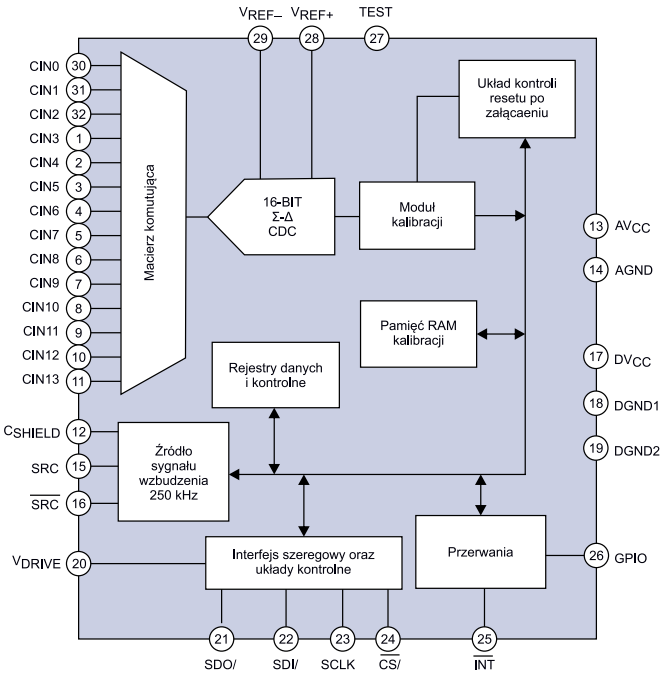
(d) Różnicowy sensor, pływający.

Rysunek 4. Konfiguracje elektryczne różnych czujników pojemnościowych

szeregowi ciekawych i nie zawsze oczywistych sensorów pojemnościowych, które zawierają przetworniki pojemność na wartość cyfrową.

Rodzina układów ADC714x

Zanim przejdziemy do aplikacji przetworników CDC, przyjrzyjmy się flagowej konstrukcji tego rodzaju firmy Analog Devices – rodzinie scalonych przetworników pojemność na wartość cyfrową ADC714x. Są to układy zaprojektowane specjalnie do pomiaru pojemności w aplikacjach interfejsu użytkownika. Sercem CDC jest 16-bitowy przetwornik typu sigma-delta (CDC), który przetwarza sygnały pojemnościowe (podawane przez macierz komutującą – multiplekser) na wartości cyfrowe. Wynik konwersji jest przechowywany w rejestrach układu. Przetworniki te mają również wbudowane źródło wzbudzenia, którym jest fala prostokątna o częstotliwości równej 250 kHz. Procesor odczytuje wyniki pomiaru przez interfejs szeregowy kompatybilny z SPI lub I²C. Układ ma do 14 pinów wejściowych.



Rysunek 5. Schemat blokowy układu AD7142

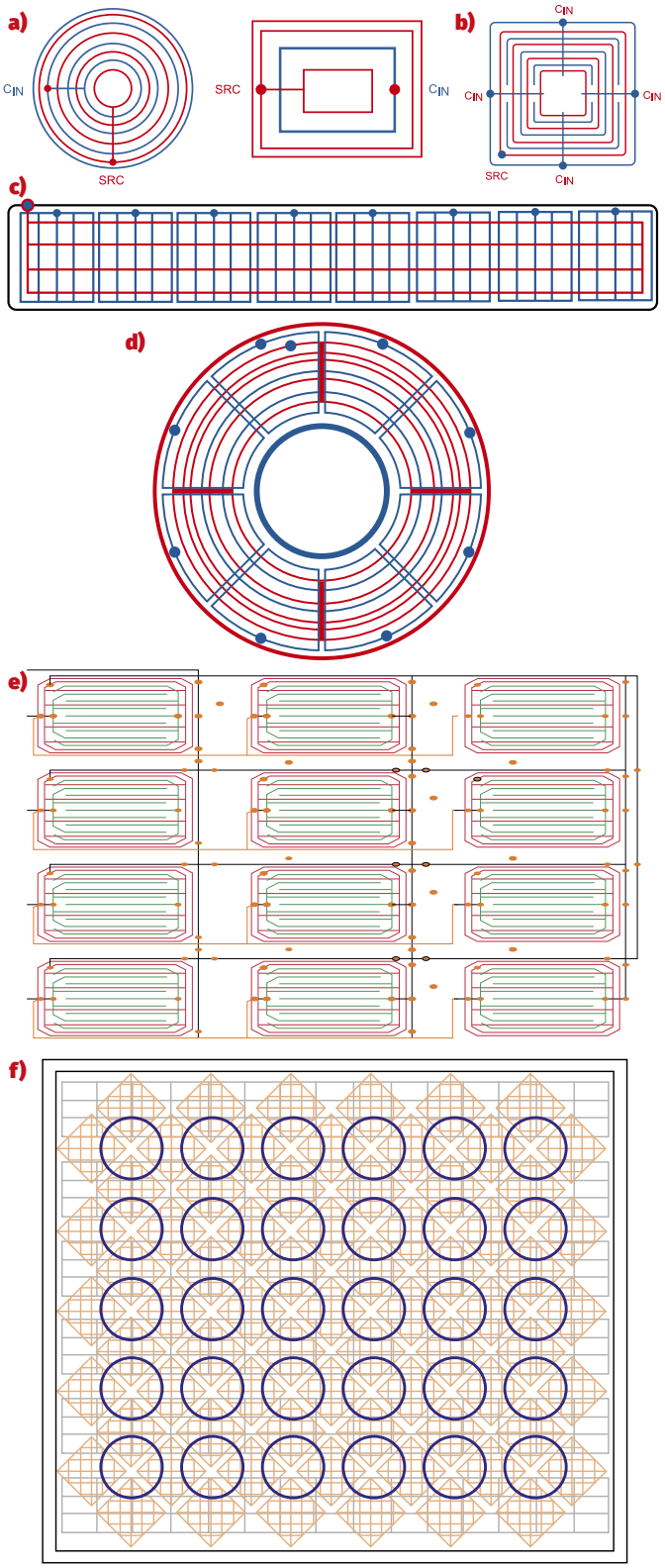
Interfejs szeregowy wraz z wyjściem przerwania umożliwia łatwe podłączenie układu do dowolnego mikrokontrolera. Na **rysunku 5** pokazano schemat blokowy układu AD7142.

Układy te współpracują z maksymalnie 14 czujnikami pojemności, ułożonymi w dowolnej konfiguracji. Czujniki takie składają się z elektrod na 2- lub 4-warstwowej płytce drukowanej, które łączy się bezpośrednio z układem scalonym. Można by pomyśleć, że tego rodzaju architektura naraża układ na uszkodzenie wyładowaniem ESD, jednak w rzeczywistości nie jest to problem, ponieważ w systemie elektrody są osłonięte cienką warstwą ochronnego tworzywa. Dzięki temu elektrody są odporne na brud czy wnikanie płynów. Grubość tworzywa może się różnić w zależności od aplikacji (np. wymaganej odporności na wyładowania elektrostatyczne). W takich sytuacjach czujnik można dostroić, aby skompensować zmiany grubości tworzywa sztucznego. Jest to szczególnie ważne w zastosowaniach „mokrych" lub tam, gdzie mata sensoryczna może być narażona na częste działanie płynów, wilgoci i środków czyszczących, jak na przykład w urządzeniach medycznych.

Przetworniki te można skonfigurować do współpracy z dowolnym zestawem czujników poprzez zaprogramowanie rejestrów układu. Można również zaprogramować układ do realizacji funkcji takich jak uśrednianie, automatyczna regulacja poziomów, czy sekwencyjny odczyt pojemności. AD714x zawierają w sobie również logikę cyfrową i 528 słów pamięci RAM, które są używane do kompensacji i kalibracji przycisków. Jedną z kluczowych funkcji AD714x jest kontrola czułości, która nadaje różne ustawienia czułości każdemu elementowi, kontrolując, jak „miękki" lub „twardy" będzie każdy czujnik. Niezależne ustawienia progów aktywacji, które określają, kiedy czujnik jest aktywny, mają kluczowe znaczenie przy wykorzystywaniu czujników o różnych rozmiarach w jednym systemie. Weźmy na przykład aplikację, która ma duży przycisk o średnicy 10 mm i mały przycisk o średnicy 5 mm. Użytkownik oczekuje, że oba aktywują się z tym samym naciskiem, ale pojemność, która jest związana z obszarem czujnika, będzie różna. Posiadanie niezależnych ustawień czułości dla każdego czujnika rozwiązuje ten problem.

Układy te mają wbudowany bardzo ciekawy mechanizm kompensacji zmiany parametrów układu w czasie. Przetwornik mierzy poziom pojemności w sposób ciągły. Gdy czujnik nie jest aktywowany, wartość jest przechowywana, jako bazowa. Gdy użytkownik zbliży się do czujnika pojemności lub go dotknie, zmierzona pojemność zmienia się. Wartości progowe są magazynowane w pamięci układu.

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 6. Przykładowe mozaiki ścieżek – sensorów pojemnościowych

W idealnej sytuacji wartości bazowe nie zmieniają się. W rzeczywistości pojemność otoczenia zmienia się stale i nieprzewidywalnie z powodu zmian temperatury czy wilgotności. Jeśli wartość pojemności otoczenia zmieni się wystarczająco, może to wpłynąć na aktywację czujnika – utrudnić lub uniemożliwić jego aktywację lub, co nawet gorsze, fałszywie aktywować system i zablokować się w „naciśniętym" stanie, aż warunki otoczenia zmienią się.

Przetwornik radzi sobie z zmianą poziomów pojemności otoczenia. Układ śledzi wszelkie zmiany poziomu pojemności otoczenia, utrzymując poziom aktywacji w stałej odległości od wartości bazowej.

Tabela 1. Rodzaje sensorów pojemnościowych oraz wymagania, w odniesieniu do sterownika

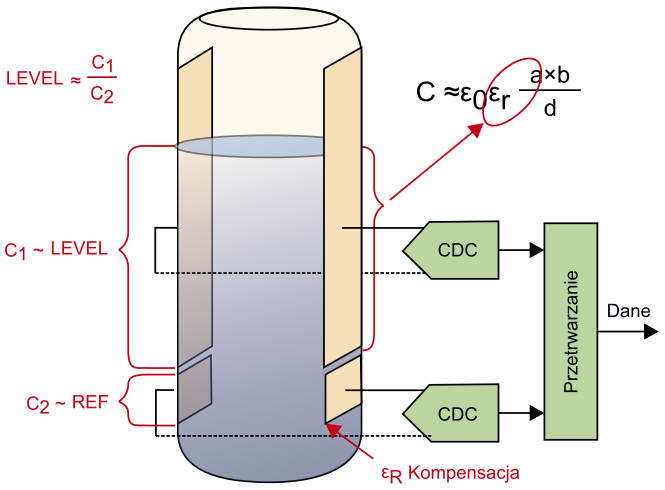
Rodzaj sensora	Mozaika ścieżek na rysunku 6	Liczba wymaganych pinów wejściowych	Liczba wymaganych kanałów konwersji
Przycisk	a	1	1
Przycisk ośmiokierunkowy	b	4 (góra, dół, prawo, lewo)	3
Suwak	c	8 (po jednym na segment)	8 (po jednym na segment)
Kółko przewijania	d	8 (po jednym na segment)	8 (po jednym na segment)
Keypad/touchpad	e/f	1 na każdy rząd 1 na każdą kolumnę	1 na każdy rząd 1 na każdą kolumnę

Wartości te przechowywane są w pamięci RAM przetwornika CDC, dzięki czemu nie jest wymagana żadna interakcja ze strony procesora czy użytkownika.

Przyciski

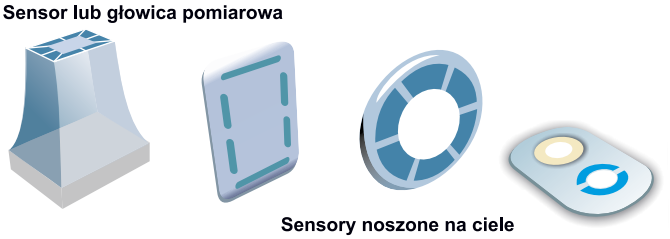
Jak wspomniano wcześniej, ścieżki czujników mogą mieć dowolną liczbę różnych kształtów i rozmiarów. Kształty przycisków, kółek, paska przewijania, joypada czy touchpada można rozmieścić, jako ścieżki na płytce drukowanej czujnika. **Rysunek 6** pokazuje wybór przykładowych układów czujników pojemnościowych. Dla projektanta interfejsu dostępnych jest wiele opcji implementacji interfejsu użytkownika, od prostej wymiany przycisków mechanicznych na czujniki w postaci przycisków pojemnościowych (rysunek 6a) po eliminację przycisków za pomocą joysticka z ośmioma pozycjami wyjściowymi (6b) lub kółka przewijania (6d), które daje do 128 pozycji wyjściowych.

Liczba czujników, które można wdrożyć za pomocą jednego urządzenia, zależy od rodzaju sensora. Przetwornik AD7142 ma 14 pinów wejściowych i 12 kanałów konwersji. AD7143 ma 8 wejść i 8 kanałów konwersji. W **tabeli 1** zestawiono liczbę pinów wejściowych i kanałów konwersji wymaganych, dla każdego typu czujnika. Można łączyć dowolną liczbę czujników na jednym układzie, do limitu ustalonego przez liczbę dostępnych wejść i kanałów. Pomiary są wykonywane na wszystkich podłączonych czujnikach sekwencyjnie. Wszystkie czujniki można zmierzyć w ciągu 36 ms, co pozwala zasadniczo



Rysunek 7. Pomiar poziomu cieczy za pomocą sensorów pojemnościowych

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 8. Urządzenia wykorzystujące pojemnościowe elektrody czujnikowe do monitorowania jakości kontaktu ze skórą pacjenta

na jednoczesne wykrycie stanu każdego czujnika – ponieważ aktywacja lub dezaktywacja czujnika w prędkości powyżej 40 ms jest poza zakresem umiejętności nawet najszybszego użytkownika.

Pomiar poziomu cieczy

W wielu zastosowaniach, takich jak np. transfuzje czy wlewy dożylne, należy mierzyć ilość użytego płynu lub przerwać przepływ przed opróżnieniem butelki infuzyjnej. Aby zaoszczędzić czas personelowi medycznemu, automatyczny pomiar poziomu cieczy może pomóc wyeliminować potrzebę ręcznych kontroli aparatury bądź uprościć stosowane obecnie systemy.

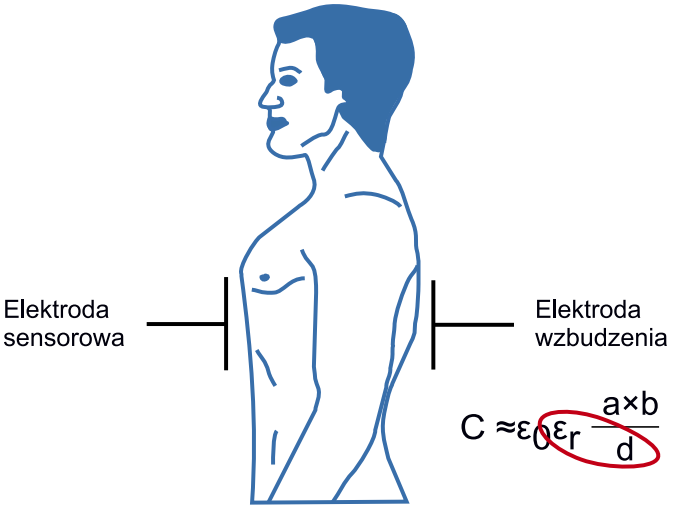
Podstawową zasadę działania pojemnościowego pomiaru poziomu cieczy pokazano na **rysunku 7**. Układ zawiera kondensator składający się z równoległych płytek, które ściśle przylegają do zewnętrznej ścianki np. butelki infuzyjnej, czy innego pojemnika, koniecznie wykonanego z tworzywa sztucznego lub szkła – musi być to dielektryk. Okładki te sięgają blisko dna pojemnika. Wraz ze zmianą poziomu cieczy infuzyjnej zmienia się ilość i rodzaj materiału dielektrycznego między płytami, powodując w ten sposób zmianę pojemności. Aby umożliwić stosowanie różnych substancji infuzyjnych o różnych stałych dielektrycznych bez konieczności rekalibracji systemu, drugi czujnik pojemnościowy umieszczony w dolnej części pojemnika działa, jako kanał odniesienia do wykonywania pomiarów proporcjonalnych – w stały sposób mierzy on pojemność (a co za tym idzie – stałą dielektryczną materiału pomiędzy okładkami, bo ich geometria nie ulega zmianie).

W tego rodzaju aplikacji idealnie sprawdzi się 24-bitowy scalony przetwornik CDC AD7746 z dwoma kanałami do pomiaru pojemności – tyle wystarczy, aby obsłużyć dwa sensory pojemnościowe w systemie. Wysoka rozdzielczość przetwornika pozwoli na precyzyjny pomiar poziomu cieczy. Jeżeli dany moduł ma zawierać więcej monitorowanych pojemników, konieczne może być sięgnięcie po układ z większą liczbą kanałów pomiarowych.

Wykrywacz ciała

W przypadku urządzeń przeznaczonych do pracy w pobliżu ludzkiej skóry, takich jak te pokazane na **rysunku 8**, często korzystne jest posiadanie informacji, o jakości kontaktu między powierzchnią urządzenia a skórą pacjenta, przed aktywacją urządzenia lub rozpoczęciem pomiarów. Zakres zastosowań końcowych może obejmować sondy medyczne, która muszą przylegać do skóry, czujniki biopotencjałów lub nawet obudowę utrzymującą rurkę cewnika na miejscu. Aby uzyskać te dodatkowe informacje, kilka pojemnościowych elektrod sensorowych (oznaczonych na rysunku 8 na niebiesko), można osadzić bezpośrednio w plastikowej obudowie urządzenia na etapie formowania wtryskowego podczas produkcji. Gdy informacje z elektrod są dostępne, można zastosować prosty algorytm działający na kontrolerze głównym, aby określić, czy wszystkie elektrody czujnika mają prawidłowy kontakt ze skórą.

Przykłady pokazane na rysunku 8 zawierają czujniki pojemnościowe zastosowane w niekonwencjonalny sposób: użytkownik umieszcza urządzenie zawierające pojemnościowe elektrody czujnikowe na ciele, w przeciwieństwie do tradycyjnych aplikacji z czujnikami pojemnościowymi, w których to człowiek zwykle inicjuje



Rysunek 9. Pomiar częstości oddechów za pomocą sensorów pojemnościowych. Czerwonym okręgiem zaznaczono na wzorze zmieniające się parametry

kontakt z elektrodami sensorów przez dotyk, na przykład palca. Tworzenie aplikacji pokazanych na rysunku 8 jest dość proste przy użyciu omawianych tutaj konwerterów CDC.

Wykrywacz potu

W niektórych urządzeniach medycznych, testujących kondycję czy aplikacjach fitnesowych istnieje potrzeba wykrywania czy nawet pomiaru potu na powierzchni ludzkiego ciała. Zwykle wykonuje się to poprzez pomiar przewodności elektrycznej skóry. Jeśli jednak pomiar musi być wykonany bez kontaktu galwanicznego, funkcja ta może być realizowana poprzez wykrywanie wilgoci w pobliżu ciała człowieka za pomocą czujnika pojemnościowego.

Kiedy ludzie się pocą, wilgotność (a więc i stała dielektryczna) w pobliżu ludzkiej skóry wzrasta. Bezkontaktowa elektroda w sąsiedztwie skóry może być użyta do pomiaru wynikającej z tego zmiany pojemności.

Przydatne może być dodanie drugiego czujnika pojemności do pomiaru wilgotności otoczenia i zastosowanie go do kompensacji pomiarów, co przełoży się na zwiększenie dokładności pomiaru, a także uniezależni go od parametrów otoczenia.

Monitor oddechu

Pomiar częstości oddechów jest ważnym elementem w systemach monitorowania stanu pacjenta, na przykład na szpitalnych oddziałach ratunkowych.

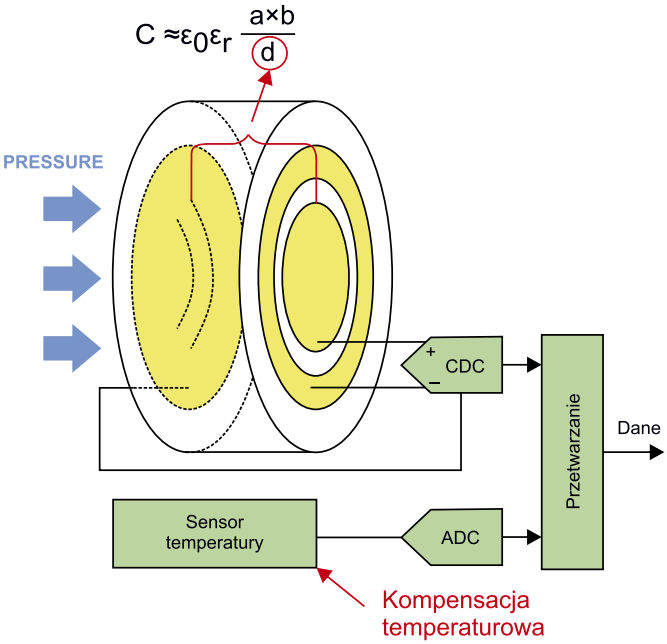
W omówionym poniżej podejściu, pokazanym na **rysunku 9**, płytkę wzbudzającą umieszcza się z tyłu pacjenta, podczas gdy pasek elektrod sensorowych mocuje się po prawej stronie klatki piersiowej pacjenta. Gdy płuca wypełniają się i opróżniają, wynikające z tego ruchy klatki piersiowej zmieniają odległość między tymi dwiema płytkami. Stała dielektryczna również zmieni się, z powodu złożonych czynności fizjologicznych podczas oddychania. Te zmiany pojemności mogą być mierzone za pomocą przetworników pojemności na wartość cyfrową i monitorowane niemalże w czasie rzeczywistym.

Powodem, dla którego elektroda czujnika jest umieszczona po prawej stronie klatki piersiowej pacjenta, jest to, że ta pozycja ma najmniejszy wpływ na inne czynności fizjologiczne. Można jednak uzyskać więcej informacji na temat funkcji organizmu, umieszczając wiele elektrod czujnika w różnych pozycjach na klatce piersiowej pacjenta. Może to być interesujący temat do dalszych badań.

Miernik ciśnienia

W aplikacjach do pomiaru ciśnienia – na przykład pomiaru ciśnienia tętniczego krwi przy użyciu nadmuchiwanego mankietu – ważnym

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 10. Schemat systemu do pomiaru ciśnienia za pomocą czujnika pojemnościowego

zadaniem jest pomiar ciśnienia powietrza w mankiecie. Czujnik pojemnościowy może być z łatwością używany w tego rodzaju aplikacjach pomiaru ciśnienia.

Jak pokazano na **rysunku 10**, membrana czujnika ciśnienia jest zasadniczo wykonana z dwóch płytek, które mogą być okładkami sensorów pojemnościowych. W miarę wywierania nacisku na czujnik, płytki pojemnościowe zbliżają się do siebie. Zmniejszona odległość między płytami zwiększa pojemność.

Czujnik temperatury może być dodatkowo użyty do pomiaru temperatury czujnika w celu skompensowania zmiany jego charakterystyki wraz z temperaturą. Rodzina układów AD774x ma wewnętrzny czujnik temperatury do pomiaru temperatury oraz dodatkowy kanał ADC do pomiaru zewnętrznego napięcia, którego można użyć do pomiaru temperatury sensora.

Podsumowanie

Ten artykuł stanowi krótkie wprowadzenie do postępów w technologii CDC na przykładzie układów produkowanych przez firmę Analog Devices. Wskazuje na ogromny potencjał technik konwersji pojemności do wartości cyfrowe w zastosowaniach medycznych. Jednak projekt czujnika, w tym wzór, rozmiar i położenie sensorów oraz powiązany z nim szczegółowy projekt obwodu elektronicznego powiązane są z potrzebą głębokich badań, kompleksowych eksperymentów i skutecznych testów. Są one krytycznie zależne od charakteru każdej aplikacji, więc niech artykuł ten stymuluje kreatywność inżynierów w zakresie poprawiania użyteczności systemu, sugerując tutaj tylko pewne możliwości, oferowane przez systemy z przetwornikami CDC.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła
https://bit.ly/3lIFELE
https://bit.ly/3zq7TmX
https://bit.ly/39nP89d
https://bit.ly/2XJEF5S

REKLAMA

KOMPUTERY RASPBERRY PI
I MODUŁY ARDUINO

ARDUINO

AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Sklep stacjonarny czynny jest od poniedziałku do piątku w godzinach: 8.00–16.00, tel. 22 257 84 66
e-mail: handlowy@avt.pl, tel. 22 257 84 51 (w godzinach: 9.00–15.00)

http://sklep.avt.pl

eprasa.pl 54fe1c0c92

Dobór mikronapędów DC i kontrolerów ruchu

Niewielkie silniki DC o dużej mocy mają kluczowe znaczenie dla rozwoju jeszcze bardziej zintegrowanych systemów. Są stosowane w wielu różnych sektorach, od medycznego i laboratoryjnego, poprzez przemysł lotniczy, robotykę, optykę i fotonikę po sektor maszyn i sprzętu przemysłowego. Jednak dopiero połączenie z innymi komponentami, np. przekładniami, enkoderami i kontrolerami ruchu sprawia, że stają się odpowiednim dla danego zastosowania napędem lub systemem pozycjonowania. Dokonanie właściwego wyboru ma kluczowe znaczenie dla sprawności pracy całego systemu. Wszystkie komponenty muszą być kompatybilne z silnikiem i spełniać związane z nim wymagania. Źle dobrany kontroler może doprowadzić do szybkiego nieodwracalnego uszkodzenia silnika.

Więcej informacji:
FAULHABER Polska Sp. z o.o.
Ul. Górki 7, 60-204 Poznań
tel. +48 61 278 72 53
info@faulhaber.pl, www.faulhaber.com

Przy wyborze kontrolera ruchu odpowiedniego dla danego systemu napędowego trzeba najpierw odpowiedzieć sobie na kilka pytań. Konieczne jest określenie ruchów, jakie będą wykonywane, a także zdefiniowanie wymagań w zakresie sterowania tymi ruchami. Przede wszystkim należy odpowiedzieć na takie pytania:

- Czy napęd będzie pracować w trybie ciągłym, czy też w trybie start-stop?
- Czy wymagane jest precyzyjne pozycjonowanie?
- Z jakim obciążeniem będzie pracować napęd?
- Jakie będą cykle obciążeń?
- Czy wymagana jest przekładnia?
- Jaki silnik będzie najlepszy do założonego zastosowania?

Kontroler ruchu dobiera się na podstawie odpowiedzi na takie właśnie pytania. I nie jest to proste, ponieważ żaden kontroler ruchu nie jest w stanie współpracować ze wszystkimi typami silników. Zwłaszcza silniki miniaturowe DC mają szczególne wymagania ze względu na swoją unikalną konstrukcję.

Ryzyko przegrzewania

Sercem miniaturowych silników DC i mikrosilników FAULHABER jest opatentowane, samonośne, bezrdzeniowe, ukośnie nawijane uzwojenie wirnika z komutacją szczotkową, obracające się wokół magnesu stałego. Ze względu na swój wygląd silniki te są często nazywane kubełkowymi. Ich konstrukcja nie tylko przynosi wiele korzyści praktycznych, ale również wpływa na wybór kontrolera ruchu.

eprasa.pl 54fe1c0c92

Fotografia 1. Kontroler ruchu dla mikronapędu typu MC 3001 B to idealne rozwiązanie dla mniejszych serwonapędów zarówno pod kątem wielkości, jak i rozdzielczości pomiaru prądu

Szczelina powietrzna eliminuje ryzyko powstawania momentu zaczepowego, co umożliwia precyzyjne pozycjonowanie i zapewnia doskonałą kontrolę prędkości. Stosunek obciążenia do prędkości, natężenia do momentu i napięcia do prędkości jest liniowy. A ponieważ uzwojenie zapełnia niemal całą średnicę silnika, gwarantuje on o wiele większą sprawność i wyższy moment niż konwencjonalne silniki o porównywalnej wielkości i masie. Mała bezwładność wirnika przekłada się na wyjątkowo niską elektryczną stałą czasową. Dzięki temu silniki mogą pracować bardzo dynamicznie nawet przy dużym obciążeniu.

Powszechnie uznaje się, że w serwonapędach silniki mogą pracować w trybie obciążenia z potrójną stałą wartością momentu, o ile temperatura ich uzwojeń jest monitorowana. Jednak silniki o średnicy zaledwie 22 mm lub mniejszej nie posiadają wbudowanego czujnika temperatury – po prostu nie ma na niego miejsca. Z tego powodu podłączenie źle dobranego kontrolera może doprowadzić nawet do całkowitego przepalenia uzwojenia, zanim fakt przegrzewania zostanie w ogóle zauważony.

Problemów tego typu można uniknąć, stosując kontrolery ruchu FAULHABER opracowane specjalnie pod kątem współpracy z silnikami miniaturowymi i mikrosilnikami oraz przetestowane w rzeczywistych warunkach roboczych. Kontrolery te „szacują" temperaturę uzwojenia danego silnika na podstawie modeli o zróżnicowanej złożoności. Pozwala to w pełni wykorzystać cały zakres dynamiki silnika, np. do szybkiego pozycjonowania. Redukują również natężenie prądu, zanim dojdzie do przegrzania uzwojeń. Wymagane parametry są wygodnie przesyłane do kontrolera napędu z poziomu okna dialogowego wyboru silnika w oprogramowaniu FAULHABER Motion Manager.

Dodatkowe informacje o integracji termicznej dla danego zastosowania można wykorzystać w przechowywanych w sterownikach modelach w celu dalszego ich ulepszania. Jak dobrze chłodzony jest silnik? Czy konieczne jest ograniczenie jego wydajności z powodu wysokiej temperatury otoczenia? Czy używane są przekładnia i enkoder? Tego typu dane umożliwiają wykorzystanie pełnej mocy silnika np. w pracujących cyklicznie napędach komory klimatycznej – kontroler śledzi wartości temperatury otoczenia przesyłane przez układ sterowania komorą klimatyczną i uwzględnia je w swoich modelach. To samo dotyczy sytuacji, gdy znane są cykle obciążenia. Wówczas silnik może być mniejszy, co jest zaletą zwłaszcza w przypadku urządzeń mobilnych.

Niska elektryczna stała czasowa, która zapewnia większą dynamikę procesów, może powodować dodatkowe straty wynikające z modulacji szerokości impulsów (PWM), co jest dość powszechnym zjawiskiem w kontrolerach napędów. Typowa elektryczna stała czasowa w silnikach bezrdzeniowych FAULHABER wynosi około 10 µs. Przy częstotliwościach PWM poniżej 50 kHz w wielu przypadkach osiągnięcie stałego momentu obrotowego podanego w danych technicznych w wielu przypadkach nie jest możliwe lub prowadzi do przegrzewania się silnika. Z tego powodu przy wyborze kontrolera ruchu niezwykle ważne jest, aby jego częstotliwość PWM była odpowiednio wysoka. W kontrolerach ruchu FAULHABER wynosi ona zazwyczaj od 78 do 100 kHz, zależnie od typu. W zależności od rodzaju modulacji na silnik oddziałuje częstotliwość do 200 kHz, co jest zgodne z wymaganiami mniejszych silników.

Mocne i ekstremalnie zminiaturyzowane

Sprawdzające się od wielu lat kontrolery ruchu z rodziny MC V3.0 nie nadają się do sterowania mikrosilnikami FAULHABER ze względu na swój rozmiar i rozdzielczość wbudowanych układów pomiaru prądu silnika. I tu wkracza nowy model, MC 3001 B/P: to pierwszy kontroler ruchu, który jest idealnie dostosowany do mniejszych serwonapędów, zarówno pod kątem wielkości, jak i rozdzielczości pomiaru prądu.

Przy maksymalnym napięciu zasilania rzędu 30 V ten kontroler ruchu o wymiarach 16×27×2,6 mm (szer. × dł. × wys.) osiąga natężenie stałe wynoszące 1 A i natężenie szczytowe wynoszące 5 A. Przy niższym napięciu zasilania, np. 12 V, umożliwia osiągnięcie stałego natężenia o wartości do 2 A. Jednocześnie cechuje się funkcjonalnością porównywalną do większych modeli z tej samej gamy. Opcje wejść/wyjść i interfejs enkodera są takie same jak w pozostałych produktach z tej rodziny. Kontroler dostępny jest z interfejsami komunikacyjnymi USB, RS232 i CANopen. Istnieje również możliwość doposażenia go w kompaktowy interfejs EtherCAT podłączany do płyty (głównej) klienta.

Kontrolery dostępne są w dwóch wariantach: Model z płaskimi złączami typu płytka-płytka (MC 3001 B, **fotografia 1**) to doskonałe rozwiązanie w przypadku podłączania kilku kontrolerów do jednej karty. Wariant MC 3001 P (**fotografia 2**) zawiera złącze wtykowe ze szpilkami goldpin 2,54 mm z trzech stron. Dzięki temu kontroler można łatwo zintegrować z posiadanym systemem, np. w wieloosiowym systemem automatyki laboratoryjnej.

To naprawdę wydajne kontrolery ruchu nawet do najmniejszych napędów DC firmy FAULHABER, idealnie dopasowane do silników zarówno pod względem wielkości, jak i funkcji.
www.faulhaber.com/en/products/drive-electronics/motion-controller/

Fotografia 2. Kontroler ruchu dla mikronapędu typu MC 3001 P zawiera złącze wtykowe ze szpilkami goldpin 2,54 mm z trzech stron, dzięki czemu można go łatwo zintegrować z posiadanym systemem

eprasa.pl 54fe1c0c92

Komputery jednopłytkowe z procesorami przeznaczonymi do IIoT

Komputery jednopłytkowe SBC (Single Board Computer) oraz moduły COM (Computer on Module) cieszą się bardzo dużym zainteresowaniem w wielu aplikacjach przemysłowych. Istotny wpływ na rozwój wielu branż przemysłu wywiera Internet Rzeczy. Z myślą o aplikacjach IIoT (Industrial Internet of Things) firma Advantech zastosowała w swoich komputerach wbudowanych procesory najnowszej generacji z serii Intel Tiger Lake UP3 oraz Elkhart Lake, zapewniając ich wysoką moc obliczeniową.

