ZASILANIE I ZASILACZE

www.ep.com.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA +FTP

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Styczeń ● 1/2021 ●

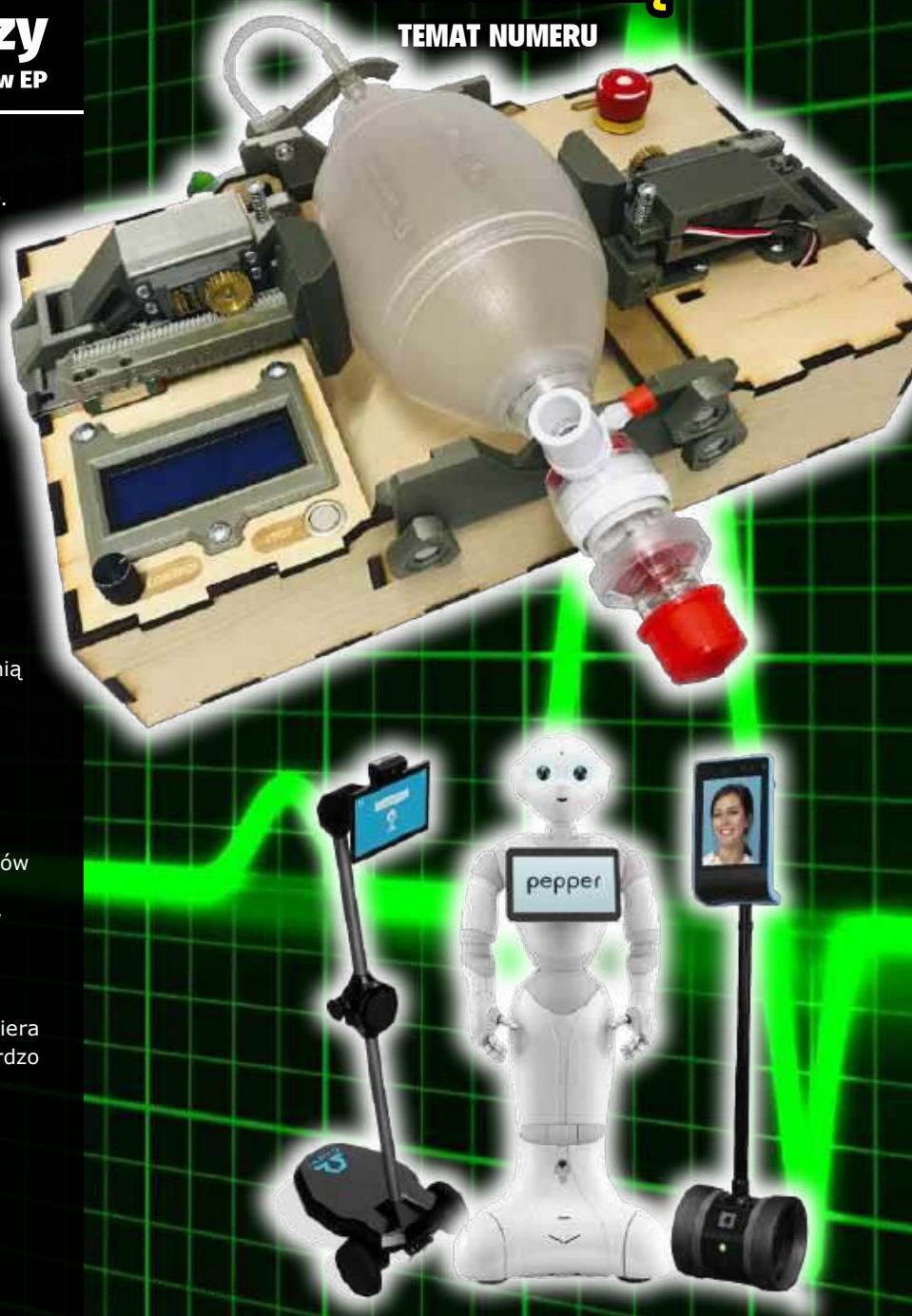
EP W TOKU NA EP.COM.PL

tylko Prenumeratorzy

mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP

ELEKTRONIKA W WALCE Z PANDEMIĄ

TEMAT NUMERU



inspirujące, użyteczne projekty

Robot do teleprezencji • Interfejs do liczników ORNO. Rejestrator danych, link USB-RS485 poprzez Wi-Fi • Cyfrowy wzmacniacz mocy stereo z interfejsem I²S • Sekwencyjny włącznik oświetlenia • Kolorofon • Latarka UV na USB • Karta sieciowa z interfejsem USB • Płytka interfejsu dla czujnika wilgotności SHT31 • Minimoduły z driverem I²C do taśm LED RGBW • Hybrydowy wzmacniacz lampowy • Praktyczne porady dla początkujących konstruktorów wzmacniaczy lampowych

podzespoły, sprzęt, aplikacje

System sterowania oświetleniem Philips Hue z użyciem środowiska Zerynth oraz języka Python • Modularyzacja projektowania systemów elektronicznych • OpenSTLinux dla procesorów z rodziny STM32MP1 • Elektronika w walce z pandemią • Respiratory DIY • Zasilacze impulsowe Finder – rozwiązanie, które spełnia oczekiwania

tutoriale

Dławiki w obwodach zasilania • Symulacja i pomiar, czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora. Kostka z rezystorów • „Masa” problemów z obwodami zasilania na płytkach PCB. Prawidłowe prowadzenie obwodu masy na płytkach PCB układów cyfrowo-analogowych

kursy

Eksperymenty z FPGA. Dyskretna transformata Fouriera • Systemy dla Internetu Rzeczy. Technika UWB – bardzo szerokiego widma emisji radiowej

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

ISSN 1230-3526 Indeks 357677

9 771230 352214 01 >

PRENUMERUJ!

Standardowe ceny prenumerat:

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

Po latach nawet **ZA PÓŁ CENY!**

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

PREZENT do każdej opłaconej prenumeraty: koszulka lub płyta

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

E-prenumerata, czyli **NAJSZYBSZY DOSTĘP**

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

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

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

Korzystaj też z innych **przywilejów PRENUMERATORA**

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

Zamów prenumeratę EP w dogodny sposób:

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

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

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

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

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

eprasa.pl 7fe4c01756

Klucz do sukcesu

Początek nowego roku jest właściwym momentem na podjęcie kluczowych decyzji. Ubiegły rok był trudnym czasem, jednak panująca pandemia przyspieszyła prace nad rozwojem różnych technologii oraz otworzyła drogę dla rozwoju nowych branż. To dobry okres, aby zdecydować, „która z nich będzie moim kluczem do sukcesu". Oto branże i technologie, którym przypisuje się intensywny rozwój i zapowiada duży popyt na nie, w najbliższych latach, a nawet miesiącach.

e-Health

W obliczu pandemii branża medyczna zaczęła intensywnie korzystać z wielu rozwiązań telekomunikacyjnych. Podjęte działania miały na celu umożliwienie realizacji podstawowej opieki medycznej przy jednoczesnym zmniejszeniu ryzyka zakażenia pacjentów i personelu medycznego. Z pewnością nie da się wyeliminować potrzeby bezpośredniego spotkania lekarza z pacjentem, ale przekonaliśmy się o tym, że wiele wizyt może przyjąć formę teleporad świadczonych drogą telefoniczną czy online. Im więcej informacji o stanie pacjenta można przesłać zdalnie, tym szerszy będzie zakres wirtualnych usług.

Drugim kierunkiem działań, skoncentrowanym wokół możliwości, jakie daje nowoczesna elektronika, jest szybka diagnostyka. Już teraz kamery działające w podczerwieni realizują natychmiastowy pomiar temperatury ciała, nawet w dużych grupach ludzi, a analiza dźwiękowa kaszlu pozwala ocenić, czy jest spowodowany groźnym wirusem. Potrzebne będą nowe metody, uwzględniające inne czynniki, bardziej niezawodne i równie bezpieczne.

Medycyna pokłada duże nadzieje w różnych dziedzinach techniki, elektronika jest tylko niewielką częścią, ale to nowe rozwiązania w elektronice umożliwią postęp w pozostałych dziedzinach.

AI for all

Sztuczna inteligencja (*AI – Artificial Inteligence* lub *SI – Sztuczna Inteligencja*) jest jednym z trendów technologicznych, któremu zapowiada się intensywny rozwój i coraz szersze zastosowanie. Potrafimy wytwarzać procesory o wystarczającej mocy obliczeniowej i realizujące współbieżność procesów na tyle sprawnie, że pozwalają na implementację algorytmów SI, nie tylko z użyciem chmury. Takie funkcje, jak rozpoznawanie obiektów, rozpoznawanie ludzkiej twarzy, rozpoznawanie mowy czy poruszanie się pojazdów autonomicznych, są realizowane z użyciem SI, a najnowsze wspierane usługi dotyczą obszarów biznesowych. Możliwości tej technologii dostrzegają najwięksi gracze – marki takie jak Google, Microsoft, Apple czy Facebook. Do poszerzania obszarów zastosowań SI potrzebni będą wykwalifikowani specjaliści, znający nie tylko kwestie techniczne, ale także prawne i etyczne.

IoT, IIoT, IoMT... IoE

Internetem Rzeczy (*IoT*) określa się urządzenia, które mogą komunikować się ze sobą za pośrednictwem Internetu i w ten sposób udostępniają i wymieniają dane. Takie urządzenia mogą być użyteczne same w sobie, ale dopiero ich większa liczba zyskuje prawdziwą wartość. Szacuje się, że liczba urządzeń IoT podłączonych do sieci w 2021 roku przekroczy 35 miliardów.

Określenie IIoT oznacza Przemysłowy Internet Rzeczy (*Industrial Internet of Things*) i odnosi się do technologi IoT zastosowanej w zakładach przemysłowych. Jest kluczową technologią Przemysłu 4.0 i odpowiada za zbieranie danych, automatyzację i komunikację, które rewolucjonizują sposób funkcjonowania obiektów przemysłowych.

Kolejną podkategorią IoT jest Internet Rzeczy Medycznych (*IoMT – Internet of Medical Things*). Rozwój technologii medycznych będzie napędzał branżę urządzeń do monitorowania stanu ludzkiego zdrowia, takich jak smart opaski czy urządzenia wszczepiane. Dzięki takim rozwiązaniom możliwe będzie uzyskanie porady lekarskiej bez wychodzenia z domu, ostrzeganie o niespodziewanym pogarszaniu się stanu zdrowia, czy automatyczne wezwanie pomocy. Choć ten kierunek dopiero się rozwija, to wstępne prognozy mówią, że do 2026 roku będzie wart ok. 150 miliardów dolarów.

Internet Rzeczy znajduje zastosowanie w różnych dziedzinach techniki, w wielu branżach przemysłu i coraz bardziej zbliża się do monitorowania i kontrolowania naszych zachowań (*IoB – Internet of Behaviors*). Nie zatrzymamy tego, ponieważ wraz z rosnącymi oczekiwaniami w stosunku do otaczającej nas techniki, jednocześnie napędzamy ten proces. IoT przeradza się w IoE (*Internet of Everything*).

Gdybym miał zdecydować, na którą branżę postawić i która może być wspomnianym „kluczem do sukcesu", to miałbym wielki dylemat. Każda z nich obfituje w technologiczne nowości, każda wymaga specjalistycznej wiedzy i dobrej znajomości rynku. Elektronika jest dynamiczną i bardzo wymagającą dziedziną, dlatego wszystkim osobom zajmującym się elektroniką życzę samych trafnych decyzji i wielu sukcesów w 2021 roku.

Damian Soskowski

eprasa.pl 7fe4c01756

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 1 (336) • Styczeń 2021

Nie przeocz

Nowe podzespoły ... 5
Dodaj do obserwowanych ... 11
Koktajl niusów ... 89

Projekty soft

Robot do teleprezencji ... 48
Interfejs do liczników ORNO. Rejestrator danych, link USB-RS485 poprzez Wi-Fi ... 54

Projekty

Cyfrowy wzmacniacz mocy stereo z interfejsem I²S ... 18
Sekwencyjny włącznik oświetlenia ... 24
Kolorofon ... 28

Miniprojekty

Latarka UV na USB ... 31
Karta sieciowa z interfejsem USB ... 32
Płytka interfejsu dla czujnika wilgotności SHT31 ... 34
Minimoduły z driverem I²C do taśm LED RGBW ... 37

Projekty czytelników

Hybrydowy wzmacniacz lampowy ... 58
Praktyczne porady dla początkujących konstruktorów wzmacniaczy lampowych ... 61

Temat numeru: Elektronika w walce z pandemią

Elektronika w walce z pandemią ... 40
Respiratory DIY ... 44

Prezentacje

Zasilacze impulsowe Finder – rozwiązanie, które spełnia oczekiwania ... 78

Wybór konstruktora: Zasilanie i zasilacze

„Masa" problemów z obwodami zasilania na płytkach PCB. Prawidłowe prowadzenie obwodu masy na płytkach PCB układów cyfrowo-analogowych ... 70
Dławiki w obwodach zasilania ... 74

Robot do teleprezencji

Teleprezencja, nazywana również teleobecnością, lub po prostu zdalną obecnością, nabrała w ostatnim czasie rozgłosu. Jest podstawą utrzymywania dystansu społecznego, który pozwala m.in. na ograniczenie przenoszenia się niebezpiecznych chorób.

Notatnik konstruktora

System sterowania oświetleniem Philips Hue z użyciem środowiska Zerynth oraz języka Python (1) ... 64
Modularyzacja projektowania systemów elektronicznych ... 67
OpenSTLinux dla procesorów z rodziny STM32MP1 (2) ... 80
Symulacja i pomiar, czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora (18). Kostka z rezystorów ... 83

Kursy

Eksperymenty z FPGA (14). Dyskretna transformata Fouriera ... 93
Systemy dla Internetu Rzeczy (44). Technika UWB – bardzo szerokiego widma emisji radiowej ... 99

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

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

Szczegóły na stronie 16

eprasa.pl 7fe4c01756

nowe podzespoły

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

Wysokostabilne rezystory cienkowarstwowe serii TNPW e3 w obudowach SMD0201

Do oferty rezystorów cienkowarstwowych TNPW e3 firmy Vishay wchodzą nowe wersje zamykane w obudowach rozmiaru SMD0201. Są to rezystory o dużej stabilności, zaprojektowane do zastosowań głównie w aplikacjach motoryzacyjnych. Zapewniają współczynnik TCR wynoszący 25 ppm/K i tolerancję 0,1%. Mogą znaleźć zastosowanie m. in. w czujnikach motoryzacyjnych i przemysłowych, aparaturze pomiarowej i medycznej oraz urządzeniach przenośnych. Wyróżniają się bardzo dobrą długoterminową stabilnością parametrów. Maksymalna dopuszczalna zmiana rezystancji wynosi mniej niż 0,05% w czasie 1000 godzin przy mocy znamionowej.

Cała rodzina rezystorów TNPW e3 obejmuje obecnie wersje zamykane w obudowach SMD rozmiaru 0201, 0402, 0603, 0805, 1206 i 1210, produkowane na zakres rezystancji od 10 kΩ do 3,01 MΩ. Zapewniają

Seria rezystorów	Rezystancja	Tolerancja	TCR	Moc znamionowa	Napięcie znamionowe
TNPW0201 e3	22...40 k	±0,5%, ±0,1%	±25 ppm/K	0,075 W	25 V
TNPW0402 e3	10...100 k	±1% ±0,5% ±0,1%	±50 ppm/K ±25 ppm/K ±15 ppm/K ±10 ppm/K	0,100 W	50 V
TNPW0603 e3	1...332 k			0,125 W	75 V
TNPW0805 e3	1...1 M			0,200 W	150 V
TNPW1206 e3	1...2 M			0,400 W	200 V
TNPW1210 e3	10...3,01 M			0,500 W	200 V

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

Autoryzowany dystrybutor Altium w Polsce

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 7fe4c01756

dużą odporność na wilgoć (85% RH przy 85°C) i na działanie siarki (ASTM B 809). Nadają się do pracy w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –55 do +155°C.

www.vishay.com

Inteligentny mikrofon MEMS z funkcją *Adaptive ZeroPower Listening*

Nowy inteligentny mikrofon cyfrowy MEMS firmy Vesper o oznaczeniu VM3011 oferuje funkcję *Adaptive ZeroPower Listening*, pozwalającą nawet 10-krotnie wydłużyć czas pracy na baterii. Funkcja ta zapewnia automatyczne „uczenie się" charakterystyki akustycznej środowiska w czasie rzeczywistym, co umożliwia ignorowanie szumu tła i aktywowanie urządzenia jedynie po zarejestrowaniu słowa kluczowego lub innego charakterystycznego dźwięku wyzwalającego. W konsekwencji system może pracować w trybie hibernacji przez ponad 90% czasu, pozwalając wydłużyć czas pracy na baterii ponad 10-krotnie.

Mikrofon VM3011 jest produkowany w obudowie o wymiarach 3,76×2,95×1,3 mm, Charakteryzuje się stopniem ochrony IP57, czasem startu poniżej 200 ns oraz poborem prądu wynoszącym od 700 µA w stanie aktywnym do 10 µA w trybie ZPL (*ZeroPower Listening*). Zawiera interfejs konfiguracyjny I²C. Jest polecany do zastosowań we wszelkiego typu urządzeniach *always-listening*, takich jak piloty telewizyjne dalekiego zasięgu, smartwatche z funkcją ciągłego nasłuchu, domowe kamery monitorujące i inne. Vesper nawiązał już kontakt z głównymi klientami, którzy planują wprowadzenie na rynek pierwszych produktów z mikrofonem VM3011 jeszcze w tym roku.

www.vespermems.com

Wzmacniacz audio klasy D z funkcją 3D surround i 30-pasmowym korektorem

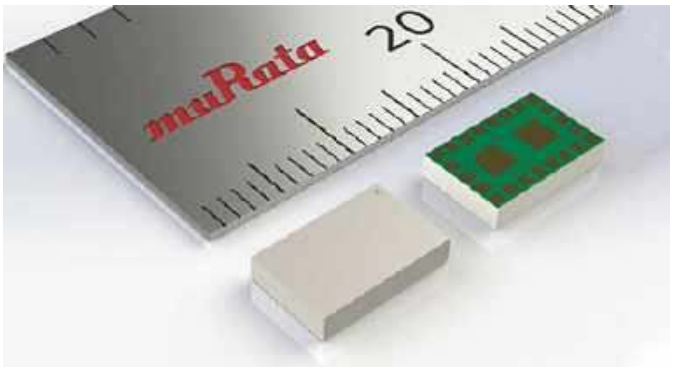
Oferta wzmacniaczy audio firmy Diodes powiększyła się o nowy 50-watowy wzmacniacz klasy D o oznaczeniu PAM8823. Może on znaleźć zastosowanie w odbiornikach TV, soundbarach, głośnikach bezprzewodowych, konsolach do gier i instrumentach muzycznych. W trybie stereofonicznym pracuje z maksymalną mocą wyjściową 2×25 W, natomiast w trybie monofonicznym osiąga maksymalną moc wyjściową 50 W. Jest wzmacniaczem cyfrowym, wyposażonym w wejście I²S i wyjście mostkowe, a dzięki wysokiej sprawności nie wymaga stosowania radiatorów ani wentylatorów. Wbudowany układ DSP realizuje zaawansowane funkcje audio, w tym 30-pasmowego korektora graficznego, regulacji głośności, miksowania sygnałów, efektu 3D surround oraz kontroli dynamiki dźwięku (DRC – *Dynamic Range Control*).

Układ PAM8823 zawiera szeregowy interfejs wejściowy (LJ/RJ/I²S) pracujący z częstotliwością próbkowania od 8 do 192 kHz i rozdzielczością od 16 do 24 bitów. Zawiera zestaw zabezpieczeń (zwarciowe, termiczne, nadnapięciowe, podnapięciowe). Pracuje z podwójnym napięciem zasilania: 3,3 V dla sekcji cyfrowej i 4,5...26 V dla obwodu wyjściowego przy poborze prądu wynoszącym 15 mA w stanie spoczynkowym i 20 µA w trybie *shutdown*. Parametry pracy wzmacniacza są programowane za pośrednictwem interfejsu I²C.

Pozostałe parametry układu:

- moc wyjściowa dla VIN=12 V:
  - 2×7 W @ 8 Ω (<1% THD+N),
  - 2×10 W @ 4 Ω (<1% THD+N),
- moc wyjściowa dla VIN=18 V:
  - 2×15 W @ 8 Ω (<1% THD+N),
- moc wyjściowa dla VIN=24 V:
  - stereo 2×25 W @ 8 Ω (<1% THD+N),
- SNR: 106 dB,
- PSRR: 73 dB,
- zakres dynamiczny: 108 dB @ 24 V,
- sprawność: 92%,
- warianty obudów: L-QFP7070-48EP, TSSOP-24EP.

www.diodes.com



Miniaturowy moduł komunikacyjny MICS do implantów medycznych

Rodzina miniaturowych modułów komunikacyjnych Type 1RM firmy Murata do zastosowań w implantach medycznych powiększyła się o nowy model LBAA0PC1RMH298 produkowany w obudowie SMD o wymiarach 8,6×5,6×1,7 mm. Jest to moduł pracujący w standardzie MICS (*Medical Implant Communication System*), zapewniający bezprzewodową transmisję danych w paśmie 402…405 MHz na odległość do 2 m przy przepustowości 128 kbps. Jest jednym z najmniejszych i najbardziej zintegrowanych tego typu modułów dostępnych obecnie na rynku, wyróżniającym się dodatkowo bardzo małym poborem prądu, wynoszącym zaledwie 0,2 µA w trybie uśpienia.

Moduł LBAA0PC1RMH298 może znaleźć zastosowanie w urządzeniach przenoszonych na ciele oraz wszczepianych, monitorujących/diagnostycznych, w tym w pompach insulinowych i baklofenowych oraz monitorach pracy serca.

www.murata.com

Nadajnik-odbiornik z trybem *WattShare* do systemów ładowania bezprzewodowego

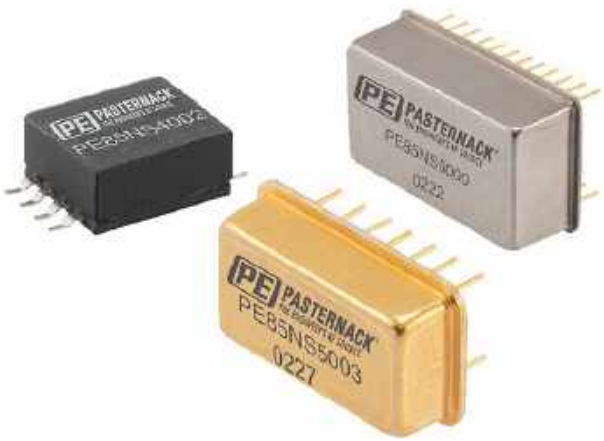
Renesas powiększa ofertę układów scalonych do systemów ładowania bezprzewodowego o nowy odbiornik P9415-R o mocy znamionowej

eprasa.pl 7fe4c01756

15 W, oferujący tryb pracy *WattShare*. Umożliwia on smartfonom, powerbankom oraz przenośnym urządzeniom przemysłowym i medycznym bezprzewodowe ładowanie innych urządzeń mobilnych i akcesoriów.

Układ P9415-R pozwala na odwrócenie przepływu mocy i ładowanie urządzeń zewnętrznych (np. smartfonów, smartwatchy lub słuchawek bezprzewodowych) maksymalną mocą 5 W w trybie nadajnika/odbiornika (*WattShare TRx*), natomiast sam może być ładowany mocą do 15 W z nadajników Qi. Jest zgodny ze specyfikacją WPC 1.3. Obsługuje dwukierunkową komunikację dla potrzeb autoryzacji/szyfrowania. Zawiera jednostkę sterującą ARM Cortex-M0, 24 kB pamięci nieulotnej MTP (*multiple-time programmable*) do łatwej aktualizacji oprogramowania firmware, wewnętrzny filtr eliminujący tętnienia prądu wyjściowego, interfejs I²C 400 kHz, zestaw obwodów zabezpieczających oraz zestaw linii GPIO. Jest zamykany w obudowie WL-CSP-53 o wymiarach 4,22×2,82×0,50 mm.

www.renesas.com

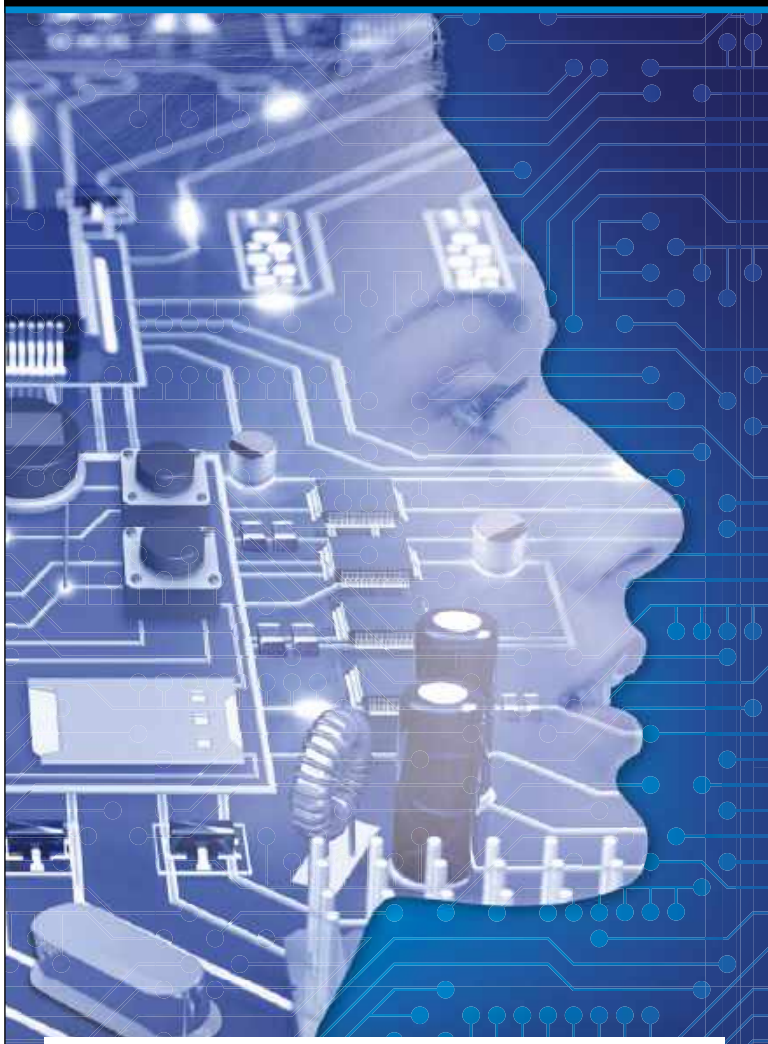


Miniaturowe źródła szumu białego do montażu SMT

Pasternack, marka firmy Infinite Electronics, dodaje do oferty serię miniaturowych źródeł szumu PE85NS4000, produkowanych w obudowach do montażu SMT. Są to komponenty stanowiące źródło dodatkowego szumu białego o rozkładzie Gaussa, mogące znaleźć zastosowanie m.in. przy zwiększaniu rozdzielczości przetworników A/C oraz testowaniu bitowej stopy błędów w telekomunikacyjnych stacjach bazowych, radarach wojskowych i komercyjnych oraz w aparaturze pomiarowej. Zapewniają równomierną moc wyjściową w zakresie częstotliwości pracy od 0,2 MHz do maksymalnie 3 GHz. Występują w 5 wersjach różniących się współczynnikiem ENR, wynoszącym od 31 do 51 dB, nierównomiernością charakterystyki częstotliwościowej (±0,5, ±1,5 dB lub ±2 dB) i pasmem (od 200 kHz do 0,5, 2 lub 3 GHz). Są przystosowane do pracy z napięciem zasilania 12 VDC w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +85°C.

REKLAMA

RUTRONIK
ELECTRONICS WORLDWIDE



ELEMENTY HIGH-TECH
do Twoich innowacji

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

- Półprzewodniki
- Elementy elektroniczne bierne
- Elementy elektromechaniczne
- Wyświetlacze i Monitory
- Płyty i Systemy Komputerowe
- Technologie pamięci
- Technologie bezprzewodowe

Informacje o RUTRONI
+48 (32) 461 2000 | rutronik_pl@rutronik.com

www.rutronik.com

COMMITTED TO EXCELLENCE
Consult | Components | Logistics | Quality

eprasa.pl 7fe4

W ofercie Pasternack dostępne są też podobne źródła serii PE85NS5000, produkowane w obudowach DIP do montażu przewlekanego. Mogą one pracować w szerszym zakresie temperatury otoczenia od –55 do +125°C.

www.infiniteelectronics.com

Małogabarytowe zasilacze sieciowe do zastosowań w przemyśle i automatyce budynków

Do oferty firmy Traco Power wchodzi nowa rodzina małogabarytowych zasilaczy sieciowych, zaprojektowanych do zastosowań w przemyśle i automatyce budynków. Akceptują napięcia wejściowe z szerokiego zakresu od 85 do 305 VAC i zawierają wyjście o standardowych napięciach 3,3, 5, 12, 15 i 24 VDC.

Oferta zasilaczy TMPW obejmuje 8 serii różniących się mocą znamionową (5, 10, 25, 50 W) i sposobem montażu (na panelach i na płytkach drukowanych). Zapewniają sprawność do 89% i izolację wejście-wyjście na poziomie 4 kV AC. Mogą pracować w temperaturze otoczenia z zakresu od –40 do +70°C. Zawierają wbudowane filtry zapewniające zgodność z wymogami normy EN 55032 class B odnośnie do poziomu przewodzonych zaburzeń elektromagnetycznych. Charakteryzują się małym poborem mocy, nieprzekraczającym 0,1 W w trybie standby. Są objęte 3-letnią gwarancją.

www.tracopower.com

Pamięci SPI NAND Flash o pojemności 1...8 Gb w obudowach LGA-8

Podczas gdy w systemach embedded tradycyjnie stosuje się pamięci SPI NOR Flash do przechowywania kodu rozruchowego i równoległe pamięci NAND Flash do przechowywania danych, niektóre rynki migrują w stronę pamięci SPI NAND Flash, mogących pełnić obie te funkcje. Nie tylko obniża to koszty podzespołów, ale też zapewnia większą niezawodność, krótszy czas rozruchu i większe prędkości zapisu/kasowania – przy mniejszych gabarytach.

Alliance Memory wprowadza na rynek nową serię pamięci SPI NAND Flash pracujących z napięciem zasilania 1,8 V i 3 V. Pamięci AS5F stanowią tańszą alternatywę dla równoległych pamięci NAND i pamięci SPI NOR Flash w systemach embedded, a dodatkowo są produkowane w mniejszych obudowach. Występują w wersjach o pojemności od 1 do 8 Gb, taktowanych zegarem o częstotliwości do 120 MHz. Mogą znaleźć zastosowanie m.in. w routerach Wi-Fi, urządzeniach mobilnych, kamerach IP, dekoderach, odbiornikach TV i urządzeniach smart home.

Pamięci AS5F zapewniają niezawodność ponad 60 tys. cykli kasowania/zapisu i 10 lat przechowywania danych. Pobierają średnio 25 mA prądu w trybie odczytu/programowania i 30 mA w trybie kasowania. Pracują w przemysłowym zakresie temperatury otoczenia od –40 do +85°C. Są zamykane w obudowach LGA-8.

www.alliancememory.com

Wysokoenergetyczne kondensatory tantalowe do zastosowań wojskowych i lotniczych

Firma Vishay wprowadza do oferty nowe kondensatory tantalowe serii EP1, które mają zapewnić zgodność z wymogami norm wojskowych i lotniczych. Wyróżniają się rekordowym współczynnikiem pojemności do objętości i napięcia znamionowego – realizowane są w technologii SuperTan. Charakteryzują się dużą pojemnością, wynoszącą od 3600 do 40000 µF w przypadku wersji w obudowach typu B oraz od 5300 do 58000 µF w przypadku wersji w obudowach typu C. Są produkowane na napięcia znamionowe od 25 do 125 VDC. Przykładowy wariant 12000 µF/80 V, zamykany w obudowie typu C, charakteryzuje się większą o 33% pojemnością od najbliższego odpowiednika.

Kondensatory EP1 charakteryzują się tolerancją wynoszącą standardowo 20%, a opcjonalnie mogą być też dostarczane w wersjach o tolerancji 10%. Znajdą zastosowanie w awionice, radarach, laserowych przyrządach celowniczych. Charakteryzują się hermetyczną konstrukcją, szerokim zakresem dopuszczalnej temperatury pracy od –40 do +85°C (do +125°C z ograniczonym napięciem) i małą rezystancją ESR, wynoszącą już od 0,015 (1 kHz, +25°C).

www.vishay.com

Energooszczędne moduły antenowe GNSS o małych gabarytach

Manhattan Skyline wprowadza na rynek trzy nowe moduły antenowe GNSS produkcji Reyax, wyróżniające się małymi wymiarami i energooszczędną pracą. Współpracują one z satelitami konstelacji GPS, GLONASS, GALILEO i BeiDou.

Moduł RYS8830 to moduł małogabarytowy i energooszczędny, zrealizowany na bazie odbiornika multi-GNSS SONY CXD5605GF/AGF z obsługą standardów GPS, GLONASS, SBAS, QZSS, BeiDou i Galileo. Jest produkowany w obudowie SMD o wymiarach 11×11×2,2 mm i zasilany napięciem 1,8 V. Komunikuje się przez interfejs UART/I²C. Zawiera filtr GNSS, wzmacniacz niskoszumowy i wbudowaną antenę (opcjonalnie może współpracować z anteną zewnętrzną). Zapewnia dokładność lokalizacji równą 1,0 m CEP.

Drugi moduł RYS8833 to odpowiednik RYS8830, przeznaczony do pracy wyłącznie z anteną zewnętrzną. Zawiera filtr SAW, wzmacniacz niskoszumowy i oscylator TCXO. Podobnie jak RYS8830 jest modułem multi GNSS, obsługującym pasma częstotliwości GPS (L1

eprasa.pl 7fe4c01756

C/A), GLONASS (L1 OF), SBAS (L1 C/A), QZSS (L1 C/A), BeiDou (B1) i Galileo (E1 CBOC). Wymiary tego modułu wynoszą 11×8×2,2 mm.