Więcej informacji:
CSI S.A
31-345 Kraków, ul. Sosnowiecka 89
tel. 12 390 61 80, 12 638 37 50
kontakt@csi.pl, www.csi.pl

Procesory Intel Atom x6000E oraz jedenastej generacji Intel Core i7/i5/i3/Celeron/Pentium zostały zaprojektowane do produkcji w procesie 10 nm i są przeznaczone do takich aplikacji, jak np. systemy wizyjne, automatyzacja przemysłu, sprzedaż detaliczna, inteligentne miasta. Intel Atom x6000E z maksymalną częstotliwością taktowania dochodzącą do 3,0 GHz ma za zadanie zapewnić dwukrotnie wyższą wydajność grafiki w porównaniu do poprzedniej generacji. Dzięki zastosowaniu układu graficznego UHD Intel mogą być wyświetlane jednocześnie trzy obrazy o maksymalnej rozdzielczości 4k, 60 Hz. Intel informuje ponadto o 1,7-krotnym wzroście wydajności w zadaniach jednowątkowych oraz 1,5-krotnym wzroście wydajności dla operacji wielowątkowych.

Procesory Intel Core i7/i5/i3 jedenastej generacji zapewniają częstotliwość taktowania zegara na poziomie do 4,4 GHz. Dzięki układowi graficznemu Intel Iris Xe producent deklaruje 2,95 razy szybszą wydajność grafiki pozwalającą na wyświetlanie do 4 obrazów w jakości 4k, 60 Hz, HDR lub 2 obrazów w jakości 8k, 60 Hz, SDR. Podobnie jak w przypadku Atom x6000E Intel zapewnia 23% wzrost wydajności w zadaniach jednowątkowych oraz o 19% szybszą wydajność dla operacji wielowątkowych.

Najnowsze komputery jednopłytkowe Advantech wyposażone w procesory Intela to rozwiązania wbudowane, w kompaktowych rozmiarach, o wytrzymałej konstrukcji, wysokiej elastyczności konfiguracji i możliwości łatwej rozbudowy. Pełna oferta produktów zawiera rozwiązania SBC w formatach 2,5" Pico-ITX; 3,5"; 5,25"; PC/104; oraz rozwiązania COM takie jak COM-HPC, COM Express Basic, Compact i Mini, SMARC, Qseven oraz ETX/XTX. Zastosowanie powyższych płyt na rynku IoT pozwala na zapewnienie najwyższych standardów pracy, niezawodnej mocy obliczeniowej do przetwarzania dużej ilości danych, jednoczesną obróbkę kilku obrazów w wysokiej rozdzielczości, wiele interfejsów komunikacyjnych oraz elastyczność konfiguracji.

Produkty firmy Advantech

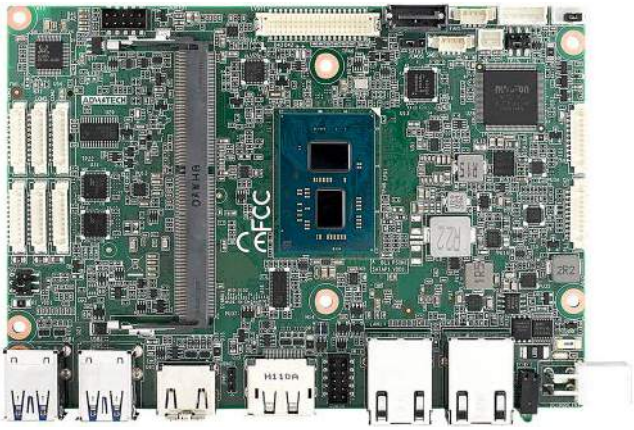
Firma Advantech dysponuje szeroką gamą produktów, spośród których na szczególną uwagę zasługują następujące komponenty:

- **MIO-2375** – płyta Pico-ITX bazuje na procesorach 11. generacji Intel Core (cztero- lub dwurdzeniowe) z TDP 15 W. Ma wbudowaną pamięć LPDDR4 do 32 GB (z IBECC). Płyta daje możliwość jednoczesnego wyświetlania dwóch obrazów poprzez eDP i DP do rozdzielczości 8k. Jest to jedna z najmniejszych płyt przy relatywnie dużej liczbie wyprowadzonych portów. Zawiera: gigabit Ethernet ×2, USB3.2 ×2, USB2.0 ×2, UART ×2, I²C, COM ×2. Dodatkowo występuje możliwość rozbudowy jej funkcjonalności poprzez M.2 z kluczem E, B z NanoSIM, a opcjonalnie również z kluczem M poprzez PCIe Gen.4 NVMe SSD. Urządzenie wyróżnia szeroki zakres napięcia wejściowego 12...24 V. Atutem jest także możliwość pracy w temperaturach od –40 do 85°C.
- **MIO-2363** – płyta Pico-ITX z procesorem Intel Atom x6000E. Obsługuje do 8 GB wbudowanej pamięci LPDDR4x z IBECC oraz pamięć eMMC 5.1 (do 128 GB). Komputer wspiera technologię dual display (18/24-bitowy dwukanałowy LVDS + HDMI) oraz ma spore możliwości komunikacyjne: gigabit Ethernet ×2, USB 2.0 ×2, USB 3.2 ×2, GPIO 8-bit, eSPI, COM ×2, TPM 2.0. Ten SBC zawiera pojedynczy klucz M.2 do połączenia modułu

Fotografia 1. Komputer jednopłytkowy typu MIO-2375

Fotografia 2. Komputer jednopłytkowy typu MIO-2363

eprasa.pl 54fe1c0c92



Fotografia 3. Komputer jednopłytkowy typu MIO-5152

Wi-Fi/Bluetooth. Dodatkowy M.2 z kluczem B obsługuje połączenie z modułem pamięci masowej 2242 SATA lub PCIe. Płyta spełnia wymagania przemysłowe, obsługuje szeroki zakres napięć (12...24 V) oraz może pracować w temperaturach od –40 do 85°C. Ten zbiór funkcji sprawia, że MIO-2363 jest doskonałym wyborem do zastosowań w automatyce, robotyce lub mobilnych rozwiązaniach pomiarowych.

- **MIO-5152** – płyta 3,5-calowa, bazująca na wydajnym procesorze Intel Atom x6000E lub Celeron serii J i N. Obsługuje pamięć operacyjną DDR4 do 32 GB. Płyta zawiera złącze HDMI (do 4096×2160), DP (do 4096×2160) oraz 18/24-bitowe dwukanałowe LVDS (1920×1200), dzięki czemu jest w stanie wyświetlać trzy obrazy jednocześnie. MIO-5152 ma różnorodne porty wejścia/wyjścia: gigabit Ethernet ×2, SATA 3.0 ×1, USB 2.0 ×2, USB 3.2 ×8, GPIO 8-bit, SPI Bus, COM ×2, TPM 2.0, I²C. Moduły rozszerzeń to: M.2 w kluczu E lub B, aby umożliwić połączenia sieciowe, a także w kluczu M-SATA M.2 2242 do podłączenia pamięci masowej, kamer, czujników itp.
- **MIO-5375** – jest to nowy produkt w ofercie 3,5-calowych komputerów jednopłytkowych z procesorem Intel Core jedenastej generacji. Ma dwukanałową pamięć DDR4-3200 do 64 GB. Komputer wyróżnia możliwość jednoczesnego wyświetlania do czterech obrazów poprzez złącza: 18/24-bitowy dwukanałowy LVDS w rozdzielczość 1920×1200 (opcjonalnie eDP do 5120×3200), HDMI do 4k, DP (do 5120×3200). Komputer jest wyposażony w zewnętrzne porty I/O: gigabit Ethernet ×2, HDMI/DP, USB 3.2 ×5. Zawiera też wewnętrzne porty I/O: SATA 3.0 ×1, USB 2.0 ×2, I²C, SMBus, COM ×2, GPIO 8-bit, LPC, CAN Bus, TPM 2.0. Możliwe są również rozszerzenia poprzez moduły: M.2 z kluczem E 2230, z kluczem B 3042, z kluczem M 2280. Pozostałe parametry płyty to port rozszerzeń MIOe: 4 PCIe ×1 Gen 3, 1 USB 2.0, LPC, SMBus, Line-out, opcjonalnie DP, Power-on, Reset. Przy wymiarach 146×102 mm komputer jest zasilany napięciem 12...24 V.

Fotografia 4. Komputer jednopłytkowy typu MIO-5375

- **SOM-6883** – to komputer zbudowany na bazie COM Express Compact Type 6 (95×95 mm), bazujący na procesorze Intel Core jedenastej generacji. Obsługuje do 16 GB dwukanałowej wbudowanej pamięci DDR4 oraz do 32 GB pamięci na gnieździe SODIMM. Ponadto SOM-6883 udostępnia interfejsy: gigabit Ethernet ×1, dwukanałowy LVDS (1920×1200), LCD/eDP, DDI ×3, VGA (1920×1200), SATA 3.0 ×2, USB 2.0 ×8, USB 3.0 ×4, GPIO 8-bit, LPC, SPI Bus, CAN Bus, COM ×2, TPM 2.0, I²C. Moduły rozszerzeń: 1 × PCI-Express ×4 Gen 4, 5× PCIe ×1 Gen 3, NVMe x4 SSD do 64 GB. Dzięki powyższym cechom SOM-6883 jest w stanie zapewnić najwyższe wsparcie dla najbardziej wymagających wydajnościowo aplikacji przemysłowych.

Fotografia 5. Komputer jednopłytkowy typu SOM-6883

- **SOM-2532** – to komputer w formacie SMARC, oparty na procesorze Intel Atom x6000/Pentium/Celeron. Charakteryzuje się małymi wymiarami 82×50 mm. Ma dwukanałową pamięć RAM max. 16 GB LPDDR4 3200 MT/s (ze wsparciem IBECC). SOM-2532 może pracować w rozszerzonym zakresie temperatur od 0 do 60°C. Płyta udostępnia interfejsy: gigabit Ethernet ×2, LVDS LCDs/eDP/MIPI-DSI (1920×1200), DP++ (do 4096×2160), HDMI (do 4096×2160), USB 2.0 ×6, SATA 3.0 ×1, USB 3.2 ×2, PCI-Express ×4, GPIO, SPI-Bus, COM ×4, CAN-FD, TPM, SMBus, I²C, eSPI oraz LPC.

Wszystkie komputery jednopłytkowe Advantech zapewniają ponadto wsparcie dla zaawansowanej technologii WISE-DeviceOn, dzięki której użytkownik jest w stanie nadzorować stan sprzętu, oprogramowania i urządzeń peryferyjnych. Technologia ta zapewnia zdalne aktualizacje systemu BIOS oraz tworzenie i przywracanie kopii zapasowej. Funkcje te pomagają m.in. uniknąć kosztów konserwacji sprzętu powstałych w wyniku nieoczekiwanej awarii systemu, a także potencjalnej utraty danych.

Podsumowanie

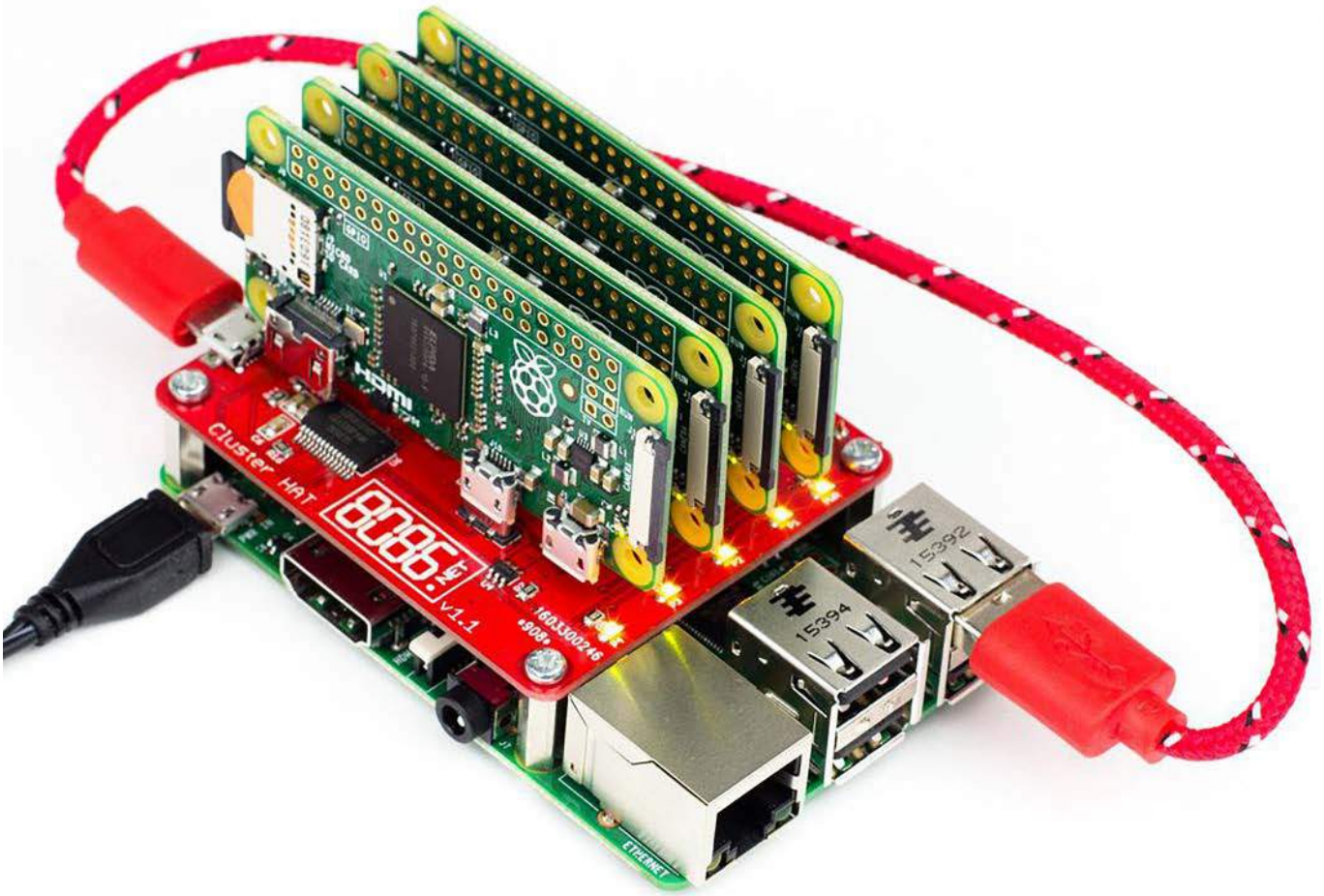
Komputery jednopłytkowe SBC i moduły COM to niewielkie, a przy tym wydajne płyty dostępne w różnych formatach. Mnogość oferowanych komputerów jednopłytkowych i modułów COM dostępnych w różnych formatach daje użytkownikowi możliwość wyboru odpowiedniego rozwiązania do wymagań danej aplikacji. Bardzo często są to rozwiązania bezwentylatorowe i energooszczędne. Przy rozwiązaniach IIoT dużą zaletą jest skalowalność. Zapewnia to szeroki wybór komputerów jednopłytkowych oraz duże możliwości w projektowaniu własnych płyt bazowych dla modułów COM.

Firma CSI S.A. jako dystrybutor rozwiązań SBC oraz COM, zaprasza do kontaktu w celu przedstawienia pełnego portfolio tych produktów.

Agnieszka Kiwior-Kontny
CSI S.A.

Fotografia 6. Komputer jednopłytkowy typu SOM-2532

eprasa.pl 54fe1c0c92



Komputery i moduły jednopłytkowe

Ciągły wzrost stopnia złożoności systemów wbudowanych wynika m.in. z rosnących oczekiwań użytkowników wobec ergonomii i estetyki interfejsów HMI. Nawet podstawowy sprzęt AGD i RTV wyposaża się dziś w dotykowe interfejsy graficzne z ekranami wysokiej rozdzielczości, co z kolei pociąga za sobą konieczność stosowania coraz wydajniejszych procesorów i pojemniejszych pamięci. Osobną kategorię stanowią aplikacje sztucznej inteligencji oraz inne rozwiązania, w których angażowanie procesorów o dużej mocy obliczeniowej wynika z konieczności przetwarzania sporych ilości danych w możliwie najkrótszym czasie. Komputery jednopłytkowe są bezpośrednią odpowiedzią producentów elektroniki na zapotrzebowanie rynkowe właśnie w tego typu aplikacjach.

Fotografia 1. Przykładowy minikomputer SBC – Raspberry Pi 4B

Do tematu zastosowania komputerów jednopłytkowych (*single-board computer* – SBC) można podejść zarówno bardzo optymistycznie, jak i ze sporą dozą sceptycyzmu. Jak zawsze jednak, tak i w tym przypadku za decyzją o użyciu (lub nie) SBC w aplikacji końcowej powinna stać dogłębna analiza potrzeb funkcjonalnych, technicznych uwarunkowań projektu oraz, co w wielu przypadkach zaważy na wyborze ścieżki projektowej, aspektów finansowych. Jednym z krytycznych parametrów, wpływających na przebieg i efekty prac współczesnego przedsiębiorstwa, jest skrócenie tzw. *time-to-market*, czyli czasu wymaganego na opracowanie końcowego produktu i przygotowanie go do sprzedaży. Zastosowanie gotowego minikomputera, stanowiącego serce projektowanego urządzenia, może w znaczący

eprasa.pl 54fe1c0c92

Fotografia 2. Przykładowy minikomputer typu SoM (LiteSOM marki Grinn) ze złączem krawędziowym typu SODIMM

sposób przyspieszyć prace projektowe i przy właściwym zarządzaniu procesem rozwoju produktu, zmniejszyć finalne koszty produkcji. Przyjrzyjmy się zatem najważniejszym zaletom, płynącym z zastosowania SBC w komercyjnych projektach:

- **Uproszczenie layoutu PCB** – dostępne obecnie minikomputery występują zarówno w wersji pełnej (tj. z wbudowanymi portami USB, HDMI, Ethernet, a także osobnym gniazdem zasilania oraz dodatkowymi złączami rozszerzeń GPIO – **fotografia 1**), jak i w postaci modułów typu SoM (*system-on-module*) przeznaczonych do montażu w specjalnych slotach, czy wreszcie SoM lub SiP, lutowanych bezpośrednio na PCB. W przypadku pełnowymiarowych minikomputerów połączenie z pozostałą elektroniką urządzenia odbywa się za pośrednictwem przewodów lub, np. w ekosystemie Raspberry Pi, za pomocą złączy szpilkowych typu goldpin. Moduły SoM (**fotografia 2**) przeznaczone są natomiast do zabudowy na PCB docelowej aplikacji, co umożliwia uzyskanie znacznie wyższego stopnia integracji i istotną redukcję przestrzeni, zajmowanej wewnątrz obudowy przez sterownik. Podłączenie potrzebnych gniazd interfejsowych, np. USB, HDMI czy DSI, wymaga w takim przypadku właściwego poprowadzenia ścieżek par różnicowych, kontroli hazardów czasowych na liniach synchronicznych oraz zapewnienia właściwych parametrów laminatu dla uzyskania niezbędnej kontroli impedancji, jednak rozwiązanie takie jest nadal znacząco prostsze, niż projektowanie „serca" minikomputera (szybkich szyn sygnałowych dla pamięci i obwodów taktowania procesora) całkowicie od zera. Oszczędności, zarówno czasowe, jak i finansowe, można uzyskać redukując liczbę warstw PCB oraz upraszczając konstrukcję stosu, gdyż w znakomitej większości przypadków nie zaistnieje konieczność stosowania przelotek ślepych oraz zagrzebanych, a ponadto mniej wymagający okaże się sam proces montażu. Redukcja złożoności PCB prowadzi do sporych oszczędności zwłaszcza w przypadku produkcji małoseryjnych. W projektach wymagających szczególnie silnej miniaturyzacji zastosowanie znajdują minikomputery SiP (*System-in-Package*), produkowane w obudowach „udających" konwencjonalne układy scalone do montażu powierzchniowego.
- **Łatwość rozbudowy i aktualizacji oprogramowania** – zastosowanie minikomputera SBC lub SoM, pracującego pod kontrolą systemu operacyjnego wysokiego poziomu (zwykle jednej z oficjalnych dystrybucji linuksowych bądź dedykowanej kompilacji przygotowanej np. z użyciem systemu Yocto), znacząco ułatwia wprowadzanie późniejszych zmian (już po zwolnieniu oprogramowania do produkcji) oraz dodawanie nowych modułów programowych.
- **Wydajność** – niezaprzeczalną zaletą minikomputerów jest spora wydajność obliczeniowa, czy też, mówiąc nieco ogólniej, doskonałe parametry użytkowe. Duża ilość pamięci RAM, szybkie taktowanie i wydajna, zazwyczaj wielordzeniowa architektura procesora, zdolność przetwarzania grafiki (akceleratory sprzętowe) oraz wyświetlania obrazu wysokiej rozdzielczości, czy też obecność szybkich interfejsów peryferyjnych sprawiają, że typowym systemom typu *bare-metal* – tworzonym na bazie „dużych" mikrokontrolerów, trudno jest konkurować z nawet najsłabszymi minikomputerami SBC.
- **Dostępność bibliotek i OS** – praktycznie wszyscy producenci minikomputerów SBC i SoM udostępniają swoim odbiorcom kompatybilne pakiety oprogramowania, poczynając od gotowych obrazów systemów operacyjnych, a kończąc na zintegrowanych ekosystemach rozwojowych, obejmujących szereg zoptymalizowanych dla danej architektury narzędzi programistycznych. Zastosowanie gotowych bibliotek graficznych, sterowników systemowych oraz licznych projektów przykładowych znakomicie skraca czas, którego programista, niezaznajomiony z daną platformą, potrzebowałby do rozpoczęcia pracy.
- **Szeroki wybór** – rynek minikomputerów stanowi bardzo dynamicznie rozwijającą się branżę przemysłu elektronicznego, a upowszechnienie „protoplastów" tej gałęzi produktów, m.in. za sprawą projektu Raspberry Pi, otworzyło wyścig technologiczny, w którym kartami przetargowymi stały się nie tylko parametry wydajnościowe i cena, ale także forma minikomputera, wyposażenie opcjonalne, akcesoria, dostępność zróżnicowanych wersji (np. ze slotem microSD lub wbudowaną pamięcią eMMC), wymiary mechaniczne, wsparcie dokumentacyjne (noty aplikacyjne), a także pobór mocy czy kompatybilność z czołowymi systemami operacyjnymi (Linux, Windows, Android).

Wady minikomputerów jednopłytkowych oraz... błędy popełniane przez projektantów

Zastosowanie SBC, podobnie zresztą jak każdego innego modułu, ma także pewne istotne wady, o których należy pamiętać wybierając drogę rozwoju produktu. Choć należy uczciwie przyznać, że tylko trzy pierwsze spośród wymienionych poniżej problemów dotyczą minikomputerów jako takich, to umyślnie zwracamy też uwagę na pozostałe pułapki, w jakie często wpadają mniej doświadczeni projektanci, uwiedzeni pozorną łatwością implementacji gotowego modułu SBC/SoM/SiP w niemal dowolnej aplikacji:

- **Ceny modułów** – bardziej rozbudowane minikomputery zdecydowanie nie należą do rozwiązań szczególnie tanich, zwłaszcza w przypadku aplikacji tworzonych z myślą o masowej produkcji. W takich przypadkach lepszym rozwiązaniem może się okazać implementacja systemu wbudowanego od zera, choć proces opracowania produktu będzie zdecydowanie bardziej wymagający (pod względem czasu i koniecznego poziomu umiejętności projektanta), to w końcowym rozrachunku często okaże się znacznie atrakcyjniejszy.
- **Problem kontrolowanego zamykania systemu** – odwieczną bolączką użytkowników niektórych minikomputerów (w tym kultowej „maliny") jest problem zamykania systemu operacyjnego w sposób nie zagrażający integralności danych, przechowywanych na karcie microSD. Aspekt ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadku plików systemowych, gdyż znane są liczne przypadki uszkodzeń systemu plików, uniemożliwiających poprawne bootowanie systemu po niekontrolowanym, nagłym wyłączeniu zasilania. O ile niektóre minikomputery są wyposażone w fabrycznie zamontowane przyciski i/lub gniazda do podłączenia zewnętrznych elementów stykowych, to część produktów z segmentu SBC została ich całkowicie pozbawiona, co zmusza użytkowników do stosowania „obejść" programowych w postaci specjalnych skryptów, wykorzystujących jedno z wejść GPIO. Podczas gdy w większości systemów niższego poziomu naprawdę trudno wyobrazić sobie uszkodzenie programu przez nagłe odcięcie zasilania, to w systemach operacyjnych zawierających jako nośnik np. karty microSD, o takie uszkodzenie jest znacznie łatwiej.
- **Pobór mocy** – minikomputery SBC nie należą do szczególnie energooszczędnych rozwiązań, gdyż nawet w stanie minimalnego obciążenia obliczeniowego pobierają relatywnie spory prąd zasilania. Z tego też względu kwestią dyskusyjną jest zastosowanie większości popularnych minikomputerów w aplikacjach wymagających

eprasa.pl 54fe1c0c92

Fotografia 3. Energooszczędny minikomputer SBC CPU-301-16 marki Eurotech

Fotografia 4. Komputer SoM marki SoMLabs, przygotowany do pracy z systemami czasu rzeczywistego (model VisionSOM-RT)

zasilania z własnego źródła energii, choć należy w tym miejscu uczciwie przyznać, że istnieją moduły zoptymalizowane właśnie pod względem poboru mocy. Dotyczy to głównie modułów SoM oraz SiP, a przykładem może być rozbudowany model CPU-301-16 marki Eurotech (**fotografia 3**), który podczas pracy przy przeciętnym obciążeniu nie przekracza poboru mocy rzędu 1...2 W (maks. 5 W).

- **Bezpieczeństwo danych i oprogramowania** – stosowanie systemów operacyjnych wysokiego poziomu, z uwagi na dużą złożoność oprogramowania, wiąże się z nieuchronnym ryzykiem ataku ze strony potencjalnych cyberprzestępców. Zagrożone mogą być zarówno dane użytkowników, jak i pliki systemu operacyjnego, dlatego tak ważne jest sumienne przeprowadzenie analizy ryzyka oraz wyczerpujących testów penetracyjnych. W każdym przypadku warto również dobrze zastanowić się, w jaki sposób można oddzielić krytyczną część systemu (urządzenia) od możliwych źródeł ataku. Przykładowym rozwiązaniem jest rozdział funkcjonalności produktu na część aplikacyjną (obsługiwaną przez minikomputer, np. HMI z ekranem dotykowym, funkcje sieciowe, wymienne nośniki danych) oraz część niskopoziomową (np. obsługa napędów maszyny, systemu akwizycji danych, itd.) w topologii master-slave, z ograniczeniem uprawnień dla „domeny niebezpiecznej".
- **Niezawodność** – niedostatecznie szczegółowo przemyślane użycie gotowych minikomputerów może rodzić spore problemy podczas komercjalizacji produktu, a to z uwagi na wymogi niezawodności, obowiązujące w niektórych branżach (np. medycznej). Zastosowanie gotowego minikomputera wraz z systemem operacyjnym nie musi być przeszkodą na drodze do uzyskania wymaganej prawem certyfikacji, jednak może wiązać się z dodatkowym nakładem pracy na przygotowanie dokumentacji zarządzania ryzykiem i jednoznaczne wykazanie spełnienia przez aplikację końcową wymogów bezpieczeństwa. W przypadku oprogramowania „nieznanego pochodzenia" (tzw. SOUP) istotny jest szereg czynników związanych z udokumentowaniem i sposobem utrzymywania kodu przez jego twórców. W niektórych przypadkach korzystniejsze będzie wykupienie (często dość kosztownej) licencji komercyjnej na potrzebny pakiet oprogramowania, niż próba samodzielnego „doklejenia" do tworzonej aplikacji darmowego, ale niedostatecznie sprawdzonego kodu. Problem dotyczy zresztą także samego sprzętu – w niektórych sytuacjach można bowiem natknąć się na trudności ze spełnieniem norm branżowych.
- **Problemy z pracą w reżimie czasowym** – minikomputery pracujące w roli „zwykłych" systemów operacyjnych wysokiego poziomu (np. dystrybucji opartych na Debianie) zdecydowanie nie nadają się do bezpośredniego sterowania urządzeń, wymagających pracy w reżimie czasu rzeczywistego, a to z uwagi na nieuchronne opóźnienia, jakie pojawiają się w systemie operacyjnym np. podczas obsługi rozbudowanego GUI bądź zapytań sieciowych. Funkcjonalności, takie jak sterowanie napędami, próbkowanie wejść analogowych przetwornikami ADC, czy też szybkie przemiatanie wejść cyfrowych, lepiej jest realizować, w miarę możliwości, za pomocą dodatkowego mikrokontrolera (we wspomnianym wcześniej systemie master-slave), niż próbować „zmusić" Linuksa bądź Windowsa do pracy w niezmiennym i szybkim rytmie. Na szczęście dla konstruktorów, na rynku dostępne są również modele minikomputerów SoM kompatybilne z systemami czasu rzeczywistego, np. popularnym, darmowym FreeRTOS – przykładem takiego modułu jest VisionSOM-RT rodzimej marki SoMLabs, zoptymalizowany pod kątem zastosowań w aplikacjach niskopoziomowych, m.in. IoT (**fotografia 4**). Warto także rozważyć wybór minikomputera z procesorem aplikacyjnym (SoC), wyposażonym w dodatkowy koprocesor w postaci mikrokontrolera, np. ARM Cortex-M4, który bez problemu poradzi sobie z niskopoziomowymi zadaniami, wymagającymi pracy w rytmie na poziomie mili- i mikrosekndowym.

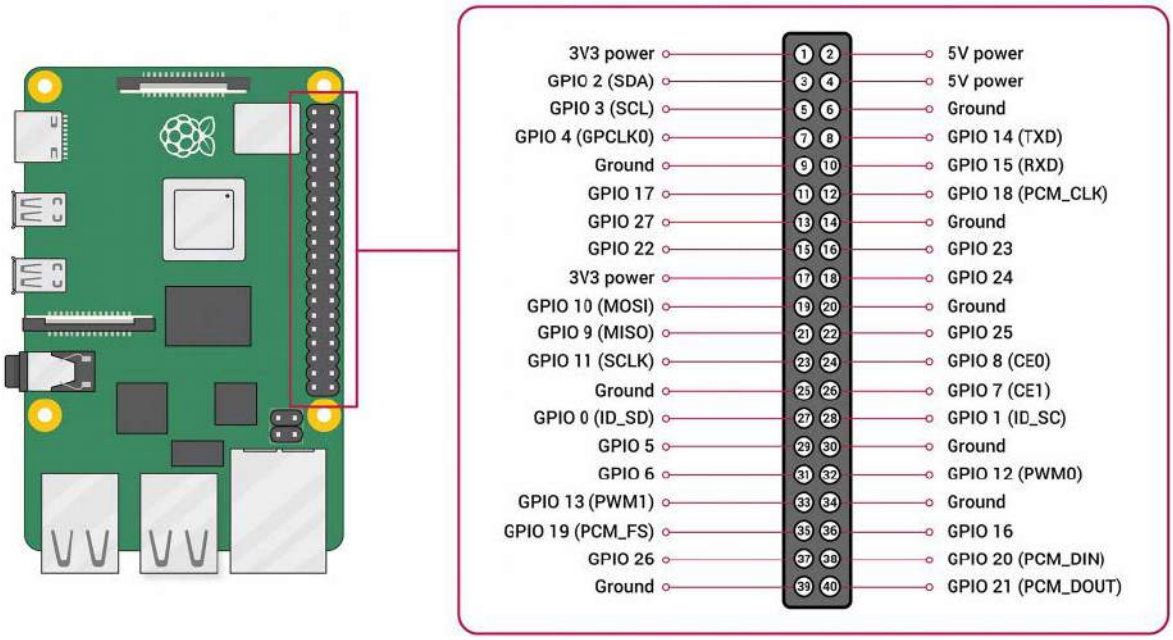
SBC, SoM, SiC – wybór formy minikomputera do konkretnej aplikacji

Projektanci systemów wbudowanych stają przed koniecznością wyboru rodzaju minikomputera, który najlepiej spełni wymogi danej aplikacji. Najbardziej przystępnym rozwiązaniem jest użycie minikomputera SBC wyposażonego w klasyczne złącza „komputerowe" (USB, HDMI czy Ethernet) – dzięki temu proces uruchomienia systemu operacyjnego i prowadzenia wszelkich prac programistycznych oraz administracyjnych nie będzie odbiegał od pracy na klasycznym komputerze. Wystarczy wyposażyć moduł w monitor, klawiaturę oraz mysz, choć i to nie zawsze okaże się konieczne i/lub możliwe – prostsze minikomputery (nieposiadające wyjścia obrazowego) będą zatem obsługiwane zdalnie, za pomocą konsoli UART bądź łącza Ethernet (zwykle z użyciem natywnego łącza SSH, obecnego we wszystkich systemach linuksowych).

W wielu przypadkach zastosowanie „pełnowymiarowego" komputera jednopłytkowego jest jednak niemożliwe, z uwagi na brak w obudowie urządzenia docelowego dostatecznej ilości miejsca, niezbędnego do poprowadzenia wewnętrznego okablowania. Takie sytuacje można zwykle rozwiązać stosując znacznie mniejszy moduł SoM, montowany w slocie na płycie drukowanej projektowanego urządzenia. Producenci tego typu modułów oferują do swoich produktów zestawy ewaluacyjne, które nie tylko wyprowadzają wszystkie niezbędne połączenia na właściwe gniazda, ale także stanowią projekt referencyjny, stanowiący doskonałą pomoc dla projektanta PCB. Rozwiązanie takie pomaga też przełożyć ten sam egzemplarz minikomputera z platformy ewaluacyjnej do docelowego sprzętu, co redukuje koszty w przypadku projektów o szczególnie napiętym budżecie.

Moduły SoM lutowane bezpośrednio na docelowej PCB, a także mniejsze od nich moduły SiP, są natomiast doskonałym rozwiązaniem w przypadku urządzeń o poważnie ograniczonych rozmiarach, a także w zastosowaniach narażonych na potencjalne uszkodzenia mechaniczne, spowodowane wibracjami – zmniejszone wymiary i masa oraz montaż trwały bez użycia delikatnych slotów ze stykami dociskowymi poprawiają niezawodność systemu w najbardziej krytycznych aplikacjach. Dodatkową zaletą tego typu minikomputerów

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 1. Układ wyprowadzeń złącza GPIO minikomputerów Raspberry Pi

jest też możliwość realizacji pełnego procesu montażu w sposób całkowicie automatyczny – wiele modułów korzysta z footprintów typu QFN, oraz BGA, co pozwala na montaż z użyciem automatów pick & place. Warto jednak pamiętać, że wraz z rosnącym stopniem miniaturyzacji rosną także wymagania płyty urządzenia docelowego, co wiąże się jednocześnie ze zwiększaniem kosztów produkcji PCB.

Przegląd wybranych rodzin i modeli minikomputerów

Rynek minikomputerów poszerza się z roku na rok, zarówno dzięki rozbudowie ofert istniejących producentów o nowe modele lub generacje modułów, jak w wyniku powstawania kolejnych firm, próbujących swoich sił w tej branży. Przegląd „wypada" rozpocząć od marki, która dla wielu osób stanowi pierwsze skojarzenie z tematyką SBC.

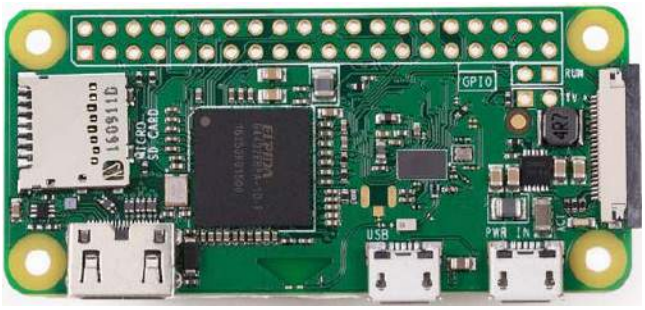
Mówisz minikomputer – myślisz Raspberry Pi

„Malinowe" komputery miały swoją oficjalną, rynkową premierę w 2012 roku, choć geneza projektu sięga jeszcze 2006 r. Protoplasta Raspberry Pi miał postać niewielkiej, dość gęsto upakowanej płytki, bazującej na mikrokontrolerze Atmega644, wykonanej w technologii THT i absolutnie w niczym nie przypominającej znanych dzisiaj minikomputerów SBC. Linia produktów Raspberry Pi obejmuje obecnie kilka grup:

- **Raspberry Pi Model B** – korzystając z nomenklatury znanej z rynku smartfonów, modele z tej serii można nazwać „flagowcami" na tle reszty rodziny RPi. Wyposażone w cztery porty USB, gniazdo Ethernet, złącze wyświetlacza LCD (DPI) i kamery (CSI), a także jeden lub dwa porty HDMI oraz 40-pinowe złącze goldpin (udostępniające użytkownikom linie zasilania 3,3 V i 5 V oraz wyprowadzenia GPIO procesora SoC), minikomputery te stanowią bazę całego ekosystemu Raspberry Pi. Najnowsza wersja, należąca do 4. generacji „malin" płytka Raspberry Pi 4B (fotografia 1) – jest wyposażona 4-rdzeniowy procesor SoC typu BCM2711, bazujący na 1,5-gigahercowej architekturze ARM Cortex-A72. Oprócz właściwego procesora układ integruje w sobie jednostkę zmiennoprzecinkową VFPv4, wspierającą rozszerzenie NEON, oraz 500-megahercowy koprocesor graficzny (GPU) Broadcom VideoCore VI. W ramach tej gałęzi rodziny Raspberry Pi wyprodukowano modele z pamięcią SDRAM o pojemności 1, 2, 4 i 8 GB, wszystkie wyposażone w podwójne porty USB 3.0, szybki interfejs Ethernet 10/100/1000 Mbps (w odróżnieniu od większości wcześniejszych wersji, podłączony bezpośrednio do procesora, nie zaś za pomocą wbudowanego adaptera USB) oraz nowoczesny moduł Wi-Fi dual-band 2,4/5 GHz, obsługujący standardy IEEE 802.11b/g/n/ac oraz Bluetooth 5.0. Nowością w świecie minikomputerów jest podwójne wyjście HDMI (2 gniazda microHDMI). Najnowsze Raspberry Pi korzysta natomiast ze znanego od wielu lat układu pinów w złączu GPIO (**rysunek 1**), wspólnego dla wszystkich minikomputerów z serii A, B (powyżej generacji 1A/1B) oraz Zero.
- **Raspberry Pi Model A** – moduł stanowi okrojoną wersję Raspberry Pi Model B – za cenę rezygnacji z portu Ethernet oraz trzech gniazd USB A, płytka została odchudzona o ponad 20 mm na najdłuższym wymiarze PCB (**fotografia 5**). W momencie pisania niniejszego artykułu linia produktowa modeli A kończy się na generacji 3+ z maksymalną pamięcią RAM na poziomie 512 MB.
- **Raspberry Pi Zero** – kolejna, jeszcze bardziej kompaktowa wersja minikomputera Raspberry Pi (**fotografia 6**), nadal jednak wyposażona w 40-pinowy goldpin GPIO (a ściślej rzecz ujmując, pady do wlutowania takowego we własnym zakresie) oraz bardzo okrojony zestaw złącz (port USB OTG, miniHDMI, gniazdo zasilania microUSB oraz gniazdo ZIF dla interfejsu kamery (CSI)). Obecnie dostępne są dwie wersje tego modelu – starsza, RPi Zero PCB v1.3 oraz RPi Zero W, wyposażona we wbudowany moduł WiFI/BLE 4.1. Warto wiedzieć o dwóch padach lutowniczych, przeznaczonych do wlutowania przycisku resetującego pracę systemu operacyjnego. Szczególnie interesującym aspektem jest zastosowana w ww. modelu antena. W odróżnieniu od stosowanych zazwyczaj anten SMD bądź mikropaskowych, producent zdecydował się skorzystać z zewnętrznego *know-how*, wykupując licencję na projekt opracowanej przez markę Proant anteny Niche. Z inżynierskiego punktu widzenia rozwiązanie to samo w sobie jest bardzo ciekawe

Fotografia 5. Minikomputer Raspberry Pi 3 Model A+

eprasa.pl 54fe1c0c92



Fotografia 6. Minikomputer Raspberry Pi Zero W

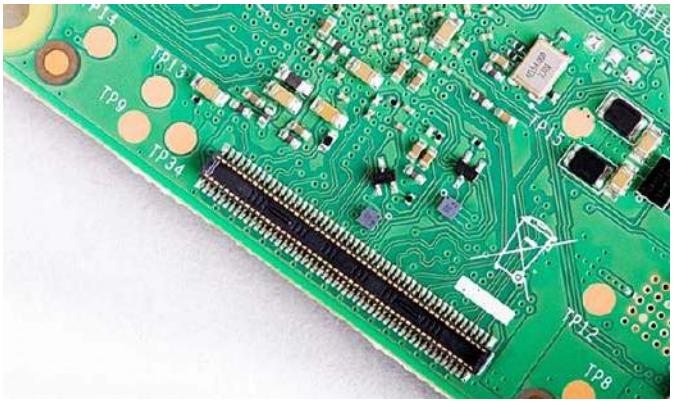
– zaskakująco prostą i efektywną antenę tworzy bowiem obszyta przelotkami „wnęka rezonansowa" z pozbawionego miedzi, trójkątnego obszaru na laminacie płytki i współpracująca z niewielkimi kondensatorami SMD (**fotografia 7**). Od strony biznesowej jest to natomiast doskonały przykład sprzedaży licencji, zezwalającej na zastosowanie świetnie dopracowanego IP w urządzeniach produkowanych masowo przez licencjobiorcę.

- **Raspberry Pi Compute Module** – wersja „maliny" najbardziej przyjazna konstruktorom układów opartych na minikomputerze zintegrowanym mechanicznie z płytą urządzenia docelowego. Jako klasyczne moduły typu SoM, minikomputery RPi CM3+/3+ Lite/4/4 Lite otrzymały złącza systemowe, umożliwiające wpięcie modułu w slot przygotowany na samodzielnie opracowanej PCB. W przypadku minikomputerów trzeciej generacji (CM3+ i CM3+ Lite – **fotografia 8**) mamy do czynienia ze złączem krawędziowym, kompatybilnym z 200-pinowym slotem, stosowanym w pamięciach DDR2-SODIMM. Czwarta generacja modułów SoM ze stajni The Raspberry Pi Foundation otrzymała już piętrowe złącza typu płytka-płytka (sloty marki Hirose o rastrze równym 0,4 mm) – podobne gniazda stają się zresztą coraz popularniejsze w rozbudowanych płytach ewaluacyjnych, a także konkurencyjnych minikomputerach i innego typu modułach OEM (**fotografie 9** i **10**).

Fotografia 7. Antena minikomputera Raspberry Pi Zero W, zaprojektowana na licencji Niche marki Proant

Fotografia 8. Minikomputer Raspberry Pi CM3+ z widocznym złączem krawędziowym

Fotografia 9. Minikomputer Raspberry Pi CM4 – widok z góry



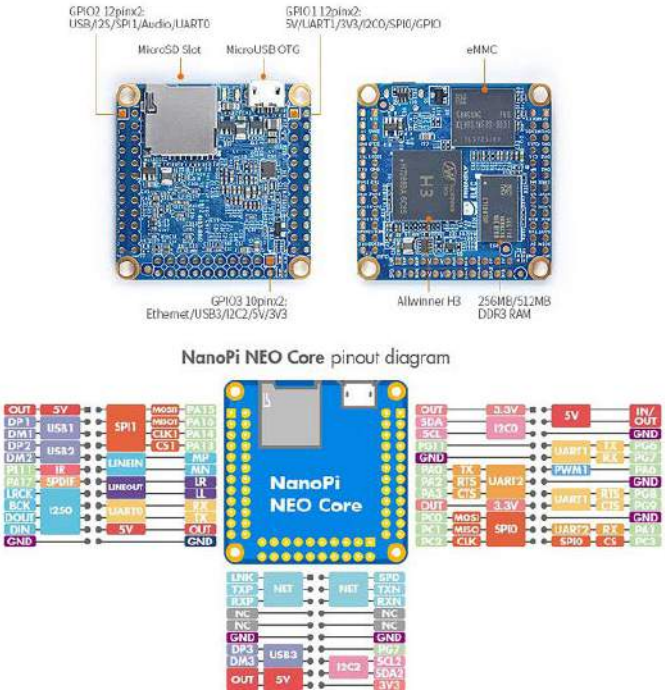
Fotografia 10. Widok złącza płytka-płytka w minikomputerze RPi CM4 (dolna strona PCB)

Oprócz wymienionych wyżej modeli rodzina Raspberry Pi obejmuje także szereg starszych edycji – w **tabelach 1** i **2** zostały zebrane najważniejsze dane na temat obecnie produkowanych minikomputerów.

FriendlyARM

Marka FriendlyARM (friendlyarm.com) dysponuje obecnie jedną z najbardziej rozbudowanych ofert minikomputerów. Chiński producent oferuje szereg interesujących modeli, które pod wieloma względami wyprzedzają inne znane marki modułów SBC/SoM. Oprócz konstrukcji przypominających na pierwszy rzut oka kultowe Rasberry Pi (np. NanoPi M4B czy NanoPi M4V2), firma FriendlyARM opracowała także kilkadziesiąt innych produktów, z których wybrane opiszemy nieco szerzej:

- **NanoPi NEO Core-LTS** – obecnie najtańszy minikomputer w ofercie FriendlyARM (cena detaliczna w sklepie producenta to $20), występujący w kombinacjach różniących się pojemnością pamięci



Fotografia 11. Widok obu stron płytki NanoPi NEO Core-LTS oraz schemat rozmieszczenia pinów GPIO

eprasa.pl 54fe1c0c92

Tabela 1. Porównanie parametrów produkowanych obecnie minikomputerów Raspberry Pi Model A oraz Model B (stan na wrzesień 2021)

Wersja	Model A		Model B				
	1 Model A+	3 Model A+	1 Model B+	2 Model B v1.2	3 Model B	3 Model B+	4 Model B
Rok premiery	2014	2018	2014	2016	2016	2018	2019 / 2020 (8GB)
SoC	BCM2835	BCM2837B0	BCM2835	BCM2837		BCM2837B0	BCM2711
FPU	VFPv2	VFPv4 + NEON	VFPv2	VFPv4 + NEON			
CPU	1×ARM1176JZF-S 700 MHz	4×Cortex-A53 1,4 GHz	1×ARM1176JZF-S 700 MHz	4×Cortex-A53 900 MHz	4×Cortex-A53 1,2 GHz	4×Cortex-A53 1,4 GHz	4×Cortex-A72 1,5 GHz
GPU	Broadcom VideoCore IV @ 250 MHz					Broadcom VideoCore IV @ 400 MHz/300 MHz	Broadcom VideoCore VI @ 500 MHz
SDRAM	256/512 MB (od 2016 r.)	512 MB	512 MB	1 GB			1/2/4/8 GB
USB 2.0	1	1	4				2
USB 3.0	-						2
USB OTG	-						1 (Power USB-C)
I/F kamery	15-pin MIPI (CSI)						
HDMI	1×HDMI (rev 1.3)						2×microHDMI (rev 2.0)
Wideo (analog.)	Jack 3,5 mm (TRRS)						
MIPI (DSI)	Tak						
Wejścia audio	I²S						
Wyjścia audio	Jack 3,5 (współdzielone z wideo)/HDMI/I²S						
Pamięć	MicroSDHC		MicroSDHC	MicroSDHC, USB Boot Mode			
Ethernet (8P8C)	-	-	10/100 Mbit/s (przez wewn. adapter USB)		10/100 Mbit/s	10/100/1000 Mbit/s (300 Mbit/s)	10/100/1000 Mbit/s
Wi-Fi IEEE 802.11	-	b/g/-c dual band 2,4/5 GHz	-		b/g/n single band 2,4 GHz	b/g/ac dual band 2,4/5 GHz	
Bluetooth	-	4.2 BLE	4.1 BLE		4.2 LS BLE	5.0	
Peryferia	17×GPIO + szyna HAT ID			17×GPIO + szyna HAT ID			17×GPIO, HAT, 4×UART, 4×SPI, 4×I²C
Wymiary [mm]	65×56,5×10	65×56,5	85,60×56,5			85,60×56,5×17	
Produkcja	Do 01.2026	Do 01.2026	Do 01.2026	Do 01.2022	Do 01.2026	Do 01.2026	Do 01.2026

RAM (256 lub 512 MB) oraz wbudowanej pamięci eMMC (4 lub 8 GB). Maleńkie, jak na moduł SBC, rozmiary płytki drukowanej (40×40 mm) skłoniły projektantów do umieszczenia przy aż trzech krawędziach PCB złączy typu goldpin, zapewniających dostęp do linii GPIO i zasilania układu. Czwarty bok płytki został obsadzony slotem microSD oraz gniazdem micro USB, udostępniającym interfejs zgodny z OTG. Patrząc na płytkę nie sposób nie odnieść wrażenia, że projektanci PCB wykazali się kunsztem w planowaniu rozmieszczenia elementów, gdyż na obu stronach płytki naprawdę trudno znaleźć choćby skrawek wolnego miejsca (**fotografia 11**). Minikomputer bazuje na 4-rdzeniowym procesorze Allwinner H3 (ARM Cortex-A7 @ 1,2 GHz).

- **ZeroPi** – nazwa modelu jest dość myląca, gdyż błędnie sugeruje podobieństwo do Raspberry Pi Zero. Moduł ma wymiary NEO Core-LTS, zamiast pamięci eMMC ma jednak tylko slot kart microSD (i dodatkowe miejsce do wlutowania pamięci Flash w obudowie SO-8), zaś w zamian za to oferuje jedno gniazdo RJ45 (Gigabit Ethernet) oraz pełnowymiarowe gniazdo USB A (USB 2.0 Host). Widok minikomputera został pokazany na **fotografii 12**.
- **NanoPi R4S** – to zdecydowanie jedna z najciekawszych propozycji marki FriendlyARM. Niewielki minikomputer (wymiary PCB to zaledwie 66×66 mm) bazuje na rozbudowanym układzie SoC Rockchip RK3399 (dwurdzeniowy, ARM Cortex-A72@ 2 GHz + czterordzeniowy ARM Core Cortex-A53 @ 1,5 GHz) i występuje w wersji z 1 GB-ową pamięcią DDR3 lub 4-gigabajtową LPDDR4. Nowością w segmencie niedrogich minikomputerów są natomiast dwa porty Ethernet, co pozwala na pracę np. w roli zaawansowanego routera, serwera lub innego urządzenia sieciowego. Nie zabrakło dwóch portów USB 3.0 oraz złącza goldpin, dającego dostęp do dodatkowego interfejsu USB 2.0. Producent

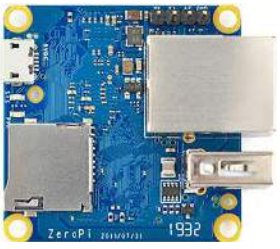
eprasa.pl 54fe1c0c92

Tabela 2. Porównanie parametrów produkowanych obecnie minikomputerów Raspberry Pi Compute Module oraz Zero (stan na wrzesień 2021)

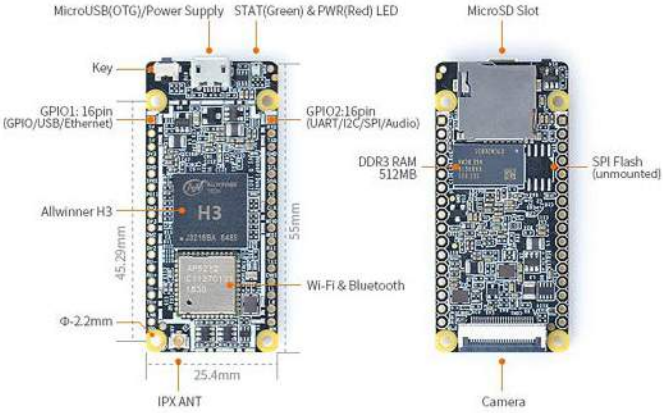
Wersja	Compute Module				Zero	
	CM3+	CM3+ Lite	CM4	CM4 Lite	Zero PCB v1.3	Zero W
Rok premiery	2019		2020		2016	2017
SoC	BCM2837B0		BCM2711		BCM2835	
FPU	VFPv4 + NEON				VFPv2	
CPU	4×Cortex-A53 1,2 GHz		4×Cortex-A72 1,5 GHz		1×ARM1176JZF-S 1 GHz	
GPU	Broadcom VideoCore IV @ 250 MHz		Broadcom VideoCore VI @ 500 MHz		Broadcom VideoCore IV @ 250 MHz	
SDRAM	1 GB		1, 2, 4 lub 8 GB		512 MB	
USB 2.0	1		1		1×Micro-USB	
USB 3.0	-					
USB OTG	-				1×Micro-USB	
I/F kamery	2×MIPI (CSI)		2-lane MIPI CSI, 4-lane MIPI CSI		1×MIPI (CSI)	
HDMI	1×HDMI		2x HDMI		1×Mini-HDMI	
Wideo (analog.)	Tak				Pady na PCB	
MIPI (DSI)	Tak		Tak		-	
Wejścia audio	I²S					
Wyjścia audio	Analog, HDMI, I²S				Mini-HDMI, stereo audio przez PWM	
Pamięć	4 GB eMMC	SDIO	8/16/32 GB eMMC	SDIO	MicroSDHC slot	
Ethernet (8P8C)	-		10/100/1000 Mbit/s		-	-
WiFi IEEE 802.11		b/g/-c dual band 2,4/5 GHz (opcja)			b/g/n single band 2,4 GHz	
Bluetooth		5.0, BLE (opcja)			4.1 BLE	
Peryferia	46×GPIO, w tym I²C, SPI, UART, PCM, PWM		28×GPIO (1,8 V/3,3 V) + UART, I²C, SPI, PCM, PWM		17×GPIO + szyna HAT ID	
Wymiary [mm]	67,6×31		55×40		65×30×5	
Produkcja	Do 01.2026		Do 01.2028		Do 01.2026	Do 01.2026

zdecydował się zredukować do absolutnego minimum liczbę linii GPIO, wyprowadzonych na drugie złącze szpilkowe. Mimo tego użytkownik ma dostęp do interfejsów SPI oraz I²C. Co ważne, marka FriendlyARM zadbała o dostęp do najważniejszych akcesoriów dodatkowych, wśród których warto zwrócić uwagę na metalową obudowę, wykonaną w technologii CNC (**fotografia 13**).

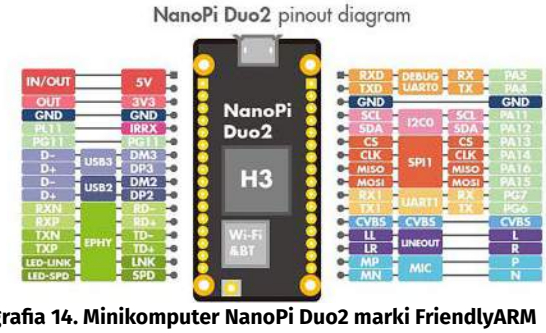
- **NanoPi Duo2** – najmniejszy spośród minikomputerów marki FriendlyARM o wymiarach 55×25,4 mm i masie zaledwie 7,36 g. Wyposażony w procesor Allwinner H3 i 512 MB pamięci RAM typu DDR3, oferuje wbudowany moduł radiowy Wi-Fi (802.11b/g/n) + Bluetooth 4.0, interfejs kamery kompatybilny z modułami opartymi na sensorze OmniVision OV5640 oraz port USB OTG i slot kart microSD (**fotografia 14**).
- **NanoPi Fire3-LTS** (**fotografia 15**) – jeden z najmocniejszych (pod względem obliczeniowym) minikomputerów z serii NanoPi, wyposażony w aż 8-rdzeniowy (!) procesor S5P6818 (o częstotliwości taktowania do 1,4 GHz) i 1 GB pamięci RAM DDR3. Moduł ma wymiary 75×40 mm, oferuje równoległy interfejs RGB do sterowania wyświetlaczem LCD, ma ponadto port HDMI v1.4A, złącze kamery oraz goldpin GPIO, kompatybilny ze standardem opracowanym przez Raspberry Pi.



Fotografia 12. Minikomputer ZeroPi marki FriendlyARM

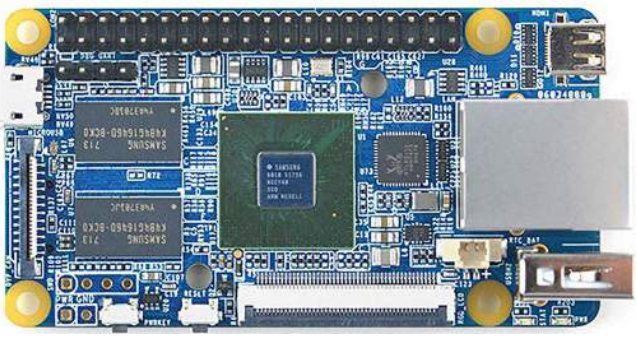


Fotografia 13. Minikomputer NanoPi R4S marki FriendlyARM wraz z oficjalną obudową



Fotografia 14. Minikomputer NanoPi Duo2 marki FriendlyARM

eprasa.pl 54fe1c0c92



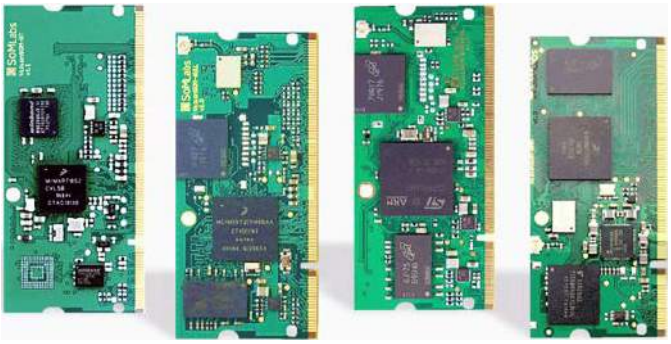
Fotografia 15. Minikomputer NanoPi Fire3-LTS

Fotografia 16. Minikomputer SBC typu NanoPC-T3 Plus

- **NanoPC-T3 Plus** (**fotografia 16**) – na koniec naszego opisu pozostawiliśmy wyjątkowo interesujący model minikomputera FriendlyARM, posiadający porty HDMI, LVDS, 3×USB 2.0, Gigabit Ethernet, złącza wyświetlaczy z interfejsem RGB lub LVDS, a także aż dwa interfejsy do podłączenia modułów kamer. Rozwiązanie takie, w połączeniu z 8-rdzeniowym procesorem SoC S5P6818, doskonale nadaje się do zastosowania w systemach widzenia maszynowego, opartych na stereowizji i sztucznej inteligencji. Minikomputer może pracować pod kontrolą systemu Ubuntu 16.04.

SoMLabs

Przeglądając oferty producentów najpopularniejszych minikomputerów SBC/SoM można dojść do błędnego wniosku, że wszystkie moduły tego typu są produkowane przez zagraniczne marki. Polski przemysł elektroniczny nie pozostaje jednak dłużny zagranicznym potentatom, czego najlepszym dowodem jest linia produktowa firmy SoMLabs, zarządzanej przez grupę BTC Korporacja. Obecnie oferta marki obejmuje cztery modele minikomputerów, przeznaczonych do montażu w gniazdach SODIMM200 i SODIMM260 (**fotografia 17**), a także pełne portfolio zestawów uruchomieniowych,



Fotografia 17. Pełne portfolio dostępnych obecnie minikomputerów marki SoMLabs. Od lewej: VisionSOM- RT, VisionSOM-6ULL, VisionSOM-STM32MP1 oraz VisionSOM-8MMini

kompatybilnych wyświetlaczy LCD oraz modułów kamer, znakomicie ułatwiających rozwój praktycznych aplikacji bazujących na niewielkich modułach SoM.

- **VisionSOM-RT** – wspomniany wcześniej minikomputer przeznaczony do aplikacji pracujących w reżimie czasu rzeczywistego jest wyposażony w 32 MB pamięci SDRAM, 4...16 GB pamięci eMMC oraz nawet 16 MB pamięci Flash z interfejsem QSPI. Moduł bazuje na 528-megahercowym procesorze NXP z serii i.MX RT 1052/1062 z rdzeniem ARM Cortex-M7 i współpracuje z zestawami ewaluacyjnymi VisionDK-RT oraz VisionSTK-RT.
- **VisionSOM-6ULL** – w odróżnieniu od wersji RT, minikomputer bazuje na 1-rdzeniowym procesorze ARM Cortex-A7 typu i.MX6ULL, taktowanym częstotliwością 900 MHz. Posiada dwa porty USB 2.0, dwa interfejsy Ethernet 10/100 (wymaga jednak użycia zewnętrznych kontrolerów warstwy fizycznej), po cztery szyny I²C i SPI, a także nawet 8 interfejsów UART, po dwa CAN i SDIO oraz wbudowany moduł WiFi 802.11b/g/n i Bluetooth 4.2. Minikomputer może obsługiwać ekrany LCD o rozdzielczości do 1366×768 px, wyposażone w interfejs równoległy RGB. Dostępne są modele z pamięcią RAM do 512 MB, eMMC do 32 GB oraz NAND do 512 MB.
- **VisionSOM-8Mmini** – najmocniejszy w ofercie SoMLabs minikomputer SoM z procesorem NXP. Tym razem mamy do czynienia z układem i.MX 8M Mini (4×ARM Cortex-A53 @ 1,8 GHz), wspieranym przez koprocesor ARM Cortex-M4 (400 MHz) i pamięć RAM 1...8 GB typu LPDDR4. Moduły wyposażone są w pamięć eMMC o pojemności, w zależności od zakupionej wersji, od 8 do nawet 32 GB, nie zabrakło także opcjonalnego, subminiaturowego modułu Wi-Fi/Bluetooth marki Murata (802.11b/g/n + Bluetooth 5.1).
- **VisionSOM-STM32MP1** – pierwszy minikomputer podwarszawskiej firmy, bazujący na układzie STM32MP15x marki ST Microelectronics. Jedno- lub dwurdzeniowy ARM Cortex-A7 pracujący z częstotliwością 650...800 MHz jest wspierany przez koprocesor ARM Cortex-M4 (209 MHz), zaś na płytce modułu znalazła się także pamięć DDR3L o pojemności do 512 MB oraz pamięć Flash eMMC o pojemności 32 GB. Tutaj także do dyspozycji użytkownika jest szereg interfejsów peryferyjnych (w tym aż sześć bloków I²C oraz SPI), a ponadto wbudowany moduł Wi-Fi/Bluetooth 5.1 i koprocesor GPU Vivante, wspierający bibliotekę OpenGL ES 2.0.

Niezwykle istotnym aspektem linii produktowej marki SoMLabs jest bardzo długi deklarowany czas produkcji – w przeciwieństwie do wielu innych modeli minikomputerów SBC/SoM, polski producent oferuje nawet kilkunastoletnie dostawy niektórych modułów (np. VisionSOM-8MMini ma być dostępny aż do 2034 roku), co ma ogromne znaczenie dla producentów sprzętu, którego długofalowa dostępność i możliwość serwisowania jest jednym z kluczowych wymogów rynku (np. w przypadku sprzętu medycznego, motoryzacyjnego bądź pomiarowego).

Minikomputery SBC do aplikacji AI

Oprócz skrótowo omówionych linii produktów Raspberry Pi, NanoPi/NanoPC oraz SoMLabs, na rynku dostępne są także dziesiątki innych rodzin minikomputerów, również bazujących na procesorach ARM. W pojedynczym artykule nie sposób zamieścić przeglądu ofert wszystkich czołowych producentów, dlatego skupimy się tylko na wybranych, naszym zdaniem najciekawszych przykładach, przeznaczonych do aplikacji sztucznej inteligencji.

ASUS Tinker Edge R

Marka ASUS, jako jeden z nielicznych producentów znanych z rynku „dużych" komputerów i laptopów, postanowiła wprowadzić do sprzedaży serię minikomputerów SBC oznaczonych mianem TinkerBoard. Część z nich stanowi „wariacje" nt. konstrukcji znanej z Raspberry Pi, inżynierowie firmy ASUS stworzyli jednak również całkowicie własne konstrukcje, zaś jedną z najciekawszych jest płytka Tinker Edge R (**fotografia 18**). Minikomputer zoptymalizowany został do aplikacji

eprasa.pl 54fe1c0c92

sztucznej inteligencji (AI) i to nie tylko dzięki wydajnemu, 6-rdzeniowemu procesorowi SoC dual-core ARM Cortex-A72 @ 1,8 GHz + Quad-core ARM Cortex-A53 @ 1,4 GHz, ale także, a raczej przede wszystkim, za sprawą sprzętowego akceleratora obliczeń równoległych Rockchip NPU (*neural processing unit*). Zadaniem NPU jest wspieranie obliczeń niezbędnych w algorytmach sztucznej sieci neuronowej (SSN), które, pomimo zapowiadanego przez niektórych ekspertów jeszcze kilka lat temu zmierzchu SSN, nie tylko nadal mają się doskonale, ale stanowią podstawę większości współczesnych aplikacji uczenia maszynowego. Urządzenie jest wyposażone w trzy porty USB 3.0, jeden port USB C, gniazda HDMI i Ethernet oraz układ zasilania akceptujący napięcia z zakresu 12...19 VDC. Główna pamięć RAM LPDDR4 ma pojemność 4 GB, zaś na potrzeby pracy NPU producent „dołożył" dodatkowe 2 GB pamięci LPDDR3.

BeagleBone AI

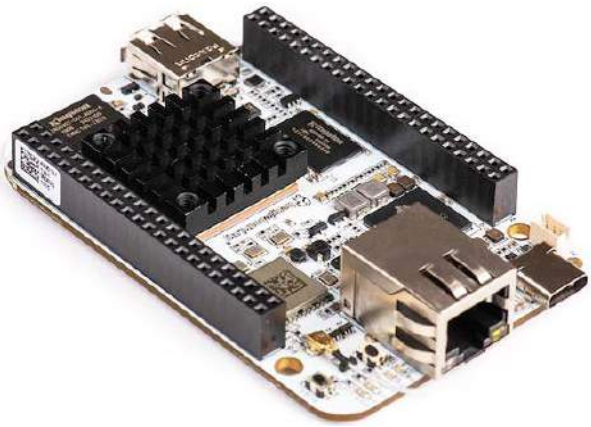
Omawiając minikomputery przeznaczone do aplikacji AI, nie sposób pominąć płytki BeagleBone AI. Cała rodzina modułów SBC BeagleBone promuje procesory aplikacyjne Texas Instruments – w przypadku BeagleBone AI sercem urządzenia jest układ AM5729, integrujący w sobie m.in. wydajny procesor MPU (dwurdzeniowy ARM Cortex-A15 @ 1,5 GHz), dwa koprocesory zmiennoprzecinkowe DSP (C66x), dwa dwurdzeniowe koprocesory niskopoziomowe ARM Cortex-M4, dwurdzeniową jednostkę PRU (*Programmable Real-Time Unit*) oraz aż cztery silniki obliczeniowe, wspomagające tworzenie zaawansowanych systemów wizyjnych EVE (*Embedded Vision Engine*). Potężny SoC został osadzony na dość niepozornej płytce drukowanej o wymiarach 89×54 mm, obsadzonej dwurzędowymi gniazdami goldpin (GPIO), jednym gniazdem Ethernet, portami USB A i USB C oraz slotem kart micoSD i 16 GB-ową pamięcią eMMC (**fotografia 19**).