Seria RY825xx obejmuje wysokiej klasy moduły antenowe GNSS, zapewniające obsługę sygnałów z satelitów GPS & Glonass/GPS & BeiDou i przystosowane do pracy w trudnych warunkach terenowych. Bazują na module ZOE-M8G firmy uBlox. Są produkowane w obudowach o wymiarach 32×26×8,3 mm. Zapewniają dokładność lokalizacji równą 2,0 m CEP. Zawierają wbudowaną antenę, wzmacniacz niskoszumowy GNSS, baterię do podtrzymania pracy zegara RTC oraz diody LED do sygnalizacji aktywności odbiornika GNSS i obecności napięcia zasilającego. Ich wymiary wynoszą 32×26×8,3 mm.

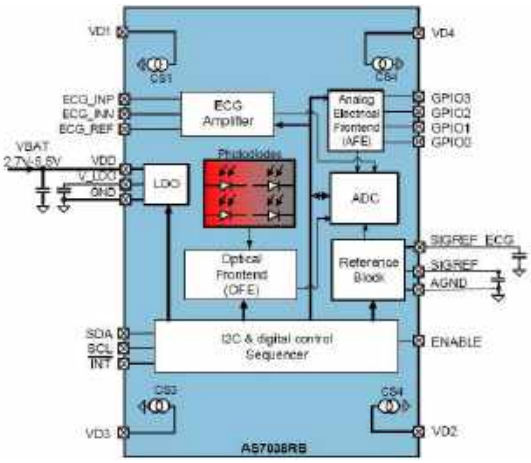
Nowe moduły antenowe GNSS mogą znaleźć zastosowanie w systemach śledzenia osób, zwierząt, zasobów i pojazdów, dronach, rolnictwie, ratownictwie i urządzeniach IoT.

www.mansky.co.uk

Ultrapłaski czujnik wysycenia krwi tlenem

AS7038RB to ultrapłaski czujnik wysycenia krwi tlenem (SpO_2) z oferty ams. Dzięki doskonałym parametrom optycznym może znaleźć zastosowanie zarówno w akcesoriach sportowych i użytkowych (słuchawki douszne, smartwatche, opaski sportowe), jak i w aparaturze medycznej. Zawiera fotodiodę o dużej czułości, 4 sterowniki diod LED, głowicę analogową i sekwenser, zamknięte w obudowie SMD o wymiarach 3,7×3,1×0,65 mm. Głowica analogowa umożliwia prowadzenie równoczesnego pomiaru EKG zgodnie z wymogami standardu medycznego IEC 6060-2-47.

Dokładność pomiaru zapewniana przez AS7038RB odpowiada dokładności pulsoksymetrów klasy medycznej, stosowanych w szpitalach. Układ pracuje w dwóch zakresach długości fali: widzialnym (590...710 nm) i bliskiej podczerwieni (800...1050 nm). Zawiera filtr interferencji, blokujący sygnały spoza pasm użytecznych, który

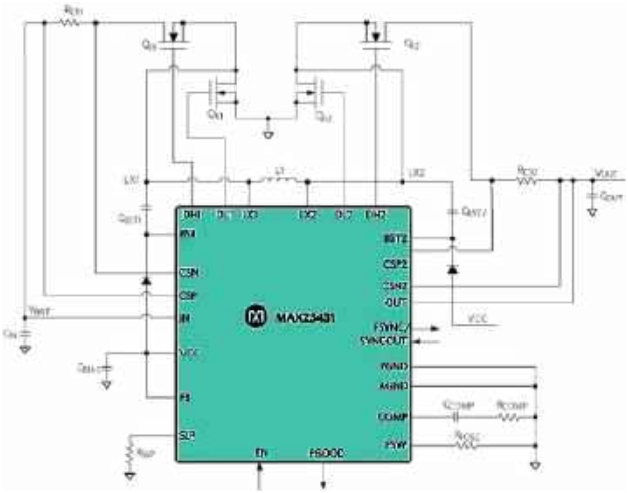


w zestawieniu z czułą fotodiodą o powierzchni aktywnej 2,5 mm² pozwala zapewnić duży stosunek sygnału do szumu. Zawiera sterowniki czterech zewnętrznych diod LED, co umożliwia montaż diod w lokalizacji optymalnej w konkretnym zastosowaniu. Mogą być one umieszczane w różnych miejscach w zależności od grubości skóry i struktury kości na nadgarstku, klatce piersiowej, czole, palcu itp.

Duża czułość i duży stosunek sygnału do szumu zapewniają efektywną pracę układu przy małej mocy optycznej diod LED. Wbudowane sterowniki pozwalają na regulowanie natężenia prądu sterującego, dając projektantowi możliwość balansowania pomiędzy poborem mocy i dokładnością pomiaru w zależności od wymogów urządzeń docelowych.

Rozpoczęcie masowej produkcji czujnika AS7038RB zaplanowano na październik 2020. Producent oferuje do niego zestaw ewaluacyjny. W ofercie AMS dostępny jest też odpowiednik o symbolu AS7038GB, którego szczytowa czułość przypada dla długości fali 525 nm. Układ ten został opracowany specjalnie do pomiaru tętna (HRM) i zmienności rytmu serca (HRV). Dostępna jest też wersja modułowa (AS7030B) z dwiema diodami LED pracującymi na długości fali 535 nm, zamykana w obudowie o wymiarach 6,20×3,55×1,00 mm.

www.ams.com



Kontroler DC-DC buck-boost o małym poborze prądu i szybkiej odpowiedzi impulsowej

Układ MAX25431 to kontroler przetwornicy DC-DC buck-boost wyróżniający się bardzo małym poborem prądu w trybie *shutdown* (maks. 10 μA) i szybką odpowiedzią impulsową. Akceptuje napięcia wejściowe z zakresu od 6 do 36 V. Umożliwia programowanie częstotliwości pracy w zakresie od 220 kHz do 2,2 MHz pojedynczym zewnętrznym rezystorem i jej synchronizowanie z zewnętrznym

REKLAMA

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

eprasa.pl 7fe4c01756

sygnałem zegarowym. Może pracować z ustalonym fabrycznie napięciem wyjściowym, wynoszącym 5 V oraz z napięciem regulowanym w zakresie od 4 do 25 V.

Szeroki zakres napięcia wejściowego (z tolerancją do 40 V) oraz stabilne napięcie wyjściowe nawet podczas przepięć na wejściu czynią układ idealnym do zastosowań w elektronice samochodowej. W zakresie małych obciążeń wejście logiczne FSYNC umożliwia przełączenie układu w tryb *forced-PWM* o stałej częstotliwości taktowania, ograniczający poziom generowanych zaburzeń elektromagnetycznych do wartości zgodnej z wymogami normy CISPR25 Class 5.

Układ MAX25431 zawiera ogranicznik prądowy, zabezpieczenie przeciążeniowe, podnapięciowe i nadnapięciowe oraz wyłącznik termiczny z automatyczną regeneracją. Nadaje się do pracy w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –40 do +125°C. Uzyskał kwalifikację AEC-Q100. Jest zamykany w 24-wyprowadzeniowej obudowie TQFN-EP SW o powierzchni 4×4 mm.

www.maximintegrated.com

Miniaturowy czujnik temperatury, ciśnienia i dwutlenku węgla

Nowy czujnik EE895 firmy E+E Elektronik umożliwia pomiar temperatury, ciśnienia barometrycznego i stężenia dwutlenku węgla. Został zaprojektowany do przyrządów pomiarowych stosowanych w systemach wentylacji i klimatyzacji w automatyce budynków i przemyśle. Ze względu na mały pobór mocy może znaleźć zastosowanie w urządzeniach bateryjnych: miernikach ręcznych, rejestratorach i czujnikach z komunikacją bezprzewodową. Oprócz pomiaru stężenia CO_2 w zakresie do 10 tys. ppm realizuje też pomiar temperatury i ciśnienia barometrycznego.

Funkcja kompensacji temperatury i ciśnienia zapewnia dużą dokładność pomiaru CO_2, niezależnie od wysokości i w zmiennych warunkach środowiskowych. Technika pomiaru NDIR na dwóch długościach fali z autokalibracją zapewnia stabilne wyniki pomiaru w długim okresie z automatyczną kompensacją efektu starzenia oraz dużą odporność na zanieczyszczenia. Fabryczna, wielopunktowa procedura dostrajania wartości CO_2 i temperatury zapewnia dużą dokładność pomiaru w całym zakresie dopuszczalnej temperatury pracy od –40 do +60°C.

Wyniki pomiaru CO_2, temperatury i ciśnienia są wyprowadzane za pomocą interfejsu I²C lub UART, służącego równocześnie do konfigurowania parametrów pracy, w tym m.in. interwału pomiarowego. Czujnik jest dostarczany w postaci modułu SMD o wymiarach 35×15×7 mm. Producent oferuje również płytkę ewaluacyjną do oceny parametrów czujnika po podłączeniu do komputera PC. Darmowe oprogramowanie ewaluacyjne umożliwia prezentowanie wyników pomiarów w formie graficznej oraz pozwala użytkownikowi na programowanie szybkości próbkowania i jednostek pomiaru temperatury i ciśnienia. Wyniki pomiarów mogą być również zapisywane do plików *.csv*.

Ważniejsze dane techniczne:

- pomiar temperatury: zakres –40…+60°C; dokładność: ±0,5°C @ 25°C,
- pomiar ciśnienia: zakres 700…1100 mb (10,15…15,95 psi); dokładność: ±2 mb @ 25°C,
- pomiar stężenia CO_2 (zakres, dokładność):
- 0...2000 ppm; ±(50 ppm +2% mv),
- 0...5000 ppm; ±(50 ppm +3% mv),
- 0...10000 ppm, ±(100 ppm +5% mv),
- interfejs: I²C lub UART,
- napięcie zasilania: 3,3…5 VDC.

www.epluse.com

Najmniejszy na rynku 8-kanałowy 16-bitowy przetwornik ADC

Układ ADS7066 to najmniejszy obecnie na rynku 8-kanałowy, 16-bitowy przetwornik ADC SAR, zamykany w obudowie WCSP o powierzchni zaledwie 1,62×1,62 mm. Pracuje z maksymalną szybkością próbkowania 250 kSps. Zawiera własne źródło napięcia referencyjnego 2,5 V, interfejs SPI i zestaw 8 programowalnych linii GPIO z możliwością konfiguracji jako wejścia analogowe, wejścia cyfrowe lub wyjścia cyfrowe. Taka architektura pozwala uprościć systemy z analogowymi i cyfrowymi sygnałami sprzężenia zwrotnego oraz z cyfrowymi sygnałami sterowania.

Ze względu na małe wymiary i małą liczbę wymaganych elementów współpracujących, układ ADS7066 jest polecany do zastosowań w aplikacjach o dużej gęstości upakowania podzespołów. Oferuje funkcję kalibracji offsetu, zapewniającą dużą dokładność w szerokim zakresie parametrów pracy oraz programowalne filtry uśredniające, pozwalające zwiększyć rozdzielczość konwersji nawet do 20 bitów. Charakteryzuje się współczynnikiem SNR równym 86 dB, zawartością harmonicznych na poziomie –100 dB i nieliniowością całkową ±1 LSB. Pracuje z podwójnym napięciem zasilania: 3…5,5 V dla sekcji analogowej i 1,65…5,5 V dla sekcji cyfrowej. Zakres dopuszczalnej temperatury pracy układu wynosi od –40 do +125°C.

www.ti.com

Wysokiej klasy antena 5G na pasmo 600...3800 MHz

Brytyjska firma Antenova Ltd, specjalizująca się w produkcji modułów antenowych do aplikacji IoT i M2M, powiększa ofertę o wysokiej klasy antenę szerokopasmową 5G o oznaczeniu Lepida SR4L054, przeznaczoną do montażu powierzchniowego. Pokrywa ona pasma telefonii komórkowej B71 (617…698 MHz), LTE 700, GSM850, GSM900, DCS1800, PCS1900, WCDMA2100, B40 (2300…2400 MHz), B7 (2500…2690 MHz) i B78 (3300…3800 MHz). Zapewnia dużą sprawność energetyczną w całym zakresie obsługiwanych częstotliwości pracy. Jest anteną z polaryzacją liniową, zaprojektowaną pod kątem uzyskania bardzo dobrej koplanarności. Może znaleźć zastosowanie w najbardziej wymagających aplikacjach w systemach komunikacyjnych 5G i 4G/LTE, gdzie parametry i niezawodność anteny nabierają dużego znaczenia. W szczególności dotyczy to sektora samochodowego, lotniczego, dronów, inteligentnych mierników i routerów 5G.

Parametr/Zakres	617–798 MHz	824–960 MHz	1,71–2,17 GHz	2,3–2,4 GHz	2,50–2,69 GHz	3,3–3,8 GHz
Maks. wzmocnienie	0,5 dBi	1,0 dBi	2,5 dBi	1,6 dBi	0,5 dBi	1,0 dBi
Średnie wzmocnienie (liniowe)	–1,5 dBi	–1,5 dBi	–1,5 dBi	–2,0 dBi	–1,5 dBi	–1,5 dBi
Średnia sprawność	>55%	>65%	>65%	>65%	>65%	>65%
Maks. straty powrotne	–6 dB	–6 dB	–6 dB	–10 dB	–10 dB	–5 dB
Maks. VSWR	2,2:1	2,5:1	2,5:1	2,1:1	1,8:1	3,8:1

Antena Lepida SR4L054 charakteryzuje się wymiarami 50,6×10,6×3,3 mm. Może pracować w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +140°C.

www.antenova.com

eprasa.pl 7fe4c01756

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.

Akcelerator graficzny dla mikrokontrolera oparty na Spartan Edge

Akcelerator pozwala na zaprojektowanie i implementację dowolnego układu wideo w postaci nakładki Shield do Arduino. Zaimplementowanie dowolnego akceleratora graficznego jest możliwe bez konieczności instalowania dodatkowych procesorów lub dokładania kolejnych płytek PCB. Obsługuje wyjście HDMI (480 p) oraz interfejs klasycznych wyświetlaczy LCD. Potrafi generować do 60 fps. Wzorowany jest na układzie stosowanym w konsoli NES. W podobny sposób obsługuje spirity (duszki) oraz oferuje 16-bitowy kolor.

Docelowo system ma zapewnić obsługę wideo do 720 p, 3-poziomowe przewijanie tła (jak w grze Super Mario Bros), obsługę warstw dla całego „świata", wsparcie dla spiritów jak w SNES-ie i 24-bitowy kolor.

Budowa modułu bazuje na układzie Spartan 7 (XC7S15) oraz ESP32.

http://bit.ly/3mUz4QO

POSIT.PRO – domowy lokalizator

POSIT.PRO to ultraszerokopasmowy (UWB) system lokalizacji w czasie rzeczywistym, oparty na modułach DWM1000. System składa się z szeregu tzw. kotwic i tagów oraz switcha PoE i serwera, który analizuje zbierane dane. Kotwice i tagi wymieniają między sobą pakiety z użyciem UWB. Kotwice wysyłają pakiety UDP do serwera PC, za pośrednictwem sieci Ethernet. Serwer otrzymuje dane o lokalizacji z kotwic i oblicza położenie znacznika (tagu).

Zarówno kotwice, jak i znaczniki używają modułów Decawave DWM1000 do realizacji komunikacji UWB. Kotwica została zaprojektowana z użyciem mikrokontrolera STM32F207. Interfejs PoE bazuje na układzie PM8800 i zawiera wszystkie funkcje wymagane przez IEEE 802.3af. Kotwica ma ponadto wbudowaną zewnętrzną pamięć Flash. Za podstawową komunikację z użytkownikiem odpowiadają

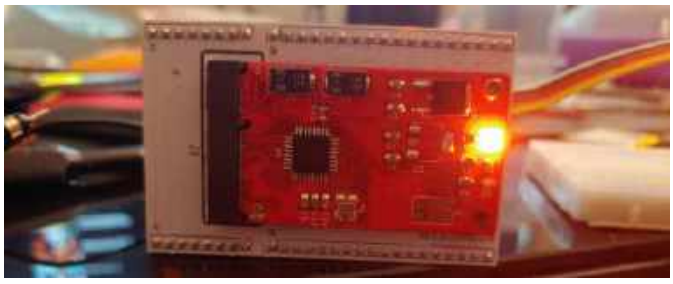
diody LED RGB (WS2812). Tagi są zbudowane z użyciem mikrokontrolerów STM32L072 i są wyposażone w moduły inercyjne LSM6DS3.

Oprogramowanie serwera zostało napisane w języku Python i jest wieloplatformowe. Zostało przetestowane w systemach Windows, Mac OS i Raspberry Pi Linux. Zaimplementowano w nim algorytmy lokalizacji TWR i TDOA.

Kotwice mogą być zasilane poprzez PoE lub złącze USB. Konfigurację można przeprowadzić przez USB lub Ethernet. Tagi są zasilane z akumulatora Li-Po i mają gniazdo USB-C do ładowania i konfiguracji.

Zasięg między urządzeniami wynosi do 30 m. Dokładność szacowania pozycji zależy od trybu RTLS. Maksymalną dokładność można uzyskać w trybie TWR i wynosi ona do 10 cm.

https://bit.ly/2WMbOtE



System komputerowy dla robotów kompatybilny z Arduino

„Wiele razy musiałem przerobić całe płytki drukowane z powodu błędu, który popełniłem podczas projektowania", napisał autor konstrukcji. Naprawianie błędów może być bardzo drogie, dlatego stworzył on system, który oddziela tanią część z mikrokontrolerem

eprasa.pl 7fe4c01756

od droższych elemetów, np. sterownika silnika czy czujników. Jeśli uszkodzeniu ulegnie mikrokontroler, można go łatwo wymienić, nie martwiąc się o resztę płytki drukowanej.

Autor zastosował złącza Mini PCI Express, które można znaleźć w laptopach. Stworzył również zestaw standardów do naśladowania, dzięki czemu można projektować własne systemy, kompatybilne z Arducompute. System zawiera trzy różne mapowania pinów, co czyni go bardzo uniwersalnym.

Specyfikacja płytki Arducompute z mikrokontrolerem:

- Jeśli mikrokontroler nie obsługuje określonego interfejsu, odpowiednie styki nie mogą być zajęte dla tego interfejsu;
- Wymienione interfejsy w mapowaniu pinów Arducompute mogą również obsługiwać inne interfejsy lub być używane jako GPIO. Na przykład piny SPI muszą obsługiwać SPI, ale system może korzystać z nich jako GPIO;
- Regulacja napięcia dla mikrokontrolera znajduje się w jego module;
- Na płytce mogą znajdować się tylko mikrokontroler i obwody pomocnicze. Nie należy umieszczać tutaj żadnych innych urządzeń peryferyjnych, z wyjątkiem sprzętu obsługującego USB i pamięci RAM;
- Styki rozruchowej pamięci ROM mogą być używane tylko przez układy bez pamięci ROM, a nie jako port SPI ogólnego przeznaczenia;
- Piny VIN mogą służyć jako wejście zasilania lub sygnał włączenia zasilania. Jeśli są używane jako zasilanie, muszą być zawsze włączone;
- Musi mieć wejście 5 V i wyjście 3,3 V;
- Wyprowadzenia I/O mogą pracować w standardzie logiki 3,3 V lub 5 V.

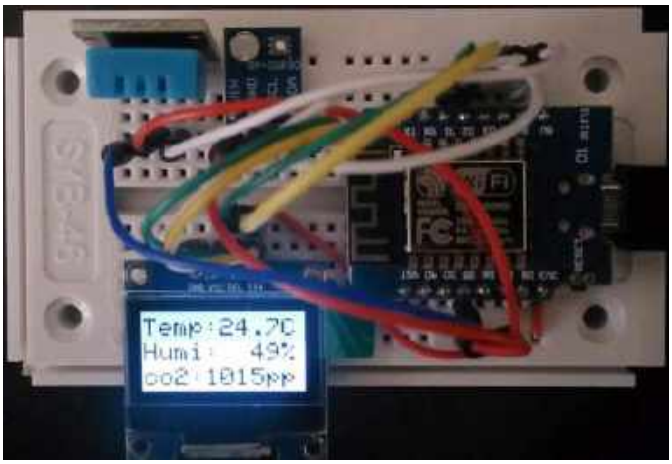
Specyfikacja płytki bazowej:

- Wszystkie translatory poziomów muszą być wbudowane na płytce bazowej, jeśli wymagana jest jednoczesna kompatybilność 3,3 V i 5 V;
- Zasilanie może być dostarczane przez szynę 5 V lub VIN lub obie;
- Sygnał reset musi mieć rezystor podciągający;
- Szyna 3,3 V jest tylko wyjściem.

Aktualny postęp:

Obecnie system jest w wersji beta, opartej na mikrokontrolerze ATMEGA328. Autor pracuje również nad płytką z STM32. Warto obserwować postępy pracy i być może włączyć się w rozwój tego ciekawego ekosystemu.

http://bit.ly/3nV8XdQ



Sensor warunków środowiskowych na ESP32

Projekt służy do pomiaru zawartości dwutlenku węgla w powietrzu, ale mierzy także temperaturę i wilgotność i prezentuje wszystko na ekranie OLED. Czujnik może również opcjonalnie wysyłać dane do serwera z bazą danych influxdb. Następnie można zastosować np. grafanę do wykreślenia ich wartości w czasie.

Inspiracja bierze się z podobnego projektu, który monitoruje zawartość dwutlenku węgla w klasach szkolnych, aby informować nauczyciela o zbyt wysokim poziomie i konieczności wywietrzenia klasy. Odpowiednio częste wietrzenie pomieszczeń pomaga także w ograniczeniu zarażeń COVID-19.

Zastosowano tu układ ESP8266 oraz czujniki SGP30 i DHT11. Sensor SPG30 nie wykrywa bezpośrednio poziomu CO_2, ale może zmierzyć „ekwiwalent CO_2". Nie jest to może najlepszy sensor do tego zadania, ale jego niewątpliwą zaletą jest niska cena.

System wyświetla zmierzone wartości na ekranie OLED, jednak może również wysyłać metryki do bazy danych influxdb i wyświetlać na pulpicie grafana. Kompletny kod programu znaleźć można na GitHubie autora (http://bit.ly/3mPzhEV).

http://bit.ly/34JsGph

Kieszonkowy wyświetlacz do ESP32

Urządzenie to podręczna płytka, oparta na układzie ESP32. Ma transfleksyjny wyświetlacz LCD z pamięcią firmy Sharp. Podobnie jak w poprzednim układzie tego autora (smartwatch Chronio) projekt koncentruje się na niskim zużyciu energii. Korzystając z rdzenia ULP w ESP32, płytka może wejść w tryb głębokiego uśpienia, pozostawiając wyświetlacz aktywnym. Oprogramowanie zawiera interfejs menu z prostym czytnikiem RSS, jednakże system może być użyty w wielu innych zastosowaniach.

Niektóre z kluczowych parametrów modułu:

- wyświetlacz SHARP z własną pamięcią, 400×240 px, przekątna 2,7",
- MPU6050, jako precyzyjne wejście sterujące (emulacja myszy i klawiatury),
- akumulator Li-Po 350 mAh z ładowaniem poprzez USB,
- zawsze włączony wyświetlacz z poborem mocy 180 μW,
- 4-kierunkowy joystick i przyciski,
- zachowane data i czas, przy użyciu wbudowanego zegara czasu rzeczywistego, z synchronizacją NTP,
- czytnik kanałów RSS i parser stron internetowych.

Obecnie autor konstrukcji cały czas ją rozwija, dodając m.in. możliwości przyjmowania powiadomień ze smartfonów itp.

http://bit.ly/3nTSKWn

Somatic – przenośny kontroler korzystający z gestów

Projekt Somatic to podręczna klawiatura i mysz. System ten przekłada znaki i ruchy wykonywane dłonią na działania, podobnie jak somatyczny składnik zaklęcia w grze RPG Dungeons & Dragons.

Każdy element na kości dłoni wyposażony jest w czujnik Halla, a pierwszy segment każdego palca ma wbudowany magnes. Zgięcie palca powoduje obrócenie magnesu, dzięki czemu możliwe jest wykrycie ruchu przez sensor Halla. Kontroler ma wbudowany moduł inercyjny EM7180SFP w pobliżu kciuka, co zapewnia

eprasa.pl 7fe4c01756

śledzenie ruchów dłoni, z wykorzystaniem wszystkich dziewięciu osi sensora.

Docelowo system ma pozwalać na wprowadzanie liter do komputera czy też sterowanie kursorem myszy poprzez wskazywanie i wpisywanie liter rysowanych w powietrzu.

Priorytety projektu Somatic to:

- kontrolowanie dowolnego komputera noszonego z wyświetlaczem HUD,
- gotowość do użycia przez cały dzień, natychmiast, bez Internetu,
- niepowodowanie zmęczenia ani nieprzeszkadzanie w wykonywaniu innych zadań,
- wystarczająca prędkość, aby przeprowadzić szybkie wyszukiwanie w Google w mniej niż 10 sekund.

Somatic nie będzie:

- odtwarzał dłoni w przestrzeni 3D,
- umożliwiał pisania na wirtualnej klawiaturze,
- korzystał z usług w chmurze.

Projekt jest nadal na dość trudnym etapie. Plany rozwoju obejmują:

- zebranie próbek gestów,
- użycie sztucznej sieci neuronowej do rozpoznawania liter,
- wdrożenie myszy żyroskopowej,
- zaprojektowanie i wykonanie płytki drukowanej dla systemu,
- zmniejszenie obudowy,
- wymianę czujników Halla z wyjściem cyfrowym, na sensory z wyjściem analogowym – aby uzyskać ciągły pomiar.

Projekt Somatic jest objęty licencją MIT. Cała jego dokumentacja dostępna jest na GitHubie (http://bit.ly/34NkV1z).

http://bit.ly/2L0PM3L

Kontroler silników Tinymovr

Tinymovr to ekonomiczny sterownik do precyzyjnego sterowania 3-fazowymi silnikami bezszczotkowymi BLDC. Jest wysoce zintegrowany – zawiera zaawansowany mikrokontroler ze sterownikami bramek (Qorvo PAC5527), kompaktowy stopień mocy (FDMD8530), zintegrowany enkoder kątowy absolutny (MPS MA702) oraz interfejsy komunikacyjne CAN oraz UART. Może działać w trybach momentu obrotowego, prędkości lub pozycji, realizując sterowanie zorientowane na pole (FOC). Można go umieścić z tyłu silnika bezszczotkowego w celu uzyskania kompaktowego modułu.

Sterownik przystosowany jest do maksymalnego napięcia wejściowego 26 V (6 S) i ciągłego prądu fazowego do 25 A. Płytka ma wymiary 40×40 mm.

Projekt cały czas się rozwija, a nowe funkcje i poprawki są szybko dodawane. W ostatnim czasie zmodyfikowano software, co zwiększyło elastyczność sterowania, stworzono wstępny pakiet testowy (mający na celu testowanie funkcji w Tinymovr Studio, a także sprawdzenie funkcjonalności płytek i oprogramowania układowego w sposób automatyczny). Testy bazują na frameworku do testów jednostkowych dla Python-a i są dostępne w katalogu tests/Studio. Dodatkowo testy wykonywane są w ramach ciągłej integracji (CI) w Githubie, z użyciem symulacji.

Tinymovr Studio działa z fizycznymi jednostkami (amperami, radianami, radami itp.) za pośrednictwem pakietu Pint. Bezproblemowo można używać dowolnych jednostek do czytania i pisania na punktach końcowych, które je obsługują.

http://bit.ly/37QYHxq

Konkurs na projekt z kodem w języku blokowym

Portal Instructables, wspólnie z Tinkercad, zorganizował konkurs na projekt z użyciem kodowania blokowego, tj. program napisany w języku graficznym, gdzie zamiast pisanych komend znajdują się graficzne bloki. Konkurs przygotowano, aby uczcić dodanie wsparcia dla płytki Micro:bit do Tinkercada, jednakże projekt konkursowy może być zbudowany z zastosowaniem dowolnej platformy sprzętowej.

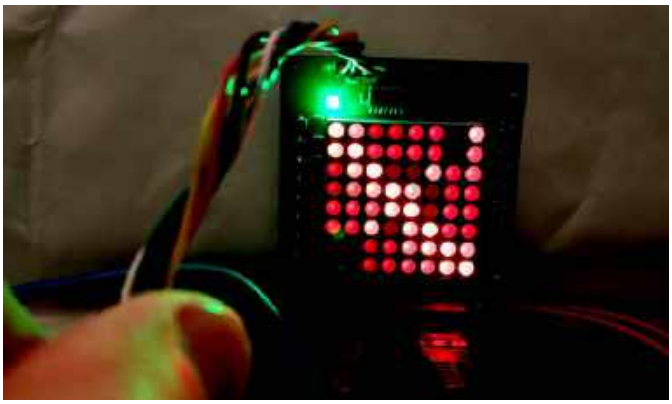
Konkurs trwa od 16 listopada 2020 roku do 11 stycznia 2021 roku. W czasie pisania tego artykułu zgłoszono niemal 60 projektów.

Do wygrania jest aż 21 nagród. Główną nagrodą jest bon o wartości 500 dolarów do sklepu Amazon, pozostałe nagrody to trzy bony

eprasa.pl 7fe4c01756

po 250 dolarów i pięć po 150 dolarów. Dodatkowo sędziowie wyróżnią jeden projekt, oparty na Micro:bit, nagrodą w postaci bonu na 250 dolarów oraz jeden projekt bazujący na Codeblocks, również nagrodą o wartości 250 dolarów. Ponadto przygotowano 10 wyróżnień dla ciekawych projektów, które nie otrzymały żadnej z powyższych nagród (bony po 50 dolarów).

http://bit.ly/3nUep0h



Tester kabli RJ45

Jest to prosty układ służący do testowania kabli 8P8C, czyli połączeń RJ45, używanych m.in. do podłączania urządzeń sieciowych Ethernet, itp. Do wyświetlania stanu kabla urządzenie używa matrycy diod 8×8, co pozwala w czytelny sposób określić, jak połączone są poszczególne żyły.

Zasada działania jest prosta. Po pierwsze, prawe końce linii kablowych są połączone z bazami tranzystorów NPN, po niskiej stronie zasilania, które sterują kolumnami w matrycy diod LED, ze wspólną katodą. Następnie zasilanie dołączane jest do każdego rzędu po kolei, a jednocześnie podawane na drugi koniec kabla. W ten sposób w rzędzie zapala się zero lub więcej diod LED, zależy z iloma żyłami połączony jest dany pin we wtyku. W ten sposób uzyskiwana jest kompletna matryca połączeń.

Pliki schematu i PCB znajdują się w sekcji plików tego projektu, podobnie jak plik zip z gerberami. W obecnej postaci układ będzie wymagał programatora mikrokontrolerów PIC, aby rozpocząć pracę, ponieważ autor zastosował mikrokontroler PIC16F1705 do skanowania wierszy. Możliwe jest jednak zastąpienie tego mikrokontrolera np. układem NE555 i 74HC4017.

http://bit.ly/38IUGdA

Sterownik z ekranem dotykowym do maszyn CNC

Urządzenie to kompatybilny z Grbl panel sterowania do maszyn CNC z 10-calowym rezystancyjnym ekranem dotykowym, sprzętowymi przyciskami startu cyklu, zatrzymania posuwu i zatrzymania cyklu, niestandardowymi przyciskami makr, przełącznikami obrotowymi do włączania i wyłączania wrzeciona, analogowym joystickiem sterującym, pokrętłami do sterowania, korekcji posuwu i obejścia wrzeciona, przyciskiem zatrzymania awaryjnego. Cały system oparty jest na Raspberry Pi oraz mikrokontrolerze ATmega328P.

Konsumenckie maszyny CNC i oprogramowanie sprzętowe typu open source przeszły długą drogę w krótkim czasie, ale nadal brakuje im niektórych funkcji, które autor konstrukcji chciał mieć w swojej maszynie numerycznej. Chociaż ręczne sterowanie jest powszechne w maszynach z systemem Mach lub LinuxCNC, najczęściej brakowało ich w maszynach CNC opartych na USB. Zazwyczaj są one również napędzane przez komputery przenośne zamiast przemysłowych, przeznaczonych do takiego właśnie zastosowania. Autor rozpoczął projekt, aby móc używać zaawansowanego sterownika kompatybilnego z Grbl w swojej maszynie, ale szybko urósł on do pełnoprawnego panelu sterowania CNC.

Moduł składa się z 10-calowego rezystancyjnego ekranu dotykowego, przycisków sprzętowych, diod LED uruchamiania cyklu, zatrzymania posuwu i zatrzymania cyklu, niestandardowych przycisków makr, włączania i wyłączania wrzeciona, analogowego joysticka, pokręteł sterujących jog, pokrętła zmiany posuwu i wrzeciona, awaryjnego stop i oczywiście pokrętła do sterowania. Wejścia sprzętowe są przesyłane do mikrokontrolera ATmega328P. Wejścia cyfrowe są przekazywane przez 3 połączone łańcuchowo 8-bitowe rejestry przesuwne. ATmega328P wysyła stan wszystkich przycisków, ekranu dotykowego, pokręteł itp. do Raspberry Pi w regularnych odstępach czasu, poprzez sprzętowy interfejs szeregowy w Pi.

Obudowa została wycięta z pojedynczego arkusza ABS na CNC. Oprogramowanie napisano w C++ z dużym udziałem Qt. Jego zadanie polega na odczytaniu zdarzenia z ekranu dotykowego i przesłanie go do jądra Linuksa, tworząc urządzenie uinput z libevdev. Dzięki temu rezystancyjny ekran dotykowy może być postrzegany jako normalne urządzenie wejściowe do aplikacji.

http://bit.ly/37UvRwe

BikeOn – proste elektryczne wspomaganie do roweru

BikeOn to lekkie urządzenie, które w kilka sekund przekształca dowolny rower w pojazd elektryczny, bez konieczności korzystania z narzędzi czy posiadania technicznych umiejętności. Wystarczy przymocować urządzenie do zębatki roweru i staje się ono wspomaganiem elektrycznym. Według jego autorów ma być częścią rozwiązania problemów transportu miejskiego.

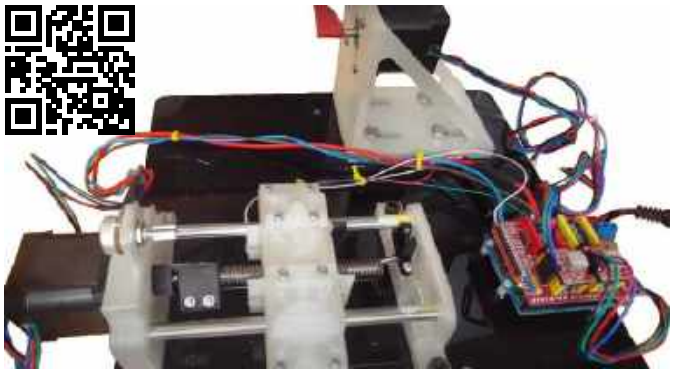
eprasa.pl 7fe4c01756

Stworzenie produktu użytecznego, praktycznego, estetycznego i stylowego było dużym wyzwaniem. Musiało być praktyczne w kilku obszarach, które obejmowały studium użyteczności oraz łatwości w utrzymaniu i produkcji.