Minikomputery SBC oparte na procesorach x86/x64

Obecnie zdecydowana większość minikomputerów SBC i niemal wszystkie moduły SoM/SiP bazują na procesorach aplikacyjnych z rdzeniem (lub rdzeniami) ARM. W niektórych sytuacjach rozwiązania takie nie mają jednak racji bytu z uwagi na kompatybilność oprogramowania. Jeżeli niezbędne pliki binarne zostały skompilowane tylko dla typowo „komputerowych" architektur (x86 lub x64), to jedynym wyjściem pozostaje użycie minikomputera skonstruowanego na bazie takiego właśnie procesora. Poniżej przedstawiamy dwa przykładowe rozwiązania z tej grupy produktów:

- **Axiomtek KIWI310** (**fotografia 20**) – minikomputer wzorowany na Rapsberry Pi Mode B, bazujący jednak na 64-bitowym procesorze Intel Celeron N3350 o taktowaniu 1,1 GHz i wyposażony nawet w 4 GB pamięci LPDDR4, pamięć eMMC do 64 GB, sprzętowy watchdog, cztery porty USB (w tym dwa w wersji 3.2 oraz dwa w wersji 2.0), port Gigabit Ethernet, złącze interfejsu M.2 oraz port micro HDMI. Idąc śladem pierwowzoru, producent zapożyczył, oprócz zbliżonego układu PCB i głównych złączy, także 40-pinowy goldpin GPIO.
- **LattePanda Alpha 864s** (**fotografia 21**) – wśród konkurencji model ten wyróżnia się nie tylko niskoprofilowym designem PCB z potężnym, jak na swoje rozmiary, systemem chłodzenia ze sporym radiatorem z wentylatorem i tunelem powietrznym, przywołującym na myśl wysokiej klasy karty graficzne. Nowością jest też zastosowany w nim procesor – Intel Core m3-8100Y. To dwurdzeniowy, czterowątkowy procesor 8. generacji, taktowany częstotliwością do 3,4 GHz i wyposażony w zintegrowany koprocesor GPU typu Intel HD Graphics 615 (300...900 MHz) oraz współpracujący z aż 8 GB pamięci LPDDR3 i 64 GB pamięci eMMC. Na płycie minikomputera znalazły się liczne sloty rozszerzeń, zintegrowany moduł Wi-Fi/Bluetooth 4.2, łącze Gigabit Ethernet, trzy porty USB 3.0, wyjście HDMI oraz koprocesor niskopoziomowy w postaci układu, zgodnego z... Arduino Leonardo. Moduł bez problemu współpracuje z systemem Windows 10 Pro oraz – rzecz jasna – Ubuntu. Wymiary całości to zaledwie 115×78×14 mm, co przy opisanych osiągach jest naprawdę doskonałym wynikiem.

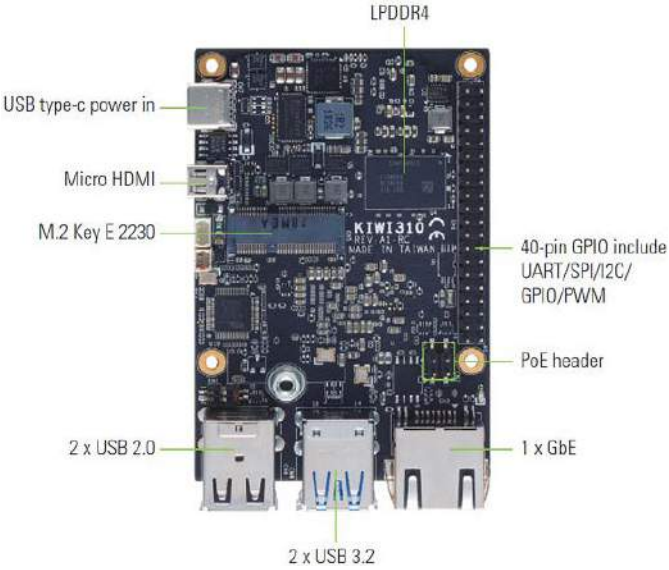
Fotografia 18. Minikomputer ASUS Tinker Edge R, przeznaczony do aplikacji uczenia maszynowego



Fotografia 19. Minikomputer BeagleBone AI

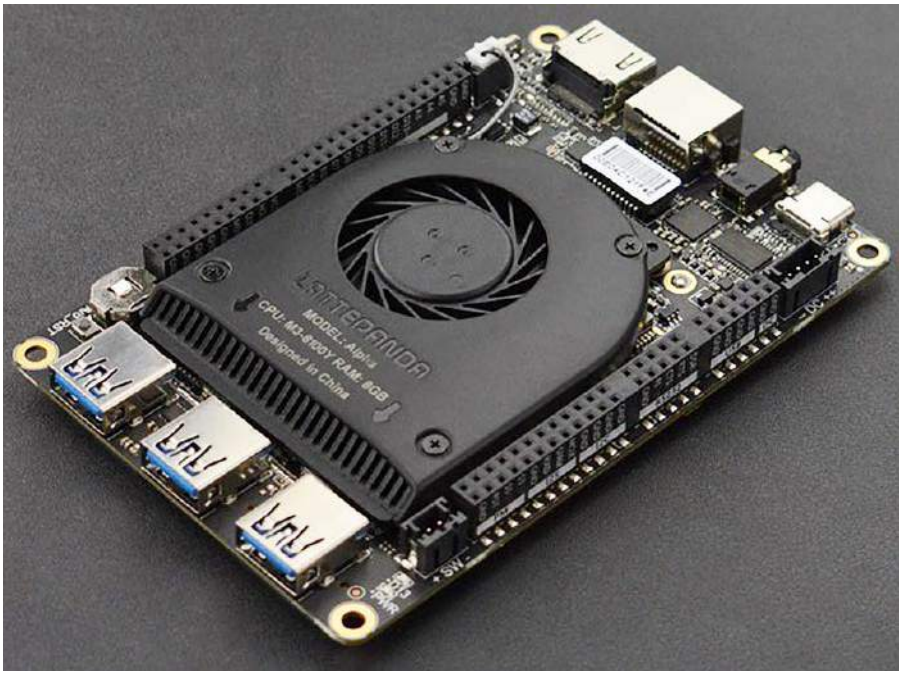
Moduły SoM montowane bezpośrednio na PCB

Osobną kategorię, obok zaprezentowanych wcześniej minikomputerów SBC i modułów SoM przeznaczonych do montażu w slotach, stanowią produkty zaprojektowane do lutowania bezpośrednio na płycie drukowanej docelowego urządzenia. Choć liczba dostępnych w sprzedaży modeli jest znacznie mniejsza, niż w pozostałych grupach minikomputerów, to zajmują one równie ważne miejsce na rynku. Poniżej prezentujemy reprezentatywne przykłady, pochodzące ze stajni trzech różnych producentów:

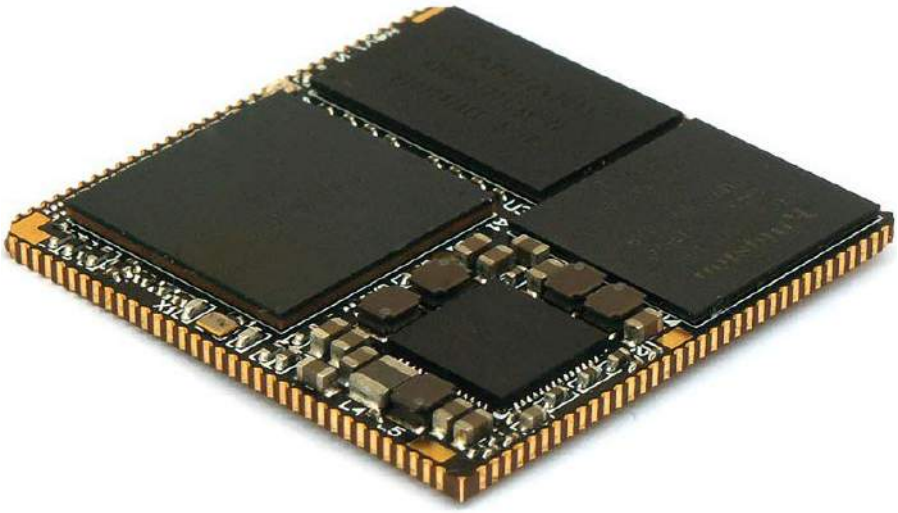


Fotografia 20. Minikomputer KIWI310 marki Axiomtek

eprasa.pl 54fe1c0c92



Fotografia 21. Minikomputer LattePanda Alpha 864s



Fotografia 22. Minikomputer SoM zrealizowany w postaci PCB do montażu na footprincie obudowy QFN

- **MCM-iMX8M-Mini** (**fotografia 22**) – niewielki moduł marki Compulab o wymiarach zaledwie 30×30 mm i masie 5 g, wykonany na bazie PCB z metalizowanymi półotworami, pełniącymi rolę padów lutowniczych i umożliwiającymi montaż w sposób zbliżony do konwencjonalnych układów scalonych w obudowach QFN (140 pin, raster 0,8 mm). W zależności od wybranego modelu, dostępne są wersje z 2- lub 4-rdzeniowym procesorem ARM Cortex-A53 (1,8 GHz), pamięcią LPDDR4 od 1 do 4 GB oraz eMMC od 4 do 64 GB. Minikomputer jest wyposażony w interfejsy MIPI-DSI, MIPI-CSI, I²S, dwukierunkowy S/PDIF, PCIe, USB 2.0, SPI, I²C, SDIO oraz UART. Może być zasilany napięciem od 3,45 do 4,4 V, przy czym sama logika pracuje na poziomie 3,3 V. Pobór mocy waha się od 0,5 do 2,5 W, zaś w trybie uśpienia natężenie prądu zasilającego spada do zaledwie 4 mA.
- **QSXP-ML81** (**fotografia 23**) – 29-milimetrowy minikomputer niemieckiej firmy Karo Electronics, bazujący na procesorze NXP i.MX 8M Plus (quad-core ARM-Cortex-A53 @ 1,6 GHz), 2 GB pamięci LPDDR4 oraz 8 GB pamięci eMMC, zdolny do pracy w temperaturze od –30 do +85°C. Procesor oferuje wparcie przetwarzania grafiki dzięki wbudowanemu akceleratorowi 2D/3D i podwójnemu interfejsowi współpracującemu z modułami kamer. Moduł posiada interfejsy: Gigabit Ethernet, PCIe, S/PDIF, I²S/SAI, USB 2.0, USB 3.0, UART, I²C, PWM, SPI, CAN, MIPI CSI (4-lane), MIPI DSI (4-lane) oraz udostępnia 58 linii GPIO. Producent zadbał też o udostępnienie modułu ewaluacyjnego, zgodnego sprzętowo (GPIO, układ głównych złączy USB i Ethernet) z Raspberry Pi.
- **ChiliSOM** (**fotografia 24**) – jeden z dwóch (obok modelu VideoSOM) produktów wrocławskiej marki Grinn, lutowanych bezpośrednio na płycie docelowej. 40-milimetrowy

REKLAMA

Quadcore CoM
27 x 27 mm

Duża moc obliczeniowa na małej powierzchni!

Nowa rodzina QS od firmy Ka-Ro Electronics sprawia, że integracja na PCB nigdy nie była tak prosta – wszystko dzięki formatowi **QFN**!

Rodzina modułów lutowanych oparta jest o wydajne procesory NXP (i.MX8) oraz ST (STM32MP1).

Mała powierzchnia, kompatybilność pinowa, przemyślany projekt z łatwym dostępem do peryferii oraz skalowalna pamięć **do 1GB DRAM oraz 4GB eMMC** to nowe możliwości inżynierskie!

Zapytaj o szczegóły:

www.glyn.com | biuro@glyn.pl

FIRST CLASS PREMIUM SUPPORT
GLYN
High-Tech Distribution

eprasa.pl 54fe1c0c92

Fotografia 23. Moduł SoM z serii QSXP marki Karo Electronics

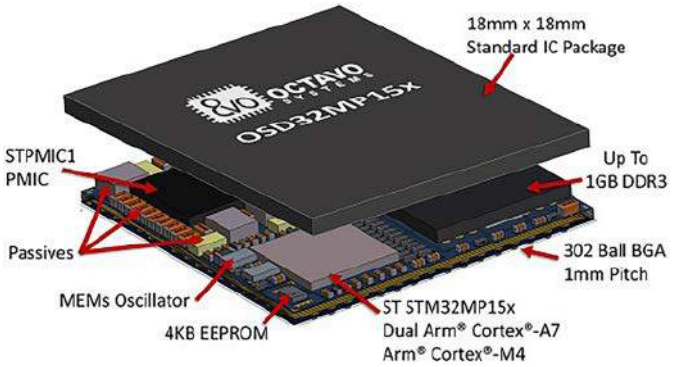
moduł umieszczono na 184-pinowej płytce drukowanej (raster 0,8 mm). Bazuje on na procesorze Texas Instruments z serii AM335X (ARM Cortex-A8 ze wsparciem NEON, o częstotliwości taktowania do 1 GHz), wyposażonym w zewnętrzną pamięć DDR3 (do 512 MB) i NAND Flash o pojemności do 256 MB. Moduł radzi sobie z obsługą ekranów z interfejsem równoległym o rozdzielczości do 2048×2048 px, oferuje ponadto dwa interfejsy Gigabit Ethernet, po dwa łącza USB 2.0 OTG, CAN, SPI oraz McASP (rozbudowany, cyfrowy interfejs audio), a także trzy bloki I²C, 12-bitowy przetwornik ADC oraz aż sześć interfejsów UART. Co ciekawe, producent wyposażył moduł we… wbudowaną ładowarkę jednocelowego akumulatora litowo-jonowego, co stanowi ewenement w tej klasie produktów. Moduł wspiera dystrybucje linuksowe oraz Androida, może być zasilany napięciem 5 V.

Fotografia 24. Moduł chiliSOM wrocławskiej firmy Grinn

Moduły SiP – minikomputery do najbardziej kompaktowych aplikacji

Na koniec naszego ekspresowego przeglądu pozostawiliśmy bardzo interesujące rozwiązanie, jakim są hybrydowe moduły, instalowane w obudowach typowych dla monolitycznych układów scalonych. Moduły SiP, bo o nich mowa, dopiero zaczynają podbijać serca inżynierów, ale już teraz stanowią bardzo obiecującą gałąź rynku minikomputerów. Doskonałym przykładem tego typu rozwiązania są moduły marki Octavo Systems, które obecnie bazują na procesorach aplikacyjnych firm ST Microelectronics oraz Texas Instruments.

- **OSD32MP15x** (**rysunek 2**) – seria minimodułów bazujących na wydajnej jednostce STM32MP15x, oferującej podwójny rdzeń ARM Cortex-A7 (o maksymalnym taktowaniu 650 lub 800 MHz) oraz dodatkowy koprocesor czasu rzeczywistego. W tej roli występuje ARM Cortex-M4. Takie połączenie, chętnie stosowane przez firmę ST Microelectronics, nie tylko wspiera obsługę systemów operacyjnych wysokiego poziomu (w tym Androida), ale także pozwala projektantom czerpać korzyści z rozbudowanego ekosystemu dla mikrokontrolerów STM32 (środowisko STM32 Cube). Moduły OSD32MP15x są wyposażone w maks. 1 GB pamięci DDR3L i 4 kB pamięci EEPROM, nie mają natomiast wbudowanej pamięci eMMC – umożliwiają za to podłączenie aż trzech zewnętrznych pamięci eMMC/SD/SDIO. Co ważne, wymiary modułu to zaledwie 18×18 mm (302-pinowa obudowa BGA).



Rysunek 2. Minikomputer SiP o wysokim stopniu upakowania (OSD32MP15x marki Octavo Systems)

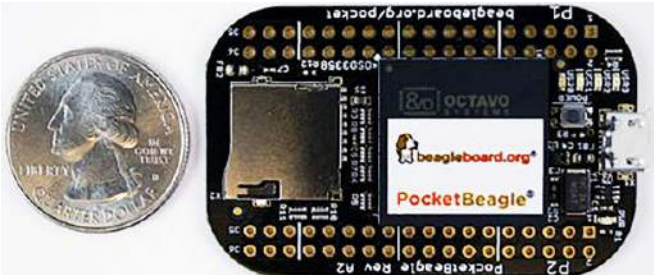
- **OSD335x C-SiP** (**fotografia 25**, **rysunek 3**) – najbardziej zaawansowana technologicznie seria modułów Octavo Systems. W 400-pinowej obudowie BGA o rozmiarach 27×27 mm inżynierowie firmy zdołali upakować nie tylko wielokrotnie wymieniany w tym artykule procesor TI Sitara AM335x (ARM Cortex-A8 @ 1 GHz) oraz 1 GB pamięci DDR3L, ale także 4 kB pamięci EEPROM, stabilizator LDO, zaawansowany układ zarządzania zasilaniem TPS65217C z funkcją liniowego ładowania akumulatorów, a nawet oscylator MEMS i wszelkie niezbędne do działania elementy pasywne. Zakres temperatur pracy jest dostosowany do wymogów przemysłowych (–40 do +85°C), zaś producent, dbając o maksymalne skrócenie czasu opracowania urządzeń na bazie oferowanego modułu, udostępnił m.in. rozbudowany zestaw ewaluacyjny OSD3358-SM-RED (**fotografia 26**), a także komplet plików bibliotecznych dla środowisk Altium Desinger, Eagle oraz OrcCAD. Warto dodać, że w ramach serii minikomputerów BeagleBone pojawił się, także moduł SBC bazujący na jednej z wersji omawianego modułu SiC – płytka BeagleBone Pocket (**fotografia 27**).

Fotografia 25. Minikomputer SiP typu OSD335x C-SiP marki Octavo Systems

Rysunek 3. Budowa modułu OSD335x C-SiP

eprasa.pl 54fe1c0c92

Fotografia 26. Zestaw ewaluacyjny OSD3358-SM-RED dla modułu SiP z serii OSD335x



Fotografia 27. Minikomputer BeagleBone Pocket

Podsumowanie

Jak widać, rynek minikomputerów rozwija się niezwykle dynamicznie, a coraz większa liczba produktów stanowi wariacje na temat implementacji kilku najbardziej rozbudowanych rodzin procesorów aplikacyjnych. Zdecydowana większość bazuje na procesorach ARM, choć część rynku nadal „trzyma się" konwencjonalnych architektur x86 i x64, znanych z „dużych" komputerów. Postępujący trend miniaturyzacji sprawia, że dziś nie ma już większego problemu z dobraniem właściwego rozwiązania dla potrzeb projektowanego urządzenia. Pełnowymiarowe minikomputery SBC doskonale sprawdzają się w przypadku większych systemów, w których istnieje potrzeba podłączenia typowych urządzeń peryferyjnych (USB, HDMI, Ethernet), a ciężar projektu spoczywa głównie na oprogramowaniu.

Jedną z głównych zalet stosowania minikomputerów przeznaczonych do zabudowy jest zdjęcie ciężaru z projektanta PCB poprzez dostarczenie gotowego „serca" systemu wbudowanego, wymagającego zastosowania PCB o wysokiej skali upakowania i pracującej z częstotliwościami na poziomie gigaherców. A to wiąże się z koniecznością kontroli impedancji i uważnego przeprowadzenia szyn równoległych oraz par różnicowych. Jeżeli ze względów finansowych lub logistycznych zależy nam na zmniejszeniu liczby warstw PCB (niektórzy producenci chwalą się możliwością stosowania ich minikomputerów nawet na płytach dwuwarstwowych), najlepszym wyborem wydają się być moduły SoM, instalowane w slotach lub bezpośrednio na płycie drukowanej urządzenia.

Jednak im wyższy jest stopień integracji samego minikomputera, tym, paradoksalnie, wyższe wymagania musi spełnić projekt docelowej PCB. Złotym środkiem wydają się minikomputery SoM wykorzystujące sloty SODIMM oraz „udające" obudowy QFN, gdyż rozwiązania o wyższym stopniu integracji (np. moduły SiP w obudowach BGA) znów wymagają stosowania druku wielowarstwowego i bardziej zaawansowanych technik produkcji PCB. To zaś znacznie zbliża stopień skomplikowania płyty drukowanej do przypadku, w którym część „komputerowa" jest implementowana od zera przez projektanta. Pojawia się zatem pytanie – gdzie istnieje granica opłacalności w stosowaniu najbardziej kompaktowych modułów SiP? Odpowiedź pozostawiamy naszym Czytelnikom.

inż. Przemysław Musz, EP

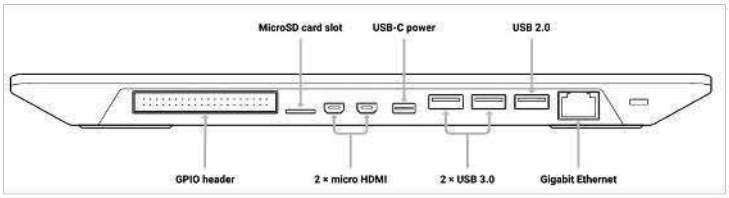
REKLAMA

Raspberry Pi 400

Raspberry Pi 400 to potężny, łatwy w użyciu komputer wbudowany w zgrabną i przenośną klawiaturę

Wyposażony jest w czterordzeniowy 64-bitowy procesor, 4 GB pamięci RAM, sieć bezprzewodową, 2 wyjścia micro HDMI (możliwa praca z dwoma wyświetlaczami i odtwarzanie wideo 4K), 2 porty USB 3.0, port USB 2.0 a także 40-pinowe złącze GPIO.

W zestawie:
- Komputer z amerykańskim układem klawiatury
- Kabel micro HDMI - HDMI
- Mysz
- Zasilacz
- Karta SD z fabrycznie załadowanym systemem operacyjnym Raspberry Pi
- Oficjalny przewodnik dla początkujących w formie drukowanej publikacji (w języku angielskim)

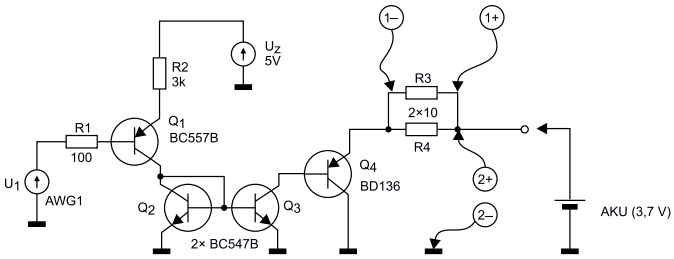


AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Dział Handlowy tel. 22 257 84 51
e-mail: handlowy@avt.pl
sklep.avt.pl

eprasa.pl 54fe1c0092

Prosty miernik pojemności akumulatorów – suplement

W numerze 9/21 EP zamieściliśmy artykuł o prostym urządzeniu do testowania akumulatorów. Testowania, to było za dużo powiedziane, gdyż nie wszystkie parametry można tym urządzeniem mierzyć. Właściwsze byłoby nazwanie tego urządzenia miernikiem pojemności akumulatorów. Pierwsza wersja miała jednak jedną, dość istotną wadę, którą poprawiono w urządzeniu opisanym w tym artykule.



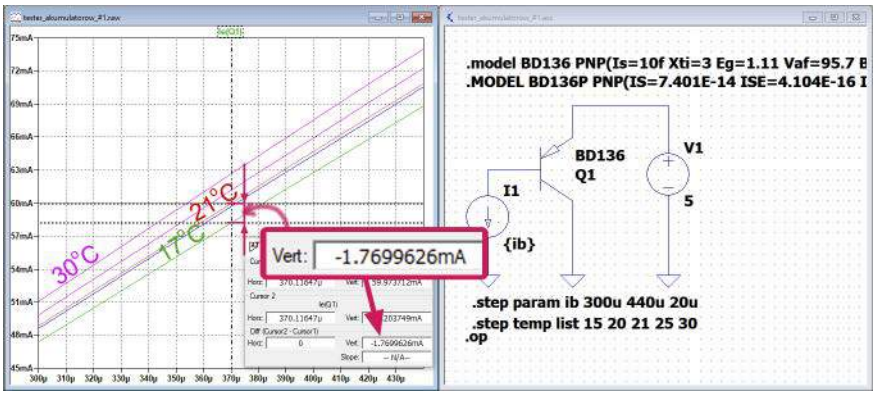
Rysunek 1. Schemat ideowy układu testera pojemności akumulatorów

Nowa wersja urządzenia zachowała w 100 procentach rozwiązania układowe pierwowzoru, którego schemat został pokazany na **rysunku 1**. Założenia tego projektu były dwa: musi to być układ do zbudowania w 15 minut z elementów znalezionych w szufladzie; akumulator musi być rozładowywany stałym prądem w całym teście. Pierwszy cel udało się zrealizować w pełni, drugi natomiast niezupełnie.

Wydawać by się mogło, że źródło prądowe sterowane napięciem stałym powinno wytwarzać stały prąd. W ogólnym przypadku tak powinno być, ale w naszym prostym urządzeniu dwa czynniki decydowały, że cel ten nie został osiągnięty w pełni. Okazało się, że prąd pobierany z akumulatora w trakcie jego rozładowywania zmieniał się w pewnym zakresie. Przyczyny były dwie.

Pierwsza, to znaczna wrażliwość na temperaturę. Dolegliwość ta stawała się tym bardziej dokuczliwa im większym prądem był rozładowywany akumulator. Bezpośrednią przyczyną było samopodgrzewanie tranzystora wyjściowego. Wzrost temperatury złącza wywołany przepływem prądu powodował zmianę charakterystyki $I_c=f(I_b)$. Przy stałym prądzie bazy wpływającym z lustra prądowego zmieniał się prąd kolektora tranzystora wyjściowego. Przypadek taki zasymulowano w programie LTspice, a wynik tej symulacji jest widoczny na **rysunku 2**. Obniżenie temperatury z 21°C do 17°C spowodowało (przy stałym prądzie bazy) zmniejszenie prądu kolektora tranzystora wyjściowego BD136 o ok.1,77 mA. Czasami zmiany prądu były na tyle duże, że konieczna była ręczna korekta napięcia sterującego. Była to dość duża niedogodność, gdyż czas testu rozciąga się na kilka godzin, trudno więc śledzić go od początku do końca. Wrażliwość układu na temperaturę była na tyle duża, że wystarczyła nawet przypadkowa struga powietrza blisko tranzystora mocy, aby zauważyć niemal natychmiastową zmianę natężeniu prądu wyjściowego.

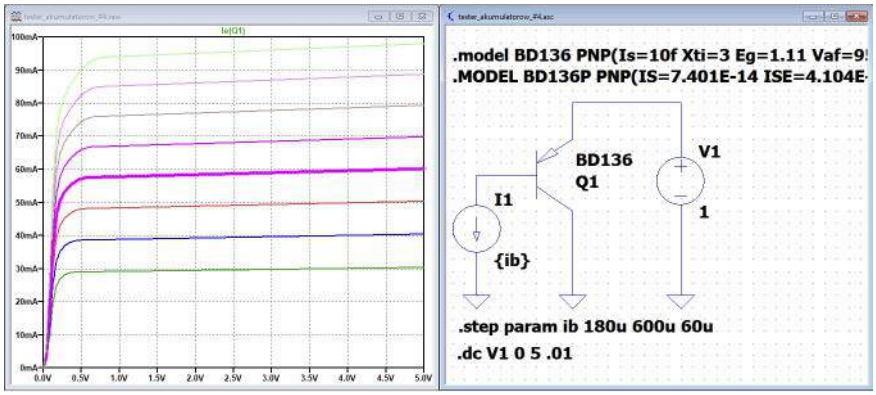
Drugim powodem zmian prądu rozładowywania była zależność prądu kolektora od prądu bazy dla różnych napięć kolektor-emiter. Efekt ten uwidaczniał się w końcowej fazie testu, w której na skutek zmniejszania się napięcia akumulatora i spadku napięcia na rezystorze pomiarowym prądu (R_3, R_4) malało napięcie U_{CE}. W chwili gdy napięcie to zbliżało się do napięcia nasycenia (ok. 0,2 V) przy stałym



Rysunek 2. Symulacja wpływu temperatury na parametry pracy tranzystora BD136

eprasa.pl 54fe1c0c92

prądzie bazy gwałtownie malał prąd kolektora. Zależność prądu kolektora tranzystora BD136 w funkcji napięcia kolektor-emiter dla różnych prądów bazy zdjętą symulatorem LTspice pokazano na **rysunku 3.**



Rysunek 3. Charakterystyka I_C=f(UCE)@I_B=const tranzystora BD136

Nowa koncepcja

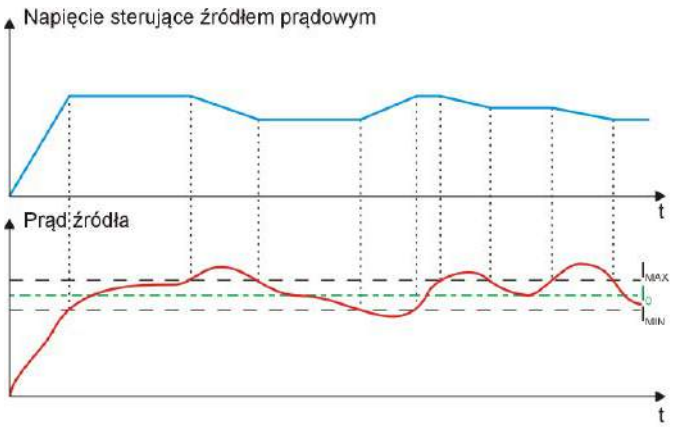
Najważniejszym założeniem nowej koncepcji było rozwiązanie zagadnienia stabilizacji prądu rozładowania akumulatora. Zapewnienie stałości tego parametru znakomicie upraszcza obliczenie pojemności akumulatora, które teraz można wykonać wręcz w pamięci. Pozostawiając inne założenie dotyczące prostoty układu, a także korzystając z możliwości i tak wykorzystywanego zestawu Analog Discovery 2, najlepszym rozwiązaniem problemu było sięgnięcie po dostępne w nim narzędzie „Script". Konieczne jest więc napisanie skryptu, który będzie realizował sterowanie 1. kanałem generatora arbitralnego wytwarzającego napięcie stałe sterujące źródłem prądowym. Skrypt będzie jednocześnie na bieżąco mierzył prąd pobierany z akumulatora. Tak wiec ten wirtualny automat będzie sprawdzał czy prąd rozładowania mieści się w zadanym przedziale wyznaczonym histerezą regulacji. Jeśli będzie za mały, zwiększymy wydajność źródła. Analogicznie zmniejszymy ją, jeśli prąd akumulatora będzie za duży. Zadanie jest dość proste, skrypt nie będzie skomplikowany.

Taka koncepcja kryje też pewną niewiadomą, ale jest ona charakterystyczna dla wszystkich układów regulacji. Otóż układ ma jakąś bezwładność termiczną. Załóżmy, że dla ustalonego napięcia sterującego prąd źródła rośnie wskutek nagrzewania się tranzystora. Po przekroczeniu zadanej wartości zmniejszamy więc napięcie sterujące, aby powstrzymać dalszy wzrost prądu. Tranzystor zaczyna stygnąć, a to z kolei skutkuje zmniejszeniem prądu. Po osiągnięciu dolnego progu ponownie zwiększamy sterowanie i cały cykl się powtarza, Niestety, takie działanie powoduje, że prąd źródła oscyluje wokół zadanej wartości w zakresie przyjętej histerezy. Działanie sterowania tego typu zaprezentowano na **rysunku 4.**

Oczywiście można by powiedzieć: no dobrze, jeśli więc ustalimy bardzo małą histerezę, to praktycznie uzyskamy żądaną wartość średnią prądu bez oscylacji. Tak jednak nie będzie. Jęli spojrzymy na wykres napięcia sterującego źródłem prądowym (rysunek 4), to zauważymy, że wirtualny automat sterujący ma 3 stany: w pierwszym systematycznie zwiększa napięcie sterujące, w drugim utrzymuje napięcie na stałym poziomie, w trzecim zmniejsza napięcie. Jeśli histereza byłaby zbyt mała, praktycznie nie występowałby stan drugi i regulacja charakteryzowałaby się znacznie większymi i to stałymi oscylacjami.

Skrypt

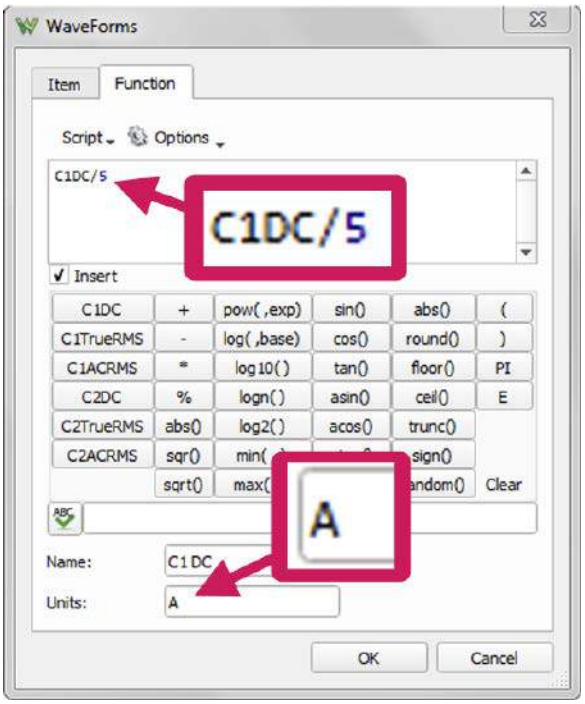
Do wykonania pomiaru konieczne jest uruchomienie kilku narzędzi Analog Discovery 2. Są to: rejestrator (*Logger*), zasilacz (*Supplies*), generator arbitralny z aktywnym 1. kanałem (*Wavegen*) i skrypt (*Script*). Pomiar będzie trwał dość długo, co zależy od pojemności akumulatora i prądu rozładowania. Zwykle jest to kilka, a nawet kilkanaście godzin. Taki czas trzeba zadeklarować w polu „History". W polu „Update" wprowadzamy interwał czasowy odświeżania wykresu. Może to być np. 1 lub 2 sekundy. Natężenie prądu rozładowania akumulatora wpisujemy w treści skryptu – jest to parametr I_0, który w moich testach był równy 0,060 czyli 60 mA. Można tam również zmienić wartość histerezy. W testach, które prowadziłem przyjąłem histerezę 2 mA, co oznacza, że jeśli w dowolnym kroku zmierzony prąd akumulatora jest mniejszy od 59 mA, to jest on zwiększany. Krok zmian jest bliżej nieokreślony, ale zależy od kroku zmian napięcia sterującego równego 0,015 V (wartość przyjęta arbitralnie). Jeśli w danym kroku następuje zwiększenie prądu, zostanie to zasygnalizowane w oknie



Rysunek 4. Ilustracja zasady sterowania źródłem prądowym testera

„Output" znakiem „>". Jeśli w danym kroku prąd akumulatora mieści się w przedziale 59...61 mA, nie jest zmieniane napięcie sterujące, a zatem i prąd. W tym przypadku wyświetlany jest znak „o". Przekroczenie prądu akumulatora powyżej 61 mA powoduje zwiększenie napięcia sterującego, a zatem zmniejszenie prądu. Jest to sygnalizowane wyświetleniem znaku „<".

W każdym kroku pomiarowym wyświetlane są także: numer kroku, zmierzone napięcie akumulatora i natężenie prądu. Niezależnie narzędzie Logger rysuje wykres tych dwóch parametrów.