Jak piszą projektanci, BikeOn to jedyne takie urządzenie na rynku, które łączy w sobie łatwość montażu i demontażu (w kilka sekund, bez narzędzi), kompaktowe rozmiary i niewielką wagę (poniżej 1,2 kg). Dodatkowo, wbudowane algorytmy zapewniają płynność i łatwość jazdy. Ponieważ napędza tylne koło, daje również bardzo naturalne wyczucie i prowadzenie roweru.

Prace nad BikeOn trwają już od ponad pięciu lat i zbliżają się do komercjalizacji systemu.

http://bit.ly/38CvRjL



Automatyczna nawijarka do pickupów gitarowych

Nawijanie uzwojeń przystawek gitarowych (pickupów) może być bardzo mozolne i nużące, dlatego najlepiej powierzyć tę czynność maszynie. W ten sposób myślał autor projektu i skonstruował prostą zautomatyzowaną nawijarkę do uzwojeń pickupów gitarowych.

Projekt sterowany jest poprzez Arduino Uno. Niemalże cała konstrukcja wykonana jest w technologii druku 3D i używa silników krokowych do poruszania drutem i nawijaną cewką. Autor skonstruował samodzielnie mechanizm posuwu liniowego, który przesuwa ramię do nawijania drutu wraz z postępem procesu. Cała konstrukcja spoczywa na podstawie wyciętej przy użyciu plotera laserowego.

http://bit.ly/34LJyvG

Elastyczny smartwatch

Projekt ma na celu zbudowanie cienkiego i elastycznego smartwatcha. Jego wszechstronny wyświetlacz i ekran dotykowy pozwolą wyświetlać więcej danych niż obecne urządzenia. Oprócz wskazywania czasu i wyświetlania powiadomień, zegarek będzie wyposażony w czujniki tętna, natlenienia krwi i sensor liczby wykonanych kroków, co pozwala na podstawowe monitorowanie stanu zdrowia noszącego.

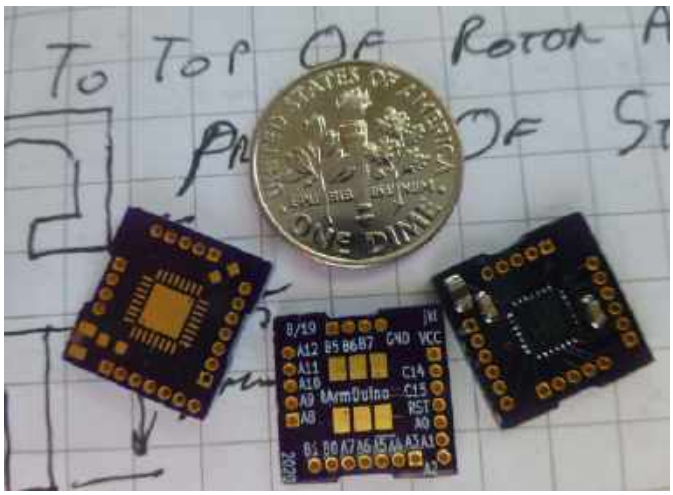
Planowane funkcje:

- elastyczna silikonowa bransoletka o wymiarach 180×32×2,5 mm,
- ekran 4,9 cala, 720×120 EPD (e-ink) (zawsze włączony),
- pojemnościowy ekran dotykowy,
- Bluetooth 4.0,
- czujnik tętna i pulsoksymetr,
- akcelerometr i magnetometr (krokomierz i kompas),
- silnik wibracyjny do powiadomień.

Czujniki tego urządzenia pozwolą użytkownikom monitorować swój stan zdrowia i wyznaczać cele fitness. Jego cienka, elastyczna konstrukcja powinna sprawić, że będzie mniej uciążliwy i wygodniejszy niż istniejące urządzenia. Otwarty charakter zwiększa prywatność użytkownika, ponieważ nie będzie producenta, który mógłby skorzystać na sprzedaży danych użytkownika.

Autor konstrukcji pracuje obecnie nad integracją wyświetlacza, testuje elastyczny wyświetlacz typu e-ink wraz z jego zestawem deweloperskim.

http://bit.ly/3mXgdo2



Ultraminiaturowy moduł Arduino

„Po raz kolejny potrzebuję małego, taniego, ale potężnego Arduino, które wydawało się nie istnieć, dlatego postanowiłem je stworzyć", mówił autor tego kompaktowego modułu. To, co małe Arduino powinno mieć, to dostęp do jak największej liczby funkcji sprzętowych, dużo pamięci Flash, połączenie programistyczne i mały rozmiar.

Mikrokontroler ARM z 3,3 V I/O wydaje się właściwym wyborem dla układu, a STMicrosystems oferuje szeroki wybór. Rozwój programów dla tego modułu wykonywany jest w środowisku Arduino, ponieważ ST dostarczyło dla niego odpowiednie biblioteki. Biblioteki te mogą wykonywać wiele zadań i oszczędzać czas podczas programowania, co pozwala autorowi skupić się na innych zadaniach.

Autor zawęził wybór do serii układów STM32L0. Zadaniem było wybranie układu, który zapewni funkcjonalność porównywalną z Arduino UNO, ale z większą pamięcią, przy oszczędnym zasilaniu bateryjnym. Większa ilość GPIO nie była istotna, dlatego autor sięgnął po 28- lub 32-pinowe układy takie jak STM32L031G6 czy STM32L071KB.

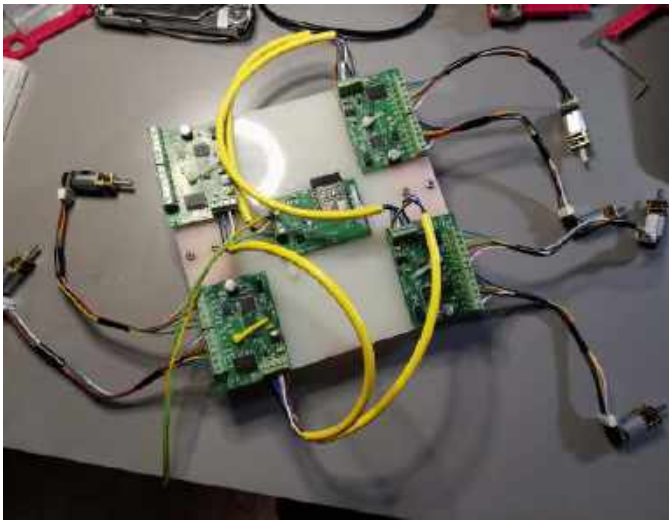
Oprócz projektu PCB i wykonania urządzenia, autor konstrukcji opracował też wsparcie dla nowej płytki w Arduino IDE. W opisie projektu można znaleźć informacje, jak tego dokonać.

http://bit.ly/3hzjV6x

Sterowany przez CAN kontroler silnika z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego

Nie ma na rynku wielu rozwiązań, dostępnych „z półki", do sterowania w układzie zamkniętej pętli dla małych silników elektrycznych. Omawiana płytka może sterować dwoma mikrosilniczkami typu Pololu, z wbudowanym enkoderem i prądowym sprzężeniem

eprasa.pl 7fe4c01756



zwrotnym. Może służyć do sterowania np. nogą robota lub czegokolwiek innego, do czego potrzeba sterowania silnikiem.

Wiele tanich projektów robotyki stosuje silniki krokowe, ponieważ są one łatwe w użyciu do tworzenia precyzyjnych aplikacji. Małe roboty są często wykonywane z serwomechanizmami, stosowanymi typowo w zdalnie sterowanych pojazdach, które pozwalają na pewien poziom kontroli pozycji. Jednak nie dają programistom pełnej kontroli. Silniki krokowe zapewniają tylko sterowanie położeniem w otwartej pętli i mogą pomijać kroki pod obciążeniem, bez łatwego sposobu wykrycia tego. Serwa hobbystyczne z kolei nie zapewniają gładkiego ruchu ani informacji zwrotnej o rzeczywistej pozycji osi.

Celem projektu jest opracowanie niedrogiej konstrukcji, która może być użyta do sterowania w pętli zamkniętej dwóch silników elektrycznych. Prąd silników będzie również monitorowany. Sterownik może być połączony z magistralą CAN, zapewniając solidność i skalowalność w zastosowaniach robotycznych.

Obecnie sterownik może zarządzać prędkością, położeniem, prądem i cyklem pracy w otwartej pętli. Obsługuje prymitywy ruchu – profile ruchu obliczane przy użyciu wbudowanej kinematyki odwrotnej dla robotów kroczących, które odciążają główny kontroler. Są wysoce konfigurowalne, z interfejsem CAN ICD. Autor opracował działające demonstracje dla zastosowania tego sterownika, w postaci m.in. stabilizowanego wahadła odwróconego na kołach, robotycznych nóg, robota pełzającego czy odtwarzania ruchu.

http://bit.ly/34QUqIq

Interkom do maski ochronnej

Projekt dla osób, które korzystają z maski typu P100 do ochrony przed patogenami. Tego rodzaju maska doskonale sprawdza się do ochrony

przed wirusem – z odpowiednim filtrem jest o wiele skuteczniejsza niż tekstylna czy jednorazowa maseczka. Wykonano ją z gumy i twardego tworzywa, dzięki czemu jest w pełni szczelna i nigdy nie przepuszcza powietrza bokami czy górną częścią. Nie powoduje zaparowania okularów itp.

Niestety, te wszystkie zalety wiążą się z poważną wadą – w takiej masce nie da się normalnie mówić, jeśli się ją nosi. Aby mówić, trzeba zdjąć maskę – dokładnie w sytuacji największego ryzyka, a niestety mówienie wydaje się nieuniknione w wielu sytuacjach.

Autor prezentowanego projektu postanowił temu zaradzić, instalując w masce mikrofon elektretowy, aby transmitować głos na zewnątrz, co ułatwiło komunikację, przy zachowaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa.

http://bit.ly/3mS7iUX

REKLAMA

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA MATERIAŁY DODATKOWE MEDIA

Aby skorzystać z materiałów dodatkowych dołączonych do numeru, należy:

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

eprasa.pl 7fe4c01756

AVT PSE - Pakiet Startowy Elektronika

Elementy pakietu:

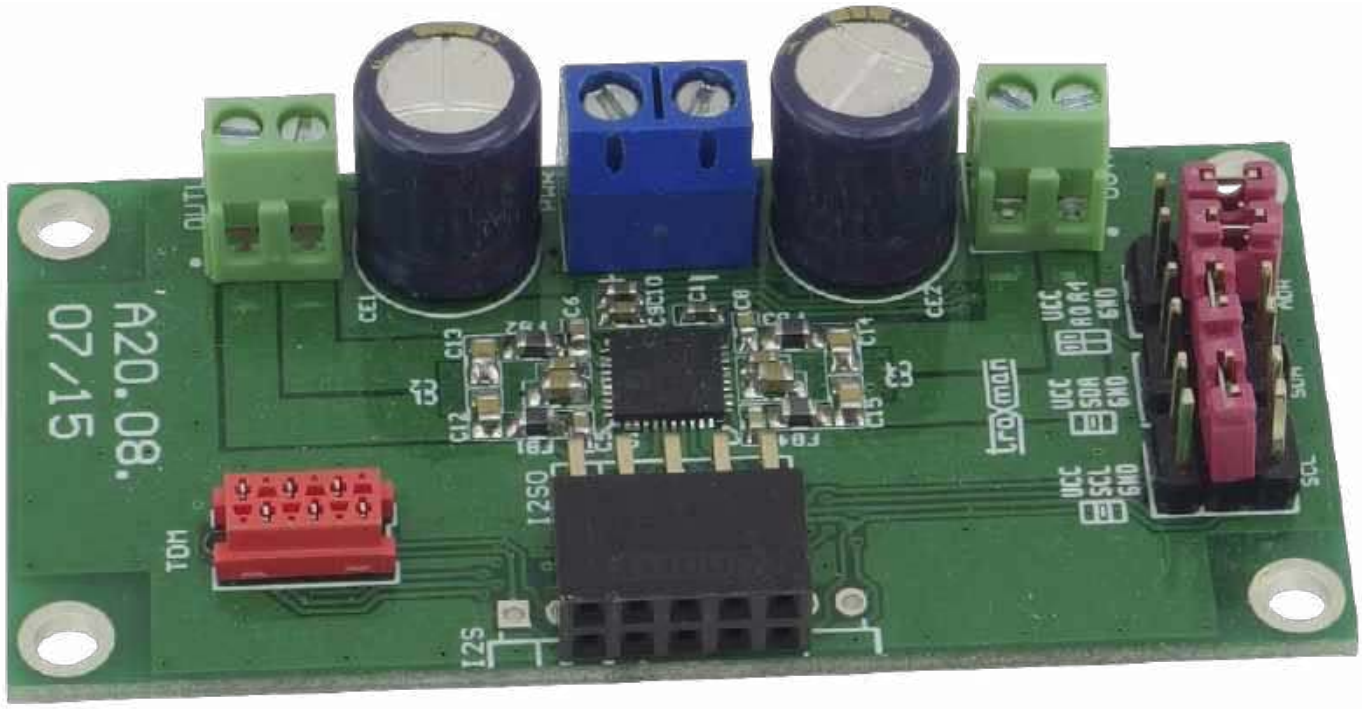
- Wysokiej jakości lutownica elektryczna kolbowa 25W/230V
- Podstawka pod lutownicę z gąbką czyszczącą
- Kalafonia aktywna ułatwiająca lutowanie
- Cyna 1mm we fiolce
- Szczypce tnące boczne ze stali narzędziowej nierdzewnej
- 3 zestawy do samodzielnego montażu:
  - AVT720 Błękitno biały mrygacz
  - AVT721 Klaskacz - akustyczne zdalne sterowanie
  - AVT793 Generator dźwięków alarmowych
- Pudełko zbiorcze

kod handlowy: AVTPSE
80 zł

sklep.avt.pl

AVT-Korporacja Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Dział Handlowy tel.: (22) 257 84 50 e-mail: handlowy@avt.pl

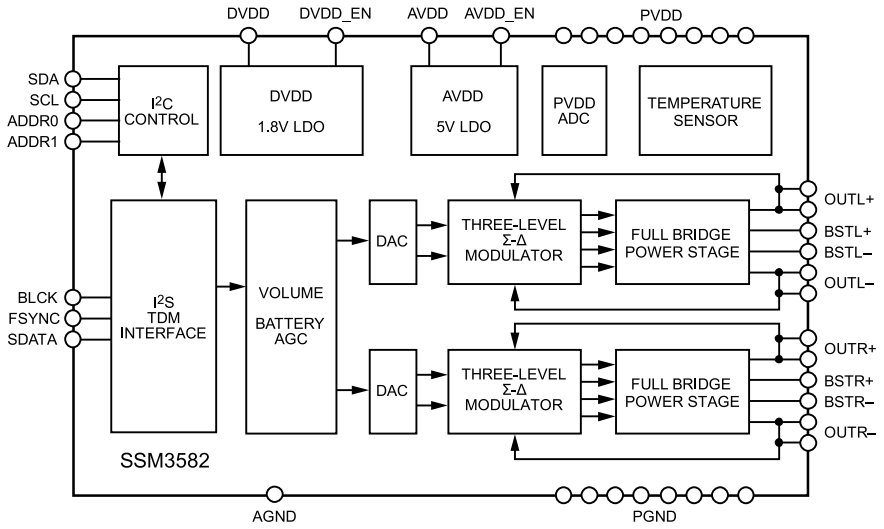
eprasa.pl 7fe4c01756



Cyfrowy wzmacniacz mocy stereo z interfejsem I²S

Zaprezentowany moduł jest kompletną cyfrową końcówką mocy audio, pracującą w klasie D. Może posłużyć do realizacji mobilnych systemów nagłośnieniowych, układów transmisji sygnału audio poprzez sieć Ethernet czy wielokanałowych głośników aktywnych. Pozwala w prosty sposób poszerzyć funkcjonalność zestawu AudioDSP, Raspberry Pi lub płytek uruchomieniowych SoC/FPGA ze złączem Pmod.

Wzmacniacz został zbudowany na bazie układu SSM3582 firmy Analog Devices, który integruje w sobie dwukanałową końcówkę mocy 2×15 W, pracującą w klasie D ze sprawnością sięgającą 90%, przetwornik DAC (24 bit/192 kHz), regulator



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna układu SSM3528

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

W ofercie AVT* AVT-5836

Podstawowe parametry:
- moc wyjściowa do 2×15 W przy 4 Ω i zasilaniu 12 V,
- sprawność sięgająca 90%,
- cyfrowy interfejs audio I²S,
- nie wymaga sygnału zegarowego MCLK dla interfejsu I²S/TDM,
- zintegrowany przetwornik DAC 24 bity/192 kHz,
- wbudowany regulator głośności i limiter,
- rozbudowany układ sterownia i kontroli poprzez magistralę I²C,
- zasilanie napięciem w zakresie 4,5…16 V.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

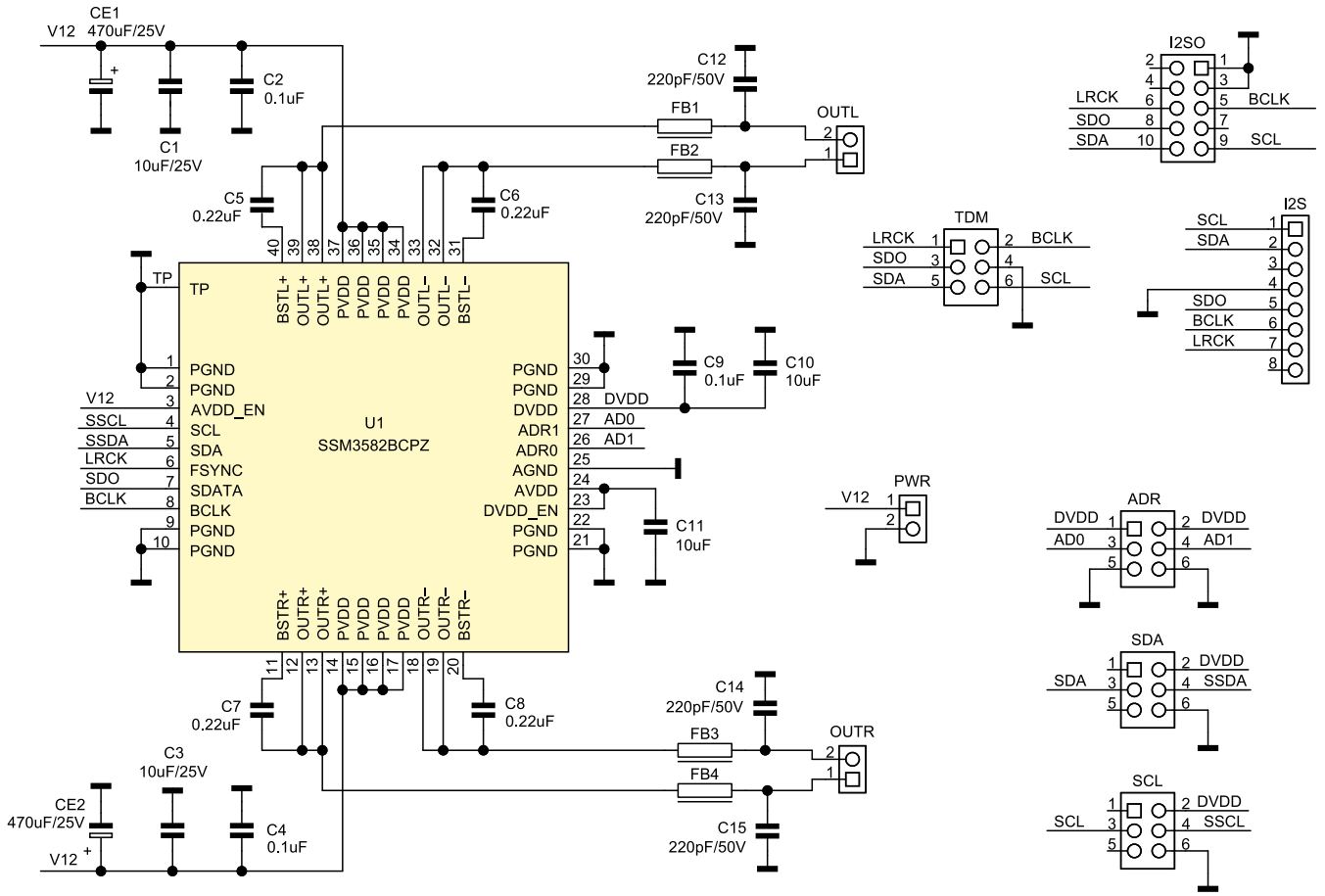
AVT-5756	Cyfrowy wzmacniacz mocy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2020)
AVT-5717	Opóźniacz dołączenia głośników zasilany 230 V (EP 9/2019)
AVT-5669	Wzmacniacz mocy audio 4×48 W/4 Ω (EP 4/2019)
----	Wzmacniacz z kanałem basowym 2.1 (EP 1/2019)

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

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

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

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 2. Schemat wzmacniacza

głośności, limiter, rozbudowany układ sterowania i kontroli poprzez magistralę I²C. Dodatkowo układ zawiera pomocniczy stabilizator LDO do zasilania wbudowanych bloków bezpośrednio z napięcia zasilającego końcówkę mocy oraz ma wbudowany układ resetu po włączeniu zasilania. Dla ułatwienia aplikacji układu, nie jest wymagany sygnał zegarowy MCLK dla interfejsu I²S/TDM. Układ zamknięty jest w obudowie LFCSP40 o wymiarach 6×6 mm z padem termicznym. W większości aplikacji nie wymaga zastosowania radiatora. Struktura wewnętrzna układu została pokazana na **rysunku 1**.

Budowa i działanie

Schemat układu wzmacniacza został pokazany na **rysunku 2**. Aplikacja nie odbiega od noty katalogowej Analog Devices, proponowanej dla wzmacniacza stereo. Sygnał wejściowy w standardzie I²S/TDM doprowadzony jest do złącza I²S zgodnego z Pmod lub I²SO zgodnego z AudioDSP, a stąd do interfejsu wejściowego układu U1 typu SSM3582.

Zasilanie końcówki mocy doprowadzone jest do złącza śrubowego PWR, układ pracuje poprawnie przy zasilaniu napięciem 4,5...16 V, należy tylko pamiętać o wydajności źródła dostosowanej do zakładanej mocy wzmacniacza. Do zasilania wewnętrznych bloków układu służy wbudowany stabilizator AVDD LDO, aktywowany wyprowadzeniem AVDD_EN oraz stabilizator DVDD LDO, aktywowany sygnałem DVDD_EN. Kondensatory C9...C11 odsprzęgają zasilania AVDD, DVDD układu U1. Kondensatory

Tabela 1. Adresacja SSM3582

ADRx Pin		Device Address	TDM Slot	
ADR0	ADR1		MONO = 0	MONO = 1
0	0	0x10	1, 2	1
0	1	0x11	3, 4	2
1	0	0x12	5, 6	3
1	1	0x13	7, 8	4
0	Pull-down	0x14	9, 10	5
0	Pull-up	0x15	11, 12	6
1	Pull-down	0x16	13, 15	7
1	Pull-up	0x17	15, 16	8
Pull-down	0	0x18	17, 18	9
Pull-down	1	0x19	19, 20	10
Pull-up	0	0x1A	21, 22	11
Pull-up	1	0x1B	23, 24	12
Pull-down	Pull-down	0x1C	25, 26	13
Pull-down	Pull-up	0x1D	27, 28	14
Pull-up	Pull-down	0x1E	29, 30	15
Pull-up	Pull-up	0x1F	31, 32	16

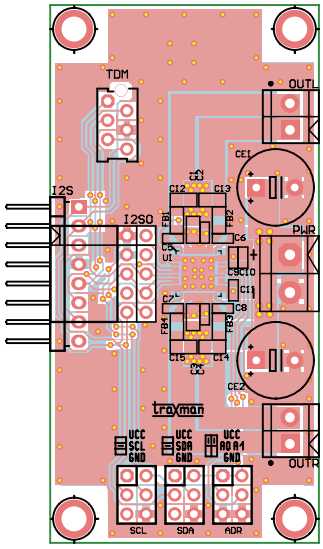
Wykaz elementów:

Kondensatory:
C1, C3: 10 µF/25 V ceramiczny SMD0805
C2, C4, C9: 0,1 µF/50 V ceramiczny SMD0603
C5…C8: 0,22 µF/50 V ceramiczny SMD0603
C10, C11: 10 µF/50 V ceramiczny SMD0603
C12…C15: 220 pF/50 V ceramiczny SMD0805
CE1, CE2: 470 µF/25V elektrolityczny LOW ESR R=5 mm

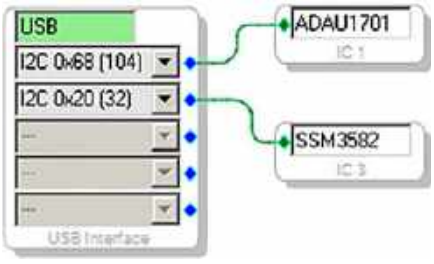
Półprzewodniki:
U1: SSM3528BCPZ (LFCSP40)

Pozostałe:
FB1…FB4: dławik ferrytowy BLM21PG121SN1D SMD0805
ADR, SCL, SDA: IDC6 + zworki
I2S: złącze kątowe SIP8
I2SO: złącze kątowe 2×5 pin żeńskie
OUTL, OUTR: złącze śrubowe DG381-3.5-2
PWR: złącze śrubowe DG126-5.0-2
TDM: złącze micromatch 6 pin

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów



Rysunek 4. Konfiguracja zestawu AudioDSP i SSM3582

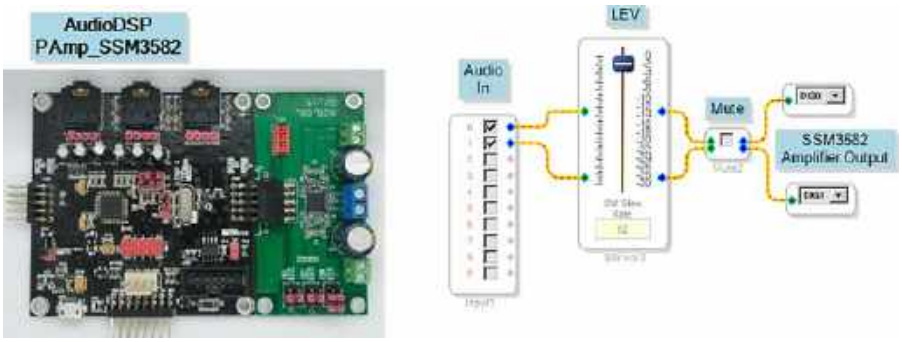
CE1, CE2, C1...C4 zapewniają filtrację i odsprzęganie zasilania stopnia mocy. Kondensatory C5...C8 są elementami obwodu bootstrap stopnia mocy. Wzmocniony sygnał wyjściowy, po filtracji w obwodzie z elementami FB1...FB4, C12...C15, doprowadzony jest do złączy śrubowych OUTL, OUTR.

Parametryzacja i kontrola pracy układu odbywa się poprzez interfejs I²C. W przypadku współpracy z systemami Pmod, interfejs I²C należy doprowadzić do dodatkowych pinów 1, 2 złącza I²S, w przypadku AudioDSP nie są wymagane dodatkowe połączenia, gdyż interfejs I²C dostępny jest domyślnie na złączu I²SO (moduł podłączmy z prawej strony zestawu). Złącze TDM umożliwia kaskadowe łączenie modułów, jeżeli realizujemy wzmacniacz wielokanałowy np. w konfiguracji 2.1/5.1. Połączenia pomiędzy poszczególnymi modułami wykonane są taśmą 1:1 ze złączami micromatch 6 pin. Zasilanie do złącza PWR należy doprowadzić niezależnie do każdego modułu wzmacniacza. Układ uzupełniają zworki ADR, SDA, SCL umożliwiające konfigurację interfejsu I²C. Wszystkie piny wejściowe akceptują napięcie z zakresu 1,8...5,5 V, należy pamiętać o zewnętrznym podwieszeniu magistrali I²C do dodatniego zasilania części cyfrowej.

Tabela 2. Konfiguracja SSM3582 w trybie samodzielnym

Sample Rate	ADDR0	ADDR1	SDA	SCL	TDM Slot(s)	MONO
32 kHz to 48 kHz	0	Open	0	0	1, 2	0
	1	Open	0	0	3, 4	0
	Pull-down	Open	0	0	5, 6	0
	Pull-up	Open	0	0	7, 8	0
	Open	0	0	0	9, 10	0
	Open	1	0	0	11, 12	0
	Open	Pull-down	0	0	13, 14	0
	Open	Pull-up	0	0	15, 16	0
8 kHz to 12 kHz	Open	Open	0	0	1, 2	0
32 kHz to 48 kHz	0	Open	0	1	1	1
	1	Open	0	1	2	1
	Pull-down	Open	0	1	3	1
	Pull-up	Open	0	1	4	1
	Open	0	0	1	5	1
	Open	1	0	1	6	1
	Open	Pull-down	0	1	7	1
	Open	Pull-up	0	1	8	1
8 kHz to 12 kHz	Open	Open	0	1	1, 2	1
64 kHz to 96 kHz	0	Open	1	0	1, 2	0
	1	Open	1	0	3, 4	0
	Pull-down	Open	1	0	5, 6	0
	Pull-up	Open	1	0	7, 8	0
	Open	0	1	0	9, 10	0
	Open	1	1	0	11, 12	0
	Open	Pull-down	1	0	13, 14	0
	Open	Pull-up	1	0	15, 16	0
16 kHz to 24 kHz	Open	Open	1	0	1, 2	0
64 kHz to 96 kHz	0	Open	1	1	1	1
	1	Open	1	1	2	1
	Pull-down	Open	1	1	3	1
	Pull-up	Open	1	1	4	1
	Open	0	1	1	5	1
	Open	1	1	1	6	1
	Open	Pull-down	1	1	7	1
	Open	Pull-up	1	1	8	1
128 kHz to 192 kHz	Open	Open	1	1	1, 2	0

Praca układu SSM3582 może być kontrolowana poprzez magistralę I²C, ale układ może działać także w trybie samodzielnym z konfiguracją sprzętową i ograniczoną funkcjonalnością. W trybie I²C zworki ADR służą do ustawienia adresu bazowego SSM3582 na magistrali I²C. Adresację pokazano w **tabeli 1**. Wyróżniono adresy 0x10...0x13 możliwe do bezpośredniego ustawienia za pomocą zworek ADR na płytce. Aby podłączyć magistralę I²C do układu U1, konieczne jest założenie zworek SDA, SCL w pozycji 3–4. W ograniczonym funkcjonalnie trybie samodzielnym położenie zworek, w zależności od konfiguracji, pokazano w **tabeli 2**.

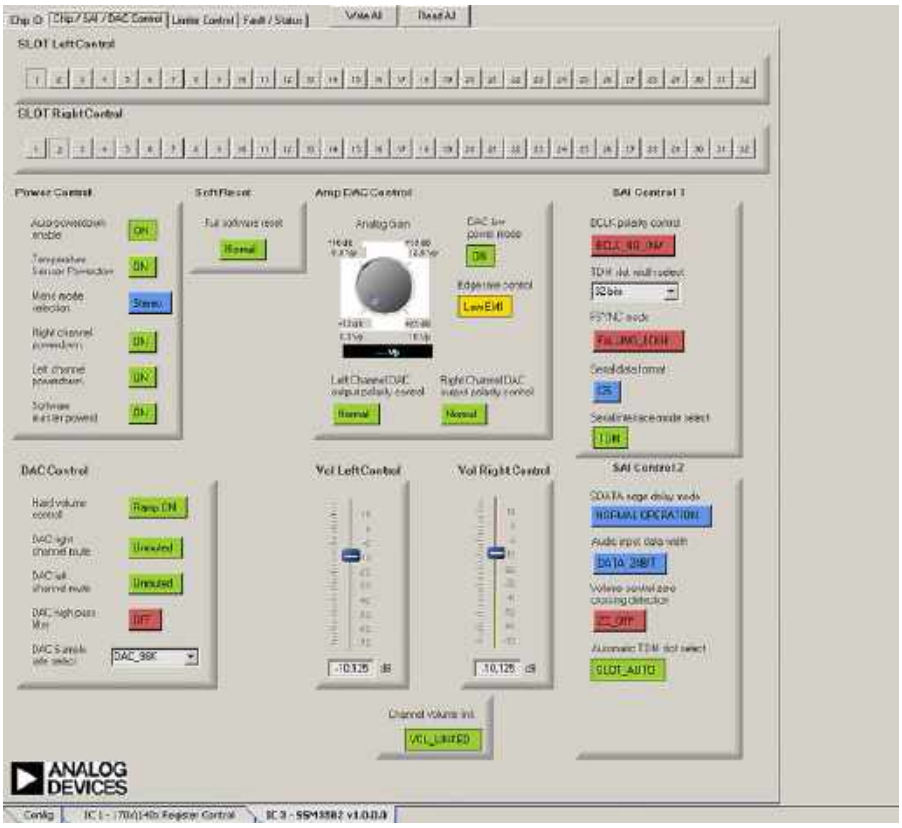


Rysunek 5. Projekt testowy *Test_SSM3582.dspproj*

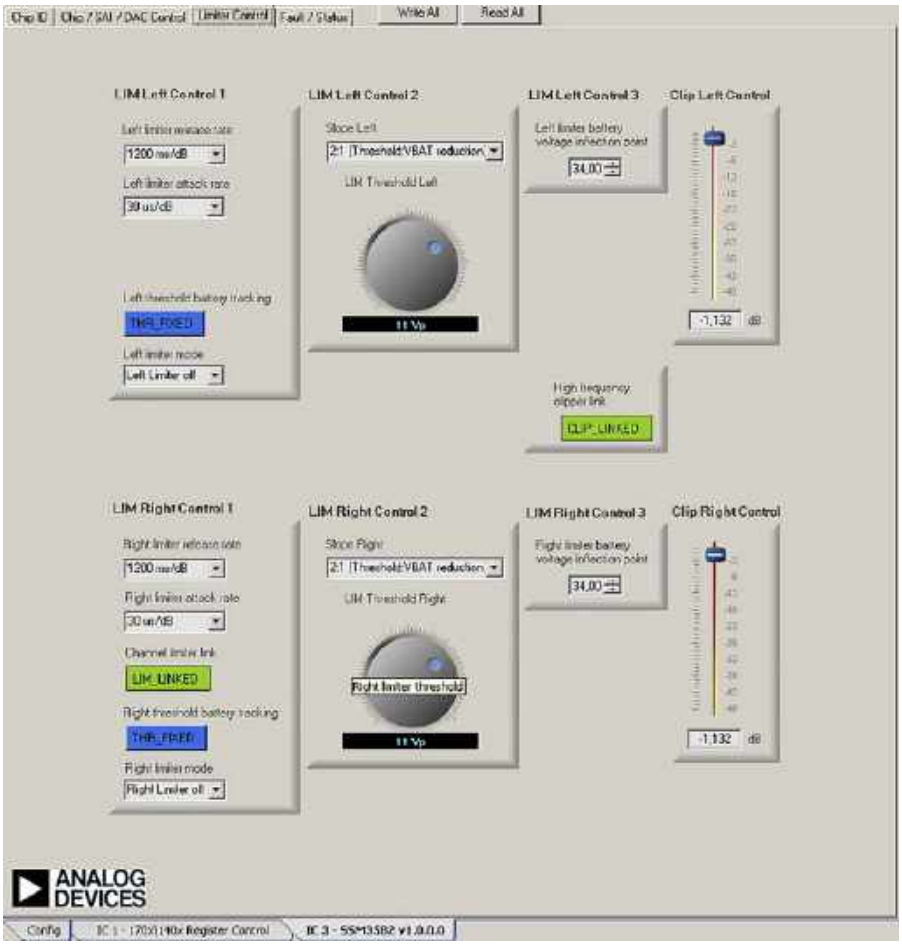
eprasa.pl 7fe4c01756

Montaż i uruchomienie

Wzmacniacz zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 3**. Przed montażem należy ustalić rodzaj używanego złącza: I²SO czy I²S. Montaż nie wymaga szczegółowego opisu, a układ zmontowany ze sprawdzonych elementów nie wymaga uruchamiania.



Rysunek 6. Konfiguracja układu SSM3582



Rysunek 7. Konfiguracja limitera

Sprawdzenie działania wzmacniacza można wykonać za pomocą zestawu AudioDSP oraz Raspberry Pi. Układ sprawdzany będzie w trybie sterowania poprzez interfejs I²C, w tym celu należy ustawić zworki ADR w położeniu GND, a zworki SCL i SDA w środkowym położeniu (zwarte piny 3–4). Po zainstalowaniu płytki z lewej strony zestawu AudioDSP, podłączeniu magistrali I²C do Raspberry Pi poprzez złącze I²C, należy jeszcze podłączyć programator USBi, głośniki i zasilanie modułu, np. z zasilacza laboratoryjnego.

Teraz możemy uruchomić środowisko SigmaStudio w celu konfiguracji układu. Do celów testowych przygotowałem projekt *Test_SSM3582.dspproj*, który należy otworzyć. Konfigurację sprzętową pokazano na **rysunku 4**.

Schemat projektu pokazano na **rysunku 5**. AudioDSP służy jako źródło sygnału o regulowanym poziomie, z interfejsem I²S. Do wejścia analogowego należy doprowadzić sygnał audio, cyfrowy interfejs wyjściowy skonfigurowany jest jako master I²S stereo. Sterowanie układem SSM3582 odbywa się poprzez interfejs I²C w zakładkach konfiguracji sprzętowej. Pierwsza z nich, *Chip/SAI/DAC Control* określa konfigurację interfejsu audio, poziomy sygnału i wzmocnienia układu (**rysunek 6**). Druga zakładka *Limiter Control* określa parametry i sposób pracy wbudowanego limitera, który jest szczególnie przydatny przy pracy z baterii. Pozwala ograniczyć poziom sygnału wyjściowego, gdy napięcie zasilania zmniejsza swoją wartość, redukując nieprzyjemne efekty przy przesterowaniu końcówki mocy (**rysunek 7**). Trzecia zakładka *Fault/Status* pozwala monitorować stan pracy układu, m.in. temperaturę struktury, wartość napięcia zasilania oraz zadziałania zabezpieczeń (**rysunek 8**). Zmieniając wartość zasilania i ustawienia limitera, można sprawdzić skuteczność działania układu. **Uwaga – przy wyłączaniu limitera należy zmniejszyć poziom sygnału, aby nie uszkodzić głośników.**

Za pomocą komputerka Raspberry, dołączonego poprzez I²C, za pomocą skryptu i kilku poleceń systemowych możemy przejąć kontrolę nad SSM3582. W pierwszej kolejności sprawdzamy obecność układu na magistrali poleceniem i2cdetect -y 1. Układ SSM3582 widoczny jest pod adresem 0x10. Pozostałe adresy 0x50 i 0x51 są adresami programatora USBi i pamięci EEPROM płytki Audio DSP, nie należy pod nie zapisywać, gdyż może to uszkodzić firmware programatora.

Do konfiguracji układu przygotowałem krótki skrypt pokazany na **listingu 1**. Skrypt należy uruchomić poleceniem ./ssm3582.sh po nadaniu atrybutu wykonalności sudo chmod +x ssm3582.sh, po uprzednim

eprasa.pl 7fe4c01756

wyłączeniu zasilania wzmacniacza. Jeżeli Raspberry jest także źródłem sygnału I²S, każdorazowo należy skonfigurować częstotliwość próbkowania, modyfikując rejestr pod adresem 0x06, zgodnie z kartą katalogową układu i dopasowując zapisaną jego wartość do częstotliwości próbkowania odtwarzanego pliku dźwiękowego. Regulację głośności można sprawdzić poleceniem i2cset -y 1 0x10 0x07 0x55, przy zmianie wartość 0x55 na 0xAA powinno być słyszalne przyciszenie wzmacniacza. Szczegółową mapę rejestrów SSM3582 pokazuje **tabela 3**. Poleceniem i2cget -y 1 0x10 0x1A można sprawdzić wartość napięcia zasilania układu, posiłkując się wzorem:

Uzas = 3,8 V + 12,4 V × (odczytana wartość rejestru 0x1A dziesiętnie) / 255

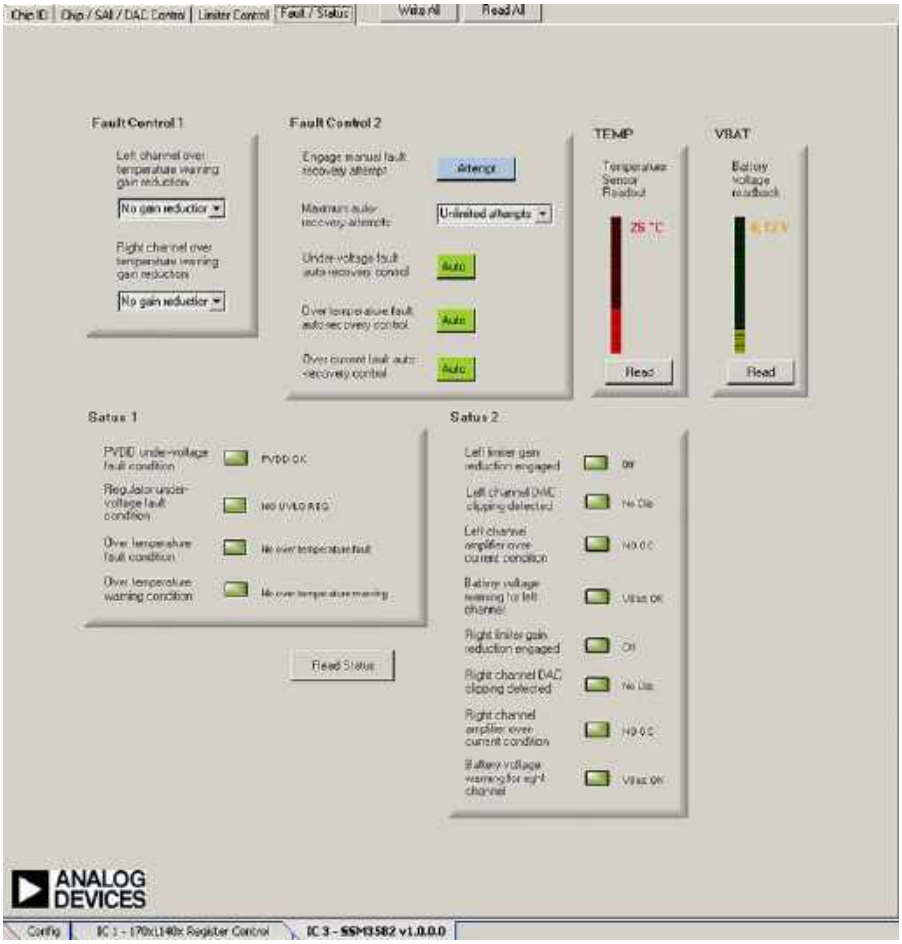
W modelu odczytano wartość 0x2B (43D), co odpowiada napięciu 5,9 V pochodzącemu z akumulatora żelowego 6 V.

Dokładny opis zawartości rejestrów znajduje się w karcie katalogowej SSM3582. Polecam korzystanie z najnowszych wersji,

Tabela 3. Mapa rejestrów układu SSM3582

Reg	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset	RW
0x00	VENDOR_ID	VENDOR								0x41	R
0x01	DEVICE_ID1	DEVICE1								0x35	R
0x02	DEVICE_ID2	DEVICE2								0x82	R
0x03	REVISION	REV								0x01	R
0x04	POWER_CTRL	APWDN_EN	RESERVED	TEMP_PWDN	MONO	R_PWDN	L_PWDN	RESERVED	SPWDN	0xA1	R/W
0x05	AMP_DAC_CTRL	DAC_LPM	RESERVED	DAC_POL_R	DAC_POL_L	EDGE	RESERVED	ANA_GAIN		0x8A	R/W
0x06	DAC_CTRL	DAC_HV	DAC_MUTE_R	DAC_MUTE_L	DAC_HPF	RESERVED	DAC_FS			0x02	R/W
0x07	VOL_LEFT_CTRL	VOL_L								0x40	R/W
0x08	VOL_RIGHT_CTRL	VOL_R								0x40	R/W
0x09	SAI_CTRL1	RESERVED	BCLK_POL	TDM_BCLKS			FSYNC_MODE	SDATA_FMT	SAI_MODE	0x11	R/W
0x0A	SAI_CTRL2	SDATA_EDGE	RESERVED		DATA_WIDTH	VOL_ZC_ONLY	CLIP_LINK	VOL_LINK	AUTO_SLOT	0x07	R/W
0x0B	SLOT_LEFT_CTRL	RESERVED			TDM_SLOT_L					0x00	R/W
0x0C	SLOT_RIGHT_CTRL	RESERVED			TDM_SLOT_R					0x01	R/W
0x0E	LIM_LEFT_CTRL1	LIM_RRT_L		LIM_ATR_L		RESERVED	VBAT_TRACK_L	LIM_EN_L		0xA0	R/W
0x0F	LIM_LEFT_CTRL2	LIM_THRES_L					RESERVED	SLOPE_L		0x51	R/W
0x10	LIM_LEFT_CTRL3	VBAT_INF_L								0x22	R/W
0x11	LIM_RIGHT_CTRL1	LIM_RRT_R		LIM_ATR_R		LIM_LINK	VBAT_TRACK_R	LIM_EN_R		0xA8	R/W
0x12	LIM_RIGHT_CTRL2	LIM_THRES_R					RESERVED	SLOPE_R		0x51	R/W
0x13	LIM_RIGHT_CTRL3	VBAT_INF_R								0x22	R/W
0x14	CLIP_LEFT_CTRL	DAC_CLIP_L								0xFF	R/W
0x15	CLIP_RIGHT_CTRL	DAC_CLIP_R								0xFF	R/W
0x16	FAULT_CTRL1	RESERVED		OTW_GAIN_R		RESERVED		OTW_GAIN_L		0x00	R/W
0x17	FAULT_CTRL2	MRCV	RESERVED	MAX_AR		RESERVED	ARCV_UV	ARCV_OT	ARCV_OC	0x30	R/W
0x18	STATUS1	UVLO_PVDD	UVLO_VREG	RESERVED				OTF	OTW	0x00	R
0x19	STATUS2	LIM_EG_R	CLIP_R	AMP_OC_R	BAT_WARN_R	LIM_EG_L	CLIP_L	AMP_OC_L	BAT_WARN_L	0x00	R
0x1A	VBAT	VBAT								0x00	R
0x1B	TEMP	TEMP								0x00	R
0x1C	SOFT_RESET	RESERVED							S_RST	0x00	R/W

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 8. Status układu SSM3582

Rysunek 9. Detekcja układu SSM3582 na magistrali I²C

Listing 1. Skrypt konfiguracyjny dla ssm3582.sh

```
#!/bin/bash
echo "SSM3582 Example Config"
i2cset -y 1 0x10 0x04 0x80
i2cset -y 1 0x10 0x05 0x88
i2cset -y 1 0x10 0x06 0x12
i2cset -y 1 0x10 0x07 0x4A
i2cset -y 1 0x10 0x08 0x4A
i2cset -y 1 0x10 0x09 0x10
i2cset -y 1 0x10 0x0A 0x07
i2cset -y 1 0x10 0x0B 0x00
i2cset -y 1 0x10 0x0C 0x01
i2cset -y 1 0x10 0x0E 0xA0
i2cset -y 1 0x10 0x0F 0x51
i2cset -y 1 0x10 0x10 0x22
i2cset -y 1 0x10 0x11 0xA8
i2cset -y 1 0x10 0x12 0x51
i2cset -y 1 0x10 0x13 0x22
i2cset -y 1 0x10 0x14 0xF9
i2cset -y 1 0x10 0x15 0xF9
i2cset -y 1 0x10 0x16 0x00
i2cset -y 1 0x10 0x17 0x30
i2cset -y 1 0x10 0x1C 0x00
```

natomiast w przypadku problemów warto zajrzeć na forum ez.analog.com. Przykładowy projekt ułatwiający uruchomienie znajduje się w materiałach dodatkowych do projektu.

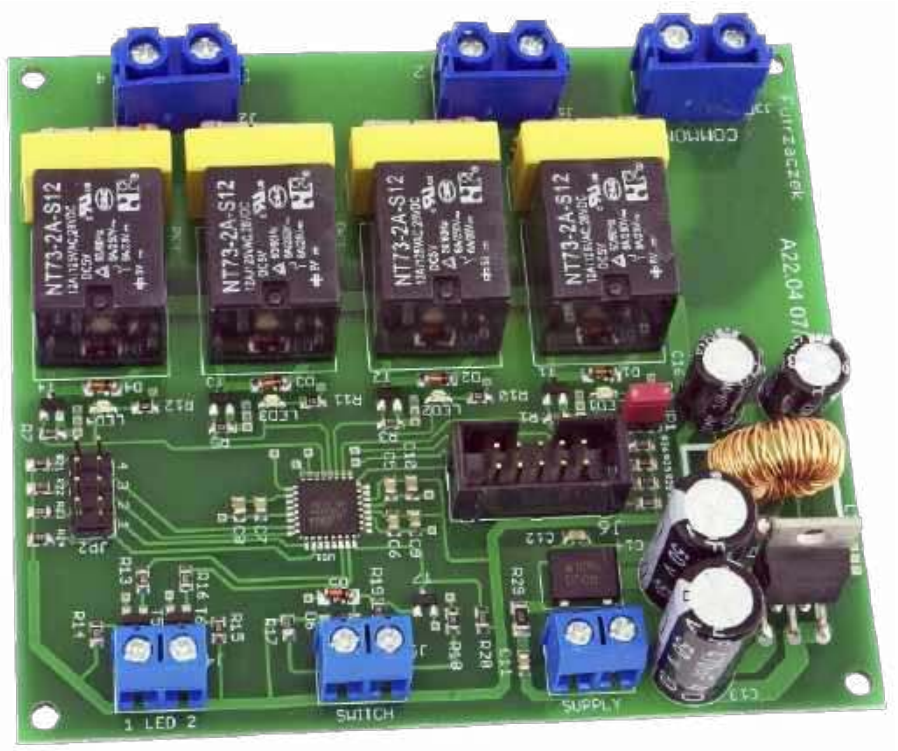
Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl

REKLAMA

eprasa.pl 7fe4c01756

Sekwencyjny włącznik oświetlenia

Posiadając w pomieszczeniu kilka punktów świetlnych, warto mieć możliwość niezależnego sterowania nimi. Jednak duża liczba przełączników na ścianie powoduje, że korzystanie z nich będzie niewygodne. Prezentujemy układ, który pozwala na załączanie czterech wyjść w różnych kombinacjach – i to przy użyciu jednego przycisku.



Układ znajdzie zastosowanie tam, gdzie zamontowane są różne rodzaje oświetlenia: kinkiet na suficie, kinkiet boczny, podświetlenie taśmą LED przy podłodze, oświetlenie przy lustrze itd. Gdybyśmy do każdego z nich chcieli zamontować oddzielny włącznik przy drzwiach wejściowych, ich liczba mogłaby być naprawdę imponująca. Można temu zaradzić, stosując tylko jeden przełącznik monostabilny, a to, które punkty świetlne będą aktywne, będziemy wybierać liczbą wciśnięć. Można tak skonfigurować urządzenie, aby np. gdy wchodzi się tylko na chwilę, wystarczyło nacisnąć przełącznik raz, a w razie potrzeby oświetlenia czegoś dokładniej, nacisnąć go szybko dwa lub więcej razy. Wychodząc z pomieszczenia, zawsze wystarczy jednokrotne naciśnięcie, aby wyłączyć całe oświetlenie.

Budowa i działanie

Schemat układu znajduje się na **rysunku 1**. Jego zadaniem jest załączanie czterech odbiorników, do czego służą cztery przekaźniki. Ich cewki są przystosowane do zasilania napięciem stałym o wartości 5 V, takim jak reszta elektroniki. Między styki normalnie otwarte został włączony układ RC, pełniący funkcję gasika. Ogranicza on emisję zakłóceń elektromagnetycznych przez iskrzące (w momencie przełączania) styki, co znacząco zmniejsza prawdopodobieństwo zawieszenia się układu.

Wyprowadzenia styków środkowych przekaźników są przyłączone do jednego złącza J3, a wyjścia na poszczególne odbiorniki – do pojedynczych zacisków w złączach śrubowych J1 i J2. Zwiększa to wydajność prądową i powoduje, że wszystkie odbiorniki są zasilane jednym wspólnym napięciem. Może to być zarówno napięcie stałe, jak i przemienne.

Cewki przekaźników są załączane przez niewielkie tranzystory MOSFET typu BSS123, które do tego zadania są całkowicie wystarczające. Rezystory między bramkami a źródłami utrzymują te tranzystory w stanie zatkania, kiedy nie dociera do nich sygnał sterujący.

Na płytce przewidziano niewielkie diody LED, sygnalizujące stan każdego przekaźnika. Jeżeli przekaźnik został załączony, co dzieje się, gdy odpowiednia linia OUT1…OUT4 przyjmie wysoki stan logiczny, zworka JP1 umożliwia wyłączenie wszystkich diod – w sytuacji, kiedy płytka ma być dyskretnie zabudowana gdzieś w niewidocznym miejscu, a przebijająca się poświata mogłaby niepotrzebnie zwracać uwagę.

Dwukolorowa dioda LED, podłączona na przewodach do złącza J4 sygnalizuje stan pracy układu. Dioda musi mieć odwracalną polaryzację, co oznacza, że przy przepływie prądu w jedną stronę świeci jedna z jej struktur, a po zmianie kierunku prądu – druga. Nie jest to realizowane wprost z wyjść mikrokontrolera, ponieważ indukujące się w potencjalnie długim przewodzie zakłócenia mogłyby zaburzyć jego pracę lub zniszczyć go.

W tym celu użyto dwóch tranzystorów typu BSS123 jako elementy pośredniczące. Potencjały ich bramek mikrokontroler ustala poprzez rezystory R13 i R16, o wartości aż 10 kΩ, a do tego, na drodze ewentualnego

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

W ofercie AVT* AVT-5835

Podstawowe parametry:
- sterowanie włącz/wyłącz czterema odbiornikami,
- sterowanie jednym przyciskiem,
- możliwość wyboru jednej z czterech sekwencji,
- sygnalizacja stanu układu dwukolorową diodą LED,
- wyjścia przekaźnikowe z gasikami RC,
- zasilanie napięciem stałym lub przemiennym,
- napięcie zasilania 12…40 V.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-5789	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED z czujnikiem zbliżeniowym (EP 8/2020)
AVT-5788	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED sterowany włącznikiem (EP 8/2020)
AVT-5784	Wolnozmienny sterownik taśmy RGB (EP 8/2020)
AVT-5571	Sterownik taśm LED RGBW zgodny z HomeKit (EP 7/2020)

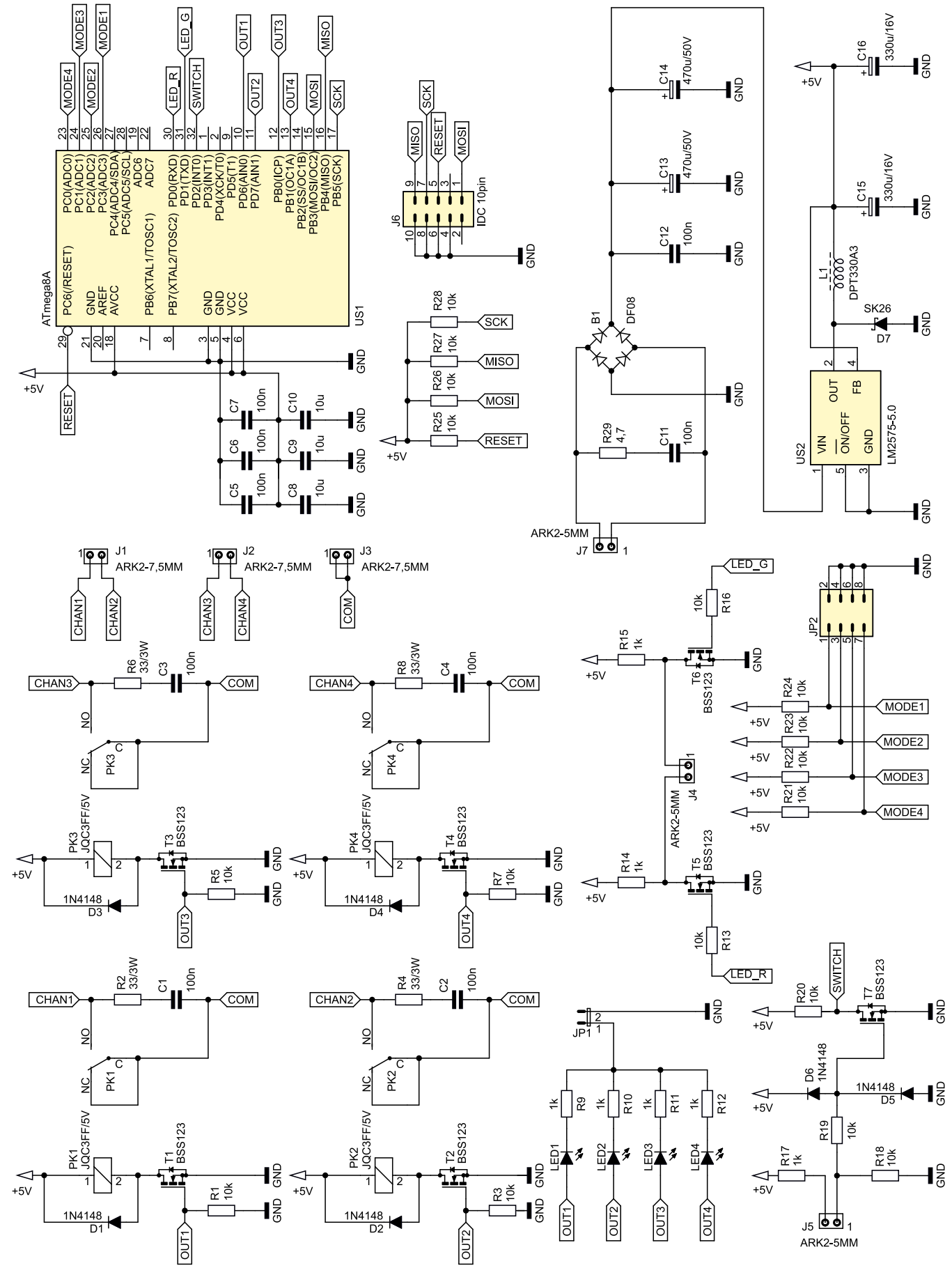
*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [**B**] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [**B**] zawiera elementy elektroniczne (w tym [**UK**] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie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

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

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

eprasa.pl 7fe4c01756

zakłócenia stoi jeszcze dielektryk podbramkowy. Załączenie odpowiedniego koloru diody LED odbywa się poprzez załączenie jednego z tranzystorów, przez co potencjał jego drenu spada niemal do zera. Ta prostota powoduje zwiększony pobór prądu, przez prąd płynący w tym czasie przez R14 lub R15, ale w układzie zasilanym z sieci dodatkowe 5 mA nie będzie odczuwalne.



Rysunek 1. Schemat ideowy sekwencyjnego włącznika oświetlenia

eprasa.pl 7fe4c01756

Wejście przycisku (J7) również zostało zabezpieczone przed potencjalnymi zakłóceniami i wyładowaniami elektrostatycznymi. Między wyprowadzeniem wejściowym mikrokontrolera a przyciskiem znajduje się tranzystor MOSFET, również typu BSS123. Jego bramka jest zabezpieczona przed uszkodzeniem przez dwie diody D5 i D6, które pełnią funkcję ogranicznika napięcia. Ich prąd z kolei ogranicza rezystor R19. Rezystor R18 utrzymuje T7 w stanie zatkania. R17 ogranicza natężenie prądu płynącego przez przewód podłączony do złącza J7, w sytuacji gdyby z niewyjaśnionych względów zwarł się on z masą układu.

Wybór trybu pracy odbywa się poprzez nałożenie zworki na jedną z czterech par wyprowadzeń złącza szpilkowego JP2. Wewnętrzne rezystory podciągające mikrokontrolera zostały uzupełnione zewnętrznymi, o wartości 10 kΩ każdy. Potencjał wybranej przez użytkownika linii MODE1…MODE4 stanie się niski.

Sam mikrokontroler to dobrze znany i popularny układ ATmega8A w obudowie TQFP32. Jego wyprowadzenia zasilania zostały odsprzęgnięte przy użyciu aż sześciu kondensatorów, by działanie układu było możliwie niezawodne. Nie realizuje on zadań wymagających ściśle ustalonej częstotliwości zegara, więc jest taktowany z wbudowanego generatora RC.

Do programowania pamięci Flash zostało przewidziane złącze J6, na które doprowadzono linie wymagane dla przeprowadzenia ISP. Układ sygnałów w 10-szpilkowym złączu odpowiada standardowi KANDA ISP, jaki można znaleźć w wielu programatorach mikrokontrolerów AVR. Nieużywane na co dzień linie mikrokontrolera zostały podciągnięcie do potencjału 5 V przy użyciu dodatkowych rezystorów.

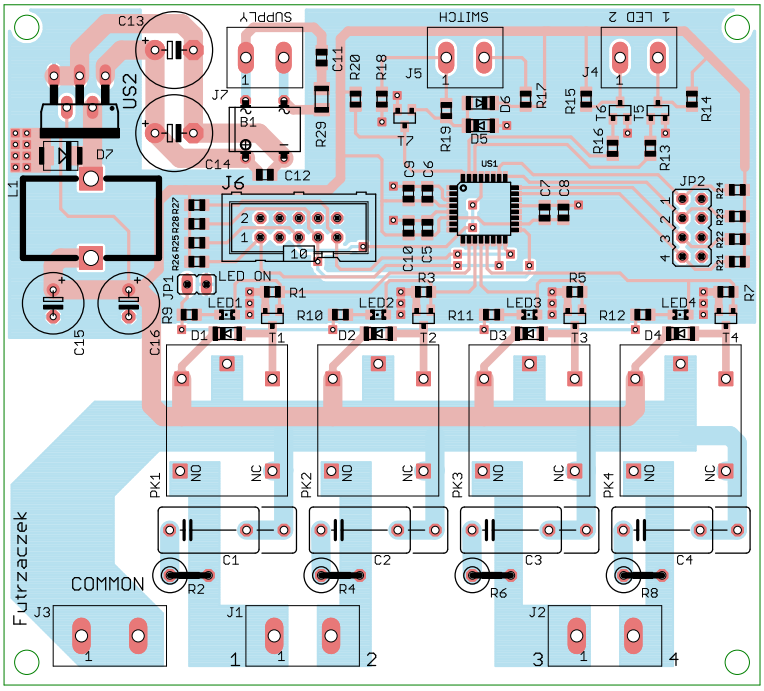
Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R3, R5, R7, R13, R16, R18…R28: 10 kΩ SMD0805
R2, R4, R6, R8: 33 Ω 3 W THT
R9…R12, R14, R15, R17: 1 kΩ SMD0805
R29: 4,7 Ω SMD1206

Kondensatory:
C1…C4: 100 nF MKP X2 310 V AC 15 mm
C5…C7, C11, C12: 100 nF SMD0805
C8…C10: 10 μF/16 V SMD0805
C13, C14: 470 μF/50 V
C15, C16: 330 μF/16 V

Półprzewodniki:
B1: DF08
D1…D6: 1N4148 MiniMELF
D8: SK26
LED1…LED4: zielona SMD0805
T1…T7: BSS123
US1: ATmega8A TQFP32
US2: LM2575-5.0 TO220-5
LED dwukolorowa czerwony/zielony (opis w tekście)

Pozostałe:
J1…J3: ARK2/750
J4, J5, J7: ARK2/500
J6: IDC 10 pin pionowy THT 2,54 mm
JP1: goldpin 2 pin męski 2,54 mm THT
JP2: goldpin 2×4 pin męski 2,54 mm THT
L1: 330 μH 3 A np. DPT330A3
PK1…PK4: JQC3FF 5 V
dwie zworki 2,54 mm



Rysunek 2. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów

Napięcie zasilające wszystkie obwody układu powinno wynosić 5 V. Niestety w obwodach oświetlenia łatwiej można znaleźć 12 V lub 24 V, które może być stałe lub przemienne. Dlatego w urządzenie wbudowano prostą przetwornicę impulsową, która zapewni jego prawidłowe działanie w szerokim zakresie napięć zasilających.

Mostek B1 ustala polaryzację napięcia zasilającego lub prostuje je, jeżeli ma ono charakter sinusoidalnie zmienny. Kondensator C11 i rezystor R29 tworzą układ tłumiący zakłócenia wysokiej częstotliwości, które przedostawałyby się ze źródła zasilania na wejście przetwornicy i w drugą stronę. Do filtracji tętnień niskiej częstotliwości użyto dwóch połączonych równolegle kondensatorów, aby zmniejszyć ich wypadkową rezystancję szeregową (ESR) i indukcyjność szeregową (ESL).

Do obniżenia napięcia zastosowano przetwornicę bazującą na układzie typu LM2575. Zarówno sam kontroler z wbudowanym tranzystorem kluczującym, jak i współpracujący z nim dławik zostały dobrane ze sporym naddatkiem – po to, aby nie było konieczności przejmowania się wydzielanym ciepłem, gdyż wzrost temperatury elementów jest minimalny.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowano na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 90×100 mm, której wzór ścieżek oraz schemat montażowy pokazuje **rysunek 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe o średnicy 3,2 mm.

Montaż rozpoczynamy od elementów lutowanych powierzchniowo, które znajdują się na wierzchniej stronie płytki. Potem można wlutować elementy THT, według ich rosnącej wysokości. Ścieżki przewodzące prądy o wysokim natężeniu zostały odsłonięte spod maski lutowniczej, aby ułatwić ich pogrubienie np. spoiwem lutowniczym.

Rysunek 3. Widok okna konfiguracji bitów zabezpieczających w programie AVR Burn-O-Mat

Jeżeli montaż przebiegł bez problemów, można przejść do zaprogramowania mikrokontrolera. W tym celu należy podłączyć napięcie, najlepiej stałe, o wartości z zakresu 12…40 V, do zacisków złącza J7. Wymagane dla układu wartości bitów zabezpieczających wynoszą: High Fuse: 0xD9, Low Fuse: 0x24. Szczegóły znajdują się na **rysunku 3**, zawierającym widok z okna konfiguracji bitów zabezpieczających w programie AVR Burn-O-Mat. Takie ustawienie spowoduje uruchomienie wewnętrznego generatora RC o częstotliwości 8 MHz i BOD (Brown-Out Detector) na wartość ok. 4 V. Na koniec wystarczy zaprogramować pamięć Flash dostarczonym wsadem i możemy cieszyć się w pełni działającym układem.

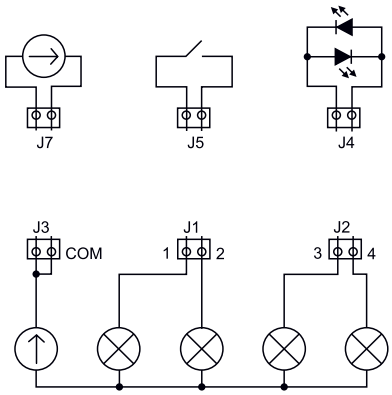
Schemat połączeń płytki sekwencyjnego włącznika oświetlenia z pozostałym

eprasa.pl 7fe4c01756

Tabela 1. Konfiguracja załączonych przekaźników w każdej sekwencji

Liczba naciśnięć	Tryb pracy: 1				Tryb pracy: 2				Tryb pracy: 3				Tryb pracy: 4			
	Numer wyjścia				Numer wyjścia				Numer wyjścia				Numer wyjścia			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0
2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
3	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1

Legenda:
0 – przekaźnik wyłączony
1 – przekaźnik załączony



Rysunek 4. Schemat połączeń układu z pozostałymi podzespołami

osprzętem pokazuje **rysunek 4**. Przycisk podłączony do złącza J5 powinien mieć charakter monostabilny, normalnie otwarty. Może to być np. wyłącznik dzwonkowy, zwierający styki tylko w chwili wciskania. Napięcie stałe zasilające układ powinno się zawierać w przedziale 12…40 V, a przemienne (z transformatora sieciowego) 12…27 V. Chodzi o to, by jego wartość skuteczna wynosiła min. 12 V, żeby przetwornica pracowała prawidłowo. Wartość szczytowa nie powinna przekraczać 40 V, aby nie uszkodzić kontrolera przetwornicy i kondensatorów elektrolitycznych.