Rysunek 5. Modyfikacja formuły pomiarowej kanału 1 loggera

eprasa.pl 54fe1c0c92

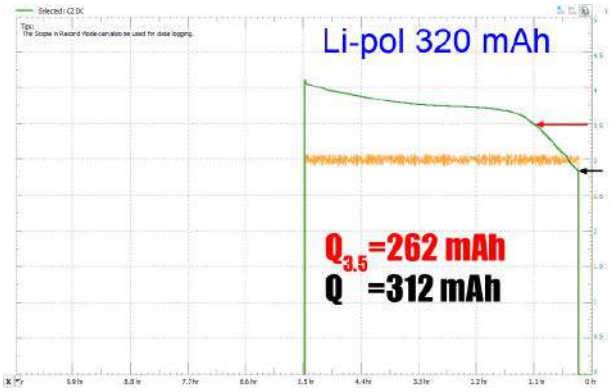
Należy jeszcze wspomnieć o samym pomiarze prądu. Dostępne w zestawie Analog Discovery 2 narzędzia z zasady mierzą napięcie, jak jednak pamiętamy, w układzie pomiarowym został zastosowany rezystor 5 Ω, który umożliwia pomiar prądu. Jest to więc parametr obliczany, w związku z czym konieczna jest modyfikacja domyślnej formuły definiującej jeden z parametrów mierzonych w kanale 1. W tym celu klikamy dwa razy w polu nazwy parametru („C1DC") i modyfikujemy formułę tak, jak to pokazano na **rysunku 5**.

W końcowej części pętli pomiarowej znajdują się instrukcje sprawdzające czy napięcie akumulatora nie spadło poniżej dopuszczalnej wartości zadawanej na początku skryptu jako parametr `ustop`. Jeśli taki stan zostanie wykryty, natychmiast wyłączane jest napięcie zasilające i zatrzymywana jest rejestracja. W konsekwencji zostaje wyłączone również źródło prądowe obciążające akumulator. Gdyby tego zabiegu nie było, mogłoby dojść do nadmiernego rozładowania akumulatora, co z kolei mogłoby skutkować trwałym jego uszkodzeniem. Zapobiegamy ponadto w ten sposób wysunięciu wykresu poza okno, co oznaczałoby utratę danych pomiarowych.

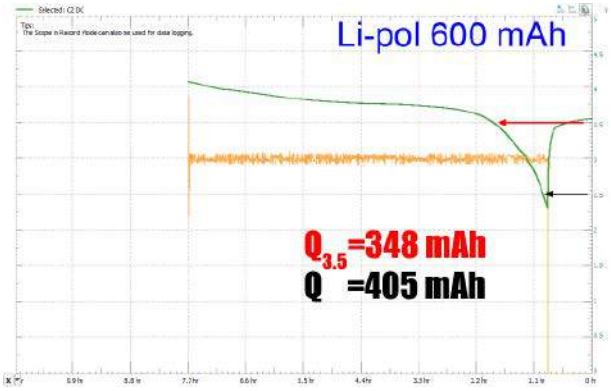
Wpisanie skryptu, z uwagi na jego niewielką objętość, nie zajmie dużo czasu. Całą treść zamieszczono na **listingu 1**. Skrypt składa

Listing 1. Kod skryptu pomiarowego

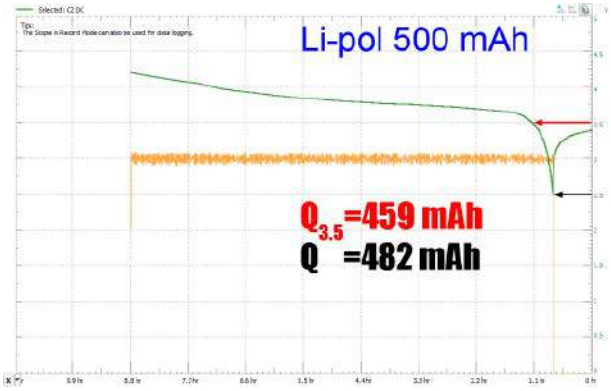
```
function doLoggerWavegen()
{
   print("Pomiar");

   var wyjscie=1
   var uakum=0;
   var iakum=0;
   var idx=0;
   var delta=0.015;
   var ustop=2.70       //napiecie konca testu

//Napięcie rozładowania akumulatora [A]
   var i0=.06;          //<<<<<<<<<< wprowadzic zadana wartosc

   var imin=i0-histe/2; //prad maksymalmy
   var histe=.002;      //histereza regulacji
   var imax=i0+histe/2; //prad minimalny
   var kierunek="<";

   Wavegen1.Channel1.Mode.text = "Basic";
   Wavegen1.Channel1.Basic.Offset.value = 3.75;
   Wavegen1.run();
   Logger.run();
   Supplies.Output.PositiveSupply.Enable;
   Supplies.Output.PositiveSupply.Voltage.value=5;
   Supplies.run();

   Do
   {
     uakum=Logger.Input.Channel2.DC.value;
     iakum=Logger.Input.Channel1.DC.value/5;
     idx++;
     kierunek="o";
     if(iakum>imax)
     {
       Wavegen1.Channel1.Basic.Offset.value += delta;
       kierunek="<";
     }
     if(iakum<imin)
     {
       Wavegen1.Channel1.Basic.Offset.value -= delta;
       kierunek=">";
     }
     print(idx+":   Uakum="+uakum+" V"+"  Iakum="+iakum*1000+" mA");
     print("AWG="+Wavegen1.Channel1.Basic.Offset.value+"   "+kierunek);
     wait(1);

// ****************************************************
//zostawic ten fragment kodu, jesli rejestracja
//ma sie wylaczyc automatycznie po osiagnieciu
//minimalnego napiecia akumulatora
     if(uakum<ustop)
     {
       Supplies.stop();
       Logger.stop();
       Wavegen1.Channel1.Basic.Offset.value = 5;
       print("Koniec testu   Uakum="+uakum+" V");
       Tool.beep();
       wyjscie=0;
     }
// ****************************************************

   }while(wyjscie);
}

if(!('Wavegen1' in this))
{
  throw("Uruchom 1 kanal generatora");
}
if(!('Logger' in this))
{
  throw("Uruchom Logger");
}
if(!('Supplies' in this))
{
  throw("Uruchom zasilacz");
}
doLoggerWavegen();
```



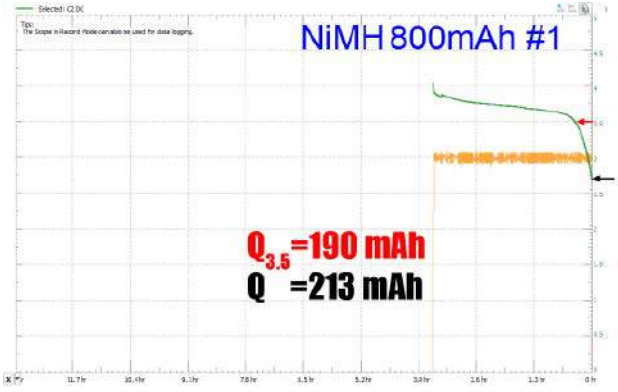
Rysunek 6. Wyniki pomiaru rzeczywistej pojemności akumulatora Li-Poly 320 mAh



Rysunek 7. Wyniki pomiaru rzeczywistej pojemności akumulatora Li-Poly 600 mAh

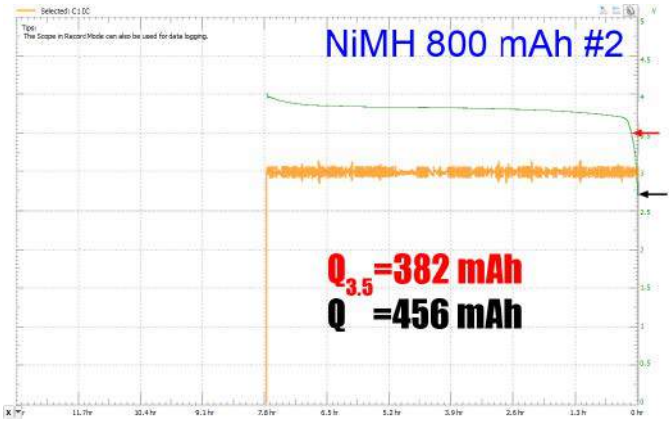


Rysunek 8. Wyniki pomiaru rzeczywistej pojemności akumulatora Li-Poly 500 mAh

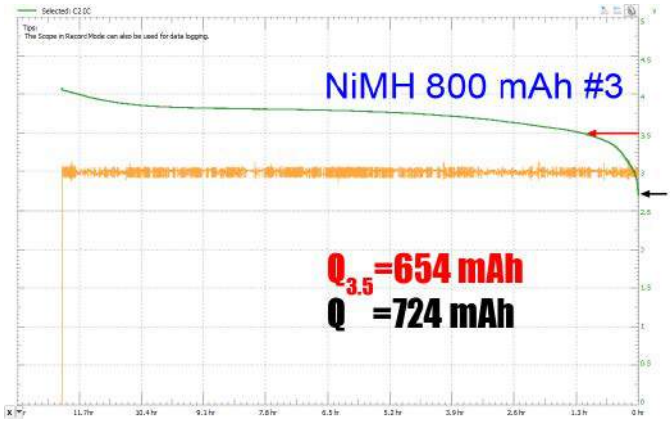


Rysunek 9. Wyniki pomiaru rzeczywistej pojemności akumulatora Ni-MH 800 mAh #1 – wykazującego duży stopień zużycia

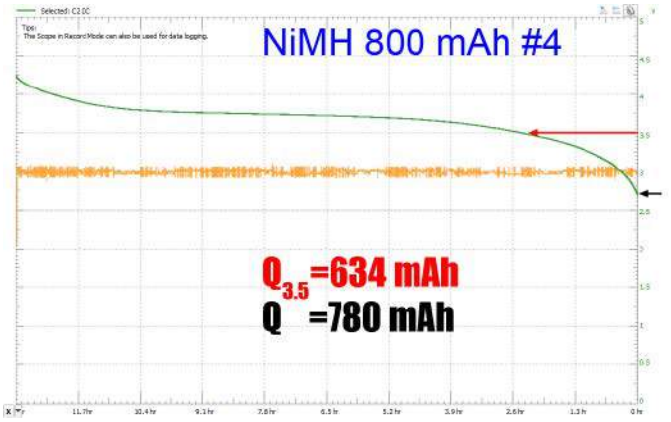
eprasa.pl 54fe1c0c92



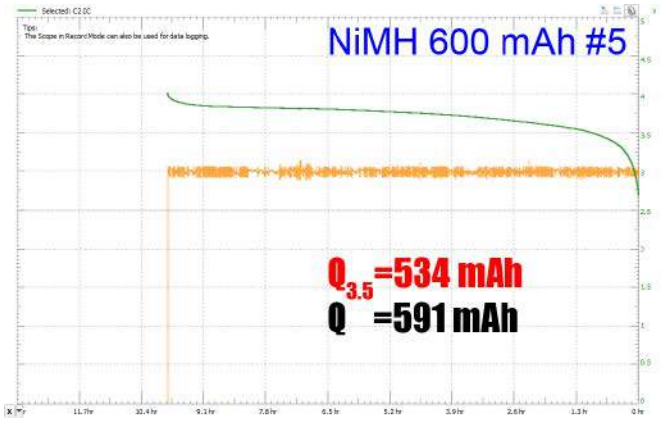
Rysunek 10. Wyniki pomiaru rzeczywistej pojemności akumulatora Ni-MH 800 mAh #2



Rysunek 11. Wyniki pomiaru rzeczywistej pojemności akumulatora Ni-MH 800 mAh #3



Rysunek 12. Wyniki pomiaru rzeczywistej pojemności akumulatora Ni-MH 800 mAh #4



Rysunek 13. Wyniki pomiaru rzeczywistej pojemności akumulatora Ni-MH 600 mAh #5

się z kilku instrukcji sprawdzających aktywność potrzebnych narzędzi (w dolnej części listingu) i jednej funkcji pomiarowej *doLoggerWavegen()* uruchamianej w przypadku, gdy wszystkie narzędzia działają prawidłowo. Jeśli któreś z nich nie będzie aktywne, skrypt zostaje zatrzymany.

Pomiary

Układ jeszcze raz został przetestowany w pomiarach kilku typów akumulatorów. Wyniki pokazano na **rysunkach 5...12**. Były to akumulatory używane od pewnego czasu w różnych urządzeniach, a test miał na celu określenie stopnia zużycia. Niestety, nie jest znana historia ich eksploatacji, trudno więc powiedzieć na ile aktualna kondycja zależy od okresu, a na ile od intensywności użytkowania. Analizując zarejestrowane przebiegi można dość łatwo rozpoznać typ akumulatora. Wyraźnie dostrzegamy inny przebieg krzywych rozładowania dla akumulatorów litowo-polimerowych, a inny dla niklowo-metalowo-wodorkowych (Ni-MH). Testowane były pojedyncze akumulatory litowo-polimerowe i pakiety składające się z 3 akumulatorów Ni-MH o rozmiarze AAA.

Obliczenia pojemności

Dla każdego testowanego akumulatora była obliczana pojemność, jako iloczyn prądu rozładowania (i_0=60 mA) i czasu osiągnięcia dolnego napięcia granicznego. Wyniki podano na wykresach. Przyjęto dwie definicje pojemności. W pierwszej z nich minimalne napięcie akumulatora jest równe 3,5 V jako minimalne napięcie użytkowe. Poniżej tego napięcia przestawało działać urządzenie zasilane z akumulatora. W drugiej definicji napięciem minimalnym było dopuszczalne napięcie dla danego typu akumulatora lub napięcie, przy którym włączało się wbudowane zabezpieczenie. Jako dopuszczalne napięcia przyjęto: 2,5 V dla Li-Poly i 2,7 V dla Ni-MH (3×0,9 V). Należy zauważyć, że przy tak przyjętej pierwszej definicji, już z samego założenia nie jest możliwe wykorzystanie pełnej znamionowej pojemności akumulatorów.

Tabela 1. Stopień zużycia testowanych akumulatorów Li-Poly i Ni-MH

	Typ	Qznam [mAh]	Q3.5 [mAh]	Q [mAh]	% zużycia 3.5	% zużycia znam.
1	Li-Poly	320	262	312	18,13%	2,50%
2	Li-Poly	600	348	405	42,00%	32,50%
3	Li-Poly	500	459	482	8,20%	3,60%
4	Ni-MH #1	800	190	213	76,25%	73,38%
5	Ni-MH #2	800	382	456	52,25%	43,00%
6	Ni-MH #3	800	654	724	18,25%	9,50%
7	Ni-MH #4	800	634	780	20,75%	2,50%
8	Ni-MH #5	600	534	591	11,00%	1,50%

Wnioski

Wszystkie testowane akumulatory wykazywały pewien stopień zużycia, co nie może dziwić, gdyż mniej lub bardziej intensywnie były używane w różnych urządzeniach. Stopień zużycia można oszacować na podstawie odniesienia zmierzonej pojemności do pojemności znamionowej, przy czym napięciem granicznym obliczania pojemności było 3,5 V. Zestawienie zmierzonych pojemności umieszczono w **tabeli 1.**

Na podstawie uzyskanych wyników można uznać, że część akumulatorów, mimo że utraciły swoją pojemność poniżej znamionowej nadaje się jeszcze do pracy. Raczej nie można tak zakwalifikować akumulatora Ni-MH #1, którego pełna pojemność jest równa zaledwie 27% pojemności znamionowej, a użytkowa to zaledwie niespełna 24%. Akumulator ten kwalifikuje się do utylizacji.

Jarosław Doliński, EP

eprasa.pl 54fe1c0c92

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (8)

Front-endy do pomiaru (bio)impedancji

W poprzedniej części Poradnika Implementacji *wstępnie nakreśliliśmy tematykę pomiarów (bio)chemicznych, szeroko stosowanych zarówno w medycynie, jak i aplikacjach laboratoryjnych oraz przemysłowych. Opisane techniki bazowały na pomiarze wartości prądu lub napięcia (generowanego na drodze reakcji chemicznych, zachodzących w badanej próbce) w sposób całkowicie pasywny, jak i przy zastosowaniu swoistego „wymuszenia" poprzez polaryzację układu elektrod zadanym napięciem stałym. Tym razem natomiast zajmiemy się pomiarami impedancji elektrycznej – nakreślimy różnice pomiędzy najczęściej spotykanymi topologiami układowymi oraz omówimy praktyczne aspekty, wynikające z zastosowania poszczególnych układów do badania obiektów biologicznych.*

https://bit.ly/3ignekq

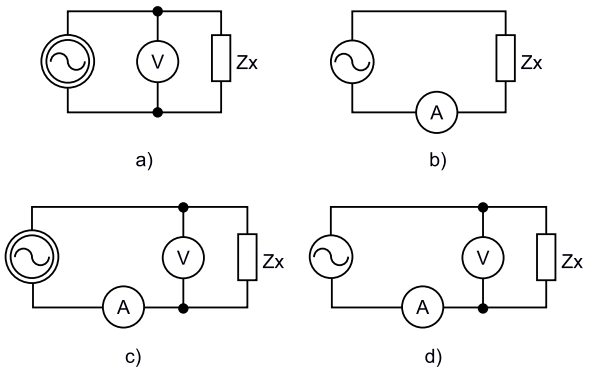
Wszystkie odcinki cyklu można znaleźć na stronie **http://ep.com.pl** lub pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Pomiar impedancji, podobnie, jak rezystancji, należy do metod pośrednich, tj. bazujących na innych wielkościach fizycznych (w tym przypadku na dwóch – na napięciu oraz natężeniu prądu) do wyznaczenia poszukiwanej wartości. Teoretycznie możliwe jest zastosowanie jednej z czterech konfiguracji:

- pobudzenie źródłem prądowym i pomiar spadku napięcia na mierzonej impedancji (**rysunek 1a**),
- pobudzenie źródłem napięciowym i pomiar prądu płynącego przez obiekt badany (**rysunek 1b**),
- pobudzenie źródłem prądowym i jednoczesny pomiar napięcia oraz prądu (**rysunek 1c**),
- pobudzenie źródłem napięciowym i jednoczesny pomiar napięcia oraz prądu (**rysunek 1d**).

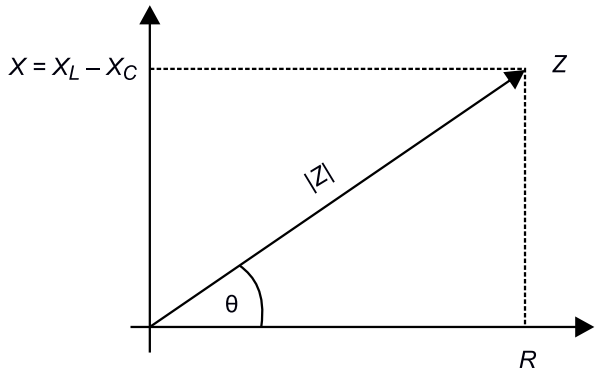
W praktyce najczęściej do pobudzenia stosuje się źródło prądowe, a zatem mogłoby się wydawać, że pomiar rzeczywistej wartości natężenia prądu jest w takim przypadku zbędny. Należy jednak wziąć pod uwagę kilka aspektów technicznych, które zawężają zakres stosowanych rozwiązań:

- **Niepożądane impedancje połączeń** – w przypadku pomiaru niewielkich impedancji istotne stają się nieuniknione, pasożytnicze rezystancje, występujące pomiędzy wejściem układu pomiarowego, a badanym obiektem. Przeszkoda taka zyskuje szczególne znaczenie w pomiarach bioimpedancyjnych prowadzonych nieinwazyjnie (tj. przez skórę pacjenta). Praktycznym rozwiązaniem problemu okazuje się – podobnie, jak w układach do pomiaru prądu, opisanych szerzej w EP 6/21 i 7/21 – zastosowanie 4-przewodowej topologii Kelvina, w której napięcie jest mierzone bezpośrednio na obiekcie badanym, za pomocą dwóch osobnych elektrod. Układ ten może być stosowany w metodach z rysunków 1a, 1c oraz 1d;
- **Przekroczenie zakresu pomiarowego** – w przypadku zastosowania pobudzenia prądowego w układzie pozbawionym kontroli rzeczywistego natężenia prądu, istnieje ryzyko przekroczenia zakresu pomiaru – jeżeli suma impedancji mierzonej oraz impedancji połączeń będzie zbyt wysoka, układ zasilania straci charakterystykę źródła prądowego, przechodząc do trybu stałego napięcia. Aby uniknąć takiego problemu, można rzecz jasna zastosować dodatkowy kanał pomiaru napięcia, monitorujący wyjście źródła prądowego. Analogiczne ograniczenie istnieje w przypadku zastosowania źródła napięciowego o relatywnie dużej (w stosunku do obiektów mierzonych) impedancji wewnętrznej, jednak w typowych pomiarach biomedycznych będzie to sytuacja mało prawdopodobna;
- **Ograniczony zakres dynamiki** – przeciwny do opisanego poprzednio jest przypadek zbyt niskiej impedancji mierzonej – jeżeli układ pomiarowy nie został wyposażony w programowalny (przestrajalny) wzmacniacz, to ograniczona rozdzielczość



Rysunek 1. Cztery możliwe warianty pomiaru impedancji

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 2. Wykres wektorowy impedancji zespolonej

przetwornika ADC, offsety napięciowe oraz szumy własne układu, będą istotnie zmniejszały dokładność pomiaru napięcia w dolnym zakresie badanych impedancji;

- **Nieliniowość obiektu mierzonego** – w pewnych sytuacjach zmiana amplitudy napięcia (prądu) pobudzającego może wpływać na zmianę warunków badania – dotyczy to obiektów, które nieliniowo odpowiadają na zadane pobudzenie elektryczne, np. poprzez efekty termiczne, reakcje (bio)chemiczne, itd. Dlatego też warto w miarę możliwości zapewnić stabilizację amplitudy, nawet jeżeli stosowany jest układ z jednoczesnym pomiarem prądu i napięcia;
- **Stopień złożoności układu pomiarowego** – w zależności od zakresu badanych impedancji oraz stosowanych częstotliwości, problemem może okazać się przede wszystkim budowa odpowiednio dokładnego źródła prądowego, spełniającego ponadto dodatkowe wymogi – np. niski pobór mocy, czy też zminimalizowanie powierzchni zajmowanej przez układ na PCB urządzenia. Szczególnej uwagi może wymagać zapewnienie odpowiedniej stabilności (przy pracy z obiektami o zróżnicowanej charakterystyce fazowej), obecności dodatkowych zabezpieczeń, wynikających z wymagań normatywnych, a także możliwości przestrajania amplitudy w szerokim zakresie.

Większość wskazanych powyżej problemów można wydatnie zredukować, korzystając z układu pomiarowego według rysunku 1c, przy zastosowaniu topologii Kelvina i przetwornika ADC o wysokiej rozdzielczości, wyposażonego w opcjonalny wzmacniacz PGA. O ile jednak sam pomiar amplitudy napięcia i prądu (umożliwiający wyliczenie impedancji) jest wystarczający w niektórych zastosowaniach, to zwykle od testów (bio) impedancyjnych wymaga się także określenia charakterystyki częstotliwościowej oraz fazowej.

Dwa kroki dalej, czyli od pomiaru fazy...

Zanim przejdziemy do bardziej zaawansowanych rozważań technicznych, warto przypomnieć podstawowe informacje z teorii obwodów, dotyczące impedancji oraz metod jej reprezentacji matematycznej. Impedancja *Z* jest wielkością zespoloną, na którą składa się część rzeczywista *R*, odpowiadająca „czystej" (idealnej) rezystancji oraz część urojona *X*, będąca wypadkową (różnicą) reaktancji indukcyjnej X_L i pojemnościowej X_C. Impedancję uogólnionego, szeregowego obwodu RLC można przedstawić na wykresie wektorowym (**rysunek 2**), zaś „cząstkowe" reaktancje (wyrażone w omach) idealnych elementów L i C są określone wzorami (1, 2):

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad (1)$$

oraz

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2).$$

Aby uwzględnić zależności fazowe, pulsację *ω* należy przemnożyć przez jednostkę urojoną *j*, co daje w wyniku urojone składowe impedancji idealnych elementów L i C (3, 4) [1]:

$$Z_L = jX_L = j\omega L = j2\pi f L \quad (3)$$

oraz

$$L_C = \frac{1}{j\omega C} = -j\frac{1}{2\pi f C} \quad (4).$$

Całkowita (zespolona) impedancja szeregowego obwodu RLC wynosi (5):

$$Z = R + jX_L - jX_C \quad (5),$$

moduł impedancji |Z| (tj. „wypadkowa" wartość oporu, niezawierająca informacji o fazie) to (6):

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (6),$$

zaś kąt fazowy θ, określający przesunięcie pomiędzy prądem a napięciem, ma wartość (7):

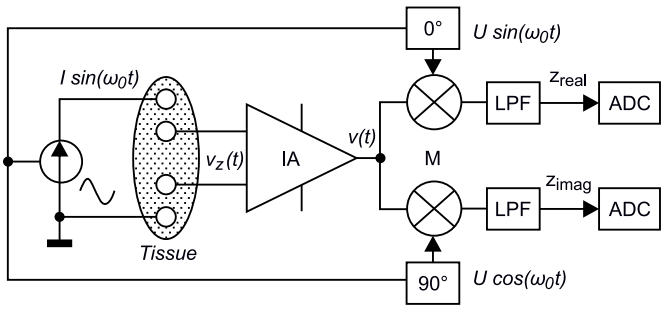
$$\theta = \mathrm{arctg}\left(\frac{X}{R}\right) = \mathrm{arctg}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) \quad (7).$$

... do spektroskopii impedancyjnej

Zebranie odpowiednio dużej liczby punktów pomiarowych w postaci trygonometrycznej (|Z|, Φ) lub kanonicznej (R, X) [2] pozwala na wydobycie cennych informacji o składzie chemicznym i/lub strukturze badanego obiektu. Jednym z przykładów jest analiza składu ciała (ang. *body composition analysis*, BCA), pozwalająca na nieinwazyjne, przybliżone określenie zawartości tkanki tłuszczowej, masy mięśniowej oraz nawodnienia (hydratacji) tkanek. Tematyka BCA, niezwykle szeroka, wykracza poza ramy niniejszego artykułu, jednak warto o niej wspomnieć choćby z uwagi na rozpowszechnienie urządzeń, w tym elektronicznych wag łazienkowych, wyposażonych w 4-elektrodowy układ spektroskopii impedancyjnej (**fotografia tytułowa**).

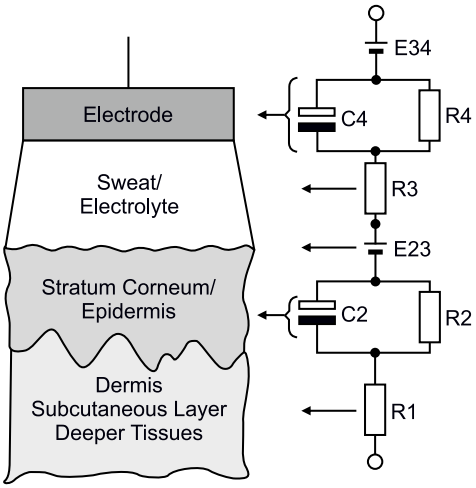
W przypadku pomiarów szerokopasmowych, w których impedancję mierzy się z użyciem źródła o przemiatanej częstotliwości, sposób wyznaczenia wektora modułu i fazy (lub części rzeczywistej i urojonej) zależy od zastosowanej konstrukcji układu pomiarowego. Dwie najczęściej stosowane odmiany to:

- **Demodulator kwadraturowy** – układ ma topologię znaną z odbiorników radiowych i wzmacniaczy fazoczułych (*lock-in*). Uproszczony schemat blokowy został pokazany na **rysunku 3**. Sygnał pobudzający badany obiekt jest jednocześnie źródłem częstotliwości odniesienia dla dwóch mieszaczy, przy czym jeden z nich otrzymuje sygnał w fazie zgodnej z fazą źródła, zaś do drugiego doprowadza się sygnał przesunięty o 90°. Sygnały wyjściowe mikserów, przefiltrowane dolnoprzepustowo (LPF), określają część rzeczywistą oraz urojoną impedancji. Za cenę znacznej rozbudowy analogowej układu można uzyskać wysoką rozdzielczość pomiaru – przetworniki ADC pracują bowiem z sygnałem o relatywnie małej częstotliwości (określonej przez szybkość przemiatania pasma pomiarowego i charakterystykę filtrów LPF);
- **Bezpośrednie próbkowanie i transformację DFT** – w układzie pomiarowym można także zastosować przetwornik ADC o próbkowaniu przynajmniej dwukrotnie szybszym, niż maksymalna częstotliwość pobudzenia obiektu badanego. W takim przypadku możliwe jest zastosowanie dyskretnej transformacji Fouriera, przyjmującej (jako wektor wejściowy) zawartość bufora



Rysunek 3. Schemat blokowy stopnia wejściowego spektroskopu impedancyjnego z homodynową (kwadraturową) demodulacją sygnału napięciowego

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 4. Uproszczony model elektryczny połączenia elektrody żelowej ze skórą. Bardzo istotnym czynnikiem jest impedancja wprowadzana przez warstwę rogową naskórka (stratum corneum)

próbek, zebranych podczas przemiatania pasma pomiarowego. Wynikiem działania algorytmu DFT będzie charakterystyka częstotliwościowa obiektu, zapisana w postaci wektorów części rzeczywistej i urojonej. W tym przypadku znacznemu uproszczeniu ulega część analogowa urządzenia, rośnie natomiast złożoność algorytmu przetwarzania sygnału oraz wymogi dotyczące wydajności obliczeniowej procesora. Konieczność użycia przetwornika ADC o wysokiej częstotliwości próbkowania powoduje natomiast ograniczenie dostępnej rozdzielczości pomiarowej w stosunku do opisanego wcześniej rozwiązania z demodulatorem kwadraturowym.

Kilka uwag praktycznych o impedancji elektroda-skóra

Galwaniczne połączenie elektrody ze skórą tworzy interfejs o dość złożonej charakterystyce (**rysunek 4**), zależnej nie tylko od częstotliwości, przy której dokonywany jest pomiar, ale także od szeregu czynników fizjologicznych względnie stałych (np. grubości tkanki tłuszczowej czy poziomu nawilżenia skóry) oraz silnie zmiennych (np. pobudzenia psychicznego i temperatury, wpływających na aktywność gruczołów potowych).

Przyjmuje się, że tkanki ludzkie można dość wiarygodnie modelować jako układ rezystancji i pojemności, wzbogacony o półogniwa, formowane przez połączenia poszczególnych warstw. Szczególnie istotną kwestię stanowi przy tym udział samego naskórka, stąd tak duże znaczenie praktyczne ma sposób przygotowania skóry do badania – istnieje kilka technik, w tym zastosowanie pasty abrazyjnej czy też przetarcie wacikiem nasączonym alkoholem. Jednak nawet po najbardziej skrupulatnym przygotowaniu pacjenta do badania i tak nie sposób wyeliminować wpływu impedancji elektroda-skóra na pomiar właściwości głębszych tkanek – stąd złotym standardem podłączenia urządzeń bioimpedancyjnych jest wspomniana wcześniej metoda Kelvina. Warto w tym miejscu dodać, że warstwa skóry właściwej (*dermis*) jest uważana za obiekt o charakterze zbliżonym do czystej rezystancji. W żadnej ze struktur biologicznych, rozpatrywanych w badaniach impedancyjnych, nie zauważa się natomiast mierzalnych efektów indukcyjnych.

Przegląd układów AFE do pomiaru impedancji

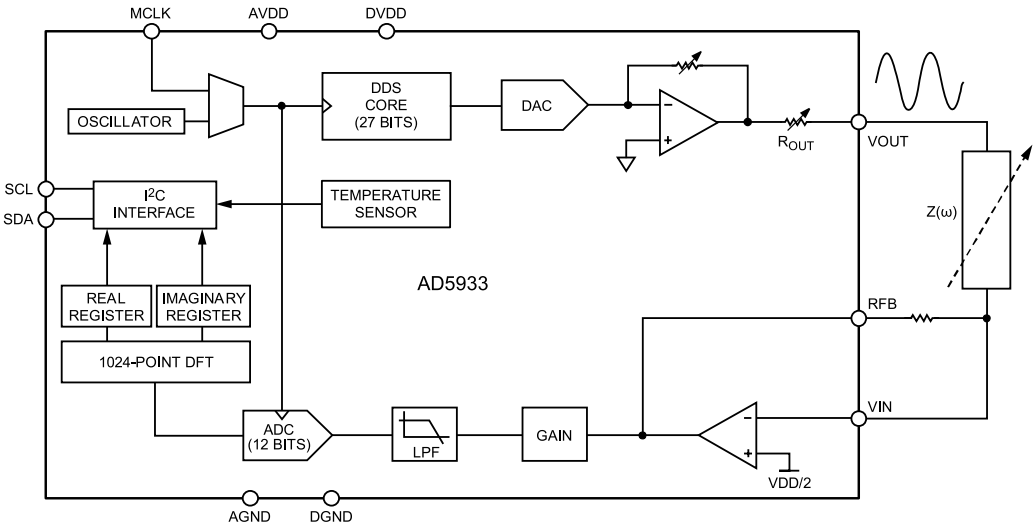
Uzbrojeni w najważniejsze informacje na temat istoty i metod pomiaru impedancji, możemy przejść do opisu konkretnych układów AFE. Umyślnie pomijamy najbardziej rozbudowane produkty, zdolne także do akwizycji sygnałów EKG, PPG, SpO_2 oraz pomiaru innych parametrów biomedycznych – takimi układami zajmiemy się w kolejnym odcinku *Poradnika Implementacji*. Tym razem natomiast zaprezentujemy dwa układy przeznaczone wyłącznie do pomiarów impedancyjnych i zestawimy je z przykładem innego front-endu, w którym, pomimo obecności dodatkowych bloków funkcjonalnych, część odpowiedzialna za impedancję jest dominująca.

AD5933/AD5934

Wprowadzenie układu AD5933 na rynek spowodowało niemałe zamieszanie w świecie inżynierii biomedycznej (i nie tylko) – front-end szybko zyskał popularność, a w oparciu o niego powstał szereg artykułów naukowych. Ich autorzy podejmowali próby zastosowania go do badań *in-vitro* oraz *in-vivo*. Nieprzypadkowo użyliśmy tu słowa „próbowali" – wszak układ ten, choć nie jest pozbawiony istotnych zalet, nie uniknął także szeregu błędnych założeń konstrukcyjnych, które znacznie ograniczają jego możliwości – zwłaszcza przy próbach zastosowania go bez dodatkowych układów analogowych. Co ciekawe, metody obejścia problemów układowych związanych z użyciem AD5933 stały się tematem niejednej pracy naukowej zarówno w kraju, jak i za granicą.