Napięcie podawane na źródła światła może wynosić nawet 230 V, z sieci. Najważniejsze, aby nie przekroczyć wytrzymałości prądowej styków przekaźnika typu JQC3FF przy danym napięciu zasilającym. Nie ma też przeciwwskazań, aby tym samym napięciem nie zasilać samego układu, o ile spełnia ono wcześniejsze kryteria. Charakterystyka obrazująca zależność między maksymalnym przełączanym prądem a napięciem została pokazana na **rysunku 5**. Ponieważ używane są styki NO (normalnie otwarte), trzeba patrzeć na krzywe opisane indeksem „1H". Dla napięcia stałego przewodzony prąd może być znacząco niższy niż dla napięcia przemiennego.

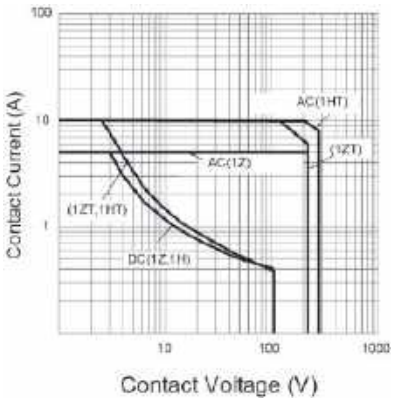
Dwukolorowa dioda LED, zawierająca dwie połączone, antyrównolegle struktury świecące powinna zostać podłączona według schematu z **rysunku 6** tak, aby katoda struktury świecącej w kolorze czerwonym była podłączona do zacisku opisanego na płytce jako „1" (chodzi o opis „1 LED 2", znajdujący się przed złączem). Mogą to również być dwie oddzielne diody lub świecące w innych kolorach. Zastosowanie tylko dwóch przewodów do jej podłączenia bardzo upraszcza montaż, gdyż przewód dwużyłowy łatwiej jest dobrać i zamontować niż trójżyłowy.

Eksploatacja

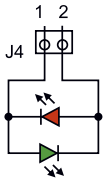
Prawidłowo zmontowany i zaprogramowany układ jest od razu gotowy do działania. Po włączeniu zasilania dwukolorowa dioda LED może migać naprzemiennie, co jest skutkiem braku zworki na wyprowadzeniach JP2 lub błędnym jej położeniu. Zworka służy do wyboru jednego z czterech trybów pracy, a dokładniej sekwencji przełączających przekaźniki – co szczegółowo pokazano w **tabeli 1**.

Aby układ „zrozumiał" serię wciśnięć klawisza, odstęp między kolejnymi nie powinien być większy niż 2 s. Po każdym wykrytym wciśnięciu czeka przez 250 ms w celu ustabilizowania się styków przycisku. Dlatego następne impulsy nie mogą pojawiać się zbyt szybko.

Po pierwszym wciśnięciu dwukolorowa dioda LED zaczyna świecić na zielono. Jeżeli w czasie mniejszym niż 2 s nadejdzie kolejny impuls, kolor ten jest podtrzymywany. Dopiero po upływie 2 s od ostatniego wciśnięcia przycisku przez użytkownika kolor świecenia diody staje się czerwony. Od tego momentu wciśnięcie przycisku spowoduje wyłączenie wszystkich czterech przekaźników, niezależnie od tego, w jakiej konfiguracji były załączone. Dioda gaśnie po wyłączeniu przekaźników.



Rysunek 5. Zależność między maksymalnym prądem styków a napięciem między nimi



Rysunek 6. Szczegóły podłączenia dwukolorowej diody LED

Każdorazowe włączenie zasilania układu powoduje, że uruchamia się on z wyłączonymi przekaźnikami.

Dla dociekliwych

Skompilowany kod programu zajmuje tylko 866 bajtów pamięci Flash mikrokontrolera, co daje duże możliwości jego rozbudowy, np. dłuższe sekwencje lub większą ich liczbę. Kod znajduje się w całości na **listingu 1** dostępnym w materiałach dodatkowych do projektu. Zawiera komentarze oraz definicję stałych, które ułatwią jego zrozumienie. Został napisany w języku C, w środowisku WinAVR i skompilowany przy użyciu standardowego kompilatora AVR-GCC. Nie używa przerwań, ponieważ nie realizuje zadań krytycznych czasowo, więc jego zrozumienie nie powinno być trudne.

Michał Kurzela, EP

http://forum.ep.com.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

Kolorofon

Tym razem wracam do lat 80., gdy powszechnie pożądanym zestawom wieżowym (audio) towarzyszył sprzęt dostarczający efektów wizualnych, nazywany kolorofonem. Był to 3-kanałowy sterownik oświetlenia, którego każdy z kanałów sterowany był sygnałem audio z innego zakresu częstotliwości, dając ciekawy efekt wizualny pogłębiający doznania dźwiękowe. Oczywiście, jak na ten czas przystało, było to urządzenie w pełni analogowe. Zapatrzony w ówczesne czasy i zaopatrzony we współczesną wiedzę, postanowiłem skonstruować podobne urządzenie, lecz tym razem z użyciem techniki mikroprocesorowej.

Zadaniem urządzenia miała być realizacja funkcji kolorofonu z cyfrowym torem przetwarzania sygnałów audio, bez potrzeby stosowania analogowych filtrów wejściowych. Co więcej, chciałem, żeby docelowa implementacja bazowała na bardzo prostym mikrokontrolerze, o ograniczonych zasobach sprzętowych. W ten sposób postanowiłem udowodnić, że nawet skomplikowane, na pozór, zadania programowe można zrealizować przy użyciu minimalnych zasobów sprzętowych.

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

W ofercie AVT* AVT-5833

Podstawowe parametry:
- częstotliwości środkowe filtrów kanałów LED: 400 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz,
- maksymalny prąd gniazd wyjściowych LED1…3: ok. 10 A,
- napięcie zasilania: 7…12 V,
- pobór prądu samego urządzenia: ok. 10 mA.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-5662	Kolorofon z Wi-Fi (EP 2/2019)
AVT-5530	Regulator natężenia oświetlenia z Wi-Fi (EdW 10/2017)
AVT-1853	Iluminofonia LED RGB (EP 5/2015)
AVT-2980	Kolorofon – sterownik RGB (EdW 6/2011)
AVT-2742	Uniwersalna iluminofonia – kolorofon (EdW 2/2005)

*** 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 *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Budowa i działanie

Zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy, którego schemat ideowy został pokazany na **rysunku 1**. Jego sercem jest jeden z najmniejszych mikrokontrolerów firmy Microchip (dawniej Atmel) o oznaczeniu ATtiny13, taktowany wewnętrznym, wysokostabilnym generatorem RC o częstotliwości 9,6 MHz. Jest on odpowiedzialny za realizację pełnej funkcjonalności urządzenia. Próbkuje wejściowy sygnał audio doprowadzony do wyprowadzenia ADC2 (PB4) układu, z częstotliwością 8 kHz, używając przy tym układu czasowo-licznikowego Timer0, który jest w tym wypadku wyzwalaczem konwersji wbudowanego przetwornika ADC pracującego w trybie 8-bitowym.

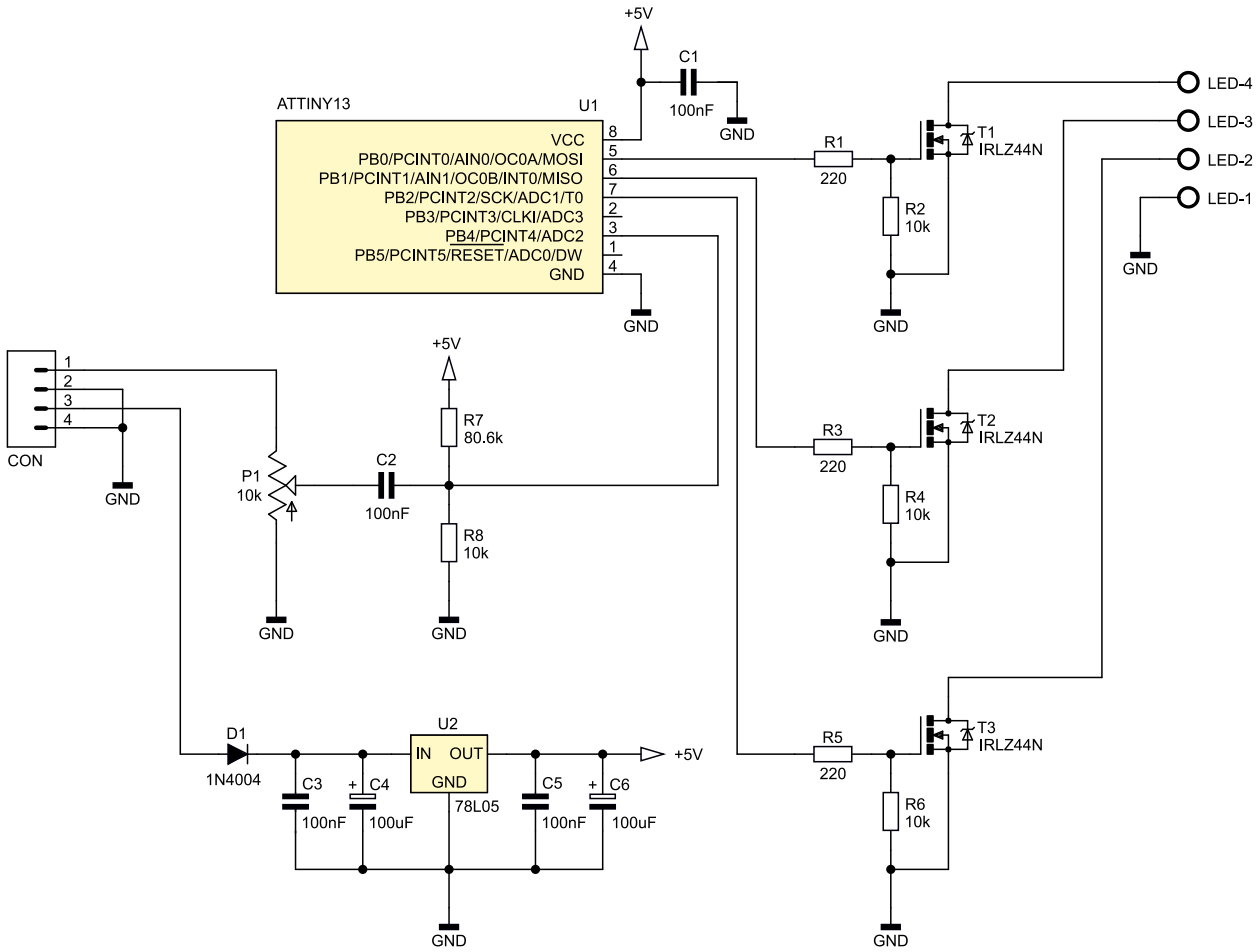
Następnie, po zebraniu N liczby próbek (20), wykonuje zoptymalizowany algorytm dyskretnej transformaty Fouriera korzystający ze współczynników wektora rotującego (*twiddle factors*), aby wyznaczyć moce sygnału dla trzech zakresów częstotliwościowych: 400 Hz, 2000 Hz i 4000 Hz. Wyznaczone wartości są z kolei przeliczane (zakres 0…127) na współczynnik wypełnienia dla trzech wyjściowych kanałów PWM, za pomocą których urządzenie steruje pracą diod powerLED (z wykorzystaniem wbudowanych tranzystorów MOSFET) podłączonych do złącza LED.

Zastosowano tutaj programowy, 3-kanałowy, 7-bitowy generator PWM, bazujący na tym samym układzie czasowo-licznikowym Timer0 i jego przerwaniu od porównania zawartości licznika z wartością rejestru OCR0A (TIM0_COMPA_vect). Takie rozwiązanie było konieczne, ponieważ mikrokontroler ATtiny13 dysponuje wyłącznie dwoma kanałami sprzętowego generatora PWM, co jest w tym wypadku niewystarczające.

Uważny Czytelnik zastanowi się również nad zagadnieniem, w jaki sposób tak prosty mikrokontroler o pamięci programu wielkości 1 kB i 64-bajtowej pamięci RAM jest w stanie zrealizować skomplikowane obliczenia dyskretnej transformaty Fourier'a DFT. Zastosowałem tutaj wiedzę zawartą w interesującym artykule autorstwa Łukasza Podkalickiego (EP 12/2019) prezentującym arcyciekawe zagadnienia z zakresu DSP w odniesieniu do transformaty Fouriera w ujęciu realizacji na prostych, 8-bitowych mikrokontrolerach o ograniczonej mocy obliczeniowej i niewielkiej ilości pamięci RAM. Autor opisuje tam, jak przy użyciu arytmetyki stałoprzecinkowej i współczynników wektora rotującego w prosty sposób jesteśmy w stanie wykonać dyskretną transformatę Fouriera (DFT) sygnału audio, otrzymując widmo jego mocy. Na pierwszy rzut oka wydaje się to niewiarygodne, ale naprawdę działa. Oczywiście stosuję tutaj pewną sztuczkę polegającą na tym, że moc sygnału obliczana jest wyłącznie dla wybranych prążków częstotliwościowych, ale w niczym nie umniejsza to możliwości liczenia transformaty Fouriera na tak niewielkim mikrokontrolerze AVR.

Wróćmy jeszcze na chwilę do głównego zadania naszego, układu jakim jest akwizycja i przetwarzanie danych próbek sygnału audio. Proces ten możliwy jest do wykonania dzięki sprzęgnięciu ze sobą kilku podsystemów mikrokontrolera AVR, co pokazano na **rysunku 2**. Jak widać, podstawowym podsystemem mikrokontrolera

eprasa.pl 7fe4c01756



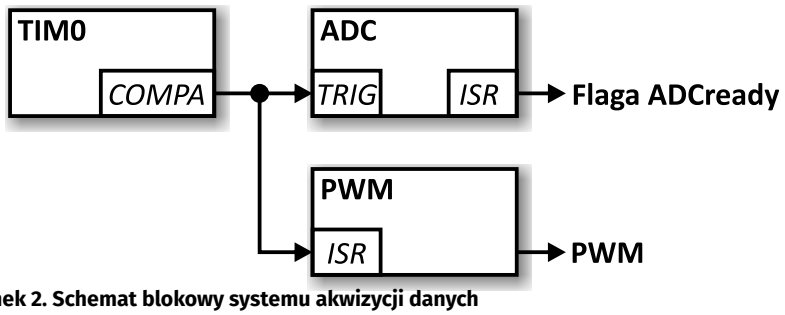
Rysunek 1. Schemat ideowy urządzenia kolorofon

ATtiny13 inicjującym pomiar przetwornika ADC jest układ czasowo-licznikowy Timer0 taktowany przebiegiem zegarowym o częstotliwości 1,2 MHz (otrzymanym poprzez podzielenie przebiegu zegarowego mikrokontrolera o częstotliwości 9,6 MHz przez preskaler równy 8) generuje zdarzenie porównania licznika (COMPA) co 150 taktów zegara (OCR0A=149), czyli 8000 razy na sekundę. Zdarzenie porównania jest wyzwalaczem (TRIG) dla wbudowanego w strukturę mikrokontrolera przetwornika ADC, dzięki czemu możliwe jest próbkowanie wejściowego sygnału audio w równych odstępach czasu (8 kHz).

Dalej przerwanie od zakończenia konwersji przetwornika ADC (ADC_vect) odpowiedzialne jest za właściwą akwizycję danych oraz ustawianie stosownych flag dla programu obsługi aplikacji. Co więcej, wspomniane wcześniej zdarzenie porównania stanowi również wyzwalacz dla procedury obsługi przerwania od porównania, które jest odpowiedzialne za programową obsługę 3 kanałów PWM. W ten prosty sposób Timer0 steruje zarówno akwizycją danych przetwornika ADC, jak i stanem pracy wyjściowych kanałów PWM.

Listing 1. Kod odpowiedzialny za inicjalizację przetwornika ADC

```
void ADCinit(void) {
    //Internal Voltage Reference (1.1V), ADC Left Adjust Result (8-bit), MUX = ADC2 (PB4)
    ADMUX = (1<<REFS0)|(1<<ADLAR)|(1<<MUX1);
    //ADC Enable, ADC Auto Trigger Enable, ADC Interrupt Enable , Division Factor = 64 (150kHz)
    ADCSRA = (1<<ADEN)|(1<<ADATE)|(1<<ADIE)|(1<<ADPS2)|(1<<ADPS1);
    //ADC Auto Trigger Source: Timer/Counter Compare Match A
    ADCSRB = (1<<ADTS1)|(1<<ADTS0);
    //Digital Input Disable on ADC2 (PB4) pin
    DIDR0 = (1<<ADC2D);
}
```



Rysunek 2. Schemat blokowy systemu akwizycji danych

Program sterujący

Kod odpowiedzialny za inicjalizację przetwornika ADC pokazano na **listingu 1**, zaś kod odpowiedzialny za inicjalizację układu czasowo-licznikowego Timer0 pokazano na **listingu 2**. Dalej, na **listingu 3** pokazano kod obsługi przerwania odpowiedzialny za realizację 3-kanałowego, 7-bitowego, programowego generatora PWM.

Na **listingu 4** pokazano kod obsługi przerwania po konwersji przetwornika ADC odpowiedzialny za akwizycję danych wejściowych ADC. Zebraniu kompletnej porcji danych towarzyszy zatrzymanie akwizycji danych oraz ustawienie flagi *ADCdataReady*, dzięki czemu możliwe jest przetworzenie danych przez program główny aplikacji. Za przetworzenie danych, czyli obliczenie dyskretnej transformaty Fouriera z próbek sygnału zebranych w tablicy *ADCbuffer[]*, odpowiedzialna jest funkcja pokazana na **listingu 5**. Wynikiem działania funkcji *DFT()* jest moc szukanego prążka częstotliwości

eprasa.pl 7fe4c01756

Listing 2. Kod odpowiedzialny za inicjalizację układu czasowo-licznikowego Timer0

```
void PWMinit(void) {
    PWM_DDR = 0b111;        //PWM port as output
    TCCR0A = (1<<WGM01);    //Timer0 CTC mode
    OCR0A = 149;            //ISR TIM0_COMPA_vect triggered 8000 times per second
    TCCR0B = (1<<CS01);     //Prescaler = 8
    TIMSK0 = (1<<OCIE0A);   //Timer/Counter0 Output Compare Match A Interrupt Enable
}
```

Listing 3. Kod odpowiedzialny za obsługę programowego generatora PWM

```
ISR(TIM0_COMPA_vect) {
    static uint8_t Counter;
    Counter = (Counter +1) & 0x7F;  //7 bits
    for(uint8_t i=0; i<3; ++i){
        if(Counter < PWM[i]) PWM_PORT |= (1<< i);
        else PWM_PORT &= ~(1<< i);
    }
}
```

Ustawienia Fuse-bitów:
SUT1: 1
SUT0: 0
CKSEL1: 1
CKSEL0: 0
CKDIV8: 1

Listing 4. Kod obsługi przerwania po konwersji przetwornika ADC odpowiedzialny za akwizycję danych wejściowych

```
ISR(ADC_vect){
    static uint8_t Idx;
    if(ADCdataReady == 0) {
        ADCbuffer[Idx++] = ADCH - 128;
        if(Idx == N) {
            Idx = 0;
            ADCdataReady = 1;
        }
    }
}
```

(w zakresie 0…127 dostosowanym do rozdzielczości kanałów PWM).

Właśnie to zadanie stanowi główny problem obliczeniowy, o którym wspomniano na wstępie artykułu. Wynika to z liczby obliczeń stałoprzecinkowych wykonywanych w ramach pętli, z których składa się wspomniana funkcja. Jak widać, liczba tych obliczeń zależy bezpośrednio od liczby punktów transformaty Fouriera (N), która w naszym przypadku wynosi 20. Z kolei liczba punktów transformaty determinuje odległość kolejnych prążków mocy (tzw. BIN) a wynika z zależności:

BIN = częstotliwość próbkowania sygnału/liczba punktów transformaty (N).

Dla naszego przypadku BIN=400 Hz (8 kHz/20), co oznacza, że kolejne wartości częstotliwości, dla których liczona jest moc sygnału, są wielokrotnością wartości 400 Hz. Wartość ta jest kompromisem pomiędzy rozdzielczością mocy (BIN) a czasem niezbędnym na wykonanie funkcji *DFT()* przy przyjętej liczbie punktów transformaty (N). W naszym przypadku czas ten wynosi około 5,4 ms (zmierzony empirycznie), co determinuje częstotliwość odświeżania (*framerate*), która w tym przypadku wynosi około 185 Hz, a więc doskonale, jak na nasz niewielki mikrokontroler. Dalsze zwiększanie liczby punktów transformaty (N), choć pożądane, zmniejszyłoby częstotliwość odświeżania kanałów PWM do wartości nieakceptowalnych i praktycznie nieużytecznych. To jest główne ograniczenie software'owe naszej implementacji, o którym wspomniano wcześniej i wynika w głównej mierze z 8-bitowej architektury mikrokontrolera AVR i maksymalnej, dostępnej częstotliwości taktowania rdzenia.

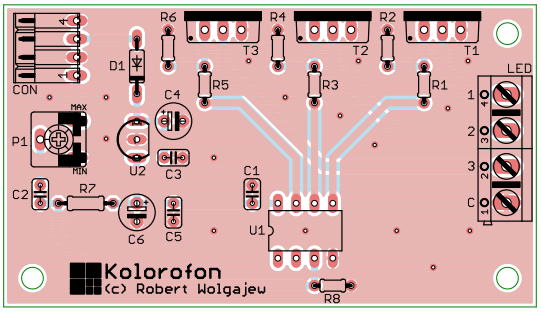
Warto również podkreślić, że przed wykonaniem funkcji *DFT()* (w pętli głównej programu aplikacji) zebrana tablica danych wejściowych *ADCbuffer[]* poddawana jest okienkowaniu, które ma na celu ograniczenie tak zwanych wycieków widma sygnału. Zastosowana funkcja okna jest typu Hanna (Hanninga), zaś stosowne współczynniki zebrano w tabeli *Window[]* umieszczonej w pamięci Flash mikrokontrolera, której treść pokazano na **listingu 6**.

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów urządzenia kolorofon pokazano na **rysunku 3**. Zaprojektowano niewielką, dwustronną płytkę drukowaną z zastosowaniem wyłacznie elementów przewlekanych, co w założeniu miało uprościć implementację urządzenia. Montaż rozpoczynamy od przylutowania wszystkich rezystorów oraz diody półprzewodnikowej D1. Dalej lutujemy wszystkie kondensatory ceramiczne, następnie kondensatory elektrolityczne, po czym przystępujemy do przylutowania wszystkich elementów półprzewodnikowych. Na samym końcu montujemy potencjometr montażowy P1 oraz złącza przyłączeniowe CON i LED.

Warto zauważyć, że tranzystory sterujące T1…T3 mogą wymagać zastosowania niewielkich radiatorów, a sama potrzeba wynika z mocy, jaką te elementy przełączają. Z kolei potencjometr P1 służy do regulacji czułości układy wejściowego. Zmontowaną płytkę urządzenia pokazuje fotografia tytułowa. Na koniec warto wspomnieć o tym, że zamiast diod power-LED możemy również zastosować żarówki na napięcie 12 V.

Robert Wołgajew, EP



Rysunek 3. Schemat montażowy kolorofonu

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R3, R5: 220 Ω (miniaturowy)
R2, R4, R6, R8: 10 kΩ (miniaturowy)
R7: 80,6 kΩ 0,1%

Kondensatory:
C1…C3, C5: 100 nF ceramiczny
C4, C6: 100 µF/16 V

Półprzewodniki:
U1: ATtiny13 (DIP08)
U2: 78L05 (TO92)
T1…T3: IRLZ44N (TO220)
D1: 1N4007 (DO41)

Pozostałe:
P1: potencjometr montażowy leżący 10 kΩ
LED: złącze śrubowe AK500/4
CON: gniazdo męskie 4 pin (NSL25-4W)

Listing 5. Kod funkcji odpowiedzialnej za obliczenie dyskretnej transformaty Fouriera

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

//Tablica współczynników Twiddle Factors: Twiddle[i] = (int16_t) (MULF*cos(i*PI2/N)), dla i<N
const int16_t Twiddle[N] PROGMEM = {64, 61, 52, 38, 20, 0, -20, -38, -52, -61, -64, -61, -52,
-38, -20, 0, 20, 38, 52, 61};

uint8_t DFT(uint8_t i){
    uint16_t a, b;
    int32_t Re, Im;
    //Obliczamy moc sygnału (0...127) dla szukanego prążka częstotliwościowego i < (N/2)+1
    Re = Im = a = 0;
    b = 3*N/4;

    for (uint8_t j=0; j<N; ++j){
        Re += (ADCbuffer[j] * (int8_t) pgm_read_byte(&Twiddle[a % N]))/MULF;
        Im -= (ADCbuffer[j] * (int8_t) pgm_read_byte(&Twiddle[b % N]))/MULF;
        a += i;
        b += i;
    }
    return (Re*Re + Im*Im)/16384;
}
```

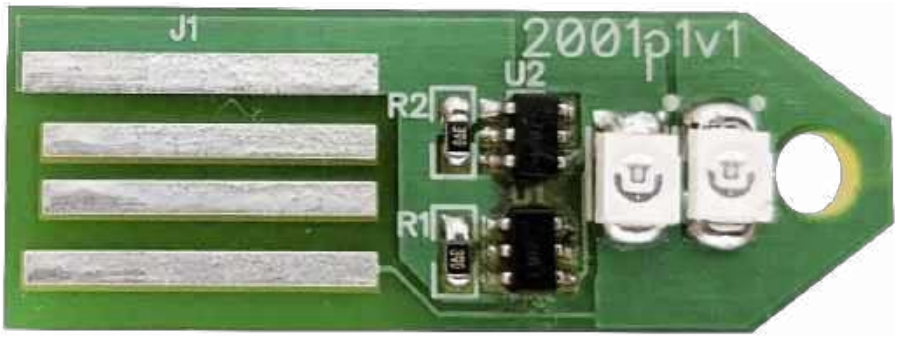
Listing 6. Tablica współczynników okna Hanna (Hanninga)

```
//Tablica współczynników okna Hanninga: Window[i] = (int8_t) (MULF*(0.5-0.5*cos(i*PI2/(N-1)))), dla i<N
const int8_t Window[N] PROGMEM = {0, 2, 7, 14, 24, 35, 45, 54, 60, 64, 64, 60, 54, 45, 35, 24, 14, 7, 2, 0};
```


eprasa.pl 7fe4c01756

Latarka UV na USB

Projekt powstał jako pomoc przy analizowaniu pokrycia lakierem płytki PCB. Dzięki temu prostemu urządzeniu o wiele łatwiej odróżnić powierzchnię PCB, jak i elementy, pokryte lakierem od niepokrytych obszarów. Jednak od razu zaznaczam, że nie wszystkie lakiery do PCB „świecą" w świetle UV.



Prezentowana latarka została zaprojektowana jako wkładka do portu USB. Dzięki temu jest to rozwiązanie tanie, a zarazem łatwe w eksploatacji, z racji popularności złącza USB.

Geneza projektu.

Budowa i działanie

Schemat urządzenia został pokazany na **rysunku 1**. Złącze J1 to złącze USB wykonane bezpośrednio na płytce PCB. Wytrawione pola służą jako pady do kontaktu ze stykami gniazda USB i doprowadzają zasilanie do elementów układu. Płytka powinna być wykonana na laminacie o grubości 2 mm, dzięki czemu będzie dobrze pasowała do gniazda USB.

Elementy U1 i U2 to układ typu AL5802-7, czyli źródło prądowe zbudowane z 2 tranzystorów NPN. Na **rysunku 2** pokazano typowy układ aplikacyjny. Prąd wyjściowy jest ustalany za pomocą rezystora R1 (R2). Jego wartość dobiera się na podstawie wzoru:

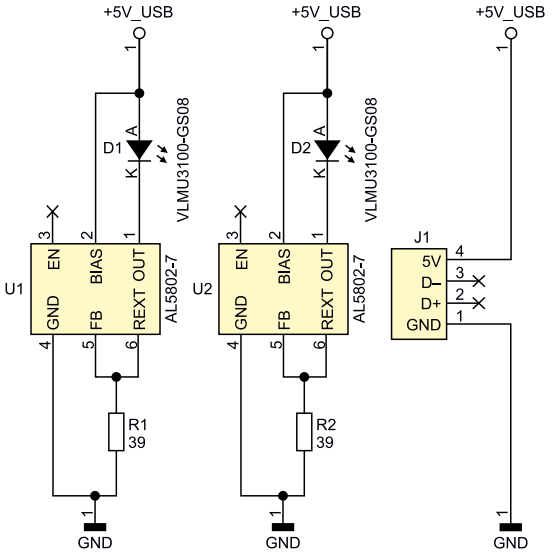
$$I_{LED} = \frac{V_{BE}(Q_1)}{R_{EXT}}$$

Po przekształceniu wzoru otrzymujemy:

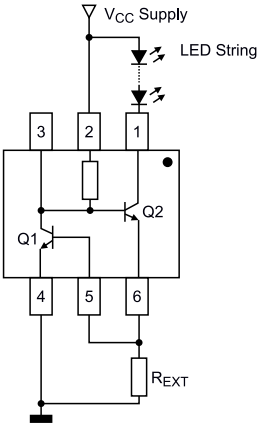
$$R_{EXT} = \frac{V_{BE}(Q_1)}{I_{LED}}$$

Załóżmy, że ustalamy prąd wyjściowy na 20 mA. Wartości podane są w dokumentacji (**rysunek 3**). Po przeliczeniu i zaokrągleniu do typowych wartości rezystorów z typoszeregu otrzymujemy wartość 39 Ω i prąd diody 19,2 mA. Rezystor może być w obudowie SMD0603, najlepiej o tolerancji 1%.

Diody LED UV, oznaczone na schemacie D1 i D2, to VLMU3100-GS08. Ich napięcie przewodzenia U_F mieści się w zakresie 2,8...3,8 V, natomiast typową wartością jest 3,2 V. Więcej parametrów optycznych



Rysunek 1. Schemat elektryczny układu



Rysunek 2. Typowy układ aplikacyjny układu AL5802-7

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

W ofercie AVT* AVT-5838

Podstawowe parametry:
- długość fali zastosowanych diod LED zbliżona do zakresu UV-A,
- diody LED zasilane z dwóch źródeł prądowych 20 mA,
- zasilanie z portu USB.

Wykaz elementów:
R1, R2: 39 Ω SMD0603 1%
D1, D2: dioda LED UV typu VLMU3100-GS08
U1, U2: AL5802-7

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

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

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

Electrical Characteristics – NPN Transistor – Q1 (@T_A = +25°C, unless otherwise specified.)

Symbol	Characteristic	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage (Note 9)	I_C = 1.0mA, I_B = 0	40	—	—	V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	I_E = 10μA, I_C = 0	6.0	—	—	V
I_{CEX}	Collector Cutoff Current	V_{CE} = 30V, $V_{EB(OFF)}$ = 3.0V	—	—	50	nA
I_{BL}	Base Cutoff Current	V_{CE} = 30V, $V_{EB(OFF)}$ = 3.0V	—	—	50	nA
h_{FE}	DC Current Gain	I_C = 100μA, V_{CE} = 1.0V I_C = 1.0mA, V_{CE} = 1.0V I_C = 10mA, V_{CE} = 1.0V	40 70 100	— — —	— — 300	—
$V_{CE(SAT)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage (Note 9)	I_C = 10mA, I_B = 1.0mA	—	—	0.20	V
$V_{BE(SAT)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	I_C = 10mA, I_B = 1.0mA	0.65	—	0.85	V

Rysunek 3. Fragment dokumentacji pokazujący parametry tranzystora Q1

eprasa.pl 7fe4c01756

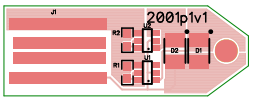
OPTICAL AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified) VLMU3100, ULTRAVIOLET						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Radiant intensity	I_F = 20 mA	I_e	1.8	2.5	3	mW/sr
Radiant power	I_F = 20 mA	ϕ_e	-	6.8	-	mW
Peak wavelength	I_F = 20 mA	λ_p	400	405	410	nm
Angle of half intensity	I_F = 20 mA	φ	-	± 60	-	deg
Forward voltage	I_F = 20 mA	V_F	2.8	3.2	3.8	V
Reverse current	V_R = 5 V	I_R	-	-	10	µA

Rysunek 4. Fragment dokumentacji pokazujący parametry elektryczne i optyczne diody UV

Fotografia 1. Widok banknotu w świetle UV

i elektrycznych pokazuje fragment dokumentacji z **rysunku 4**.

Ze względu na wysokie napięcie przewodzenia nie można było połączyć dwóch takich diod w szereg przy zasilaniu z 5 V. Zastosowano dwa układy AL5802-7, po jednym na każdą diodę. Absolutny maksymalny prąd diody w kierunku przewodzenia wynosi



Rysunek 5. Schemat płytki PCB

I_F=30 mA. W prezentowanym układzie prąd diod został ograniczony do 20 mA.

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB pokazuje **rysunek 5**. Montaż najlepiej rozpocząć od wlutowania układów U1 i U2. Następnie rezystory R1 i R2, a na końcu diody D1 i D2. Układ nie wymaga uruchomienia. Po zlutowaniu można od razu podłączyć do portu USB.

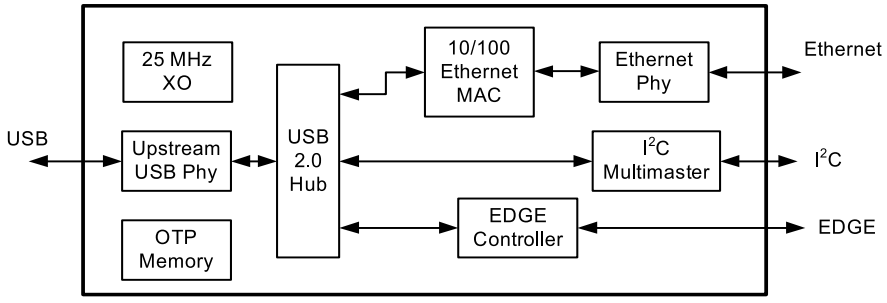
Latarkę można również stosować do sprawdzania znaków wodnych, na przykład na banknotach (**fotografia 1**). Długość fali zastosowanych diod LED jest zbliżona do zakresu UV-A. Ten zakres promieniowania nie ma właściwości sterylizujących. Takie właściwości ma zakres UV-C.

Uwaga! Nie należy wystawiać się na długotrwałe działanie promieniowania UV, w szczególności należy chronić oczy.

Sławomir Kabat
korydalin@gmail.com

Karta sieciowa z interfejsem USB

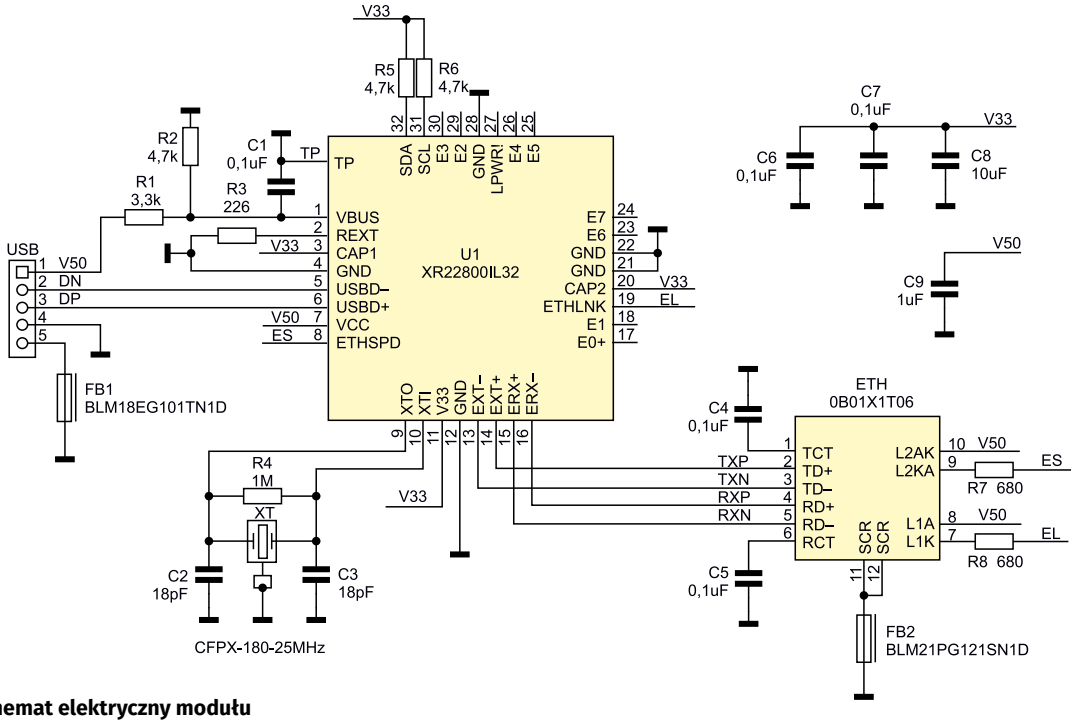
Pomimo powszechności Wi-Fi połączenie sieciowe w standardzie Ethernet w dalszym ciągu jest stosowane w komputerach SBC. Jest rozwiązaniem, które gwarantuje większe bezpieczeństwo i niezawodność. Prezentowany moduł może w łatwy sposób uzupełnić takie płytki jak Raspberry Pi Zero czy CM3+ lub doposażyć inne komputery, zawierające tylko jeden wbudowany interfejs, w kolejne porty Ethernet.



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna układu XR22800 (za notą Maxlinear)

Moduł bazuje na układzie XR22800 firmy Maxlinear. Jego podstawowymi zaletami są: bardzo prosta aplikacja oraz dostępność u większych dystrybutorów, także w ilościach jednostkowych (w przeciwieństwie do układów Realtek, Asix itp.). Na stronie producenta dostępne są sterowniki dla systemów

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 2. Schemat elektryczny modułu

Windows i Linux (aktualny Raspbian dla Pi domyślnie wspiera komunikację z układem).

Budowa i działanie

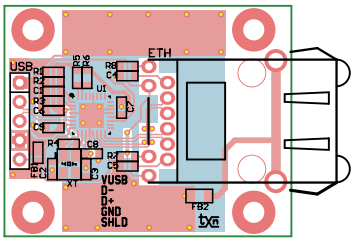
Strukturę wewnętrzną układu pokazuje **rysunek 1.** W skład mostka USB2.0 wchodzą trzy urządzenia: interfejs Ethernet, interfejs I²C oraz 8-portowy GPIO (w niektórych odmianach dostępny jest także UART – XR22804). W modelu używana jest tylko funkcja Ethernet.

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Podłączenie interfejsu USB jest możliwe poprzez złącze szpilkowe oznaczone USB. Obwód R1, R2, C1 odpowiada za detekcję podłączenia interfejsu. Kondensatory C6...C9 odsprzęgają zasilanie. Rezonator kwarcowy 25 MHz odpowiada za dostarczenie stabilnego sygnału taktującego dla U1. Sygnały interfejsu TXP/N, RXP/N doprowadzone są do złącza ETH zintegrowanego z transformatorem separującym. Diody LED sygnalizujące stan interfejsu połączone są przez rezystory R7 i R8, ograniczające ich prąd.

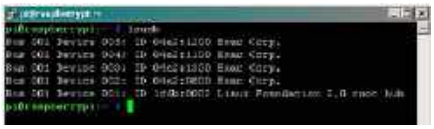
Montaż i uruchomienie

Interfejs zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 3**. Montaż nie jest skomplikowany, ale wymaga dużej precyzji i umiejętności lutowania układów w obudowach QFN. Podłączenie do SBC można zrealizować prefabrykowanym kablem CAB-USB-A-0.5-BK ze złączem żeńskim SIP5 lub można wykonać odpowiedni kabel, korzystając z przewodu TSK1160 i odpowiedniego wtyku USB.

Po podłączeniu interfejsu do portu USB i routera (switcha) powinny zaświecić się diody LED sygnalizujące połączenia i aktywną transmisję. W systemie Linux



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów



Rysunek 4. Efekt detekcji układu XR22800 za pomocą polecenia lsusb

poleceniem lsusb możemy sprawdzić obecność układów, efekt został pokazany na **rysunku 4**. Identyfikator układu XR22800 to 04E2, identyfikator 0800 to ID Huba Usb, 1300 to ID interfejsu Ethernet, 1100 to ID interfejsu I²C i 1200 to ID portów GPIO (EDGE).

Poleceniem ifconfig możemy sprawdzić przypisane karcie adresy IP. Przepustowość interfejsu można sprawdzić po instalacji pakietu speedtest-cli. Wymaga to wykonania następujących poleceń:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install python-pip
sudo pip install speedtest-cli
```

W większości przypadków prędkość zostanie ograniczona do wartości ustalonej przez dostawcę, jednak jest to wartość na poziomie kilkudziesięciu Mbit/s, znacząco większa od możliwej do osiągnięcia na popularnym układzie ENC28J60.

Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl

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

W ofercie AVT* AVT-5840

Podstawowe parametry:
- bazuje na układzie XR22800 firmy Maxlinear,
- komunikacja poprzez interfejs USB,
- bardzo prosta aplikacja i dostępność układu,
- sterowniki dla systemów Windows i Linux (domyślne wsparcie z Raspbiana).

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1: 3,3 kΩ
R2, R5, R6: 4,7 kΩ
R3: 226 Ω
R4: 1 MΩ
R7, R8: 680 Ω

Kondensatory: (SMD0603)
C1, C4, C5, C6, C7: 0,1 μF
C2,C3: 18 pF
C8: SMD0603 10 μF SMD
C9: SMD0603 1 μF SMD

Półprzewodniki:
U1: XR22800IL32 (QFN32)

Pozostałe:
FB1: koralik ferrytowy BLM18EG101TN1D SMD0603
FB2: koralik ferrytowy BLM21PG121SN1D SMD0805
ETH:gniazdo RJ45 z transformatorem Belfuse 0B01X1T06
USB: listwa SIL 2,54 mm
XT: rezonator kwarcowy 3,2×2,5 CFPX-180 CFPX-180-25 MHz

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

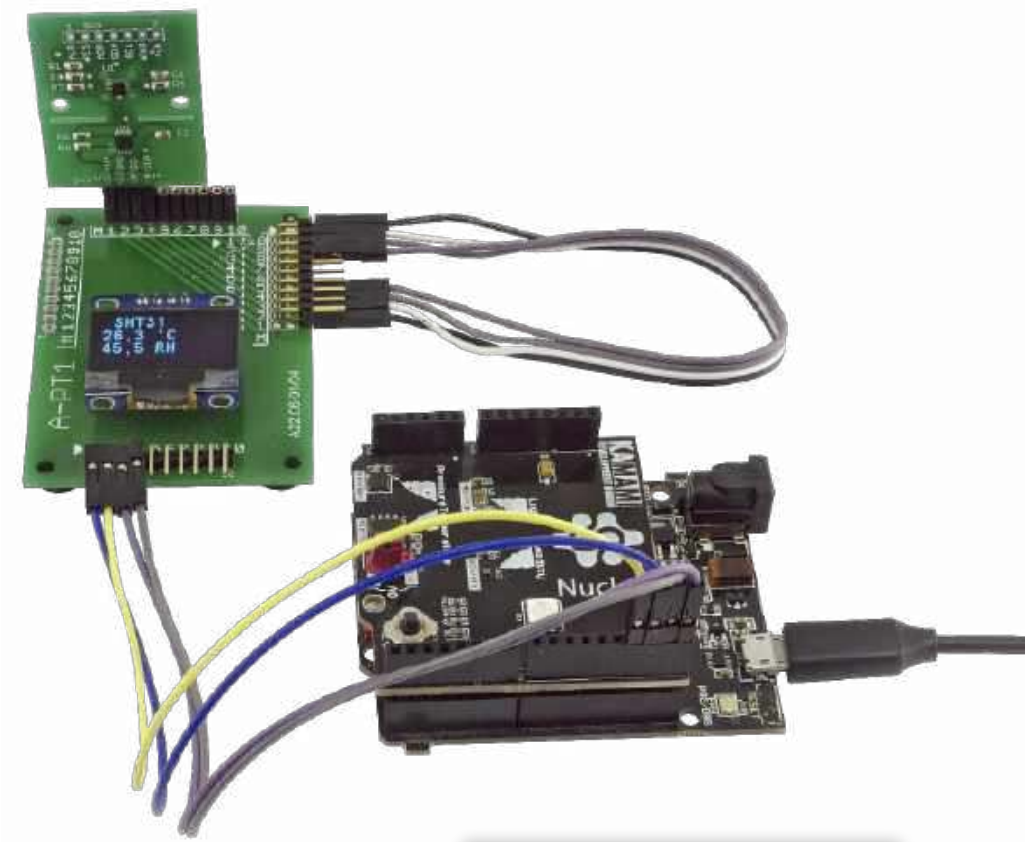
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

eprasa.pl 7fe4c01756

Płytka interfejsu dla czujnika wilgotności SHT31

SHT31 jest zintegrowanym czujnikiem przeznaczonym do pomiaru wilgotności względnej i temperatury. Wyróżnia się doskonałymi parametrami i miniaturową obudową. Zaprojektowana płytka interfejsu pozwala wygodnie podłączyć czujnik np. do płytek Arduino lub Nucleo. Proste procedury odczytu danych ułatwią zastosowanie czujnika we własnych konstrukcjach.



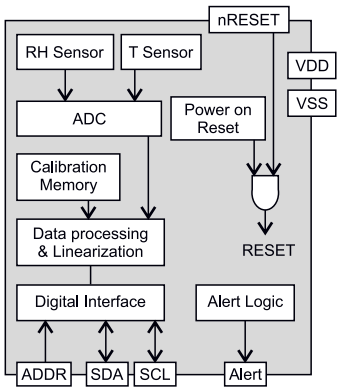
Czujnik SHT31 mierzy wilgotność względną, ale co oznacza ta wielkość? W skrócie jest to procentowy stosunek ilości wody (pary) w powietrzu do jej maksymalnej ilości (stanu nasycenia równego 100%) jaki może wystąpić w danych warunkach. Wilgotność względna zależy od temperatury. Wraz z jej spadkiem dla takiej samej ilości pary, wilgotność względna będzie się zwiększać, a po osiągnięciu 100% para zacznie się skraplać.

Informacja o poziomie wilgotności powietrza jest ważna ze względów zdrowotnych. Okazuje się, że najkorzystniej jest przebywać w środowisku, którego wilgotność względna (%RH) mieści się w przedziale 40%RH…60%RH. Poziom wilgotności jest także ważny przy długotrwałym przechowywaniu żywności, materiałów, dla niektórych procesów chemicznych.

Budowa SHT31

Na **rysunku 1** została pokazana budowa wewnętrzna czujnika SHT31 oraz dostępne wyprowadzenia. Oprócz podłączeń zasilania VDD, VSS, linii zerowania nRESET i wyprowadzeń magistrali I²C SDA, SCL, dostępne są jeszcze 2 dodatkowe linie.

- ADDR – wejście wyboru jednego z dwu adresów I²C, na który będzie reagował czujnik. Pozwala to na obsługę większej liczby czujników SHT31 dołączonych do tej samej magistrali;



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna SHT31

- ALERT – wyprowadzenie służy do sygnalizacji przekroczenia zaprogramowanych progów wilgotności i temperatury. Poziomem aktywnym jest stan wysoki.

Płytka interfejsu

Niewielkie rozmiary obudowy przystosowanej do montażu powierzchniowego utrudniają bezpośrednie wykorzystanie SHT31. Specjalnie zaprojektowana płytka interfejsu pozwala względnie łatwo przylutować czujnik, a złącza o rozstawie styków 2,54 mm zapewniają wygodny dostęp do jego wyprowadzeń. Schemat ideowy interfejsu pokazano na **rysunku 2**, natomiast schemat płytki PCB pokazuje **rysunek 3**.

Na płytce, oprócz czujnika U1, jest miejsce na dodatkowe oporniki: R1, R2 podciągają do napięcia zasilania magistralę I²C, R3 ustawia poziom niski na linii wyboru adresu ADDR, a R4 zabezpiecza linię nRESET przed przypadkowym zerowaniem. Wszystkie wyprowadzenia sygnałowe i zasilające można podłączyć poprzez złącze SV1 bezpośrednio do systemu mikroprocesorowego. Ze względu na specyfikę magistrali I²C takie podłączenie nie może być dłuższe niż kilkanaście centymetrów. Jeżeli czujnik wilgotności ma pracować w pewnym oddaleniu od procesora sterującego, należy zastosować układ pozwalający wydłużyć magistralę.

Na płytce interfejsu przewidziano miejsce dla mostka I²C oznaczonego na schemacie

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

W ofercie AVT* AVT-5832

Podstawowe parametry:
- zakres pomiaru wilgotności: 0…100% RH;
- dokładność pomiaru wilgotności: ±2% RH;
- zakres pomiaru temperatury: –40…+120°C;
- dokładność pomiaru temperatury: ±0,2°C w zakresie 0…90°C;
- czas wykonywania pomiaru: od 2,5 ms do 15,5 ms;
- pobór prądu podczas pomiaru: 1500 µA;
- pobór prądu pomiędzy pomiarami: 6 µA;
- napięcie zasilania: 2,15…5,5 V;
- interfejs komunikacyjny: I²C;
- wymiary obudowy: 2,5×2,5×0,9 mm.

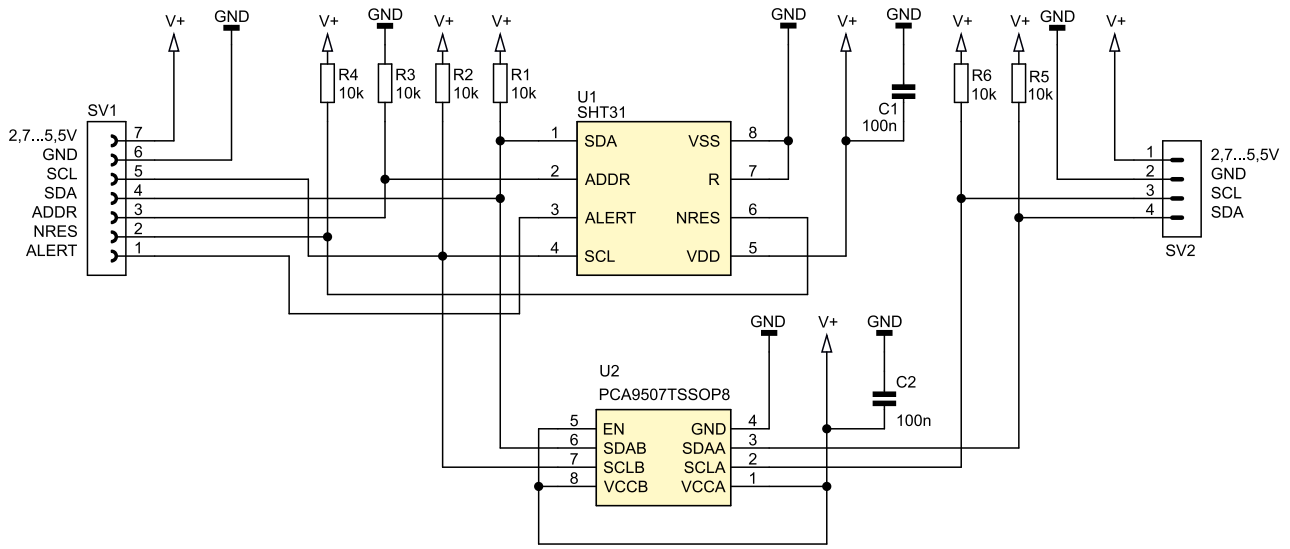
Wykaz elementów:
R1…R4: 10 kΩ SMD0805
R5, R6: 10 kΩ SMD0805*
1 C1 100 nF 0805
1 C2 100 nF 0805*
U1: SHT31-DIS-P
U2: PCA9507 (TSSOP8)*
SV1, SV4: goldpiny proste raster 2,54 mm
* elementy montowane opcjonalnie

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

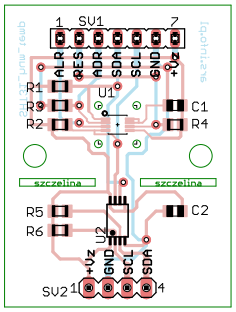
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

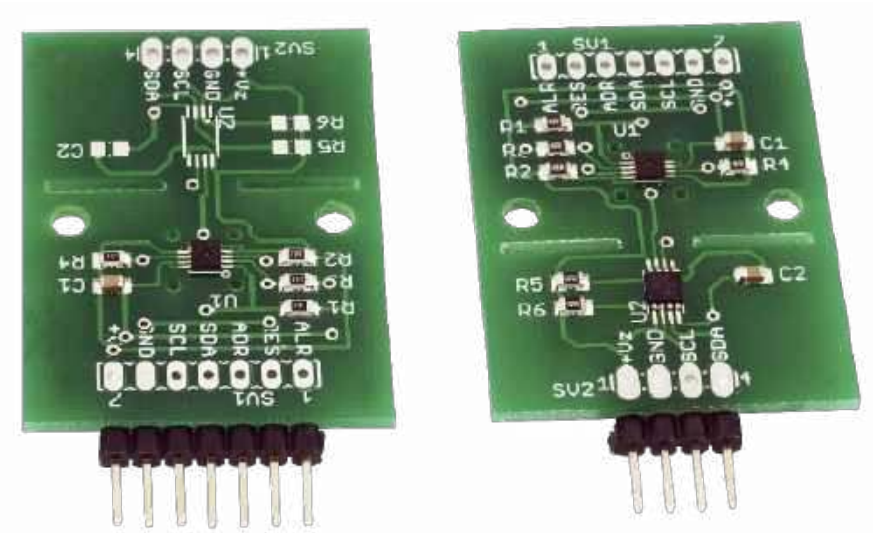
eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 2. Schemat ideowy



Rysunek 3. Schemat płytki PCB



Fotografia 1. Zmontowane płytki w obydwu wariantach

symbolem U2. Zastosowanie jako mostka układu PCA9507, podniesienie napięcia zasilania do +5 V i zastosowanie po drugiej stronie magistrali od strony mikroprocesora podobnego mostka, pozwoli zwiększyć jej długość nawet do 18 metrów. Wybierając taki sposób komunikacji z płytką interfejsu, należy skorzystać ze złącza SV2. W tym wariancie połączenia dostęp do pozostałych sygnałów sterujących czujnikiem nie jest możliwy. Jeżeli opcja z mostkiem I²C nie będzie wykorzystywana, można nie montować na płytce interfejsu elementów U2, C2, R5, R6, SV2. Na fotografii 1 pokazano płytki zmontowane w obydwu wariantach.

Cztery otwory w pobliżu miejsca wlutowania czujnika przeznaczone są do założenia osłony Filter Cap SF2. Osłona z cienką półprzepuszczalną membraną zapewnia dodatkową ochronę czujnika przed działaniem wody i substancji chemicznych, niekorzystnie wpływających na jego działanie.

Do przylutowania czujnika potrzebna jest lutownica o cienkim grocie, topnik w płynie i odrobina cyny. Czujniki w wykonaniu SHT-31-DIS-P zabezpieczone są pomarańczową folią. Należy ją usunąć dopiero po zakończeniu montażu i oczyszczeniu płytki.

Komunikacja z czujnikiem

Komunikacja i sterowanie czujnikiem odbywają się za pośrednictwem magistrali I²C. SHT31 reaguje na dwa adresy wybierane poziomem na wyprowadzeniu ADDR. Poziom niski (ustawiony w module przez opornik R3) wybiera adres 0x44, poziom wysoki wybiera adres 0x45. Adresy podane są w konwencji 7-bitowej.

Ogólny schemat transmisji rozkazu sterującego (np. inicjacji pomiaru) jest następujący: po sekwencji Start wysyłany jest adres czujnika z dodanym wyzerowanym 8-bitem, a potem wysyłane są 2 bajty komendy ze starszym bajtem jako pierwszym. Transmisję kończy sekwencja Stop. Na **rysunku 4** pokazany jest przebieg transmisji rozkazu.

Ogólny schemat odczytu z czujnika jest następujący: po sekwencji Start wysyłany jest adres czujnika z dodanym ustawionym 8-bitem, a potem czujnik przesyła 2 bajty danych temperatury (starszy bajt jako pierwszy), 1 bajt sumy kontrolnej bajtów temperatury, 2 bajty danych wilgotności (starszy bajt jako pierwszy), 1 bajt sumy kontrolnej bajtów wilgotności. Transmisję kończy sekwencja Stop. Na **rysunku 5** pokazany jest przebieg odczytu.

Czujnik SHT31 może pracować w różnych trybach, co wpływa na sposób odczytu pomiarów. W trybie single shot realizowany jest pomiar jednorazowy, w przeciwieństwie do periodic mode, kiedy po zakończeniu poprzedniego pomiaru czujnik automatycznie rozpocznie kolejny. W obu trybach można ustawić jedną z trzech szybkości konwersji: high, medium, low, przy czym wolniejsze konwersje zapewniają dokładniejsze, bardziej powtarzalne wyniki pomiaru. W trybie automatycznego powtarzania pomiarów można ustawić liczbę pomiarów na sekundę: 0,5, 1, 2, 4, 10.

Rysunek 4. Transmisja rozkazu magistralą I²C

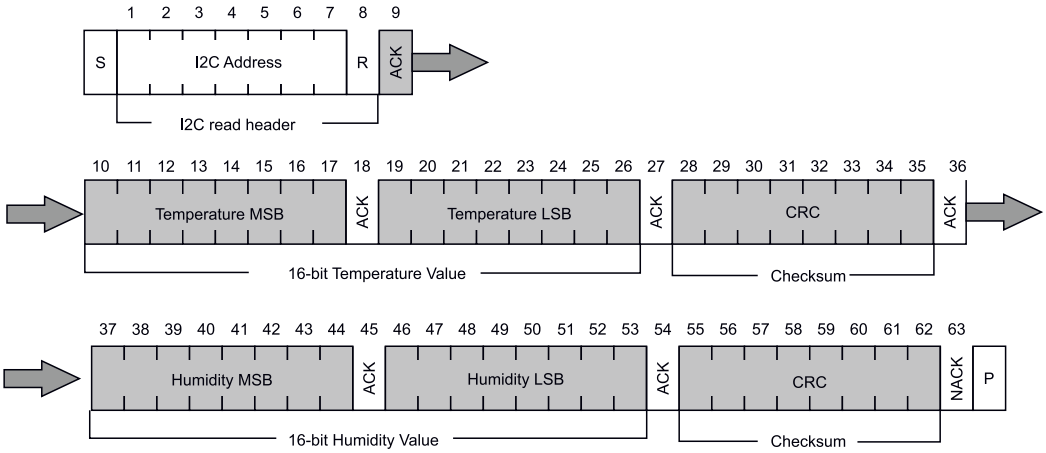
eprasa.pl 7fe4c01756

Tabela 1.

Tryb pomiaru		HEX	
Powtarzalność/Szybkość	Clock stretching	MSB	LSB
High	enabled	0x2C	06
Medium			0D
Low			10
High	disabled	0x24	00
Medium			0B
Low			16

Odczyt wyniku pomiaru zawsze inicjowany jest przez użytkownika. W trybie pojedynczego pomiaru czujnik będzie sygnalizował brak gotowości danych przez wystawienie sygnału NACK (braku potwierdzenia) po odbiorze sekwencji Start i adresu. W trybie clock stretching czujnik zawsze wysyła potwierdzenie ACK, ale gdy dane są niegotowe, blokuje sygnały zegarowe na linii CLK magistrali I²C. Przykładowo w **tabeli 1** zebrano rozkazy pojedynczego odczytu z wyborem parametrów powtarzalności i clock stretching. Poza tym czujnik reaguje na kilka dodatkowych rozkazów wpływających na sposób jego funkcjonowania np.:

- kod 0x3093 – przerwanie trybu periodic mode,
- kod 0x30A2 – programowe zerowanie czujnika, w tym ponowne wczytanie danych kalibracyjnych,
- kod 0xF32D – odczyt rejestru statusu,
- kod 0x3041 – zerowanie rejestru statusu, w tym flag alarmów i sygnalizacji resetu czujnika,
- kod 0x306D – włączanie i 0x3066 – wyłączanie podgrzewania czujnika dla usunięcia zanieczyszczeń chemicznych z powierzchni sensorów.



Rysunek 5. Odczyt danych magistralą I²C

Procedury prostego miernika wilgotności

Łącząc płytkę interfejsu z czujnikiem SHT31 oraz płytkę procesora (na zdjęciu tytułowym NUCLEO-F411), można szybko zbudować prosty miernik wilgotności połączony z cyfrowym termometrem. Linie SDA i SCL magistrali I²C płytki czujnika należy połączyć z wyprowadzeniami na płytce NUCLEO: D15 -linia SCL i D14 -linia SDA interfejsu I²C1. Do tych samych wyprowadzeń podłączamy linie I²C wyświetlacza graficznego OLED 128×64 ze sterownikiem SSD1306, na którym będą wyświetlane odczyty pomiarów. Napięcie zasilania +3,3 V dla płytki czujnika i wyświetlacza pobieramy z płytki NUCLEO.

W pętli głównej co sekundę inicjowany jest pojedynczy pomiar temperatury i wilgotności. Wywoływana jest procedura OdczytTemperaturyIWilgotnosci_Single, pokazana na **listingu 1**. Najpierw

Listing 1.

```
#define SHT3I2CADDRL_7B  0x44    //I2C adres 7 bitów ADDR (pin 2) connected to logic low

//odczyt rejestrów temperatury i wilgotności
uint8_t OdczytTemperaturyIWilgotnosci_Single(uint8_t *p_bufor, double *temperatura, double *wilgotnosc){
#define REPEAT_MED_CLOCKSTRETCH_DIS  0x240B
uint8_t sukces;
unsigned char slave_adr, ile_bajtow_danych;
char bufor[6];

    slave_adr =SHT3I2CADDRL_7B<<1;
    ile_bajtow_danych =2;
    bufor[0] =REPEAT_MED_CLOCKSTRETCH_DIS>>8;
    bufor[1] =0xff & REPEAT_MED_CLOCKSTRETCH_DIS;

    sukces =I2C_ZapisBloku(slave_adr, MEM_ADRES_I2C_0BAJT, 0, ile_bajtow_danych, bufor);
    if (sukces ==FALSE) return FALSE;

    ile_bajtow_danych =6;
    HAL_Delay(20);  //czas konwersji

    sukces =I2C_OdczytBloku(slave_adr, MEM_ADRES_I2C_0BAJT,
                            0, ile_bajtow_danych, bufor);
    if (sukces ==FALSE) return FALSE;

    char crc8 =CRC8((char *)bufor,2);
    char crc8_odczyt =*(bufor+2);
    if (crc8 !=crc8_odczyt) return FALSE;

    crc8 =CRC8((char *)(bufor+3),2);
    crc8_odczyt =*(bufor+5);
    if (crc8 !=crc8_odczyt) return FALSE;
    *wilgotnosc =KonwersjaSurowychDanychnaWilgotnosc((uint8_t *)(bufor+3));

    *p_bufor =bufor[0];
    *(p_bufor+1) =bufor[1];
    *(p_bufor+2) =bufor[3];
    *(p_bufor+3) =bufor[4];

    *temperatura =KonwersjaSurowychDanychnaTemperature((uint8_t *)bufor);

    return TRUE;
}
```


eprasa.pl 7fe4c01756

adres czujnika, który będzie wywoływany, jest zmieniany z postaci 7-bitowej na 8-bitową, ponieważ zastosowana procedura zapisu i odczytu I²C wymaga takiego formatu tego parametru. Wysyłany jest rozkaz inicjujący pojedynczą konwersję. Kod rozkazu 0x240B jest opisany w tabeli 1. Procedura nie korzysta z metod odpytywania czujnika o dostępność wyniku. Po prostu odczekuje maksymalny okres potrzebny na przeprowadzenie konwersji, czyli 20 ms. Po tym czasie odczytuje z SHT31 6 bajtów danych: 2 bajty danych temperatury z bajtem sumy kontrolnej i 2 bajty danych wilgotności z bajtem sumy kontrolnej. Następuje sprawdzenie, czy obliczone sumy kontrolne danych temperatury i wilgotności są identyczne z przesłanymi, procedura obliczania CRC jest zamieszczona na **listingu 2**.

Teraz należy przekształcić odczytane surowe dane temperatury i wilgotności na stopnie °C i procenty %RH. Dla danych temperatury korzysta się z formuły:

$$T[°C]=-45+(175*(S_{dane\ temperatury}/(2^{16}-1)))$$

Podprogram, który realizuje to przekształcenie, jest pokazany na **listingu 3**.

Dla danych wilgotności korzysta się z formuły:

$$RH=100*(S_{dane\ wilgotnosci}/(2^{16}-1))$$

Podprogram, który realizuje to przekształcenie, jest pokazany na **listingu 4**.

W przypadku sukcesu główna procedura zwraca wartość TRUE i w pętli głównej otrzymane po przekształceniach wartości temperatury i wilgotności zostają wyświetlane na wyświetlaczu.

Dodatkowe informacje na temat czujnika SHT31 można znaleźć na stronie producenta: http://bit.ly/35rNjEf.

Ryszard Szymaniak
biuro@ars.info.pl

Listing 2.

```
char CRC8(const char *data,int length){
    uint8_t crc = 0xff;
    size_t i, j;
    for (i = 0; i < length; i++) {
        crc ^= data[i];
        for (j = 0; j < 8; j++) {
            if ((crc & 0x80) != 0)
                crc = (uint8_t)((crc << 1) ^ 0x31);
            else
                crc <<= 1;
        }
    }
    return crc;
}
```

Listing 3.

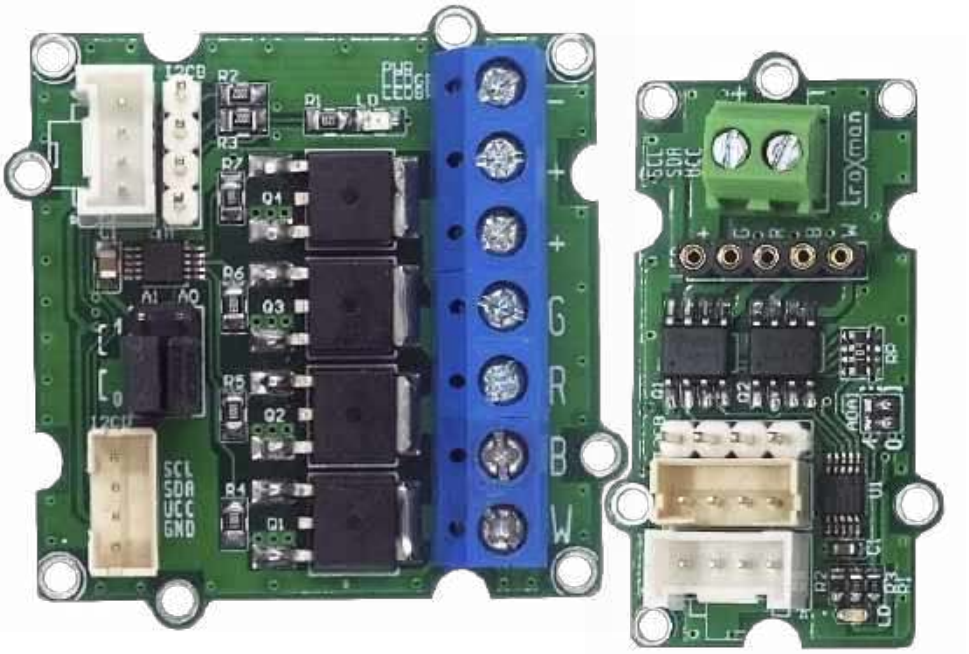
```
//konwersja wartości odczytanych rejestrów na temperaturę
double KonwersjaSurowychDanychnaTemperature(uint8_t *p_buf){
    uint16_t reg_raw =*p_buf <<8;
    reg_raw =reg_raw + *(p_buf+1);
    double temperatura =reg_raw;
    temperatura =temperatura / (65536-1);
    temperatura =temperatura * 175;
    temperatura =temperatura + (-45);
    return temperatura;
}
```

Listing 4.

```
//konwersja wartości odczytanych rejestrów na wilgotność
double KonwersjaSurowychDanychnaWilgotnosc(uint8_t *p_buf){
    uint16_t reg_raw =*p_buf <<8;
    reg_raw =reg_raw + *(p_buf+1);
    double wilgotnosc =reg_raw;
    wilgotnosc =wilgotnosc / (65536-1);
    wilgotnosc =wilgotnosc * 100;
    return wilgotnosc;
}
```

Minimoduły z driverem I²C do taśm LED RGBW

Zaprezentowane moduły pozwalają rozszerzyć funkcjonalność układów wyposażonych w magistralę I²C o możliwość sterowania typową taśmą LED RGBW 12 V. Intensywność każdego koloru (wyjścia) może być niezależnie regulowana, co pozwala na swobodne ustawienie barwy i jasności całej taśmy.