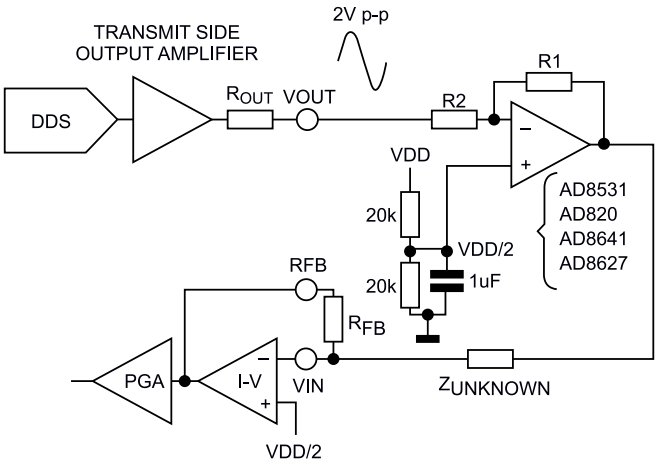
Schemat funkcjonalny układu AD5933 został pokazany na **rysunku 5**. Front-end bazuje na topologii dwuprzewodowej (i już tutaj ujawnia się jedna z jego największych wad), przy czym pobudzenie ma charakter napięciowy, zaś właściwym parametrem mierzonym jest natężenie prądu. Układ zasilania obiektu badanego bazuje na 27-bitowym rdzeniu DDS z dedykowanym przetwornikiem DAC. Wyjście tego ostatniego jest natomiast podłączone do bufora w postaci przestrajalnego wzmacniacza, pracującego w konfiguracji odwracającej. Na wyjściu układu znajduje się (ustawiany za pomocą rejestrów cyfrowych) rezystor szeregowy R_{OUT}.

Za pomiar prądu odpowiada prosty wzmacniacz transimpedancyjny, a ściślej rzecz biorąc- wzmacniacz operacyjny, spolaryzowany offsetem równym połowie napięcia zasilania i współpracujący z zewnętrznym (dyskretnym) rezystorem sprzężenia zwrotnego. Wyjście wzmacniacza, przez PGA (×1 lub ×5) i filtr dolnoprzepustowy, jest kierowane na wejście szybkiego (1 MSps) przetwornika ADC o rozdzielczości 12 bitów. Układ może być taktowany wewnętrznym oscylatorem lub zewnętrznym generatorem sygnału, podłączonym

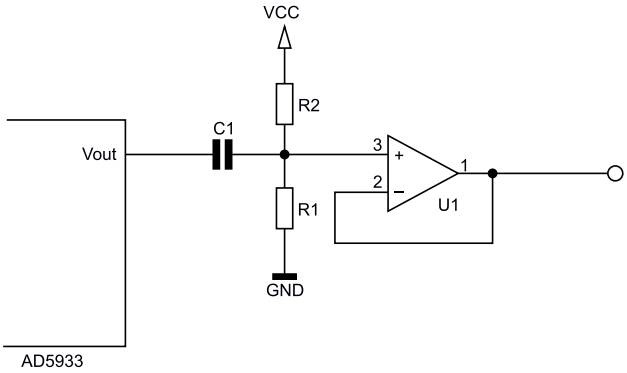


Rysunek 5. Schemat blokowy układu AD5933

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 6. Zalecany przez producenta sposób rozszerzenia zakresu pomiarowego układu AD5933



Rysunek 7. Przykładowy układ usuwania offsetu DC na wyjściu AD5933

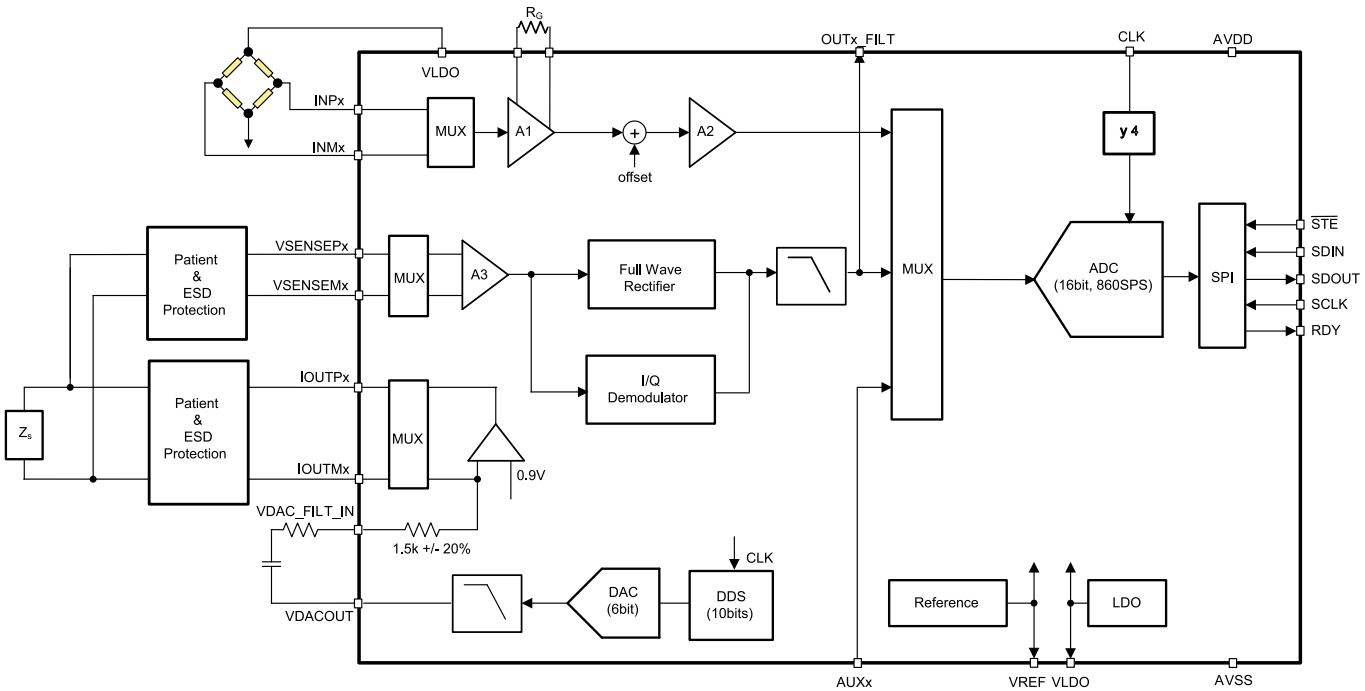
do wejścia MCLK. Dodatkową funkcjonalność zapewnia wbudowany, 14-bitowy czujnik temperatury.

Jedną z najistotniejszych zalet układu AD5933 jest obecność sprzętowego procesora, służącego do wyznaczania 1024-punktowych wektorów części rzeczywistej i urojonej poprzez dyskretną transformację Fouriera. Front-end stanowi zatem kompletną bazę do budowy spektrometru impedancyjnego i to bez konieczności stosowania zaawansowanego układu FPGA bądź szybkiego procesora DSP. Jedynymi operacjami, jakie (prócz bieżącej obsługi komunikacji I²C i ustawiania rejestrów konfiguracyjnych) musi wykonać nadrzędny procesor, jest obliczenie modułu impedancji i kąta fazowego poprzez zastosowanie wzorów (6) i (7).

Do głównych ograniczeń układu AD5933 należą:

- **wysoka wartość dolnego krańca zakresu pomiarowego** – układ AD5933 jest przeznaczony do pomiaru impedancji o module od 1 do 1000 kΩ. Istnieje jednak możliwość zejścia do 100 Ω w dolnej części zakresu pomiarowego – konieczne jest zastosowanie bufora, którego celem będzie obniżenie impedancji wyjściowej i zwiększenie dokładności front-endu. Schemat zaproponowany przez producenta został pokazany na **rysunku 6**;
- **offset napięcia wyjściowego** – jednym z podstawowych warunków bezpieczeństwa elektrycznego i zarazem poprawności metrologicznej w pomiarach (bio)impedancyjnych jest zapewnienie zerowej wartości średniej sygnału zasilającego próbkę. Innymi słowy, generator przebiegu pobudzającego nie powinien wprowadzać składowej stałej do przebiegu wyjściowego. W przypadku AD5933 warunek ten nie jest spełniony i co gorsza, wartość składowej stałej napięcia generowanego pomiędzy wyjściem V_{OUT}, a wejściem wzmacniacza transimpedancyjnego (TIA), zmienia się w zależności od wyboru zakresu pracy – przy stałym napięciu odniesienia dla TIA (równym połowie napięcia zasilającego), offset generatora zmienia się w dość szerokim zakresie. Problem ten można zniwelować, dodając wtórnik napięcia o wejściu spolaryzowanym dzielnikiem napięcia i sprzężony z linią V_{OUT} zmiennoprądowo (przez szeregowy kondensator – **rysunek 7**). Taka prosta modyfikacja wprowadza jednak kolejne ograniczenie – aby móc uzyskać szerokie pasmo pomiarowe (obejmujące także najniższe częstotliwości), należałoby zastosować układ C1, R1, R2 o dużej stałej czasowej, a to prowadziłoby do niepożądanych opóźnień w ustalaniu offsetu (długi czas ustalania, czyli tzw. *settling time*). W jednej z publikacji naukowców z Politechniki Wrocławskiej można znaleźć interesujący, choć znacznie bardziej rozbudowany układ pomiarowy, wykorzystujący uśrednianie sygnału z dwóch

REKLAMA



Rysunek 8. Schemat funkcjonalny front-endu AFE4300

detektorów szczytowych do szybkiego ustalania offsetu przy dowolnie małej częstotliwości [3];

- **niejednoznaczne zachowanie układu przy skrajnych wartościach impedancji** – układ bazujący na AD5933, z uwagi na brak pełnego monitoringu napięcia i prądu, może wskazywać błędne wyniki pomiaru w miarę zbliżania się mierzonej impedancji do krańców użytecznego zakresu. W przypadku niskich impedancji (o wartości mniejszej, niż wartość rezystora R_{FB}) istnieje ryzyko przesterowania przetwornika ADC. Z kolei zbyt duża impedancja będzie skutkowała istotnym spadkiem SNR. Stosując front-end warto zatem przemyśleć dodatkowe zabezpieczenia programowe, których celem będzie detekcja potencjalnych przekłamań w pomiarze;
- **konieczność kalibracji w pełnym zakresie ustawień** – układ AD5933, znów ze względu na brak kontroli wartości prądu i napięcia na impedancji mierzonej, musi być skalibrowany z użyciem znanej impedancji (najlepiej bezindukcyjnego rezystora) po każdej zmianie wzmocnienia PGA, napięcia wyjściowego lub rezystora R_{FB}. Należy także przewidzieć możliwość kalibracji w pełnym zakresie stosowanych częstotliwości, co w przypadku szerokopasmowych układów spektroskopowych może nastręczać niemałych trudności, wynikających z niepożądanych pojemności i indukcyjności pasożytniczych.

Warto w tym miejscu dodać, że układ AD5933 posiada także swój prostszy odpowiednik – AD5394. Okrojona wersja kultowego front-endu jest wyposażona w czterokrotnie wolniejszy przetwornik ADC (250 kSps), brakuje w niej także czujnika temperatury.

AFE4300

Firma Texas Instruments wprowadziła na rynek układ AFE4300, integrujący dwa bloki funkcjonalne – 4-elektrodowy miernik impedancji oraz kanał pomiarowy do obsługi mostka tensometrycznego. Przeznaczeniem układu są wagi łazienkowe (i inne urządzenia biomedyczne), wyposażone w funkcję spektroskopowej analizy składu ciała. Schemat blokowy układu pokazano na **rysunku 8**. W tym przypadku mamy już do czynienia z generatorem przebiegu pobudzającego o wyjściu prądowym, sterowanym przez 10-bitowy rdzeń DDS z 6-bitowym przetwornikiem DAC (1 MSps), zaś w odróżnieniu od omówionych wcześniej układów AD5933/4, do wyznaczenia wektorów impedancji użyty jest demodulator I/Q, dzięki czemu możliwe było zastosowanie wolniejszego przetwornika ADC (860 Sps) o rozdzielczości 16 bitów. Układ komunikuje się z procesorem nadrzędnym przez interfejs SPI i pobiera zaledwie 110 μA prądu zasilania. Co ważne, wbudowane multipleksery pozwalają na pomiar impedancji aż w 3 kanałach, warto też dodać, że w 2-hercowym paśmie front-end oferuje szum na poziomie 0,1 Ω RMS. Osoby zainteresowane zastosowaniem układu AFE4300 mogą zwrócić się do producenta z prośbą o udostępnienie szczegółowej dokumentacji. Pełna nota katalogowa jest bowiem niejawna i przekazywana indywidualnie na zapytanie klienta.

Podsumowanie

Szeroko opisany front-end AD5933 zyskał sporą popularność, a dzięki posiadanej „palmie pierwszeństwa" wszedł do kanonu układów do pomiaru impedancji, stosowanych w wielu aplikacjach biomedycznych (i nie tylko). Liczne problemy, z jakimi zmagają się konstruktorzy stosujący go do budowy urządzeń pomiarowych, są niejako rekompensowane przez jego niekwestionowane zalety, upraszczające konstrukcję bloku wstępnego przetwarzania zmierzonego sygnału. Co ciekawe, układy AD5933/4 są praktycznie jedynymi dostępnymi obecnie front-endami „czysto" impedancyjnymi. Niemal wszystkie inne układy AFE, wyposażone w bloki pomiaru impedancji, oferują też szereg innych funkcji – wzmacniacze biosygnałowe (EKG), interfejsy czujników optoelektronicznych, itp.

Zaprezentowany dalej układ AFE4300 jest natomiast dobrym wstępem do prezentacji wielofunkcyjnych AFE biomedycznych, gdyż większość współczesnych realizacji bazuje na pewnych powtarzalnych rozwiązaniach. W kolejnym odcinku Poradnika Implementacji zaprezentujemy takie właśnie „perełki" współczesnego świata półprzewodników, niejednokrotnie zaskakujące bogatym wyposażeniem peryferyjnym zamkniętym w niebywale zminiaturyzowanej postaci.

inż. Przemysław Musz, EP

[1] Części rzeczywiste impedancji są bowiem w przypadku idealnych elementów LC równe zeru.

[2] Ze względu na klasyczne określenia składowych liczby zespolonej, można także spotkać zapis (Re, Im), oznaczający część rzeczywistą (Real) i urojoną (Imaginary)

[3] Chabowski K., Piasecki T., Dzierka A., Nitsch K., „Simple wide frequency range impedance meter based on AD5933 integrated circuit", Metrol. Meas. Syst., Vol. XXII (2015), No. 1, pp. 13–24

eprasa.pl 54fe1c0c92

koktajl niusów

Skąd się wzięła nazwa „elektronika”?

Pochodzi ona od greckiej nazwy bursztynu, tzn. ἤλεκτρον (elektron). Już w starożytności znane były własności elektrostatyczne tej spotykanej nad Bałtykiem żywicy, która po wielokrotnym pocieraniu przyciąga drobne elementy, takie jak włosy czy papier. Jest to etymologia pośrednia – wspomnianą nazwę otrzymał bowiem najpierw nośnik ujemnego ładunku elektrycznego, a następnie związane z nim zjawisko elektryczności. To zapoczątkowało dziedzinę elektrotechniki i wyodrębnioną z niej później elektronikę, do której, dla odróżnienia, dodano grecką końcówkę „-ikos” oznaczającą „odnoszący się do” (odpowiednik polskiego „-ika”). Ciekawy rodowód, prawda?

Okazuje się, że dopiero od 1906 roku mówi się o podanym w tytule dziale techniki, kiedy amerykański radiotechnik Lee De Forest opracował triodę – lampowy odpowiednik tranzystora. W zasadzie, aż do lat pięćdziesiątych XX wieku była to tylko radiotechnika. I zapewne byłoby tak dalej, gdyby nie pierwszy układ scalony stworzony w 1958 roku przez amerykańskich inżynierów: Jacka Kilby’e-go i Roberta Noyce’a. To dzięki niem możliwe stało się opracowanie układów cyfrowych, w tym mikroprocesora, bez których nie zaistniałyby dzisiejsze komputery. W ten sposób do sprzętu wdarła się niepostrzeżenie informatyka lub ściślej – programowanie. Radio przestało być dominantą elektroniki, a tylko jedną z jej części.

50 zastosowań układów scalonych serii 7400

Pięćdziesiąt ciekawych zastosowań tytułowych układów, dla osób początkujących w tej dziedzinie, można znaleźć w książce r.N. Soara z 1979 roku. Jest to licząca 80 stron pozycja doskonale wyjaśniająca działanie tych układów i można ją obejrzeć za darmo pod adresem: https://bit.ly/3z9x11h. W szczególności polecamy dostępne w niej schematy, które nie są skomplikowane. Język angielski jest przy tym mile widziany, ponieważ brakuje polskiego tłumaczenia treści.

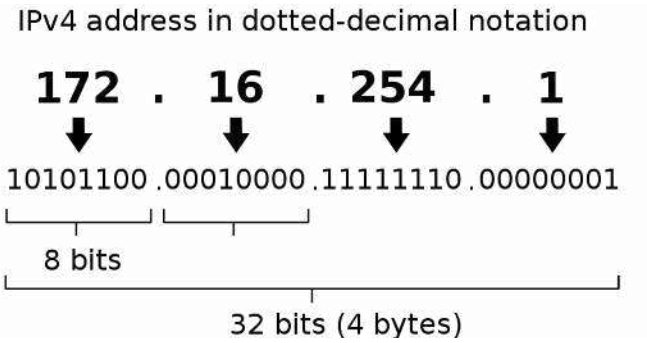
Uczenie maszynowe – tylko z zestawem Arduino Tiny Machine Learning Kit

Wspomniany w tytule zestaw zawiera powszechnie stosowaną w aplikacjach Internetu Rzeczy płytkę Arduino Nano 33 BLE Sense. Jest ona wyposażona w układ SoC nRF52840 firmy Nordic Semiconductor realizujący interfejs Bluetooth Low Energy 5.0 i 2,4 GHz (nie Wi-Fi).

Obsługa płytki jest niezwykle prosta – wystarczy dowolny komputer i kabel USB, by się o tym przekonać.

Peryferia płytki Arduino Nano 33 BLE Sense są wspaniałe, są to: mikrofon cyfrowy, sensor optyczny, układ IMU i czujniki otoczenia. Komponenty uzupełniające zestaw to moduł kamery i płytka rozszerzeniowa. Do zasilania zestawu wystarczy kabel USB, zasilacz sieciowy lub baterie, a całość dopełniają kursy portalu edx.org przeznaczone zarówno do nauczania samodzielnego i zdalnego. Pozwalają natychmiast zrozumieć uczenie TinyML i powiązaną z nim bibliotekę TensorFlow Lite for Microcontrollers. Stanowią uzupełnienie szkolnych i uczelnianych programów nauczania.

Z zestawem Arduino Tiny Machine Learning Kit możliwe jest niemal doświadczenie rozwiązań odwzorowujących działanie ludzkiego umysłu. Jest to produkt dla każdego, w tym początkującego. Wsparcie dla niego jest bogate, w szczególności dzięki filmom prezentującym praktyczną obsługę zestawu. Podsumowując: „The Future of Machine Learning is Tiny and Bright. We’re excited to see what you’ll do!” („Przyszłość uczenia maszynowego jest przypisana urządzeniom Tiny i jest jasna. Z podekscytowaniem obserwujemy co zrobisz dalej”) – prof. Vijay Janapa Reddi z uniwersytetu Harvard i Pete Warden z firmy Google.



Skąd kropki w adresie protokołu IPv4?

To proste – chodzi o jego czytelność bez zbędnego rozpraszania. Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami, człowiek jest w stanie poprawnie odczytać tylko pięć znaków umieszczonych obok siebie, przy większej ilości jest już czyniony błąd. Aby temu zaradzić wystarczy podzielić ciągi znaków na mniejsze grupy oddzielone symbolem, który jest rzadko stosowany (jest w pewnym stopniu unikalny).

eprasa.pl 54fe1c0c92

W najprostszym przypadku może to być spacja, lecz nie każda z nich jest taka sama, szczególnie ta pisana ręcznie, a po drugie, terminale na komputerach różnie ją interpretują i mogą nie powiązać jej ze wspomnianym adresem.

Zupełnie inaczej jest z kropką, która zawsze coś oznacza, jest rzadziej używana i wyróżnia się w tekście, nawet jeśli na papierze jest słabo zaznaczona. Czy w takim razie nie lepszy byłby np. średnik? Niestety jest on bardzo charakterystycznym znakiem dla języków programowania. Ostatecznie kropka okazała się najlepszym rozwiązaniem. I tak zostało z przyzwyczajenia do dzisiaj.

Dlaczego nie ma kropki w adresach IPv6? Ponieważ adresy te są znacznie dłuższe i kropki mogłyby być niezauważane i pomijane. Dwukropki mają „większą siłę przebicia" i dlatego to one wygrały.

Przełącznik KVM

Pokazane na fotografii urządzenie służy do podłączania jednego zestawu klawiatury, myszy i monitora, najczęściej do dwóch (lub także więcej) komputerów. KVM to skrót od *Keyboard Video Mouse*. Dzięki niemu nie trzeba tych urządzeń ręcznie przepinać pomiędzy komputerami, co zajmuje sporo czasu, szczególnie niedoświadczonym osobom. Liczba dołączonych stacji roboczych jest ograniczona – wynosi ona od 2 do nawet 40. Sterowanie odbywa się przy pomocy przycisków sterujących, bądź odpowiednie klawisze funkcyjne klawiatury. Niektóre modele urządzeń mają również wejście mikrofonowe i wyjścia dźwiękowe, a także porty USB. Przełącznik występuje zazwyczaj w wersji biurkowej lub do montażu szafowego i można go łączyć kaskadowo w celu obsługi setek urządzeń. Standardowo występują w nim złącza: VGA, HDMI, DisplayPort i DVI. Dostępne są dwa rodzaje: cyfrowy i analogowy.

Dzięki prostej obsłudze można go stosować wszędzie: od domu do przemysłu. Jego instalacja nie nastręcza problemów. Jest to niewątpliwie użyteczne urządzenie skracające czas obsługi wielu komputerów, pozwalające zmniejszyć przestrzeń zajmowaną przez sprzęt zwłaszcza w serwerowniach. Tylko z przełącznikiem KVM możliwa jest bardziej efektywna praca osób, które zdalnie zarządzają wieloma urządzeniami końcowymi.

49-calowy monitor z zakrzywioną, szerokokątną matrycą SVA

Specyfikacja nowego monitora S49A950UIU marki Samsung jest nieprzeciętna. Rozdzielczości 5120×1440 px, przy częstotliwości odświeżania 120 Hz i kącie widzenia 178°. Kontrast statyczny równy 3000:1 oraz jasność sięgająca 350 cd/m².Do tego 30-bitowa głębia barw, która przekłada się na 1073741824 możliwych kolorów, proporcja 3,556:1, gęstość optyczna 108 ppi (108 pikseli na cal kwadratowy), podświetlenie W-LED, czas reakcji 4 ms, pobór mocy 55 W, gniazdo USB typu C dla ładowarek o mocy 90 W, 3 gniazda USB 3.0, jedno gniazdo Ethernet RJ45. Ponadto 2 gniazda Jack 3,5 mm, jedno gniazdo DisplayPort, dwa gniazda HDMI 2.1 oraz przełącznik KVM.

Wszystkie te parametry i wyposażenie sprawiają, że to prawdziwy, multimedialny „potwór". Pełna specyfikacja monitora dostępna jest pod adresem: https://bit.ly/3nsDRwK. Zgodnie z przewidywaniami cena urządzenia ma wynieść 5700 zł. Komfort pracy z takim ekranem musi być wyjątkowy, pod warunkiem, że dysponujemy biurkiem o wystarczającej przestrzeni. Choć trudno się oprzeć funkcjonalnościom opisanego monitora, należy najpierw na spokojnie przemyśleć taki zakup.

Zaproszenie na zawody FPGA Conference & Hackathon 2021

Jest to wydarzenie w postaci jednodniowej konferencji i trwającego 24 godziny hackathonu, dla entuzjastów układów programowalnych z Polski i ze świata, utrzymane w klimacie podróży kosmicznej na Marsa. Będzie to już druga edycja tego wydarzenia. Odbędzie się w dniach 19...21 listopada br. Początek zapisów nastapi w październiku. Udział mogą wziąć zespoły złożone z 2...3 osób (nie jest możliwe uczestnictwo indywidualne).

Podobnie jak rok temu trzeba będzie rozwiązać określone zadanie. Na jego potrzeby przewidziano zestawy Cyclone V GX Starter Kit firmy Terasic. Czas trwania to 24 godziny. Całość zostanie przeprowadzona w formie online. Łączna wartość nagród ma wynieść 50 tysięcy złotych. Organizatorem wydarzenia jest firma Nokia. Jego patronami z kolei: Akademia Górniczo-Hut-nicza, Politechnika Śląska, Wojskowa Akademia Techniczna i Oprogramowanie Naukowo-Techniczne sp. z o.o. Sponsorami są: Aldec, Mentor Graphics, OneSpin, MathWorks i ostatni z patronów. Więcej informacji znajduje się na stronie: https://fpgahackathon.com. Link do wydarzenia na Facebooku: https://bit.ly/2XdVB3Q.

Coś dla zaawansowanych: zestaw Starter Platform for OpenVINO Toolkit od firmy Terasic

Jest to zestaw do projektowania układów/systemów cyfrowych, szczególnie tych o dużej wydajności, w postaci karty rozszerzeń o złączu

eprasa.pl 54fe1c0c92

PCI Express Gen2×4 (PCIe Gen 2×4) do zastosowania m.in. w komputerach. Zestaw ten zawiera układ FPGA rodziny Cyclone V GT firmy Intel o pojemności 301 tysięcy programowalnych bloków logicznych oraz 9 transceiverach zapewniających przepływność 6,144 Gb/s. Podstawowe peryferia Starter Platform for OpenVINO Toolkit to: przyciski, przełączniki i diody LED. Ponadto dwie pamięci: SDRAM 64 MB i SDRAM DDR3 1 GB. Dostępne są dwa typy złącz do podłączania modułów: GPIO o 40 wyprowadzeniach oraz Arduino Uno R3, oraz interfejs USB-UART. Produkt wspiera technologię OpenCL, dzięki której można tworzyć rozwiązania z użyciem wysokopoziomowych języków programowania, zwłaszcza jeżeli celem jest wykonywanie złożonych obliczeń, by odciążyć komputery. W ten sposób zestaw stanowi doskonałe rozszerzenie sprzętowe o niskim poborze mocy.

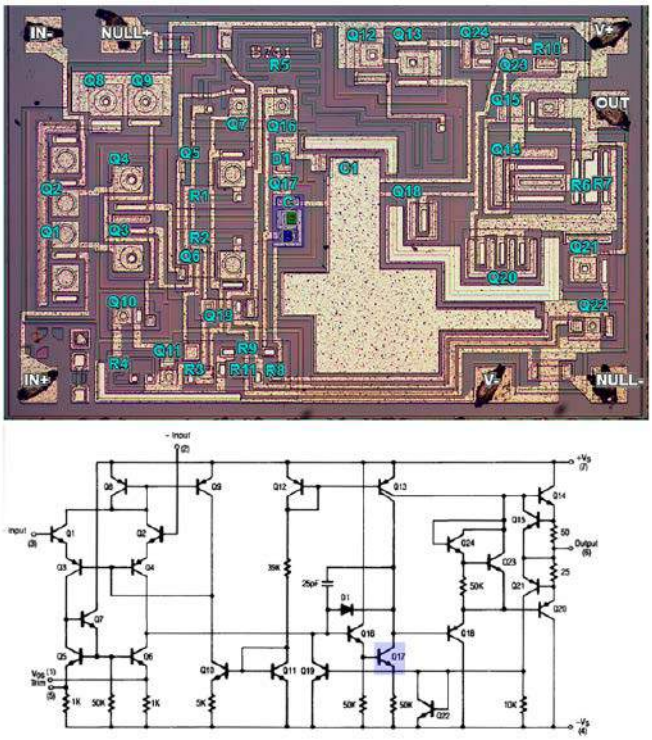
Jest to produkt polecany przede wszystkim zaawansowanym deweloperom sprzętowym ceniącym programistyczne podejście do sprzętu. Ale nie tylko – to również bowiem zestaw dla osób początkujących, którym hasła: „karta rozszerzeń" i „komputer" nie są straszne. Każdy znajdzie cos dla sienie, w tym ambitni projektanci ceniący minimalizm tworzonych rozwiązań, którzy na pewno docenią łatwość rekonfiguracji projektów w układzie FPGA i wsparcie wysokopoziomowe dla nich.

Obsługę Starter Platform for OpenVINO Toolkit zapewnia środowisko Quartus firmy Intel wraz z dokumentacją elektroniczną na stronie producenta. Zestaw zawiera kabel USB, zasilacz zewnętrzny oraz wentylator.

Zasilanie dla Raspberry Pi 4

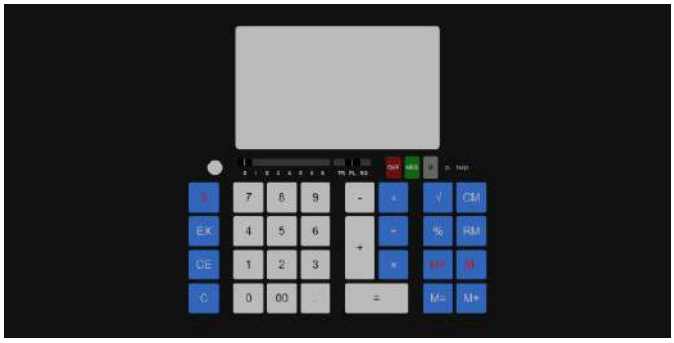
Najlepszym źródłem zasilania dla komputerka Raspberry Pi 4 jest oryginalny, zewnętrzny zasilacz. Wyrób Raspberry Pi Foundation, odznacza się wysoką jakością i niewygórowaną ceną. Jego moc wyjściowa jest optymalna, a dodatkowo można wybrać kolor obudowy. Zastosowany wtyk microUSB typu C, nie sprawia żadnych trudności przy podłączaniu, a kabel o długości 1,5 metra pozwala na swobodne rozmieszczenie współpracujących urządzeń. Niczego więcej nie potrzeba. Nie jest to nowość – premiera miała miejsce w czerwcu 2019 roku, ale spisuje się bez zarzutu. Oto jego specyfikacja:

- dostępne kolory: biały, czarny,
- rodzaj wtyczki sieciowej: europejska (EU),
- rodzaj wtyku wyjściowego: microUSB (typ C),
- moc wyjściowa: 15,3 W,
- napięcie wyjściowe: 5,1 V,
- prąd wyjściowy: 3 A,
- sprawność: powyżej 72...81%,
- dopuszczalny zakres napięcia sieciowego: 96...264 V,
- długość kabla dołączanego do zasilacza: 1,5 m,
- wbudowane zabezpieczenia przed zwarciem i przegrzaniem.



Niezwykły schemat wzmacniacza operacyjnego µA741

Czyli gratka dla tych, którym dokumentacje techniczne są nie po drodze, a jednocześnie jest to doskonała nauka dla początkujących. Chodzi o interaktywną postać schematu wskazanego w tytule układu odniesioną do jego rzeczywistej formy – w „krzemie". Wystarczy tylko w niej kliknąć na dowolny element układu, by zobaczyć gdzie on jest i jak faktycznie wygląda. Schemat ten jest dostępny pod adresem: https://bit.ly/2Xi9UnY.



Legendarny kalkulator 141-PF firmy Busicom

Tytułowe urządzenie, bazujące na mikroprocesorze Intel 4004, jest dostępne jako emulator. Chodzi o aplikację online (uruchamiana w przeglądarce), która jest dostępna pod adresem: https://bit.ly/3z5qyVa.

Jej autorem jest Chen Steenvoorden. W celu sprawnej obsługi kalkulatora wskazane jest zapoznanie się z jego dokumentacją znajdującą się na stronie: https://bit.ly/3EiTBbp.

Niektóre operacje na nim wykonuje się inaczej niż we współczesnych kalkulatorach. Sam emulator jest przy tym prosty i zawiera pomoc z przykładem pozwalającym rozpocząć działanie. Stanowi on nie byle gratkę dla miłośników retro, szczególnie tych pamiętających, że to specjalnie dla tego urządzenia powstał mikroprocesor Intel 4004.

Nanodiamentowa bateria DNV

Nowoczesne rozwiązanie amerykańskiego start-up'u NDB (*Nano Diamond Battery*) to bateria nie rozładowująca się przez 28 tysięcy lat, rozmiarami zbliżona do obecnych na rynku układów scalonych.

eprasa.pl 54fe1c0c92

Nanometrowej grubości warstwy sztucznie wytwarzanego diamentu niebieskiego (który posiada w sobie bor) domieszkowane promieniotwórczym izotopem węgla 14C o połowicznym czasie rozpadu ok. 5700 lat, sprzyjają wspomnianemu celowi. Dzięki nim możliwa jest wydajna generacja energii cieplnej i jej szybka zamiana na prąd elektryczny. Wspomniany izotop rozpada się, a otaczający go materiał nagrzewa się i wytwarza napięcie. Nie jest to bateria jądrowa, ani obecny w sondach kosmicznych radioizotopowy generator termoelektryczny (RTG).

Moc DNV nie jest na razie znana, choć są informacje wskazujące na wartość 100 μW. Pewne jest tylko to, że baterii nie będzie można ponownie naładować, a stosowane dla niej izotopy mają pochodzić z odpadów jądrowych. Ponadto całość ma być bezpieczna i nie narażać zbędnie na napromieniowanie przede wszystkim dzięki przytoczonym wcześniej warstwom. Potencjalne zastosowania obejmują zegarki, w tym smartwatche, telefony przenośne i współczesną elektronikę niskomocową. Opisana bateria ma zostać wprowadzona do sprzedaży w 2023 roku. Jej pełna nazwa to: *Diamond Nuclear Voltaic*.

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@wat.edu.pl

REKLAMA

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%.