Moduł bazuje na podstawowej aplikacji układu PCA9632DP2 (U1), którego strukturę wewnętrzną pokazuje **rysunek 1**. Układ PCA9632DP2 wchodzi w skład rodziny kontrolerów LED firmy NXP. Jest to konfigurowany przez I²C czterokanałowy generator PWM z możliwością indywidualnej i grupowej regulacji PWM z rozdzielczością 8 bitów. Moduł został opracowany w 2 dwóch wariantach: podstawowym – o większym prądzie obciążenia, ale też większej płytce; mini – na niewielkiej płytce i z mniejszym dopuszczalnym obciążeniem.

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**, a wersji mini na **rysunku 3**. Sygnały wyjściowe LR...LW buforowane są tranzystorami Q1...Q4 lub Q1, Q2 w wersji mini, zwiększając wydajność prądową układu.

Każdy z modułów wyposażony jest w komplet gniazd dla interfejsu I²C zgodnych z różnymi systemami uruchomieniowymi. Układ U1 w wersji DP2 pozwala na wybór jednego z czterech adresów bazowych (0x60…0x63) za pomocą zwór A0, A1. Dzięki temu poprzez jedną magistralę I²C możemy sterować niezależnie czterema modułami/taśmami LED RGBW. Jeżeli musimy sterować większą liczbą niezależnych taśm, dla zwiększenia puli dostępnych adresów mozna użyć translatora adresów I²C typu LTC4316.

Dioda VCC sygnalizuje obecność zasilania, rezystory R2, R3 polaryzują magistralę I²C. Taśmę LED łączymy poprzez złącze kielichowe LED dla modułu mini lub przez złącza śrubowe LEDGR, LEDBW dla modułu podstawowego. Zasilanie taśm 12 V doprowadzone jest do złączy PWR, należy pamiętać o odpowiedniej wydajności zasilacza dobranej do długości taśmy.

eprasa.pl 7fe4c01756

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

W ofercie AVT* AVT-5839

Podstawowe parametry:

- cztery kanały wyjściowe dla taśm LED o czterech kolorach – RGBW, każdy kolor (wyjście) może być niezależnie regulowane,
- rozdzielczość regulacji: 8 bitów/kanał (256 stopni regulacji na każdym kanale),
- obciążalność wyjść: 4 A dla wersji podstawowej, 1 A dla wersji mini,
- przeznaczone do taśm o napięciu zasilania 12 V,
- sterowanie poprzez magistralę I²C.

Wykaz elementów:

Moduł w wersji podstawowej

Rezystory:
R1: 2,2 kΩ SMD0805 1%
R2, R3: 10 kΩ SMD0805 1%
R4…R7: 100 kΩ SMD0805 1%

Kondensatory:
C1: 0,1 µF SMD0805 X7R 10 V

Półprzewodniki:
LD: dioda LED zielona SMD0805
U1: PCA9632DP2 (TSSOP10)
Q1…Q4: tranzystor MOSFET AOD240 (TO-252)

Pozostałe:
A0, A1: złącze SIP3, 2,54 mm + zwory 2 szt.
I2CB: złącze złącze SIP4, 2,54 mm
I2CC: złącze JST 1 mm
LEDBW, PWR: złącze DG126-5,0-2
LEDGR: złącze DG126-5,0-3

Moduł w wersji mini

Rezystory:
R1: 2,2 kΩ SMD0603 1%
R2, R3: 10 kΩ SMD0603 1%
RP: 100 kΩ CRA06S08 1%

Kondensatory:
C1: 0,1 µF SMD0603 X7R 10 V

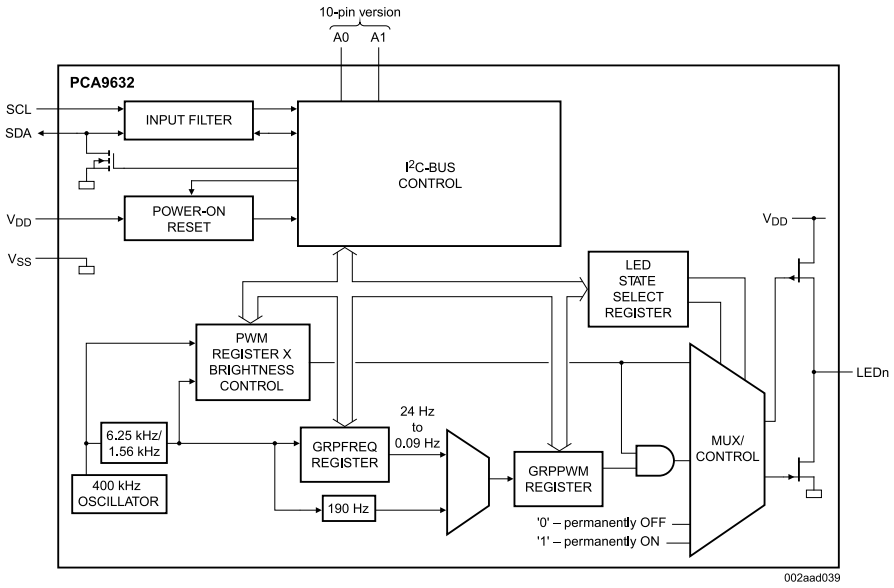
Półprzewodniki:
LD: dioda LED zielona SMD0603
U1: PCA9632DP2 (TSSOP10)
Q1, Q2: tranzystor MOSFET×2 AO4800B (SO8)

Pozostałe:
I2CB: złącze SIP4, 2,54 mm
I2CC: złącze JST 1 mm
LED: gniazdo kołkowe dla SIP5
PWR: złącze DG381-3,5-2

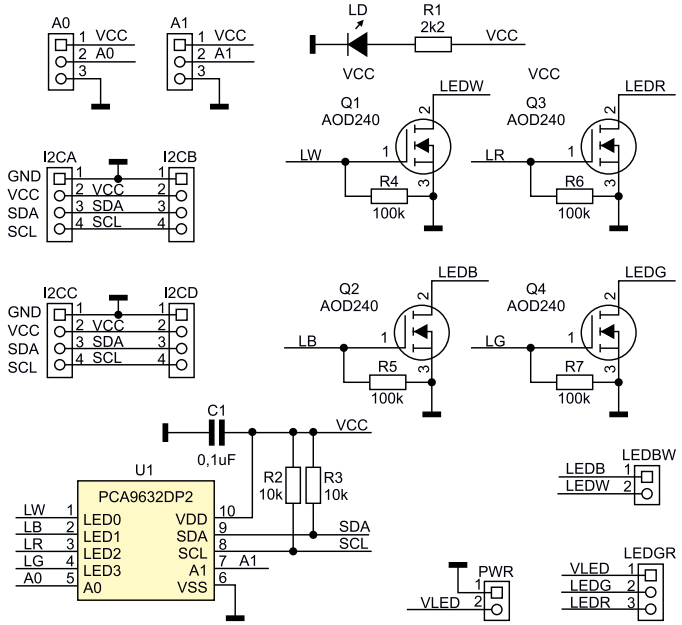
*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować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

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

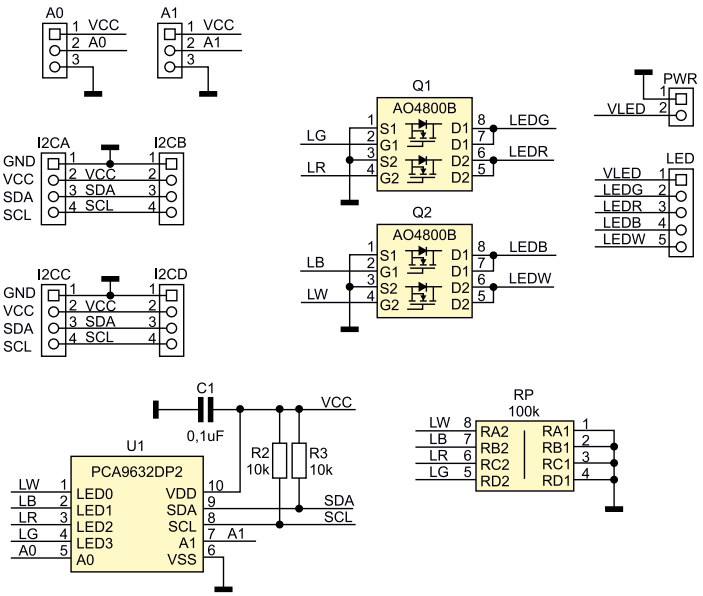
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! *http://sklep.avt.pl*. W przypadku braku dostępności na *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy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



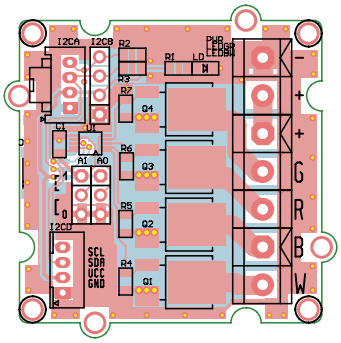
Rysunek 1. Struktura wewnętrzna PCA9632 (za notą NXP)



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu w wersji podstawowej



Rysunek 3. Schemat ideowy modułu w wersji mini

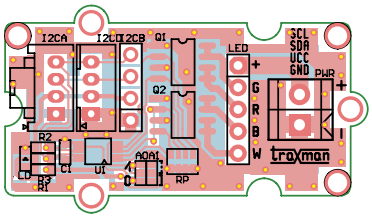


Rysunek 4. Schemat płytki PCB modułu w wersji podstawowej

eprasa.pl 7fe4c01756

Listing 1. Przykładowy skrypt testowy *PCA9632.sh*

```
#!/bin/bash
echo "PCA9632 RGBW Driver ADR:0x60"

i2ctransfer -y 1 w13@0x60 0x80 0x80 0x14 0x00 0x00 0x00 0x00 0x80 0x40 0xAA 0xE2 0xE4
0xE8

    echo "White"
    i2cset -y 1 0x60 0x02 0x55
    sleep 1
    i2cset -y 1 0x60 0x02 0x00
    sleep 1

    echo "Blue"
    i2cset -y 1 0x60 0x03 0x55
    sleep 1
    i2cset -y 1 0x60 0x03 0x00
    sleep 1

    echo "Green"
    i2cset -y 1 0x60 0x04 0x55
    sleep 1
    i2cset -y 1 0x60 0x04 0x00
    sleep 1

    echo "Red"
    i2cset -y 1 0x60 0x05 0x55
    sleep 1
    i2cset -y 1 0x60 0x05 0x00
    sleep 1

    echo "Cyan"
    i2cset -y 1 0x60 0x03 0x55
    i2cset -y 1 0x60 0x04 0x55
    sleep 1
    i2cset -y 1 0x60 0x03 0x00
    i2cset -y 1 0x60 0x04 0x00
    sleep 1

    echo "Magenta"
    i2cset -y 1 0x60 0x03 0x55
    i2cset -y 1 0x60 0x05 0x55
    sleep 1
    i2cset -y 1 0x60 0x03 0x00
    i2cset -y 1 0x60 0x05 0x00
    sleep 1

    echo "Yellow"
    i2cset -y 1 0x60 0x04 0x55
    i2cset -y 1 0x60 0x05 0x55
    sleep 1
    i2cset -y 1 0x60 0x04 0x00
    i2cset -y 1 0x60 0x05 0x00
    sleep 1

echo "All Off"
```



Rysunek 5. Schemat płytki PCB modułu w wersji mini

Montaż i uruchomienie

Montaż modułów nie jest skomplikowany i nie wymaga dokładnego opisu. Płytki obu wariantów są dwustronne, ich schematy wraz z rozmieszczeniem elementów zostały pokazane na **rysunkach 4** i **5**.

Poprawnie zmontowane moduły nie wymagają uruchamiania, lecz konieczne jest skonfigurowanie układu PCA9632. Dokładny opis rejestrów układu jest opisany w nocie katalogowej. Przykładowy skrypt testowy *PCA9632.sh* dla Raspberry Pi został pokazany na **listingu 1**. Po podłączeniu modułu do Raspberry Pi i uruchomieniu skryptu, zgodnie z opisem zaświecone zostaną na taśmie kolory W, B, G, R, C, M, Y. Jasność LED można ustawić, zmieniając wartość 0x55 na mniejszą lub większą niezależnie dla każdego koloru. Wartość 0x00 wygasza LED.

Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl

REKLAMA

KLUB AVT ELEKTRONIKA

Wstąp do Klubu AVT Elektronika

będziesz miał prawo do korzystania z szeregu przywilejów:

- do 50% zniżki w Sklepie AVT
- darmowe prenumeraty Wydawnictwa AVT
- do 50% zniżki w Ulubionym Kiosku
- Zapraszamy do zapoznania się z zasadami Klubu!

HTTP://BIT.LY/2GADWTQ

eprasa.pl 7fe4c01756

Elektronika w walce z pandemią

Minął już rok od czasu, kiedy na świecie wybuchła pandemia wirusa SARS-CoV-2 i powodowanej przez niego choroby COVID-19. W tym czasie świat zdążył się mocno zmienić. Nowoczesne technologie zdecydowanie pomogły nam w dostosowaniu się do nowej sytuacji.

Światowa epidemia groźnego wirusa zmusiła nas do zmiany wielu przyzwyczajeń oraz wyrobienia nowych nawyków. Najistotniejsze, w ograniczeniu rozprzestrzeniania tej niebezpiecznej choroby, okazuje się zachowanie reżimu sanitarnego. Technologia pomaga w tych trudnych czasach na wiele sposobów. W poniższym artykule przyjrzymy się temu, w jaki sposób systemy elektroniczne ułatwiają szybkie dostosowanie się do nowej sytuacji, gdzie używane są do wyegzekwowania przestrzegania zasad sanitarnych i dystansu społecznego oraz jak mogą przyczynić się do bezpośredniego zwalczania samego wirusa.

Wpływ pandemii na sektor elektroniczny

Pandemia i wynikający z niej lockdown drastycznie zmieniły nasze życie. Zwiększone wykorzystanie telepracy, zdalnej edukacji i rozrywek internetowych doprowadziło do gwałtownego wzrostu popytu na produkty elektroniczne, co nadwerężyło zarówno globalne łańcuchy dostaw, jak i zapasy materiałów i surowców mineralnych.

Szacuje się, że liczba pracowników pracujących w domu wzrosła o 300 milionów [1], a około 1,3 miliarda uczniów rozpoczęło na całym świecie naukę online w swoich domach [2]. Rozrywka również przesunęła się w kierunku przedsięwzięć cyfrowych, co pociągnęło za sobą modernizację sprzętu elektronicznego, takiego jak telewizory, monitory, konsole do gier itp. Masowe przejście na działalność online, która wymaga sprzętu elektronicznego, spowodowało, że branża komputerów osobistych odnotowała ogromny wzrost sprzedaży komputerów stacjonarnych, laptopów i innych powiązanych urządzeń w drugim kwartale 2020 roku – aż o 11,2%, licząc rok do roku [3] i pomimo spadku, którego doświadczyła większość gospodarek na świecie w tym samym okresie. Branża gier również odnotowała znaczny wzrost, ponieważ sprzedaż konsol wzrosła o 155% [4]. Rynek sprzętu do gier PC odnotowuje wzrost o 10,3%, przy czym większość wzrostu związana jest z wydatkami na sprzęt, ponieważ gracze aktualizują swoje systemy w okresie kwarantanny [5].

Analitycy, zapytani przez portal EETimes [6], oceniają, że branża półprzewodników przetrwała pandemię jak dotąd całkiem dobrze. Z jednej strony mamy wzrosty opisane powyżej, a z drugiej stagnację i spadki w zakresie systemów związanych z lotnictwem czy motoryzacją. Pandemia zdewastowała globalne zapotrzebowanie na podróże, co pociągnęło za sobą w dół sektor mobilności – lotnictwo cywilne i motoryzację. Spadł popyt na urządzenia elektroniczne na tych rynkach, a jego odbudowa może zająć lata. Wyraźnie spadł popyt m.in. na radary czy urządzenia obliczeniowe dla zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy (ADAS).

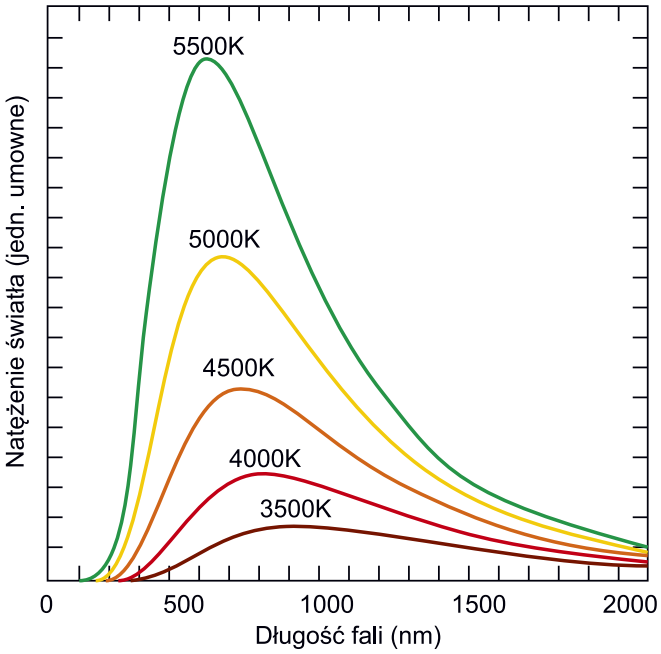
Prognoza dalszego rozwoju rynków elektronicznych jest trudna, ponieważ świat nigdy nie doświadczył jeszcze podwójnego wstrząsu – „szoku popytowego" i „szoku podażowego" jak wyjaśniają analitycy.

Jednak sektor elektroniczny nie jest tylko bezwolną ofiarą pandemii. Na świecie jest podejmowanych wiele działań, mających przeciwdziałać rozprzestrzenianiu się wirusa SARS-CoV-2. Na czoło tych działań wybija się szereg technologii elektronicznych, stojących w pierwszym rzędzie walki z pandemią.

Termometry bezdotykowe

Technologia bezdotykowego pomiaru temperatury ciała człowieka znana jest już od dawna. Bezdotykowe termometry dostępne są w wielu aptekach i sklepach na całym świecie, jednakże teraz, gdy pomiar temperatury ciała stał się tak ważny w celu wykrywania osób

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 1. Widma emisji promieniowania cieplnego ciała doskonale czarnego o temperaturze od 3500 do 5500 K

potencjalnie chorych na COVID-19, technologia ta została w pełni doceniona. Jest to doskonale znane epidemiologom narzędzie, gdyż termometry tego rodzaju chętnie stosowane były do rozpoznawania osób potencjalnie zarażonych SARS [7] czy ebolą [8].

Mówiąc o termometrze bezdotykowym, mamy najczęściej na myśli termometr na podczerwień. Jest to urządzenie optoelektroniczne, które w sposób bezkontaktowy określa temperaturę na podstawie pomiaru promieniowania cieplnego obiektu. Promieniowanie to jest emitowane przez każde ciało o temperaturze powyżej zera bezwzględnego (0 K, czyli –273°C). Jest to promieniowanie elektromagnetyczne generowane przez ruch termiczny naładowanych cząstek w danym materiale. Widmo tego promieniowania jest ciągłe i zależne od temperatury. W przypadku ciała doskonale czarnego, będącego w stanie równowagi termodynamicznej, widmo to jest opisywane równaniem:

$$B(\nu,T)=\frac{2h}{c^2}\cdot\frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}}-1}$$

gdzie:

B(ν, T) to intensywność promieniowania (moc na jednostkę powierzchni i kąt przestrzenny, więc wyrażane jest w watach na steradian razy metr kwadrat – W/sr·m²). Ponadto *h* to stała Plancka, *c* to prędkość światła w próżni, *k* to stała Boltzmanna, ν to częstotliwość promieniowania cieplnego, a *T* to temperatura bezwzględna ciała.

Na **rysunku 1** pokazano widmo promieniowania elektromagnetycznego dla różnych temperatur. Można zaobserwować, że w sposób spójny maksimum tego widma przesuwa się w stronę wyższych energii wraz ze wzrostem temperatury. Zasadę tę można stosować również do pomiaru temperatury ludzkiego ciała. Przy temperaturze 36,6°C (309,75 K) maksimum emisji ciała doskonale czarnego przypada na 9,36 μm, czyli w zakresie średniej podczerwieni. Mierząc zmianę intensywności promieniowania podczerwonego w znanym, ściśle określonym zakresie temperatur, możliwe jest oszacowanie temperatury mierzonego przedmiotu.

Do pomiaru temperatury ciała człowieka i zbliżonej stosuje się pomiar natężenia promieniowania podczerwonego w zakresie od około 5 μm do 15 μ. Na przykład w sensorze MLX90614 firmy Melexis [9] (**fotografia 1**) filtr pasmowoprzepustowy na wejściu układu ogranicza widmo do zakresu 5,5...14 μm. Tego rodzaju układy, nie dość, że mają wbudowany, na ogół dosyć egzotyczny detektor (skonstruowany nie z krzemu, a np. z germanu, stopów kadmu i telluru itp. lub tzw. termostos – układ szeregowo połączonych termopar), to zawierają także zintegrowany front-end analogowo-cyfrowy wraz z układem kalibrującym pomiar. Dzięki temu na wyjściu interfejsu cyfrowego dostępne są dane o wartości zmierzonej temperatury.

Termometry bezdotykowe mają wiele zalet, ale podstawową jest bezkontaktowe wykonywanie pomiaru. Jest to szczególnie ważne w przypadku wykrywania chorób zakaźnych.

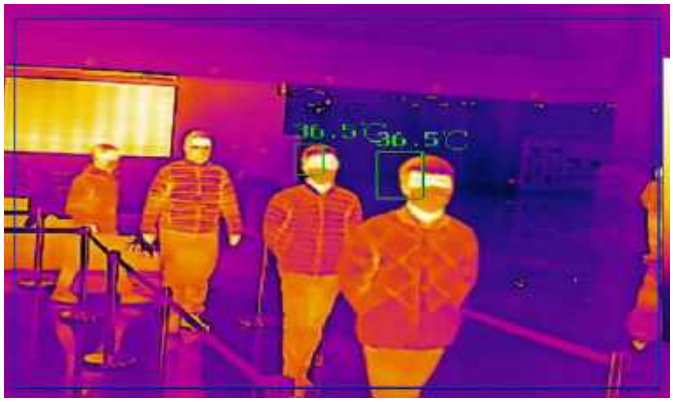
Jeszcze lepszym narzędziem są systemy termograficzne, czyli kamery na podczerwień, które prowadzą pomiar wielopunktowy. Dzięki temu mogą one obrazować termicznie szerszą przestrzeń – na przykład grupę ludzi wchodzących do pomieszczenia. Kamery termograficzne, połączone z klasycznymi kamerami, pracującymi w pasmie widzialnym, oraz systemami detekcji twarzy/ludzi na nagraniach, potrafią w szybki sposób identyfikować osoby potencjalnie zarażone nawet w większym tłumie. Przykład takiego systemu, wraz z rzeczywistym obrazem, pokazano na **fotografii 2** [10].

Fotografia 1. Zintegrowany termometr bezdotykowy MLX90614

Autonomiczne systemy dezynfekcyjne

Koronawirus przeżywa na różnych powierzchniach nawet do pięciu dni [11]. Oznacza to, że do zarażenia może dojść nie tylko na skutek kontaktu z nosicielem, ale także przedmiotami itp., które miały kontakt z nosicielem nawet kilka dni wcześniej. Dlatego niezwykle istotne jest zachowanie czystości. Konieczna jest regularna dezynfekcja rąk, ale równie ważne jest dezynfekowanie całych pomieszczeń, szczególnie w budynkach użyteczności publicznej, galeriach handlowych i wszędzie tam, gdzie przemieszcza się dużo ludzi.

Istnieją dwie podstawowe metody stosowane do dezynfekcji powierzchni w pomieszczeniach. Można stosować środki chemiczne lub promieniowanie ultrafioletowe z zakresu UV-C [12], czyli



Fotografia 2. Obraz kamery termowizyjnej firmy HikVision, wyposażonej w system identyfikujący temperaturę ludzi

eprasa.pl 7fe4c01756

Fotografia 3. Robot dezynfekcyjny Xenex LightStrike

Fotografia 4. Robot dezynfekcyjny o dużym stopniu automnomii

o długości fali 200...300 nm. Problemem nie jest jednak sama dezynfekcja – środki chemiczne czy specjalne lampy do zabijania zarazków są znane i stosowane już od dawna. Kluczowym wyzwaniem jest dostarczanie środków chemicznych czy światła do wszystkich zakamarków pomieszczenia.

Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że środki dezynfekujące i promieniowanie z zakresu UV-C są nie tylko zabójcze dla mikroorganizmów, ale także szkodliwe dla ludzi. Oznacza to, że osoby odpowiedzialne za dezynfekcje pomieszczeń muszą być odpowiednio zabezpieczone przed wpływem tych środków. Tutaj z pomocą przychodzi nowoczesna technologia. W ostatnim czasie na rynku pojawiło się wiele robotów, których przeznaczeniem jest dezynfekowanie [13]. Charakteryzują się one niecodzienną konstrukcją i zróżnicowanym poziomem autonomii. Na **fotografii 3** pokazano jedną ze starszych, ale dzięki temu wielokrotnie sprawdzonych konstrukcji – system Xenex LightStrike.

Zaprezentowane urządzenie jest pozycjonowane manualnie w pomieszczeniu, które ma być dezynfekowane. Następnie system należy podłączyć do zasilania i opuszcza się pomieszczenie. Robot wykrywa moment opuszczenia pomieszczenia przez ludzi i dopiero wtedy rozpoczyna działanie lampy UV-C. Źródłem promieniowania jest lampa rtęciowa. Robot ten zawiera sensory, które wykrywają pojawienie się człowieka w polu działania systemu i powodują natychmiastowe wyłączenie źródła UV-C. Istnieją roboty o wyższym poziomie autonomii, takie jak np. SIFROBOT-6.59 (**fotografia 4**). Jest to autonomiczny, zasilany bateryjnie robot, wyposażony w LIDAR, odometr i zestaw do nawigacji inercyjnej (akcelerometry oraz żyroskopy). Oprócz dezynfekcji powierzchni w pomieszczeniach zabija także mikroorganizmy znajdujące się w powietrzu – wyposażony jest w układ, który zasysa powietrze z pomieszczenia i przepuszcza je przez układ sterylizacyjny.

Dzięki zastosowaniu innowacyjnych algorytmów czy sensorów, roboty takie jak opisane powyżej mogą w bezpieczny dla ludzi sposób autonomicznie dezynfekować miejsca w przestrzeni publicznej, ograniczając transmisję wirusa [14]. Z uwagi na to, jak istotne są takie działania, Komisja Europejska przeznaczyła 12 milionów euro na zakup 200 robotów sterylizujących pomieszczenia w europejskich szpitalach [15].

Ozonatory

Istotną klasą systemów, które pomagają w zachowaniu czystości i sterylizacji, są ozonatory. Japońscy naukowcy wykazali [16], że generatory ozonu są skuteczne w niszczeniu wirusów SARS-CoV-2. Skuteczne stężenie ozonu w powietrzu musi wynosić od 0,05 ppm do 0,1 ppm. W przeprowadzonym eksperymencie takie stężenie ozonu wystarczyło, aby przez 10 godzin zabić 90% wirusów. „Zaraźliwość nowego koronawirusa może być ograniczona przez zastosowanie niskiego stężenia ozonu w powietrzu, nawet w miejscach, gdzie przebywają ludzie", mówi naukowiec z japońskiego zespołu, Takayuki Murata. „Tego rodzaju dezynfekcja jest szczególnie wydajna w miejscach o dużej wilgotności", dodaje.

Japońskie odkrycie jest bardzo dobrą informacją, jeśli chodzi o wykorzystanie ozonu do zabijania chorobotwórczego koronawirusa. Użycie ozonu o niewielkim stężeniu jest kluczowe, jeśli systemy takie mają działać w miejscu obecności ludzi. Typowo stosowane sterylizacyjne stężenia ozonu – od 1 ppm do 6 ppm – mogą być niebezpieczne dla ludzi, więc mogą być stosowane jedynie w pomieszczeniach zamkniętych, gdzie można ograniczyć dostęp ludziom. Po ozonowaniu pomieszczenia muszą być wietrzone. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) ostrzega przed stosowaniem tego rodzaju systemów w miejscach uczęszczanych przez ludzi [17].

Ozon, czyli tzw. tritlen, to odmiana alotropowa tlenu, formująca cząsteczkę z trzema atomami tego pierwiastka – O_3. W odróżnieniu od niego tlen atmosferyczny, którym oddychamy, to cząsteczka zbudowana z dwóch atomów tlenu – O_2. Ozon naturalnie tworzy się w czasie rozpadu tlenu pod wpływem ultrafioletu (szczególnie w górnych warstwach atmosfery) i wyładowań atmosferycznych. Dlatego też, po burzy czy w otoczeniu systemów wysokiego napięcia, wyczuwalny jest charakterystyczny zapach.

Ozon jest silnym utleniaczem, dzięki czemu ma doskonałe właściwości dezynfekcyjne, jednak to czyni go także niebezpiecznym dla ludzi – jest wolnym rodnikiem i powoduje uszkodzenie błon komórkowych, a po dostaniu się do wnętrza komórek hamuje działanie wielu enzymów, odpowiedzialnych za oddychanie komórkowe. Dodatkowo powoduje powstawanie wielu związków chemicznych, które mogą być szkodliwe dla ludzi. Jednak są one, podobnie jak ozon, dosyć niestabilne i nie utrzymują się w ozonowanym powietrzu czy wodzie przez dłuższy czas.

W warunkach domowych ozon wytwarza się w specjalnie zaprojektowanych do tego generatorach. Wykorzystują one do działania najczęściej wyładowania koronowe, do czego potrzebne jest wysokie napięcie. Rzadziej do wytwarzania ozonu używa się silnych lamp ultrafioletowych. Reakcje zachodzące w tych urządzeniach są podobne do tych, jakie zachodzą w górnych warstwach atmosfery, gdzie formuje się tzw. warstwa ozonowa, jednak na dużo mniejszą skalę.

Ozon stosowany jest od dawna do sterylizacji wody – jest 50 razy skuteczniejszy i 3000 razy szybszy w tym działaniu niż chlor [18]. Obecnie coraz częściej, m.in. w związku z pandemią, stosuje się ozonatory powietrza. Tego rodzaju urządzenia zwykle używane są w szpitalach do sterylizacji zamkniętych, na czas ich działania, sal i pokoi. Jednak, jak pokazują wspominane wyżej badania

eprasa.pl 7fe4c01756

– niewielkie stężenie ozonu, bezpieczne dla człowieka, także ma działanie dezynfekujące.

Systemy teleobecności

Kolejnym segmentem elektroniki, który zyskał na znaczeniu w czasie pandemii, są urządzenia usprawniające pracę i nauczanie zdalne oraz systemy do teleobecności [19]. Zmiana myślenia o tego rodzaju technologiach przeniosła je ze sfery ciekawostki do realnej części naszego życia. To otworzyło drogę do szybkiej popularyzacji segmentu teleobecności.

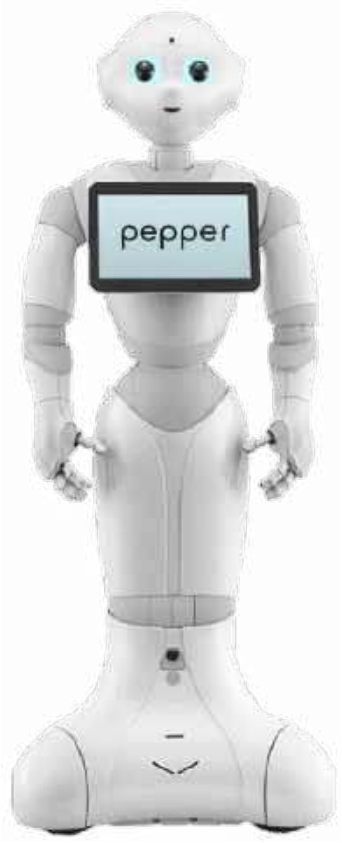
Technologie stosowane podczas pracy czy nauki zdalnej, systemy konferencyjne do wideorozmów, wspólnej pracy nad dokumentami itd., są znane i stosowane od dawna, ale idea teleobecności, mająca zwiększyć immersję podczas zdalnego działania, doczekała się ogromnego zainteresowania. W ogólności teleobecność (*telepresence*) definiuje się jako systemy mające dostarczyć wrażenie, że postrzegana przez nas osoba, która przebywa fizycznie w innym miejscu, jest obecna w pobliżu. W dużym uproszczeniu jest to system, który pozwala sprawiać wrażenie, że jesteśmy obok, mimo że może dzielić nas bardzo duża odległość. Najprostszym systemem do teleobecności jest wideorozmowa – system taki transmituje dźwięk i obraz w obie strony, w czasie zbliżonym do rzeczywistego. W wielu przypadkach jest to dostatecznie dużo, aby sprawić odpowiednio wiarygodne wrażenie – np. do nauki czy wielu zadań w pracy.

Istnieje jednak wiele zadań, gdzie potrzebne są bardziej zaawansowane systemy teleobecności. Najprostszym rozwiązaniem jest system wideoprezencji skonstruowany tak, aby przypominać człowieka. Najprostszym rozwiązaniem jest umieszczenie ekranu z twarzą osoby po drugiej stronie na odpowiedniej wysokości, jak pokazano na **fotografii 5** [20].

Bardziej zaawansowane systemy teleobecności zapewniają nie tylko możliwość przesyłania dźwięku i obrazu, ale także zdalnej manipulacji otoczeniem, położeniem wyświetlacza itd. Przykładem systemu tego rodzaju mogą być proste roboty, pokazane na **fotografii 6** i **fotografii 7** [21] [22], które pozwalają nie tylko na przekazywanie obrazu i dźwięku, ale także poruszanie się. Rozwiązania takie idealnie sprawdzają się w domach opieki, hospicjach czy nawet szpitalach – zdalna praca pielęgniarek pozwala na zredukowanie liczby zakażeń wśród personelu medycznego. Oczywiście, nie wszystkie zadania mogą być w ten sposób realizowane, ale ograniczanie kontaktu z pacjentami i tak ma wpływ na redukcję zachorowań wśród personelu [20]. Dodatkowo, wiele z tych robotów jest wyposażonych np. w systemy do bezdotykowego pomiaru temperatury [23], co pomaga w rutynowych pracach na oddziale.