KRAMIK i RYNEK

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 2021), AI, EPS (tekst zmieniony na krzywe), PSD, PDF (programy Adobe w wersji do CC 2021 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.

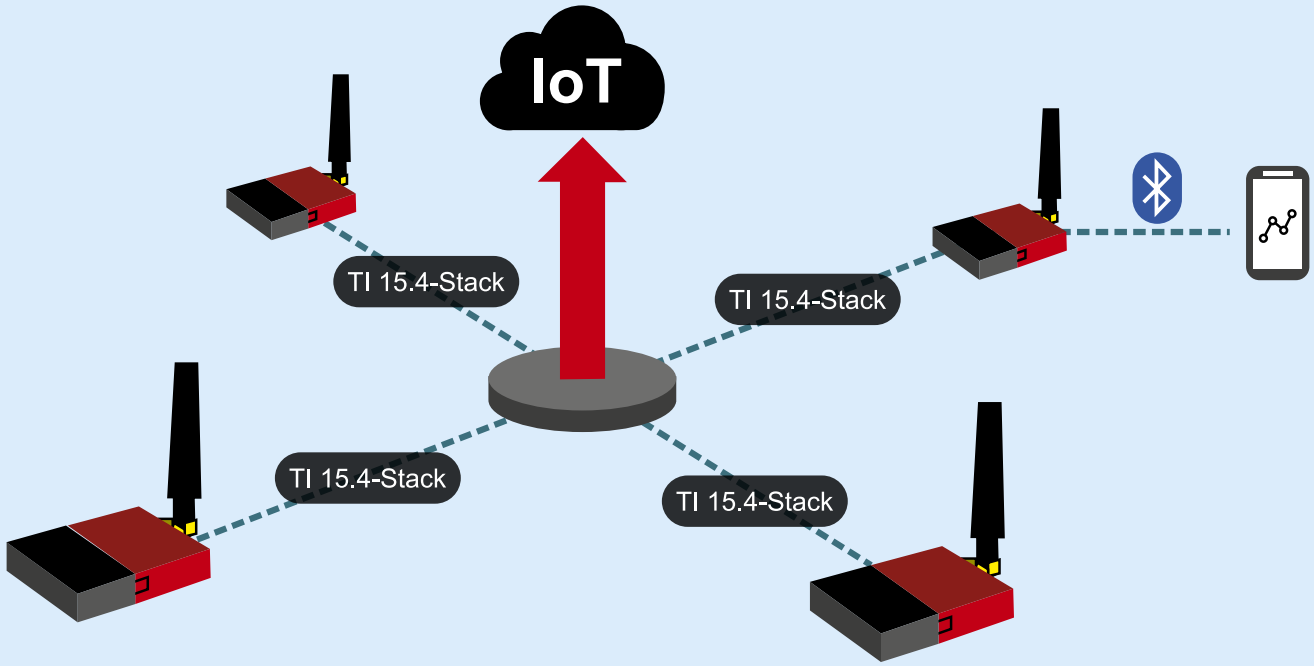
Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczonych w Elektronice Praktycznej

RACK i Eurocarta 19" Wyposażenie szaf 19"
www.obudowa.pl
Producent obudów dla elektroniki tel. 032-230-2301

www.ep.com.pl

NINIEJSZE OGŁOSZENIA SĄ INFORMACJĄ HANDLOWĄ I NIE STANOWIĄ OFERTY W MYŚL ART. 66, § 1 KODEKSU CYWILNEGO. EWENTUALNIE PODANE CENY MOGĄ ULEC ZMIANIE.

eprasa.pl 54fe1c0c92



Systemy dla Internetu Rzeczy (53)

Wszystkie poprzednie odcinki kursu znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Komunikacja wielopasmowa zestawu czujnikowego LPSTK – CC1352R LaunchPad SensorTag

W zestawie CC1352R LaunchPad SensorTag (LPSTK-CC1352R) zastosowano wielozakresowy, wieloprotokołowy bezprzewodowy procesor SimpleLink CC1352R. Dla zestawu został przygotowany przykładowy projekt DMM 15.4 Sensor, który pozwala skonfigurować zestaw jako węzeł czujnika do pracy jednocześnie w sieci z protokołem IEEE 802.15.4 w pasmie Sub-1 GHz oraz w sieci z protokołem BLE 5 w pasmie 2,4 GHz.

Uruchomienie projektu *DMM 15.4 Sensor* na zestawie CC1352R LPSTK [4] oraz projektu *Collector* na zestawie CC1352R LaunchPad tworzy sieć pracującą z protokołem IEEE 802.15.4 – jak pokazuje rysunek tytułowy [1]. Na obu zestawach pracuje firmowy stos TI 15.4. Sieć pracuje w pasmie Sub-1 GHz (868/915 MHz) co umożliwia uzyskanie sporego zasięgu – kilkaset metrów lub więcej. Tego typu sieci rozległe są nazywane WAN (*Wide Area Network*). Jednak początkowe prace z tym stosem dotyczyły komunikacji lokalnej, dlatego był nazywany PAN (*Personal Area Network*). I ta fraza przewija się w nazwach różnych parametrów sieci.

Aplikacje obu projektów używają komunikacji z komputerem poprzez łącze UART w celu wyświetlania informacji. Dodatkowo zastosowany tam interfejs CUI (*Common User Interface*) udostępnia sterowanie aplikacjami. Po stronie komputera może być zastosowany dowolny terminal znakowy, choć najwygodniej pracuje się z aplikacją PyTTy [16]. Praca zestawu CC1352R LPSTK [S33] z aplikacją firmową o nazwie *BLE Multi Sensor*, umożliwia komunikację BLE ze smartfonem. Jest ona fabrycznie programowana do procesora SimpleLink CC1352R [2] zestawu i została dokładnie opisana w poprzednim artykule tej serii [S52].

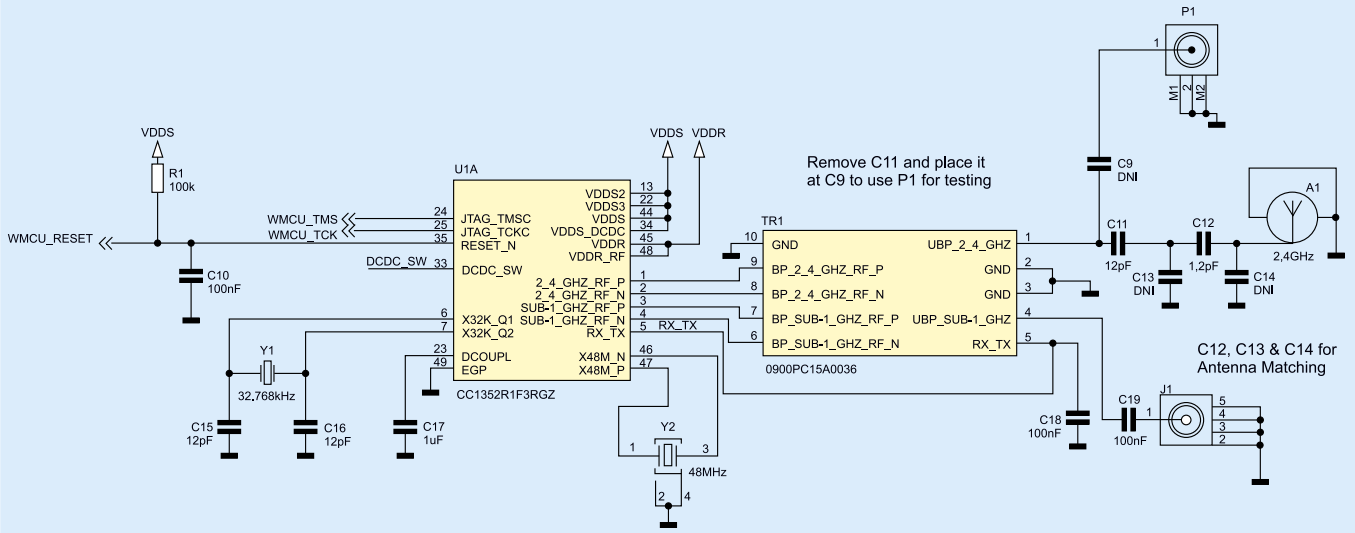
Technologia *Dynamic Multi-protocol Manager (DMM)* została opracowana przez firmę Texas Instruments i udostępniona jako część pakietu programowego *SimpleLink CC13x2 26x2 SDK* [S17]. DMM jest arbitrem poleceń RF pomiędzy stosami protokołów a sterownikami RF. Przechwytuje on wywołania sterowników i potencjalnie może zmieniać kolejność wykonania poleceń [S18]. Zagadnienia dotyczące działania *DMM* oraz organizacji oprogramowania z jej zastosowaniem zostały omówione w poprzednim artykule serii [S30].

Bezpieczeństwo jest najważniejszą cechą systemów Internetu Rzeczy (IoT). Dużym problemem jest bezpieczne dołączanie nowego węzła do sieci. Rozwiązaniem problemu jest zastosowanie metod bezpieczeństwa oferowanych przez protokół *Bluetooth Low Energy (BLE)*, omówionych w poprzednim odcinku serii [S19].

Technologia *EnergyTrace* jest opracowana przez firmę Texas Instruments i udostępniana jako część środowiska programistycznego *Code Composer Studio [S16]*. Technologia *EnergyTrace* jest analizatorem

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 1. Wyprowadzenie sygnału radiowego zestawu CC1352R LPSTK [7]

prądu zasilania, który pozwala na pomiar prądu zasilania układów scalonych rodziny SimpleLink CC13x2/CC26x2. Dane udostępniane są w postaci wykresów oraz zestawienia tabelarycznego. Opis pomiarów prądu technologią *EnergyTrace* dla pracy stosu BLE został dokładnie opisany w poprzednim artykule tej serii [S30].

Można dosyć łatwo podglądać komunikację w sieci z protokołem IEEE 802.15.4. Dokładne omówienie tych zagadnień było omówione w poprzednim odcinku serii [S14].

Tor radiowy zestawu CC1352R LPSTK

Dopasowanie systemu antenowego ma decydujący wpływ na jakość pracy układu komunikacji radiowej, szczególnie przy bardzo małych mocach. Układ scalony CC1352R ma osobne różnicowe wyprowadzenia dla obsługi transmisji w pasmie 2,4 GHz oraz w pasmie Sub-1 GHz (**rysunek 1**). Firma Johanson Technology opracowała specjalnie dla niego zintegrowany podwójny układ IPC (*Integrated Passive Component*), o oznaczeniu 0900PC15A0036 (TR1) i wymiarach tylko 2×1,25×1 mm [10]. Jego zastosowanie redukuje liczbę koniecznych komponentów z 23 do 3, co znacznie zmniejsza wymaganą powierzchnię oraz koszt. Komponent zapewnia dopasowanie impedancyjne, ballun oraz filtrację harmonicznych jednocześnie w dwóch torach: 2,4...2,5 GHz oraz 862...928 MHz [10].

Tor Sub-1 GHz jest dołączony do gniazdka antenowego J1 typu SMA (oznaczenie Sub-1GHz). Dla poprawnej pracy w tym pasmie należy dołączyć do tego gniazda antenę zewnętrzną. Taka antena prętowa jest dostarczana w zestawie. Tor 2,4 GHz jest dołączony do anteny A1 (oznaczenie 2,4 GHz) zrealizowanej bezpośrednio na płytce drukowanej. Zaletą anteny PCB jest niska cena oraz dobra jakość (po dokładnym zweryfikowaniu działania kolejnych wersji płytki drukowanej). Na płytce drukowanej jest też zamontowane gniazdko radiowe P1 (typu µSMA). Po przelutowaniu kondensatora C11 w pole C9 (zaraz obok) będzie ono dołączone do wyjścia układu TR1.

Zestaw CC1352R LPSTK ma zastosowane osobne wyprowadzenie sygnału w pasmach Sub-1GHz/868 MHz. Jest to odmienne rozwiązanie, niż w zestawie CC1352R1 LaunchPad, gdzie oba tory są dołączone do jednej anteny PCB. Pomimo różnic zapewnia to pełną kompatybilność funkcjonalną aplikacji.

Oprogramowanie dla zestawu CC1352R LaunchPad SensorTag

Zestaw *LPSTK-CC1352R* [S33] jest zgodny programowo z zestawem *CC13x2R1 LaunchPad* [S15]. Dzięki temu możliwe jest zastosowanie wielu dotychczas dostępnych projektów [5]. Oprogramowanie dla zestawu CC1352R LPSTK jest dostarczane w ramach pakietu programowego *SimpleLink CC13x2 and CC26x2 software development kit (SDK)* [8] wraz z najnowszą wersją pakietu SimpleLink Academy [11].

Specjalnie dla zestawu CC1352R LPSTK zostały przygotowane trzy przykładowe projekty [9]. Zestaw jest dostarczany z fabrycznie zainstalowanym programem o nazwie *Multi Sensor*. Obsługuje on transmisję bezprzewodową Bluetooth LE 5.0. Umożliwia to komunikację z zastosowaniem protokołu BLE pomiędzy zestawem CC1352R LPSTK oraz smartfonem z aplikacją *SimpleLink Starter* (dostępną na system iOS [14] i Android [15]).

Szczególną zaletą zestawu CC1352R LPSTK jest możliwość jednoczesnej transmisji dwuzakresowej z różnymi protokołami komunikacyjnymi. Nową wersję oprogramowania z nowym protokołem transmisji można załadować bezprzewodowo podczas pracy programu *Multi Sensor* z aplikacją *SimpleLink Starter*.

Drugi projekt programowy umożliwia pracę dwuzakresową zestawu CC1352R LPSTK z protokołem BLE (2,4 GHz) oraz z protokołem IEEE 802.15.4 (Sub-1GHz). Jego opis znajduje się w pliku *README.html* w folderze projektu *DMM 15.4 Sensor + BLE Remote Display* [16], a dokładne omówienie jest zamieszczone w dokumencie *LPSTK TI 15.4 – Stack* [3]. Trzeci projekt dotyczy zastosowania komunikacji z protokołem BLE oraz ZigBee [9].

Porównanie konfiguracji sieci bezprzewodowych tworzonych z zastosowaniem zestawu CC1352R LPSTK zostało omówione w dokumencie *Innovate, accelerate and connect across frequency bands and protocols with the SimpleLink MCU platform* [1]. Dołączanie zestawu czujnikowego LPSTK-CC1352R do komputera oraz kasowanie wewnętrznej pamięci Flash jest opisane w artykule [S52]. Na portalu TI w sekcji szkoleń są zamieszczone bardzo przydatne prezentacje wideo. W prezentacji *Long-range, multi-band sensor networks with LPSTK-CC1352R* pokazano jak skonfigurować zestaw LPSTK-CC1352R jako węzeł czujnika Sub-1 GHz ze stosem TI-15.4 [13].

Aplikacja *dmm_154sensor_remote_display*

Projekt d*mm_154sensor_remote_display* prezentuje przykład komunikacji wieloprotokołowej, który umożliwia współbieżną obsługę protokołu IEEE 802.15.4g (w pasmie Sub-1 GHz) oraz protokołu BLE 5 (w pasmie 2,4 GHz). Ten przykład implementuje dwie sieci bezprzewodowe z zastosowaniem technologii DMM. Przykładowy projekt jest rozwinięciem wersji dla zestawu LAUNCHXL-CC1352R1. Różnica polega na tym, że aplikacja dla LPSTK wysyła dodatkowe wartości pomiarów do kolektora. Obejmuje to odczyty czujnika światła, czujnika wilgotności oraz akceleratora zestawu LPSTK. Kolektor domyślnie nie będzie wiedział jak odczytać dodatkowe odczyty czujnika.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 54fe1c0c92

Zadanie 1. Zaprogramowanie aplikacji dla zestawu czujnikowego LPSTK-CC1352R

W celu debugowania pracy zestawu CC1352R LPSTK trzeba do łącza JTAG (P2) dołączyć debuger sprzętowy [9]. Może to być debuger standardu XDS110. Najprościej można zastosować debuger XDS110 znajdujący się na płytce zestawu *CC13x2R1 LaunchPad*. Sposób dołączenia jest dokładnie opisany w poprzednim artykule serii [S52].

Zainstalowany fabrycznie w zestawie CC1352R LPSTK program *Multi Sensor* używa specjalnego programowego bootloadera o nazwie *Boot Image Manager* (BIM) [9]. Jest on umieszczony w pamięci Flash w obszarze niedostępnym podczas zwykłego programowania kodu. Może on utrudniać lub nawet uniemożliwiać uruchomienie innych programów. Poprawne uruchamianie aplikacji z programem BIM zostało dokładnie opisane w poprzednim artykule serii [S52]. Gdy występuje problem z uruchamianiem aplikacji *DMM 15.4 Sensor RD*, po jej wpisaniu do wewnętrznej pamięci Flash układu CC132R1, należy wykonać opisane niżej działania. Aplikacja działa poprawnie po uruchomieniu w środowisku CCS, jednak po odłączeniu debugera XDS110, przyciśnięcie przycisku Reset powoduje uruchomienie przez *BIM* firmowej aplikacji *Multi sensor, a* dokładniej – uruchamia aplikację z zewnętrznej pamięci Flash. Uniknięcie tego problemu wymaga wykonania trzech kroków. Należy:

- Skasować zewnętrzną pamięć Flash. Dla domyślnej aplikacji *Multi sensor* przycisnąć oba przyciski BTN-1 i BTN-2 przez 5 sekund podczas wykonywania operacji Reset (dodatkowo należy przycisnąć Reset);
- Usunąć program z wewnętrznej pamięci Flash układu CC132R1. Należy użyć programu *UniFlash* w najnowszej wersji [12]. Kasowanie całej pamięci Flash jest dokładnie opisane w poprzednim artykule serii [S52];
- Wpisać do wewnętrznej pamięci Flash układu CC132R1 aplikację *dmm_154sensor* z zastosowaniem środowiska CCS.

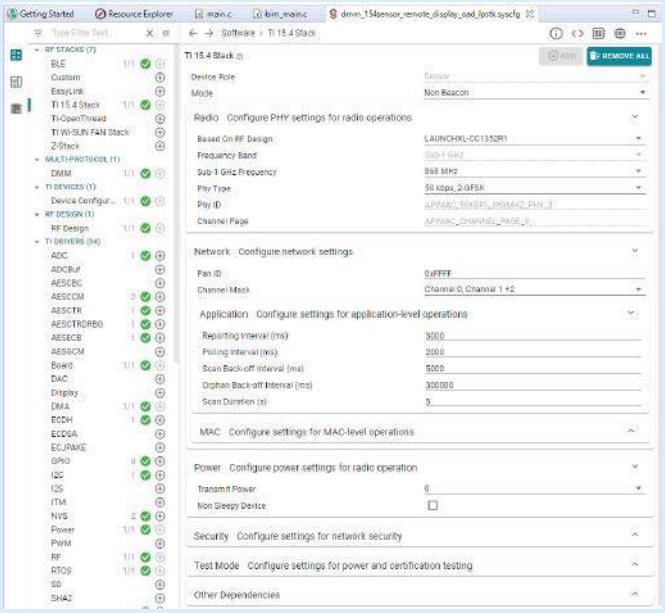
Programowanie projektu *dmm_154sensor*

Należy wykonać następujące czynności:

1. Uruchom program Code Composer Studio – dwukliknij na ikonkę CCS;
2. W oknie *Workspace Launcher* wpisz ścieżkę z nazwą: *C:\home_dir\work_DMM_154_Sensor;*
3. Nie zaznaczaj *„Use this as the default …”;*
4. Klinij *OK;*
5. Obserwuj prawy dolny róg okna, czekaj, aż wszystkie moduły środowiska *Eclipse* zostaną załadowane. Niestety, nie ma informacji o zakończeniu pracy;
6. W oknie *Getting Started* kliknij na *Resource Explorer;*
7. Jeśli zostanie wyświetlone okno dialogowe dotyczące plików cookie kliknij przycisk akceptacji. Zostanie otworzona zakładka *Resource Explorer.*

Krok 1A: Importowanie projektu *dmm_154sensor* do CCS

1. W zakładce *TI Resource Explorer* rozwiń ścieżkę:
2. Software → SimpleLink CC13x2 26x2 SDK – 5.20.00.52 → Examples → Development Tools → CC1352 LaunchPad → dmm → dmm_154sensor_remote_display_oad_lpstk_app → TI-RTOS → CCS Compiler → dmm_154sensor_remote_display_oad_lpstk_app;
3. Kliknij w prawym oknie na ikonkę „import” Import ;
4. Obserwuj prawy dolnym róg ekranu, czekaj, aż wszystkie operacje zostaną wykonane (szczególnie indeksowanie). Niestety, nie ma informacji o zakończeniu pracy;
5. W oknie *Project Explorer* rozwiń drzewo projektu *dmm_154sensor* i otwórz plik (dwukliknij) dmm_154sensor_remote_display_oad_lpstk_app.syscfg;
6. W środkowym panelu kliknij linię *TI 15.4 Stack;*



Rysunek 2. Okno ustawiania parametrów konfiguracyjnych

7. W prawym panelu rozwiń pole *RadioConfigure PHY settings for radio operations* (**rysunek 2**);
8. W polu *Sub-1 GHz Frequency* rozwiń listę i wybierz *868 MHz.* Ustawienia parametrów *Network,* oraz *Power* powinny być takie, jak na rysunku 2.

Krok 1B: Importowanie projektu *bim_offchip* do CCS

1. W zakładce *TI Resource Explorer* rozwiń ścieżkę:
2. Software → SimpleLink CC13x2 26x2 SDK – 5.20.00.52 → Examples → Development Tools → CC1352 LaunchPad → BLE-Stack → bim_offchip → No RTOS → CCS Compiler → bim_offchip;
3. Kliknij w prawym oknie na ikonkę „import” Import ;
4. Obserwuj prawy dolnym róg ekranu, czekaj, aż wszystkie operacje zostaną wykonane (szczególnie indeksowanie);

Krok 2: Budowanie wszystkich projektów

1. Z menu wybierz *Project → Clean;*
2. W oknie *Clean* kliknij przycisk *Clean;*
3. Czekaj, aż w oknie *Console* zostanie wyświetlona informacja *„Build Finished”* i zakończy pracę aplikacja *Indexer;*

Zostały zbudowane oba projekty, jednak w oknie *Console* pokazywane są teraz informacje dotyczące budowania projektu zaznaczonego w oknie *Project Explorer.* Sprawdź w oknie *Console* czy wygenerowany został plik jądra: *bim_offchip_CC1352R1_LAUNCHXL_nortos_ccs.*

4. Sprawdź czy wygenerowany został plik kodu: *dmm_154sensor_remote_display_oad_lpstk_app_CC1352R1_LAUNCHXL_tirtos_ccs.out.*

Krok 3: Zdefiniowanie konfiguracji debuggera – *Debugger Configuration*

W oknie *Project Explorer* rozwiń drzewo projektu: *dmm_154sensor_remote_display_oad_lpstk_app* oraz gałąź *targetConfigs.* Plik konfiguracji sprzętowej *CC1352R1F3.ccxml* file jest już zdefiniowany i ustawiony jako *Active/Default.*

Krok 4A: Debugowanie projektu *bim_offchip*

1. W oknie *Project Explorer* zaznacz projekt *bim_offchip_CC1352R1 _LAUNCHXL_nortos_ccs;*
2. W oknie *Project Explorer* kliknij prawym klawiszem myszki na projekt *bim_offchip_CC1352R1_LAUNCHXL_nortos_ccs;*
3. Z podręcznego menu wybierz *Debug As → Code Composer Debug Session;*

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl 54fe1c0c92

4. Czekaj, aż kursor zostanie ustawiony na pierwszej linii kodu funkcji *main();*

Uwaga! Jeśli zostanie zaproponowana aktualizacja oprogramowania firmowego XDS110 to należy ją wykonać.

5. W perspektywie *CCS Debug* zakończ sesję – kliknij na ikonkę „terminate” ;
6. Czekaj, aż aplikacja powróci do perspektywy *CCS Edit.*

Krok 4B: Debugowanie projektu *dmm_154sensor*

1. W oknie *Project Explorer* zaznacz projekt *dmm_154sensor;*
2. Kliknij na ikonkę „*debug*” ;
3. Czekaj, aż kursor zostanie ustawiony na pierwszej linii kodu funkcji *main().*

Dołączanie terminala znakowego do zestawu LPSTK

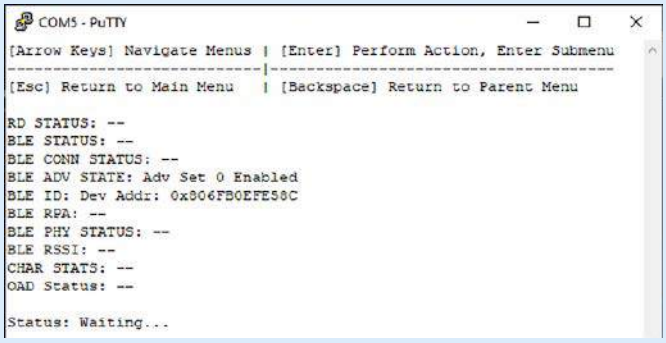
1. W oknie *Windows Device Manager* sprawdź numer portu COMxx przydzielonego dla XDS110 Class Application/User UART (COMxx);
2. Uruchom aplikację PuTTY;
3. Wybierz *Connection type* jako *Serial* (po prawej stronie okna);
4. W polu parameteru *Speed* wpisz 115200 baud;
5. W polu parameteru *Serial* wpisz numer przydzielonego portu COMxx;
6. W oknie *Category* kliknij rozwiń linię *Window* → *Colours;*
7. Zaznacz *Use system colours;*
8. Kliknij na przycisk *Open;*
9. Rozciągnij okno aplikacji PuTTy na całą szerokość ekranu.

Uwaga! Nie odłączaj zestawu C1352R1 LaunchPad SensorTag od komputera w czasie pracy aplikacji PuTTy.

Wgląd w działanie projektu *dmm_154sensor*

1. W oknie edycyjnym pliku *main.c* zobacz sekwencję inicjalizacji;
2. Opis projektu znajduje się w pliku *README* [6];
3. W perspektywie *CCS Debug* zakończ sesję debugową. Kliknij na ikonkę „terminate” ;

Zostanie uruchomiona aplikacja *15.4 Sensor Remote Display* z pamięci wewnętrznej układu CC1352R. Ponieważ przy bootowaniu nie było obrazu kodu w zewnętrznej pamięci Flash to BIM przepisze kod z pamięci wewnętrznej do zewnętrznej. Aplikacja projektu *dmm_154sensor* nie obsługuje kasowania zewnętrznej pamięci Flash. Ponowne zaprogramowanie nowej wersji aplikacji do wewnętrznej pamięci Flash układu CC1352R i wykonanie operacji Reset spowoduje uruchomienie starej wersji kodu z zewnętrznej pamięci Flash, z utratą wersji nowej. Aby skutecznie zaprogramować nową wersję kodu trzeba skasować zewnętrzną pamięć Flash. Wydaje się, że obecnie jedynym sposobem jest załadowanie aplikacji *Multi sensor* (np. poprzez OAD), skasowanie zewnętrznej pamięci Flash, skasowanie wewnętrznej pamięci Flash i zaprogramowanie nowego kodu.



Rysunek 3. Okno komunikatów projektu *dmm_154sensor* po dołączeniu do sieci WAN

Po uruchomieniu aplikacji *15.4 Sensor Remote Display* na zestawie LPSTK trzy razy szybko błyska czerwona dioda LED i gaśnie. W oknie aplikacji PuTTy wyświetlane są informacje projektu *dmm_154sensor.* Wyświetlany jest adres BLE urządzenia i informacja, że pracuje w stanie rozgłaszania. Przyciśnięcie klawisza Enter powoduje wyświetlenie na górze okna podpowiedzi o nawigacji po menu sterowania aplikacją (**rysunek 3**).

Komunikacja w pasmie Sub 1-GHz ze stosem TI 15.4 jest w stanie oczekiwania – *Waiting.* Przyciśnięcie lewego przycisku zestawu LPSTK powoduje przejście do stanu *Starting.* Układ zaczyna w pasmie Sub-1 GHz nadawać *Beacon* (co ok. 7 s). Startuje również jednoczesna (równoległa) praca stosu BLE w trybie rozgłaszania. Urządzenie jest widoczne jako *DMM 15.4 Sensor RD.*

Zadanie 2. Zaprogramowanie aplikacji *Collector*

Opis dotyczy postępowania przy programowaniu zestawu startowego *CC1352R LaunchPad.* Takie samo postępowanie jest konieczne w przypadku użycia innych zestawów startowych. W skrócie, należy postępować według poniższego opisu. Programowanie wymaga zastosowania projektu Collector.

1. Dołącz zestaw startowy *CC1352R LaunchPad* do komputera;
2. Uruchom program Code Composer Studio – dwuklik na ikonkę CCS;
3. W oknie *Workspace Launcher* wpisz ścieżkę z nazwą: Nie zaznaczaj „*Use this as the default …*”;
4. Klinij *OK;*
5. Obserwuj prawy dolny róg okna;
6. W oknie *Getting Started* kliknij na *Resource Explorer;*
7. Jeśli zostanie wyświetlone okno dialogowe odnośnie plików cookie kliknij przycisk akceptacji. Zostanie otworzona zakładka *Resource Explorer.*

Krok 1C: Importowanie projektu *collector*

1. W zakładce *TI Resource Explorer* rozwiń ścieżkę: Software → SimpleLink CC13x2 26x2 SDK – 5.20.00.52 → Examples → Development Tools → CC1352 LaunchPad → TI 15.4-Stack → collector → TI-RTOS → CCS Compiler → collectori
2. Kliknij w prawym oknie na ikonkę „import” Import ;
3. Obserwuj prawy dolnym róg ekranu. Czekaj, aż wszystkie operacje zostaną wykonane (szczególnie indeksowanie);
4. W oknie *Project Explorer* rozwiń drzewo projektu *collector_CC1352R1_LAUNCHXL_tirtos_ccs* i otwórz plik (dwuklik) *collector.syscfg;*
5. W środkowym panelu kliknij linię *TI 15.4 Stack;*
6. W prawym panelu rozwiń pole *RadioConfigure PHY settings for radio operations;*
7. W polu *Sub-1 GHz Frequency* rozwiń listę i wybierz *868 MHz;*
8. Sprawdź ustawienia parametrów *Network, Power* oraz *Securit;*
9. Otwórz plik *csf.c znajdujący się w tej lokalizacji /application/collector;*
10. Znajdź w pliku *csf.c* linie kodu (ok. 903)

```
CUI_statusLinePrintf(csfCuiHndl, deviceStatusLine,
"Sensor - Addr=0x%04x, Temp=%d, RSSI=%d",
   pSrcAddr->addr.shortAddr, pMsg->tempSensor.
ambienceTemp, rssi);
```

11. Zamień wskazaną liniena na następujący kod:

```
CUI_statusLinePrintf(csfCuiHndl, deviceStatusLine,
"Sensor - Addr=0x%04x, Temp=%d, Humidity=%d,
Light=%d, RSSI=%d",
   pSrcAddr->addr.shortAddr,
   pMsg->humiditySensor.temp,
   pMsg->humiditySensor.humidity,
   pMsg->lightSensor.rawData,
   rssi);
```

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 54fe1c0c92

Krok 2C: Budowanie projektu collector

1. Z menu wybierz *Project* → *Clean;*
2. W oknie *Clean* kliknij przycisk *Clean;*
3. Czekaj, aż w oknie *Console* zostanie wyświetlona informacja „*Build Finished*" i zakończy pracę aplikacja *Indexer;*
4. Sprawdź czy wygenerowany został plik kodu *collector_CC1352R1_LAUNCHXL_tirtos_ccs.out.*

Krok 3C: Zdefiniowanie konfiguracji debuggera – *Debugger Configuration*

W oknie *Project Explorer* rozwiń drzewo projektu: *collector_CC1352R1_LAUNCHXL_tirtos_ccs* oraz gałąź *targetConfigs*. Plik konfiguracji sprzętowej *CC1352R1F3.ccxml* file jest już zdefiniowany i ustawiony jako Active/Default.

Krok 4C: Debugowanie projektu *bim_offchip*

1. W oknie *Project Explorer* zaznacz projekt *collector_CC1352R1_LAUNCHXL_tirtos_ccs;*
2. Kliknij na ikonkę „*debug*" ;
3. Czekaj, aż kursor zostanie ustawiony na pierwszej linii kodu funkcji *main();*
4. Zamknij CCS;
5. Odłącz zestaw startowy *CC1352R LaunchPad* od komputera. Oznacz jako Collector.

Dołączanie drugiego terminala znakowego do zestawu CC1352R LaunchPad

1. Dołącz zestaw startowy *CC1352R LaunchPad* do komputera;
2. W oknie *Windows Device Manager* sprawdź numer portu COMxx przydzielonego dla XDS110 Class Application/User UART (COMxx);
3. Uruchom aplikację PuTTY;
4. Postępuj tak samo jak dla zestawu C1352R1 LaunchPad SensorTag (opis powyżej);
5. Przyciśnij przycisk Reset na zestawie *CC1352R LaunchPad.*

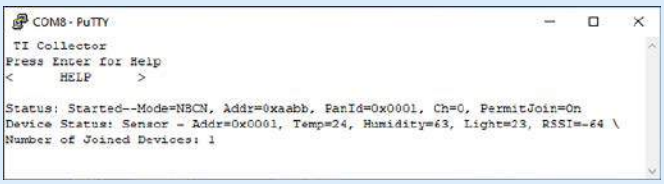
Po uruchomieniu aplikacji *15.4 Sensor Remote Display* w zestawie *CC1352R LaunchPad* trzy razy szybko błyska czerwona dioda LED i gaśnie. W oknie aplikacji PuTTy wyświetlane są informacje projektu *collector*, aplikacja jest w stanie *Waiting*. Przyciśnięcie klawisza Enter powoduje wyświetlenie na górze okna podpowiedzi o nawigacji po menu sterowania aplikacją (**rysunek 4**).

Tryby pracy aplikacji *DMM 15.4 Sensor RD*

Aplikacja *Sensor* pracuje w czterech stanach (**tabela 1**). Gdy stos BLE pracuje w stanie rozgłaszania to ma on niższy priorytet niż stos TI 15.4. Ale gdy stos BLE pracuje w stanie połączenia to ma priorytet wyższy. Taka organizacja pracy wynika z synchronicznej natury transmisji protokołu BLE. Stos TI 15.4 pracuje z transmisją asynchroniczną, więc możliwe jest powtórzenie transmisji pakietu bez utraty danych lub połączenia sieci. Dokładne omówienie pracy w trybie DMM zostało omówione w poprzednim odcinku serii [S30].

Praca z siecią WAN

Po uruchomieniu aplikacji *Sensor*, lewy przycisk służy do dołączania od sieci, a prawy przycisk służy do odłączania od sieci.



Rysunek 4. Okno komunikatów projektu *collector* po dołączeniu do sieci WAN

Po uruchomieniu aplikacji *Collector*, lewy przycisk służy do startowania sieci, a prawy przycisk służy do otwierania/zamykania sieci na dołączanie węzłów.

Parametry połączeń aplikacji *Sensor* i *Collector* są pamiętane w pamięci nieulotnej NV układu CC1352R1. Aby je wykasować (przywrócić ustawienia do stanu początkowego) należy przycisnąć i przytrzymać (przez kilka sekund) prawy przycisk zestawu *CC1352R LaunchPad* następnie dodatkowo przycisnąć przycisk Reset. Należy uważać, aby nie przytrzymywać prawego przycisku zbyt długo.

Utworzenie sieci WAN wykonujemy w następujący sposób:

1. Przyciśnij przycisk BTN-1 (lewy) na zestawie *CC1352R LaunchPad* (Collector). Po chwili czerwona dioda LED zostanie zaświecona. Zostanie utworzona sieć WAN. W oknie terminala aplikacji Collector zostaną wyświetlone parametry tej sieci:
```
Status: Started--Mode=NBCN, Addr=0xaabb,
PanId=0x0001, Ch=0, PermitJoin=Off
Device Status: -- \
Number of Joined Devices: 0
```
2. Przyciśnij przycisk BTN-2 (prawy) na zestawie *CC1352R LaunchPad* (Collector). Czerwona dioda LED zacznie migać co sygnalizuje, że sieć została otwarta na dołączanie węzłów (`PermitJoin=On`).

Dołączanie do sieci zestawu C1352R1 LaunchPad SensorTag przy pomocy aplikacji Sensor (obecnie jest w stanie *Waiting*) wykonujemy w następujący sposób. Przyciskamy przycisk BTN-1 (lewy) na zestawie C1352R1 LaunchPad SensorTag (Sensor). Powoduje to przejście aplikacji Sensor do stanu *Starting*. W sieci WAN zostanie nawiązane połączenie z węzłem Collector i węzeł Sensor zostanie dołączony do tej sieci (przechodzi do stanu *Joined*). Zostanie zaświecona czerwona dioda na zastawie LPSTK.

Okno informacji projektu *collector* pokazuje dla węzła Addr odebrane od niego dane dotyczące temperatury, wilgotności, poziomu oświetlenia oraz RSSI. Przy każdym odebraniu danych błyska zielona dioda LED na zestawie Collector i kreska na końcu linii danych obraca się o 45° (rysunek 4).

To Collector przesyła dane konfiguracji działania w sieci do węzła Sensor. Ustawienia konfiguracyjne sieci są widoczne na rysunku 3. Dane są wysyłane co 3 s. Dodatkowo Sensor wysyła do węzła Collector zapytanie o polecenia co 2 s. Polecenia można wydawać z użyciem menu w oknie informacji projektu *collector*.

Przyciśnięcie klawisza strzałki w prawo przewija po czterech pozycjach menu: HELP, CONFIGURE, NETWORK ACTTION oraz APP. Wciśnięcie klawisza Enter powoduje przejście na kolejny poziom.

I tak kombinacja APP → SEND TOGGLE + Enter spowoduje po chwili wyłączenie świecenia czerwonej diody LED na module Sensor.

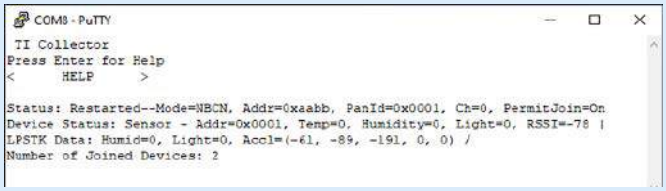
Przyciśnięcie przycisku BTN-2 (prawy) na zestawie *CC1352R LaunchPad* (Collector) powoduje zamknięcie sieci WAN na dołączanie węzłów i czerwona dioda LED przestanie migać.

Tabela 1. Tryby pracy aplikacji Sensor

Stan	Stos BLE	Stos TI 15.4	Priorytet	Opis
1	Advertising	-	BLE	Tryb rozgłaszania BLE. Brak aktywności w sieci IEEE 802.15.4.
2	Connected	-	BLE	Tryb połączenia BLE. Brak aktywności w sieci IEEE 802.15.4.
3	Advertising	Connected	TI 15.4	Tryb rozgłaszania BLE z transmisją IEEE 802.15.4.
4	Connected	Connected	BLE	Tryb połączenia BLE z transmisją IEEE 802.15.4.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 5. Okno komunikatów projektu *collector* wyświetlajace dodatkowe dane

Parametry połączeń sieci WAN (jak Addr itd.) aplikacji Sensor oraz *Collector* są pamiętane w pamięci nieulotnej NV układu CC1352R1. Aby je wykasować (przywrócić ustawienia do stanu początkowego) należy przycisnąć i przytrzymać (przez kilka sekund) prawy przycisk zestawu następnie dodatkowo przycisnąć przycisk Reset.

Przyłączenie do sieci WAN kolejnych węzłów końcowych powoduje wyświetlenie w linii Device Status ostatnio odebranych danych węzła. Węzeł Sensor po utracie połączenia z węzłem Collector przechodzi do stanu *Orphaned*. Po ponownym nawiązaniu łączności przechodzi do stanu *Rejoined* i wznawia normalną pracę z poprzednimi ustawieniami (np. adresem sieciowym).

Wyświetlanie dodatkowych danych

Aplikacja Collector może pokazywać dodatkowe dane przesyłane przez węzeł z zestawem LPSTK. W tym celu należy w projekcie Collector zdefiniować symbol „LPSTK":

1. W oknie *Project Explorer* kliknij prawym klawiszem na linię projektu *collector_CC1352R1_LAUNCHXL_tirtos_ccs;*
2. Z menu wybierz *Properties;*
3. Przejdź do *Build* → *Arm Complier* → *Predefined Symbols;*
4. W oknie Pre-define NAME kliknij na ikonkę *Add;*
5. Wpisz „LPSTK" i kliknij OK*;*
6. Kliknij Apply and Close*;*
7. Z menu wybierz *Project* → *Clean;*
8. W oknie *Clean* kliknij przycisk *Clean;*
9. Kliknij na ikonkę „*debug*" *;*
10. Kliknij na ikonkę „terminate" .

Teraz w oknie informacji projektu *collector* jest wyświetlana dodatkowa linia *LPSTK Data* z danymi odczytanymi z czujnika wilgotności, światła i akcelerometru. Dla dołączonych do sieci dwóch zestawów LPSTK dane wyświetlane są naprzemiennie (**rysunek 5**).

Szybkie prototypowanie z aplikacją mobilną

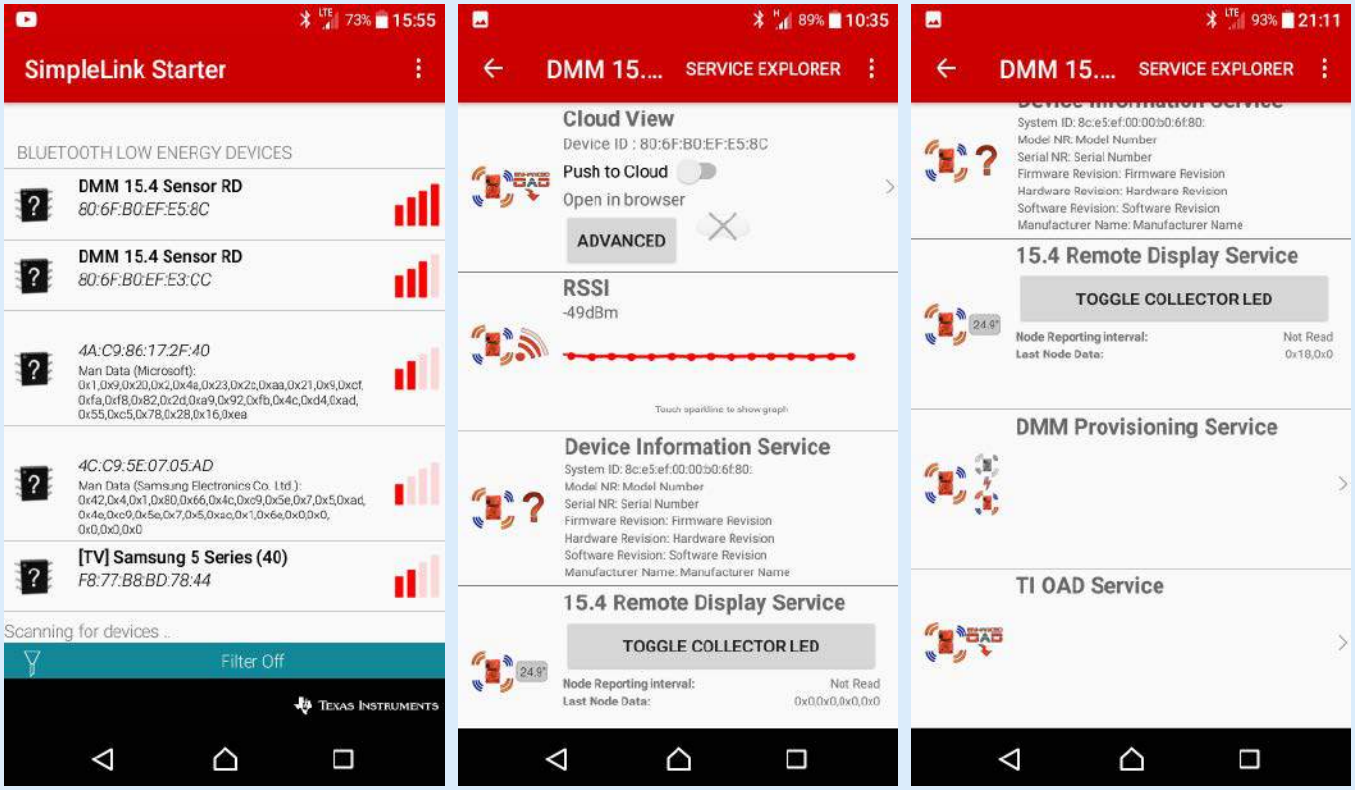
Rozpoczęcie pracy aplikacji Sensor uruchamia pracę stosu TI 15.4. Startuje również jednoczesna (równoległa) praca stosu BLE w trybie rozgłaszania. Urządzenie jest widoczne jako *DMM 15.4 Sensor RD.*

Zestaw CC1352R LPSTK może zostać dołączony poprzez łącze radiowe standardu Bluetooth LE do urządzenia mobilnego (smartfon/iPad) lub innego z obsługą tego standardu. Opis i odnośniki są zamieszczone na stronie *LPSTK-CC1352R LaunchPad SensorTag Out of Box Experience* [9]. Oprócz aplikacji *SimpleLink Starter* firmy Texas Instruments można używać aplikacji LightBlue lub BLEScanner.

Postępowanie przy uruchamianiu komunikacji z urządzeniem mobilnym przebiega w następujący sposób:

1. Pobierz darmową aplikację komunikacyjną dla swojego urządzenia mobilnego (smartfon/iPad), obsługującego transmisję bezprzewodową Bluetooth LE ver.4.0 (lub nowszą):
   a. z portalu *Apple App Store* pobierz aplikację *TI SimpleLink Starter* dla urządzeń z systemem operacyjnym iOS 10.0 i nowszym (iPhone i iPad) [14];
   b. z portalu *Google Play* pobierz aplikację *SimpleLink Starter* dla urządzeń z systemem operacyjnym Android 5.0 i nowszym [15];
2. Uruchom aplikację komunikacyjną na swoim urządzeniu mobilnym. Może to wymagać włączenia na urządzeniu radia Bluetooth;
3. W głównym oknie aplikacji wyszukaj na liście swój zestaw CC1352R LPSTK widoczny jako *DMM 15.4 Sensor RD* (**rysunek 6a**). Typowo, zestaw umieszczony blisko ma największą wartość RSSI (najwięcej kresek identyfikacji poziomu sygnału).

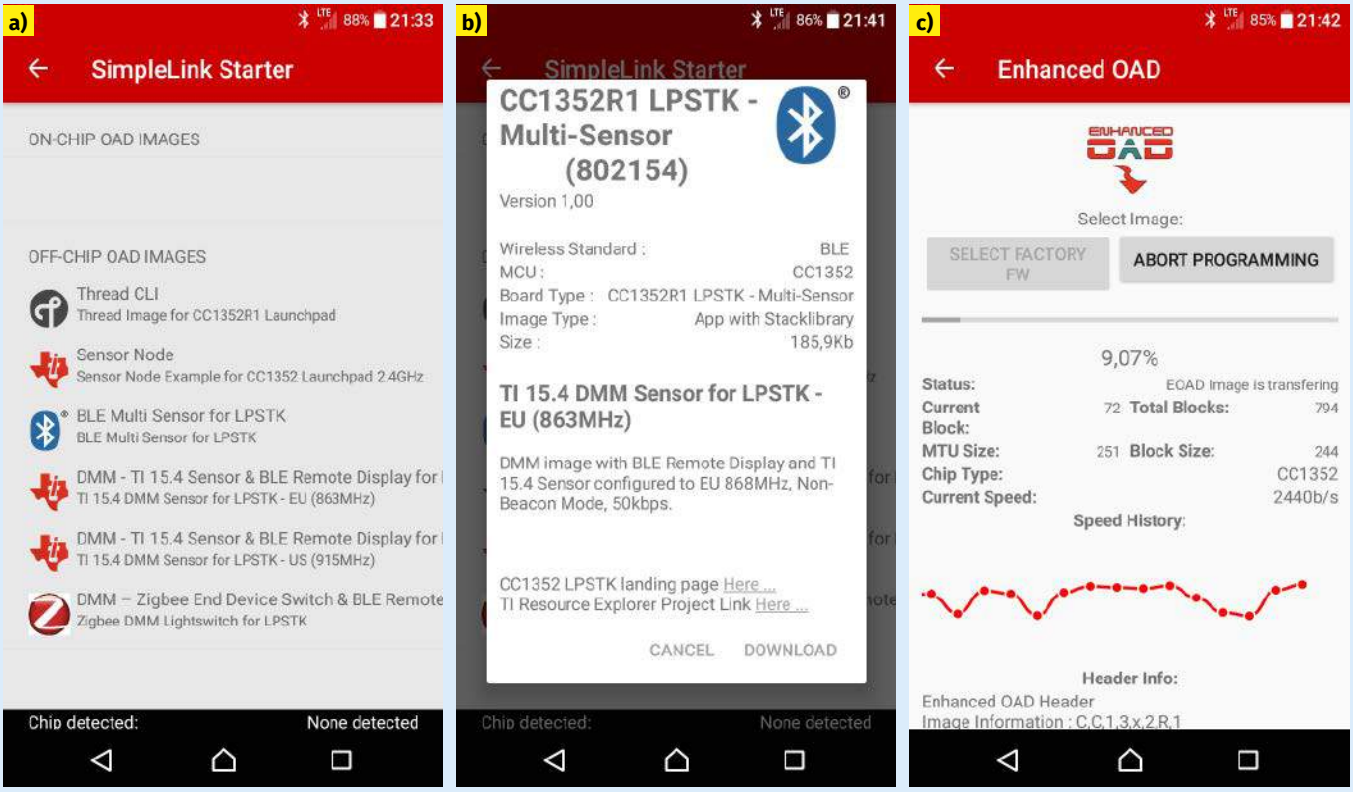
Po wybraniu zestawu pojawia się okno robocze prezentujące bieżące wartości odczytu z zestawu (**rysunek 6b**). W oknie informacji projektu *Sensor* pokazywany jest adres BLE urządzenia mobilnego oraz parametry połączenia. Oznacza to, że zestaw Sensor jest w sieci BLE w stanie komunikacyjnym „połączony". Aplikacja pokazuje



Rysunek 6. Przykładowe ekrany aplikacji SimpleLink Starter v.5.7.5

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 54fe1c0c92



Rysunek 7. Aplikacja SimpleLink Starter v.5.7.5: a) wybór oprogramowania zestawu; b) informacje o wybranym oprogramowaniu; c) okno postępu programowania

bieżący poziom odbieranego sygnału radiowego RSSI oraz informacje o zestawie. Aplikacja umożliwia również trzykrotne błyśnięcie zieloną diodą LED zestawu Collector (polecenie TOGGLE COLLECTOR LED). Zwraca uwagę natychmiastowe wykonanie polecenia. Możliwa jest też obsługa dołączania węzłów do sieci (raczej nie działa).

Literatura

[1] Innovate, accelerate and connect across frequency bands and protocols with the SimpleLink MCU platform, Adrian Fer, Nov 6, 2019, Texas Instruments, https://bit.ly/2XoKRzJ
[2] CC1352R SimpleLink multi-band wireless MCU, Texas Instruments, http://bit.ly/35tHuqc
[3] SimpleLink Academy, LPSTK TI 15.4 – Stack, Texas Instruments, https://bit.ly/39qX1uI
[4] SimpleLink multi band CC1352R wireless MCU Launchpad SensorTag kit LPSTK-CC1352R, Texas Instruments, http://bit.ly/38GI1ar
[5] LPSTK-CC1352R Quick start guide, 26 Nov 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/35sTOr0
[6] TI 15.4-Stack Collector Example, README, Texas Instruments, file:///C:/ti/simplelink_cc13x2_26x2_sdk_5_20_00_52/examples/rtos/CC1352R1_LAUNCHXL/ti154stack/collector/README.html
[7] LPSTK-CC1352R Design Files ZIP, 15 Oct 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/38Eicrr
[8] SimpleLink CC13x2 and CC26x2 software development kit (SDK) (Ver. 5.20.00.52), Texas Instruments, https://bit.ly/3lVCiGT
[9] LPSTK-CC1352R LaunchPad SensorTag Out of Box Experience (Meet the SimpleLink LPSTK-CC1352R LaunchPad SensorTag Development Kit), SimpleLink Academy, Texas Instruments, http://bit.ly/2st7tQ4
[10] Integrated Filter Balun for CC1352 (Matched Filter Balun for CC1352 and CC1352P), SWRA629A, 28 Jun 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/36DwrLq
[11] SimpleLink Academy (5.20.01.00), Texas Instruments, https://bit.ly/3kqt1p8
[12] UniFlash, 6.2.0.3059, 25 Jan 2021, Texas Instruments, http://bit.ly/2tfQzom
[13] 3.25 Connect: Long-range, multi-band sensor networks with LPSTK-CC1352R, Video training, 13:07, Nov 21, 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/38KW9iL
[14] TI SimpleLink Starter, Texas Instruments, iPhone (Requires iOS 10.0 or later.), Version 5.9, App Store, https://apple.co/3yHLlid
[15] Simplelink Starter, Texas Instruments Inc., Android 5.0 i nowszy, Version: 5.7.5, 16 czerwiec 2020, Google Play, http://bit.ly/2tk14Ub
[16] DMM 15.4 Sensor + BLE Remote Display, README, Texas Instruments, file:///C:/ti/simplelink_cc13x2_26x2_sdk_5_20_00_52/examples/rtos/CC1352R1_LAUNCHXL/dmm/dmm_154sensor_remote_display_oad_lpstk_app/README.html

Wybrane pozostałe artykuły kursu Systemy dla Internetu Rzeczy

[S14] Podglądanie ruchu w sieci radiowej z protokołem IEEE 802.15.4, EP 2/2018
[S15] Zestaw CC1352R1 LaunchPad, EP 5/2018
[S16] Dynamiczne monitorowanie prądu zasilania układu SoC, EP 6/2018
[S17] Jednoczesna komunikacja radiowa z użyciem dwóch protokołów i w dwóch pasmach, EP 8/2018
[S18] Praca z jednoczesną komunikacją radiową z użyciem dwóch protokołów i w dwóch pasmach, EP 9/2018
[S19] Bezpieczeństwo transmisji z protokołem Bluetooth Low Energy, EP 10/2018
[S30] Praca z jednoczesną komunikacją radiową BLE 5 oraz IEEE 802.15.4, EP 10/2019
[S33] Zestaw czujnikowy LPSTK – CC1352R LaunchPad SensorTag, EP 1/2020
[S52] Projekt Multi Sensor dla zestawu czujnikowego LPSTK – CC1352R LaunchPad SensorTag, EP 8/2021

Aplikacja umożliwia aktualizację bezprzewodową (OAD) oprogramowania zestawu (**rysunek 6c**). Możliwy jest wybór aplikacji firmowej lub własnej. Obecnie dostępnych jest 6 aplikacji firmowych OFF-CHIP (**rysunek 7a**): Thread, Sensor (2,4 GHz), BLE Multi Sensor (domyślna), DMM 15.4 Sensor RD – UE (868 MHz), DMM 15.4 Sensor RD – US (915 MHz) oraz DMM ZigBee. Po wyborze odpowiedniego kodu pokazywana jest informacja o nim (**rysunek 7b**). Po wystartowaniu aktualizacji pokazywane są informacje o transferze (**rysunek 7c**). Podobne informacje są pokazywane w oknie informacyjnym aplikacji Sensor. Po pomyślnym zakończeniu transferu kodu aplikacja mobilna rozłącza się. Moduł Sensor wykonuje operację Reset i startuje wykonywanie nowego kodu. Moduł pomyślnie ponawia połączenie do sieci WAN i wystawia rozgłaszanie BLE.

Podsumowanie

W przypadku większości sieci WAN, do komunikacji z istniejącym sprzętem użytkownika (np. smartfon, tablet itp.) wymagany jest dodatkowy moduł radiowy. Układ SoC, który integruje moduły radiowe Sub-1 GHz i Bluetooth LE, może skutecznie obsługiwać wiele aplikacji, znacznie redukując koszt systemu bezprzewodowego.

Obecna wersja oprogramowania firmowego (*CC13x2 26x2 SDK v5.20*) udostępnia pracę z pełnym stosem IEEE 802.15.4 oraz BLE 5. W zaprezentowanym przykładzie została pokazana sieć z protokołem IEEE 802.15.4 pracująca w pasmie 868 MHz oraz jednoczesne połączenie z komunikacją standardu BLE z urządzeniem mobilnym w pasmie 2,4 GHz. W implementacji DMM istnieją pewne ograniczenia, np. interwały połączenia mniejsze niż 60 ms, po podłączeniu BLE spowodują dużą utratę pakietów komunikacji w pasmie Sub-1GHz.

Bluetooth Low Energy oferuje platformę, na której konfigurację, obsługę i konserwację urządzenia można przeprowadzić lokalnie za pomocą smartfona lub tabletu. Co więcej, bezprzewodowe aktualizacje oprogramowania układowego (OTA) mogą być wykonywane znacznie szybciej dzięki połączeniu Bluetooth LE 5 o wyższej przepustowości.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

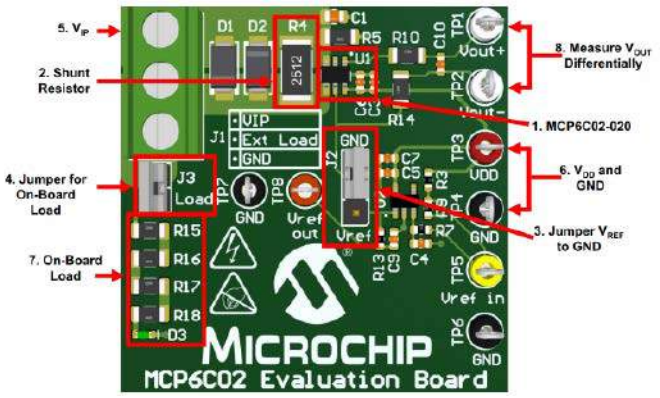
Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl 54fe1c0c92

Wygraj zestaw ewaluacyjny Microchip MCP6C02 Evaluation Board

Firma Microchip organizuje konkurs dla czytelników Elektroniki Praktycznej, w ramach którego można wygrać płytkę ewaluacyjną ADM01104 (Microchip MCP6C02 Evaluation Board), która pozwoli poznać możliwości precyzyjnego czujnika prądu high-side typu MCP6C02.

Układ MCP6C02 jest przystosowany do pomiaru prądu w dodatnim obwodzie zasilania (high-side) o napięciu roboczym z zakresu 3...65 V i może pracować w zakresie temperatur od –40°C, nawet do +150°C. Spełnia kwalifikacje AEC-Q100, co oznacza, że przeszedł określone testy i gwarantuje wysoki poziom jakości i niezawodności wymagany dla zastosowań w branży motoryzacyjnej. W przypadku obudowy SOT-23 górna granica temperatury pracy wynosi 125°C (Grade 1), natomiast dla obudowy 3×3 VDFN jest to 150°C. Układ oferuje najniższe napięcie offsetu wśród rozwiązań tego typu, a błąd offsetu wynoszący maksymalnie tylko 12 μV, pozwala na zastosowanie rezystorów bocznikowych o mniejszej wartości przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej rozdzielczości pomiaru. Te parametry powodują, że układ MCP6C02 jest dokładnym i energooszczędnym czujnikiem prądu, odpowiednim do zastosowań narażonych na ekstremalne temperatury, takich jak silnik w pompie pojazdu.



Dla uzyskania wysokiej dokładności pomiarów układ MCP6C02 firmy Microchip ma również wbudowany filtr EMI i architekturę zerowego dryftu. Filtr EMI pomaga zapewnić dodatkową ochronę przed zakłóceniami elektromagnetycznymi o wysokiej częstotliwości, podczas gdy mechanizm autokorekcji zapewnia większą dokładność pomiaru prądu. Razem te cechy umożliwiają projektowanie rozwiązań najwyższej jakości w szerokiej gamie zastosowań, takich jak pętle sprzężenia zwrotnego sterowane prądem dla układów zasilania lub sterowania silnikami, czy monitorowanie prądu ładowania akumulatorów.

Płytka testowa pozwala na szybkie i wygodne rozpoczęcie pomiarów. Ma zintegrowany rezystor bocznikowy oraz obwód obciążający. Dołączenie zasilania oraz zewnętrznego obciążenia spowoduje niewielki, mierzalny spadek napięcia na rezystorze pomiarowym, który zostanie wzmocniony przez MCP6C02. Wyjściowy sygnał różnicowy jest dostępny w zaciskach: VOUT+ i VOUT– (TP1 i TP2).

Aby mieć szansę na wygranie zestawu ewaluacyjnego MCP6C02 Evaluation Board, lub aby otrzymać kupon rabatowy 20% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie: https://bit.ly/3kpd02t.

Szczegółowe informacje na temat płytki ewaluacyjnej oraz układu MCP6C02 można znaleźć pod adresem: https://bit.ly/3kniGu2.

eprasa.pl 54fe1c0c92

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 11/2021

Dwupasmowy odbiornik nasłuchowy KF Wiesia

Pomimo dostępności wielu modeli fabrycznych odbiorników i skanerów częstotliwości zainteresowanie samodzielna budową odbiorników radiowych, w tym do nasłuchu stacji amatorskich, nie maleje. Zainteresowanie krótkofalarstwem rozpoczyna się z reguły od nasłuchu krótkofalowców. Do słuchania rozmów na pasmach amatorskich KF nie jest potrzebne żadne zezwolenie, wystarczy odbiornik przystosowany do odbioru emisji CW (telegrafii) oraz SSB (jedna wstęga boczna z wytłumioną nośną) oraz odpowiednia antena. Kluczowym elementem w opisywanym prostym odbiorniku o bezpośredniej przemianie, jest nieco starszy układ scalony typu TDA1083 (TA7613AP, A223D, 174XA10), ale wciąż dostępny w handlu.

Lampa UV do manicure

Na rynku jest dostępnych wiele lamp UV do tego typu zastosowań. Jednym z najważniejszych parametrów takich urządzeń jest ich moc. Im większa moc tym lampa lepiej oraz szybciej utwardza lakier. Niektóre lampy mają nawet możliwość regulacji mocy lecz w większości do wyboru są tylko dwa poziomy 50% oraz 100%. W lampie którą skonstruowałem dałem możliwość dokładnej regulacji od 0% do 100% mocy. Ważnym parametrem lamp jest też możliwość wyboru czasu świecenia. Fabryczne lampy mają do każdego przycisku odgórnie zaprogramowany czas, z reguły: 15 s, 30 s, 60 s, 90 s, 120 s. W opracowanej przeze mnie lampie starałem się napisać program w taki sposób, aby użytkownik miał możliwość zaprogramowania 5 indywidualnych czasów.

Przedwzmacniacz mikrofonowy z zasilaniem Phantom 48 V

Zasilanie typu Phantom zmniejsza liczbę plączących się po studiu przewodów oraz likwiduje problem wymiany baterii lub ładowania akumulatorów. Nie każdy mikrofon może być zasilany w ten sposób, a te dostępne na rynku są zazwyczaj dosyć drogie. Opisany układ działa w ten sam sposób, ale został zbudowany z łatwo dostępnych i tanich elementów i doskonale sprawdzi się np. do testów sprzętu.

Timer do pompy obiegowej

Ciepła woda użytkowa (CWU) wymaga mieszania przy użyciu pompy obiegowej, aby miała wysoką temperaturę przy punktach jej poboru. Załączenie tej pompy na stałe powoduje duże straty ciepła oraz energii elektrycznej, dlatego lepiej włączać ją cyklicznie. Zaprezentowany układ stanowi bardzo wygodne rozwiązanie tego problemu. Może on również służyć jako zwykły układ astabilny o regulowanym czasie załączenia i przerwy.

Sterownik mikro serwomechanizmów dla RPi Pico

Nakładka na Raspberry Pi Pico z driverem dwóch mikro serwomechanizmów oraz dwoma wyjściami mocy do sterowania cewek elektromagnesów lub diod LED. Wyjścia są zabezpieczone wbudowanymi diodami co upraszcza podłączenie przekaźników elektromagnetycznych lub cewek niewielkich elektromagnesów. Moduł uzupełnia przetwornica powyższająco-obniżająca typu TPS63061. Dostarcza ona napięcia 5 V do zasilania serwomechanizmów i obciążeń podłączonych do wyjść OUT oraz napięcia 4,8 V do zasilania Pi Pico.

Moduł z zegarem RTC i pamięcią FRAM po I2C

Minimoduł zawiera zegar czasu rzeczywistego i pamięć FRAM. Pamięć typu FM24LC16B firmy Cypres/Infineon jest ciekawą alternatywą dla nieulotnych pamięci EEPROM. Charakteryzuje się niewielkim poborem mocy (100 μA), identycznym czasem trwania operacji zapisu i odczytu oraz wysoką liczbą cykli zapisu – 10^{14}. Zegar RTC typu DS1338 jest podtrzymywany baterią CR1220 i zawiera kalendarz oraz 56 B pamięci RAM. Współpracuje z miniaturowym kwarcem 32,768 kHz i zawiera zintegrowany układ klucza zasilania bateryjnego.

a ponadto tematy wiodące EP 11/2021:

- TRANSMISJA DANYCH PRZEZ SIECI KOMÓRKOWE
- TRANSFORMATORY I ELEMENTY INDUKCYJNE

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 98
ARMEL 98
BORNICO 17
COMPUTER CONTROLS 9
CSI 72
ELMAX 98
FAULHABER 13, 70
GAMMA 7
GLYN 83
MICROCHIP 108
PIEKARZ 7
RENEX 7
TARGI AUTOMATICON 63
TARGI MONACHIUM 19

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Sekretarz Redakcji:
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali Współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22
e-mail: prenumerata@avt.pl

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 54fe1c0c92

Znajdź swoją Chi dzięki bezprzewodowemu ładowaniu Qi

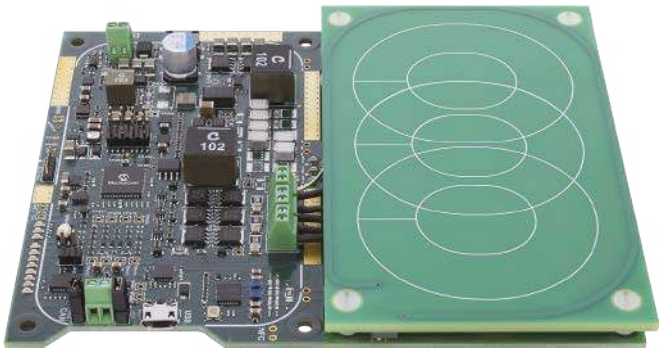
Pełne wsparcie potrzebne do wprowadzenia rozwiązań bezprzewodowego ładowania Qi 1.3

Jeśli jesteś programistą, który musi szybko przygotować certyfikowany nadajnik Qi 1.3, nie szukaj dalej! Trzycewkowy projekt referencyjny bezprzewodowego nadajnika Qi 1.3 firmy Microchip jest idealną platformą tego typu. Ta konstrukcja w pełni integruje funkcjonalność podsystemu bezpiecznej pamięci masowej z mikrokontrolerem obsługującym zasilanie bezprzewodowe.

Ponadto, ponieważ Microchip jest o uprawnionym organem certyfikacji licencjonowanym przez konsorcjum Wireless Power Consortium (WPC), zapewniamy pomoc dotyczącą bezpiecznego dostarczania klucza i certyfikatu, aby ułatwić certyfikację projektu Qi 1.3.

Microchip zapewnia wszystko, czego potrzebujesz:

- Bazujący na DSC elastyczny kontroler Qi dsPIC33 z wieloma liniami PWM i szybkimi przetwornikami ADC umożliwiającymi optymalizację projektu
- Elastyczność projektowania umożliwiająca wdrażanie niestandardowych topologii za pomocą kontrolera zgodnego z FuSa
- Oprogramowanie aplikacji Qi
- Kontroler uwierzytelniania (który jest bezpiecznym podsystemem przechowywania zatwierdzonym przez WPC)
- Biblioteki oprogramowania kryptograficznego
- inne potrzebne układy scalone dostępne w Microchip, oferujące kompleksowe rozwiązanie systemowe



MICROCHIP

microchip.com/wireless-power

Nazwa i logo Microchip oraz logo Microchip są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Microchip Technology Incorporated w Stanach Zjednoczonych i innych krajach. Wszystkie inne znaki towarowe są własnością ich zarejestrowanych właścicieli. © 2021 Microchip Technology Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone.
DS70005479A, MEC2388A-POL-09-21

eprasa.pl 54fe1c0c92