Fotografia 5. Prosty system teleobecności

Fotografia 6. Rozbudowany system teleobecności z możliwością przemieszczania



Fotografia 7. Robot przeznaczony do realizacji teleobecności

Podsumowanie

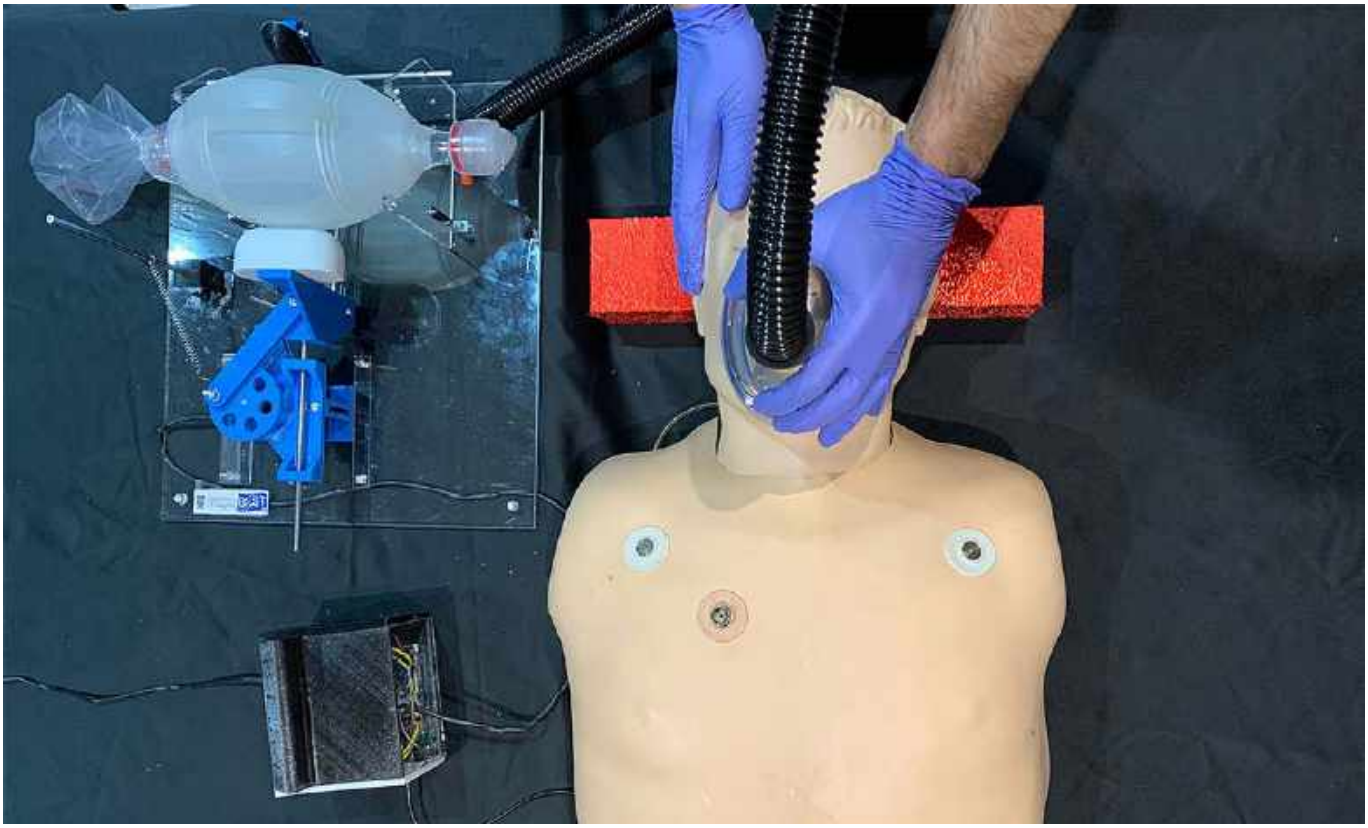
Pandemia koronawirusa postawiła przed branżą elektroniczną ogromne wyzwania, ale też dała wielu technologiom dużą szansę na rozwój. Systemy do bezdotykowego pomiaru temperatury pozwalają na szybkie wykrywanie osób potencjalnie zarażonych, co pozwala na ich izolację i ograniczenie dalszych zarażeń. W ograniczaniu przenoszenia się koronawirusa ogromne znaczenie ma też dezynfekcja – nie tylko rąk, ale także różnych powierzchni użytkowych i całych pomieszczeń. Trzecim istotnym aspektem ograniczenia zakażeń jest dystans społeczny – tutaj elektronika jest kluczowym elementem, pozwalającym na zdalną pracę i naukę. Nie ogranicza się to jednak tylko do komputerów i systemów sieciowych, coraz istotniejsze są systemy do teleprezencji, które pozwalają na jeszcze sprawniejszą zdalną pracę np. lekarzom.

Nikodem Czechowski, EP

Przypisy:

1. https://bit.ly/2JQfhEA
2. https://bit.ly/3n7gRAh
3. https://bit.ly/33YAQtB
4. https://bit.ly/3owNbNo
5. https://bit.ly/33Xt0jC
6. https://bit.ly/3n8UHhg
7. https://bit.ly/2W06AtR
8. https://bit.ly/2W2lAYi
9. https://bit.ly/3qIJQMW
10. https://bit.ly/372xzuV
11. https://wb.md/3m8Xg1b
12. https://bit.ly/39YnCRm
13. https://bit.ly/3m2TMxl
14. https://bit.ly/342XIIq
15. https://bit.ly/2JQTkFss
16. https://reut.rs/3qUUvUO
17. https://bit.ly/3qNLX2l
18. https://bit.ly/3a82Cru
19. https://bit.ly/37IIiK8
20. https://bit.ly/37IIiK8
21. https://bit.ly/3gx0Lxh
22. https://bit.ly/374UG8t
23. https://bit.ly/39Z8eUK
24. https://bit.ly/37TANQC

eprasa.pl 7fe4c01756



Respiratory DIY

W czasie globalnego kryzysu, wywołanego pandemią koronawirusa, szpitale i placówki służby zdrowia zgłaszają niedobory niezbędnego sprzętu, który nie tylko zapewnia bezpieczeństwo pacjentom, ale także personelowi. Chodzi oczywiście o respiratory.

Pacjenci z COVID-19 mogą mieć trudności z oddychaniem, ponieważ wirus infekuje górne lub dolne części dróg oddechowych. W ciężkich przypadkach dochodzi do obrzęku oraz nagromadzenia płynu w oskrzelach, co prowadzi do niewydolności wymiany gazowej w pęcherzykach płucnych (małych przestrzeniach zawierających powietrze w płucach, które wymieniają tlen i dwutlenek węgla z krwią). W konsekwencji utrudnia to oddychanie.

Oddychanie jest absolutnym warunkiem dla życia, nie jest więc zaskakujące, że respiratory mechaniczne stosowane na oddziałach intensywnej terapii były poszukiwane w ciągu ostatnich kilku miesięcy. Urządzenia te zawierają (w dużym uproszczeniu) przenośną sprężarkę do wspomagania oddychania pacjenta poprzez przepychanie powietrza przez rurkę umieszczoną w tchawicy, celem rozszerzenia płuc.

Zapotrzebowanie na respiratory mechaniczne znacznie przewyższyło ich dostępną liczbę. To niewydolność szpitali, a nie sam koronawirus, przyczyniła się do tak dużej śmiertelności w wielu regionach świata.

Obecnie podejmuje się dużo wysiłków na rzecz rozwiązania problemu niedoboru respiratorów. Przykładem są firmy samochodowe, takie jak General Motors, które dostosowały istniejące projekty urządzeń wentylacyjnych i produkują je w swoich zakładach. Natomiast uznani producenci respiratorów zwiększyli swoją produkcję, jednocześnie udostępniając dokumentacje niektórych projektów, aby inni mogli je odtworzyć.

Chociaż starania te mają na celu wyprodukowanie respiratorów, które są bliższe standardowemu sprzętowi medycznemu stosowanemu na oddziałach intensywnej terapii, to obserwuje się również dużo projektów urządzeń tymczasowych, które powstały w celu zwiększenia ilości dostępnego sprzętu w trudnych czasach, nawet jeżeli nie spełniają wszystkich wymaganych norm medycznych.

Zasada działania

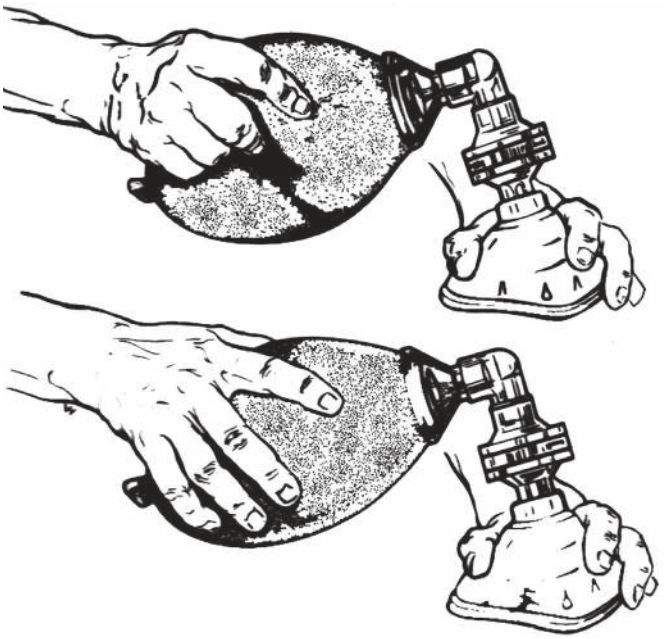
Proste, niedrogie respiratory ratunkowe to głównie zautomatyzowana wersja ręcznych resuscytatorów, powszechnie znanych jako worki samorozprężne lub worki Ambu (od nazwy producenta, który jako pierwszy wprowadził je na rynek). Worki stosowane są do manualnej wentylacji płuc u pacjentów nieoddychających lub niewydajnie oddychających. Często mają możliwość podania dodatkowego tlenu. Przy wentylacji powietrzem atmosferycznym do płuc trafia mieszanka z 21% stężeniem tlenu. Można uzyskać stężenie od 45% do 85%, zależnie od prędkości przepływu gazu.

Zasada działania worka Ambu jest bardzo prosta. Po podłączeniu go do maski twarzowej lub rurki intubacyjnej operator (lekarz, pielęgniarz, ratownik medyczny) rytmicznie uciska worek, aby wtłaczać powietrze do płuc resuscytowanej osoby (**rysunek 1).** Tlenoterapia połączona z wentylacją mechaniczną ma na celu wspomaganie pacjentów w utrzymaniu odpowiedniego nasycenia krwi tętniczej tlenem (>88%).

Cykl mechanicznego wspomagania oddychania składa się z czterech części:

1. **Wdech**, w czasie którego zawór wydechowy respiratora jest zamknięty, a respirator wykorzystuje sprężone powietrze do spowodowania przepływu gazu do płuc;
2. **Przełączanie**, podczas którego następuje zmiana z wdechu na wydech;

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 1. Sposób postępowania podczas resuscytacji oddechowej z użyciem worka samorozprężnego

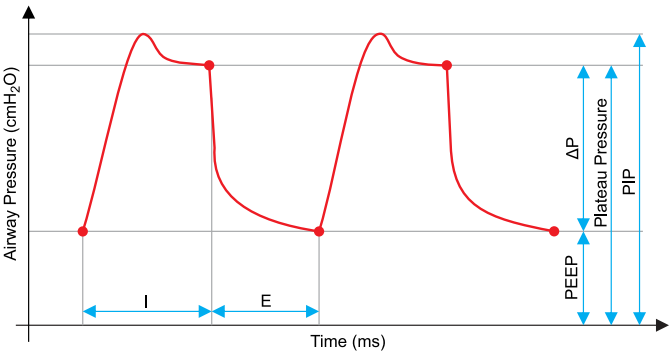
3. **Wydech**, w którym główny przepływ oddechowy zostaje przerwany, a zawór wydechowy otwarty, aby umożliwić ucieczkę gazu z płuc;
4. **Wyzwolenie**, w którym następuje przełączenie z powrotem z wydechu na wdech.

Generalnie respiratory są projektowanie z uwzględnieniem kilku podstawowych parametrów oddychania, w tym:

- **objętość oddechowa** (objętość powietrza wchodzącego i wychodzącego z płuc przy każdym oddechu),
- **ciśnienie w drogach oddechowych**,
- **częstość oddechów**.

Kontrola ciśnienia w drogach oddechowych jest bardzo ważna, ponieważ nadmierna objętość powietrza wtłoczona do płuc lub nadmierne ciśnienia mogą rozciągać tkanki płuc, powodując ich uszkodzenie.

Istnieją cztery różne miary ciśnienia w drogach oddechowych podczas typowego cyklu wentylacji oddechowej (**rysunek 2**). Dodatnie ciśnienie końcowo-wydechowe (PEEP) pomaga respiratorowi w utrzymaniu powietrza w płucach pod koniec oddechu, zapobiegając zapadaniu się pęcherzyków płucnych, a na wyższych poziomach poprawia wymianę gazów. Szczytowe ciśnienie wdechowe to maksymalne ciśnienie w drogach oddechowych podczas wdechu. Ciśnienie plateau reprezentuje ciśnienie w pęcherzykach płucnych w określonej fazie oddychania i jest często używane jako miernik do określenia maksymalnego ciśnienia, które można zastosować. Ciśnienie ΔP to plateau ciśnienia w drogach oddechowych minus PEEP. Można je również wyrazić jako stosunek objętości oddechowej do podatności układu oddechowego, wskazujący na zmniejszoną funkcjonalną wielkość płuc, obserwowaną u pacjentów.



Rysunek 2. Cykl oddechowy respiratora, z zaznaczonymi kluczowymi parametrami ciśnień: dodatnie ciśnienie końcowo-wydechowe (PEEP), ciśnienie sterujące (ΔP), szczytowe ciśnienie wdechowe (PIP) i ciśnienie plateau. Pokazane są również parametry czasowe wdechu (I) i wydechu (E)

Respiratory mechaniczne klasyfikuje się głównie wedle tego, który czynnik przerywa przepływ wdechowy. Stosowane są:

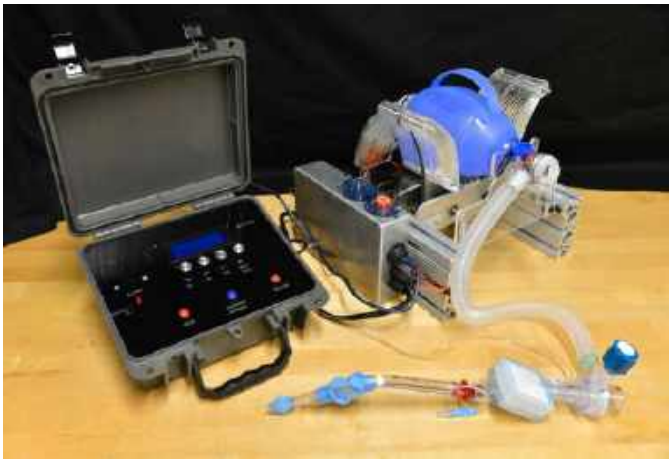
1. Respiratory z cyklizacją **ciśnienia** – przerywają przepływ, gdy ciśnienie w płucach osiąga ustalony próg;
2. Respiratory z cyklizacją **objętości** – zapewniają ustawioną objętość powietrza wtłaczaną do płuc, ale w ustawionym zakresie ciśnień (konfiguruje się maksymalne ciśnienie, aby uniknąć uszkodzenia płuc pacjenta);
3. Respiratory z cyklami **czasowymi** – regulują objętość oddechową poprzez ustawienie czasu wdechu i prędkości przepływu;
4. Respiratory z regulacją **przepływu** – przerywają wdech, gdy prędkość przepływu spada poniżej ustalonego progu.

Powszechne urządzenia komercyjne zapewniają regulację szeregu parametrów wentylacji mechanicznej, takich jak liczba oddechów na minutę (BPM), i są synchronizowane z rytmem oddechów pacjenta (SIMV) lub wymuszają dodatkowe oddechy (AC). Tryby te mogą być stosowane samodzielnie lub w połączeniu m.in. z utrzymywaniem ciągłego, dodatniego ciśnienia w drogach oddechowych (CPAP). Tryb ten wykorzystuje zbiornik wysokiego ciśnienia i stały przepływ gazu, który przekracza potrzeby oddechowe pacjenta lub z pozytywnym ciśnieniem końcowo-wydechowym (PEEP). Ciśnienie resztkowe zwiększa się, co pozwala na aktywację pojemności resztkowej w płucach i aktywowanie o wiele większej ilości pęcherzyków płucnych oraz małych dróg oddechowych, które w przeciwnym razie by się zamknęły. Stosuje się też wentylację wspomaganą ciśnieniem (PSV), która reguluje ciśnienie w locie, gdy pacjent oddycha, aby utrzymać zaprogramowane ciśnienie wdechowe przez cały czas.

Awaryjne respiratory (tak klasyfikuje je m.in. amerykańskie FDA) nie muszą być wyposażone we wszystkie opisane powyżej funkcje. W większości przypadków skupiają się one tylko na jednym z trybów pracy. Jak już wspomniałem, urządzenia te wykorzystują worki samorozprężne do wymuszania oddychania, wraz z zestawem sensorów do pomiaru ciśnienia, albo nieskomplikowany system mechaniczny, do cyklicznego ściskania worka Ambu.

Fotografia 1. Ekonomiczny respirator bąbelkowy, przeznaczony do wentylacji dodatnim ciśnieniem noworodków i małych dzieci. System skierowany do krajów Trzeciego Świata itp

eprasa.pl 7fe4c01756

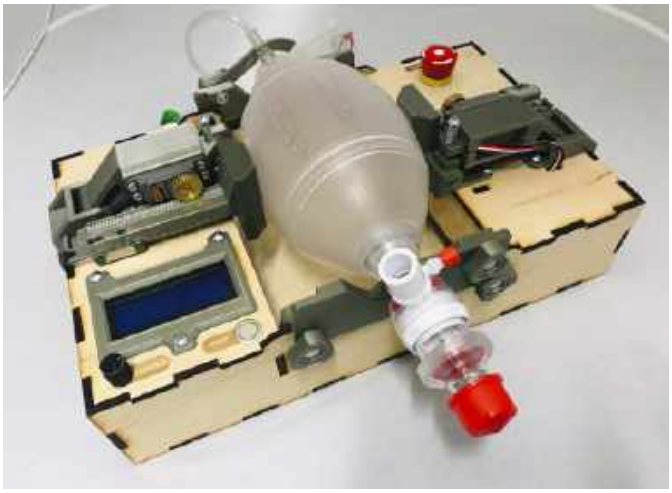


Fotografia 2. Otwarty projekt respiratora opracowanego przez MIT

Przegląd konstrukcji

Ostatnio powstało wiele projektów respiratorów o różnym mechanizmie działania oraz dostępnych na różnych zasadach. Część z nich, jak Pumani bubble CPAP czy D-box (**fotografia 1**), powstały jako ekonomiczne, ale komercyjne rozwiązania, a część, jak np. respirator z Massachusetts Institute of Technology (**fotografia 2**), to w pełni otwarte projekty.

Artykuł nie jest kompletnym przeglądem tego rodzaju konstrukcji. Jest ich zbyt wiele, aby zmieścić je na łamach naszego czasopisma, i cały czas powstają nowe projekty tego rodzaju. Nie będę też dokonywał analizy i oceny konstrukcji. Z jednej strony każda metoda, która pozwala ograniczyć rozprzestrzenianie się wirusa czy też zwiększa wydajność systemu opieki zdrowotnej, jest pożądana. Z drugiej strony, ocena działania tego rodzaju systemów powinna być pozostawiona specjalistom z tego zakresu – lekarzom.



Fotografia 3. Respirator awaryjny ApolloBVM

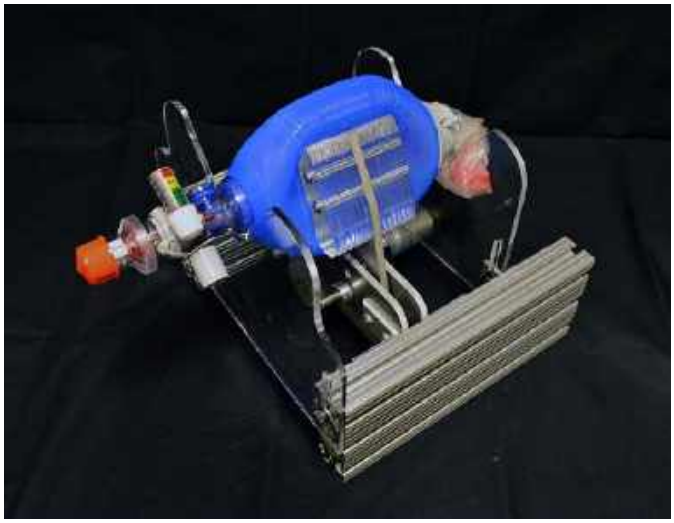
Bardzo ciekawą i dobrze opisaną konstrukcją jest ApolloBVM, opracowany na Rice University. Na **fotografi 3** pokazano przykładowe wykonanie tego projektu. Jest to zautomatyzowany respirator z workiem samorozprężnym (BVM), zawierający gotowe komponenty w celu zapewnienia bezpiecznej i ciągłej wentylacji mechanicznej dla pacjentów z COVID-19. Konstrukcja jest dostępna na zasadzie otwartego źródła.

ApolloBVM to sterowane, zautomatyzowane rozwiązanie dodatkowe, które integruje się z szeroko dostępnymi workami Ambu. Urządzenie ściska BVM za pomocą układu mechanicznego, który jest w stanie zapewnić stałą i dokładną wentylację z nadciśnieniem (dodatnie PEEP – wyższe od atmosferycznego). W bieżącej wersji system pozwala na konfigurację objętości oddechowej w zakresie 300…650 ml (w krokach 50 ml), częstości oddechowej od 5…30 BPM (w krokach 1 BPM) oraz stosunku czasów I:E, równego 1:2, 1:3, 1:4 lub 1:5. Głównymi zaletami urządzenia są mały pobór prądu – około 15 W oraz niewielka cena wykonania, która szacowana jest na 250 dolarów. Dzięki zastosowaniu gotowych, dostępnych w typowych sklepach elementów oraz konstrukcji wycinanej z np. sklejki na ploterze laserowym i elementów z druku 3D, możliwe jest łatwe powielenie tej konstrukcji w krótkim czasie.

Na amerykańskich uczelniach powstał szereg podobnych konstrukcji tego rodzaju, które zostały jeszcze bardziej zoptymalizowane pod względem kosztów. Koszt wykonania minimalistycznego respiratora zaprojektowanego na University of Minnesota to zaledwie ok. 150 dolarów (**fotografia 4**), a koszt respiratora z MIT to ok. 100…200 dolarów (**fotografia 5**). Ta ostatnia konstrukcja wydaje się jednocześnie najbardziej dopracowana. Inżynierowie z MIT wykorzystali tam swoje wcześniejsze doświadczenia przy konstruowaniu respiratorów i bazowali na skonstruowanym w MIT, około 10 lat temu, ekonomicznym respiratorze, który zaprojektowali studenci w ramach zajęć z przedmiotu projektowanie urządzeń medycznych.

Otwarte projekty respiratorów powstają nie tylko na uczelniach, ale także w ramach hackathonów. Jest to skrótowa nazwa, jaką nadaje się tzw. maratonom projektowania, podczas których zespoły konkurują ze sobą, opracowując projekty o tej samej tematyce. W ramach tego rodzaju przedsięwzięcia jeden z zespołów zbudował OpenVent (**fotografia 6**), czyli kolejną konstrukcję korzystającą z worka samorozprężnego, która jest w stanie utrzymywać PEEP stale, na poziomie powyżej ciśnienia atmosferycznego. Koszt przy masowej produkcji

Fotografia 4. Respirator opracowany na University of Minnesota



Fotografia 5. Respirator opracowany w Massachusetts Institute of Technology

eprasa.pl 7fe4c01756

Fotografia 6. Respirator OpenVent

(setek lub tysięcy sztuk) tego respiratora to około 135…270 dolarów, a więc porównywalnie z innymi konstrukcjami.

Podsumowanie

Otwarte projekty respiratorów zbudowane z użyciem worków samorozprężnych zostały opracowane i przetestowane na całym świecie (konstrukcje dostępne w Internecie pochodzą z USA, Wielkiej Brytanii, Izraela i nie tylko). Część z nich bazuje na starszych doświadczeniach projektantów ekonomicznych respiratorów, które np. dostarczano do krajów Trzeciego Świata jako pomoc humanitarną. Dzięki szerokiemu dostępowi do dokumentacji respiratorów i prostocie wykonania (użycie łatwo dostępnych elementów, platformy Arduino itp. oraz narzędzi produkcyjnych, takich jak niedrogie plotery laserowe czy drukarki 3D), istnieje możliwość szybkiej i taniej (od 100 dolarów za sztukę) produkcji tych urządzeń w odpowiedzi na nagłe zwiększenie zapotrzebowania spowodowane pandemią. Pozostaje tylko mieć nadzieję, że masowa produkcja tego rodzaju urządzeń nie będzie nigdy w rzeczywistości potrzebna.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:

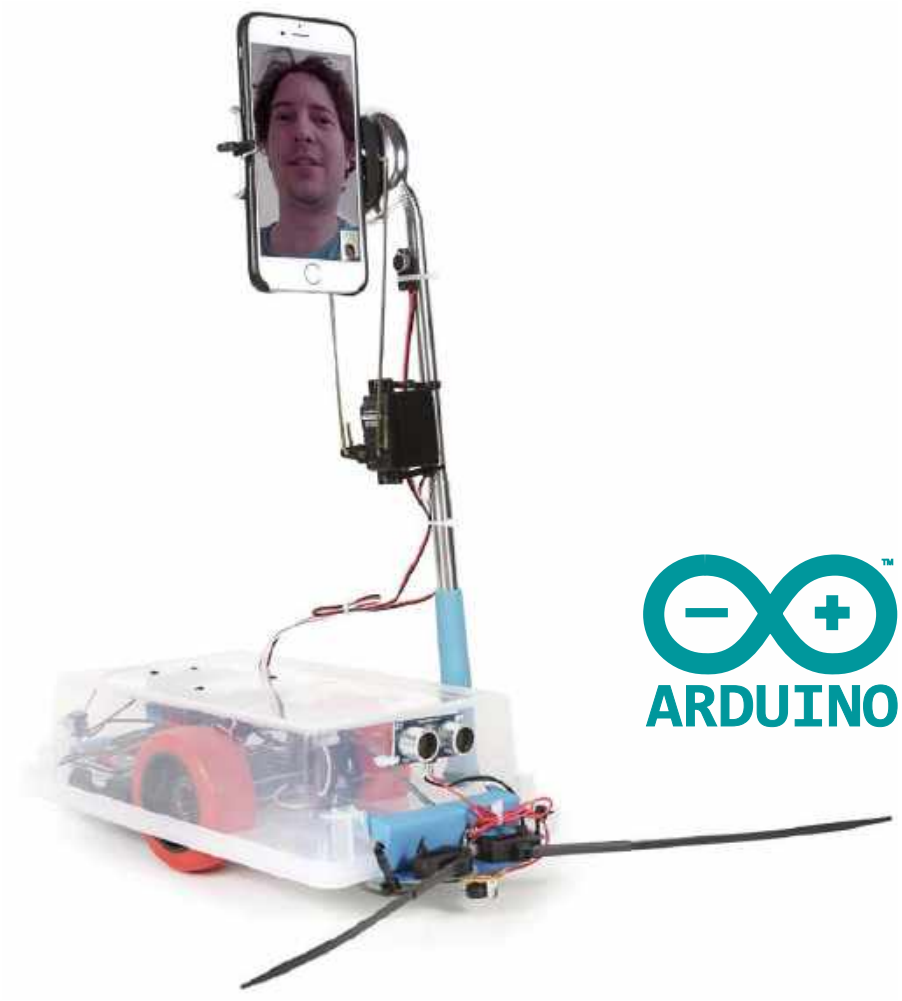
1. Joshua M. Pearce, „A review of open source ventilators for COVID-19 and future pandemics" [version 2; peer review: 3 approved]. F1000Research 9:218 (2020)
2. http://bit.ly/38Wm205
3. Jamie Ducharme, „Inventors Are Whipping Up Homemade Ventilators to Fend Off a Shortage. Some Doctors Are Wary", „Time", 6 kwietnia 2020
4. Ravinder Dahiya, Andrew Hart, „Why DIY Ventilators are Still a Vital Stopgap", IEEE Spectrum, wrzesień 2020
5. ApolloBVM, http://bit.ly/38YYd80

REKLAMA

eprasa.pl 7fe4c01756

Robot do teleprezencji

Teleprezencja, nazywana również teleobecnością lub po prostu zdalną obecnością, nabrała w ostatnim czasie rozgłosu. Jest podstawą utrzymywania dystansu społecznego, który pozwala m.in. na ograniczenie przenoszenia się niebezpiecznych chorób.



Praca i nauka zdalna stały się jednym z podstawowych narzędzi ograniczania pandemii. Siedząc w domu, nie można wszak od nikogo się zarazić, więc wirus nie ma możliwości przenosić się dalej. W wielu wypadkach do zdalnej pracy czy nauki wystarczy zwykły komputer, smartfon lub tablet, istnieje jednak szereg aplikacji, gdzie potrzebne są bardziej funkcjonalne systemy teleobecności.

Robot do teleobecności to rodzaj robota, którym można sterować zdalnie i który może funkcjonować jako zastępca naszej fizycznej obecności w danym miejscu. Na przykład, jeśli jesteś w Warszawie, ale chcesz fizycznie wchodzić w interakcję z zespołem ludzi w Gdańsku, możesz połączyć się z robotem do zdalnej obecności i użyć go jako swojego zastępcy.

Podstawą stworzenia bardziej funkcjonalnego systemu teleprezencji jest możliwość poruszania się. Omówiona poniżej konstrukcja to prosty i tani robot wideo, którym można sterować przez Internet – może być uruchamiany wszędzie tam, gdzie istnieje do niego dostęp. Jest to elektromechaniczna platforma, wzbogacona o szereg czujników i elektronikę sterującą. System ten może się poruszać i przekazywać w obie strony sygnał wideo oraz audio.

Podstawa platformy robota

Podstawa robota skonstruowana jest z użyciem plastikowego pudełka, które zapewnia zarówno miejsce do montażu całej konstrukcji, jak i zamyka elektronikę i silniki w obudowie. Konstrukcja zawiera dwa koła napędowe przymocowane do serwomechanizmów z ciągłymi obrotami, które pozwalają im poruszać się do przodu i do tyłu, dzięki czemu robot może jeździć do przodu i do tyłu, a także obracać się w miejscu. Aby nie przechylać się na boki, podwozie ma dwa metalowe ślizgacze. Całość systemu kontrolowana jest poprzez Arduino.

Do budowy podwozia robota potrzebne będą:

- serwa o ciągłej rotacji (×2),
- moduł Arduino,
- uchwyt baterii 4×AA,
- uchwyt baterii 2×AA,
- bateria AA (×6),
- wtyczka zasilania pasująca do Arduino,
- kółka (×2),
- plastikowe pudełko,
- zestaw śrub i nakrętek,
- przewody i rurki termokurczliwe,
- opaski zaciskowej („trytytki") do montażu elementów – różne rozmiary.

Montaż należy rozpocząć od budowy napędu. Składa się on z dwóch serwomotorów o nieskończonych obrotach. Należy

a)

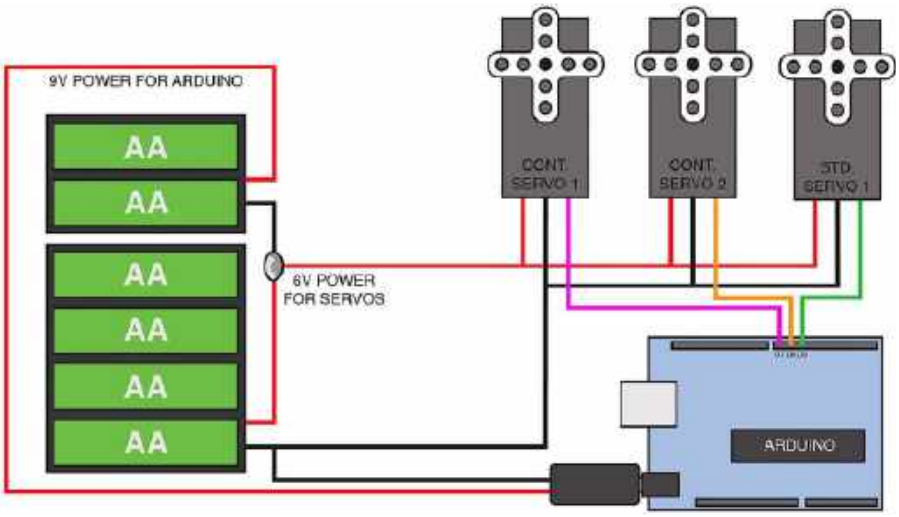
b)

c)

Fotografia 1. a) sposób rozwiercenia otworów montażowych w krzyżakach napędowych serwosilników; b) serwosilniki z zamontowanymi kołami; c) Kompletny moduł napędowy złożony z dwóch silników

eprasa.pl 7fe4c01756

Fotografia 2. Gotowa mechaniczna część podwozia



Rysunek 1. Schemat połączeń poszczególnych elementów w podwoziu

rozwiercić otwory montażowe w ramionach krzyżaków serwosilników (**fotografia 1a**) i przymocować do nich odpowiednio nawiercone kółka (**fotografia 1b**). Następnie operację należy powtórzyć z drugim serwosilnikiem i połączyć obydwa w lustrzanym odbiciu, co daje kompletną jednostkę napędową (**fotografia 1c**).

Moduł napędowy można następnie zainstalować w pokrywce plastikowego opakowania (takiego, jak do przechowywania żywności np. w lodówce). Przed przymocowaniem silników należy jedynie wykonać w wieku otwory na koła, aby mogły one wystawać na drugą stronę wieka. Następnie z przodu i z tyłu podwozia montowany jest metalowy ślizgacz, zapobiegający przewróceniu się robota. Gotową mechaniczną część podwozia pokazano na **fotografii 2**. Następnym krokiem jest zamontowanie w niej dwóch koszyków na baterie. W ten sposób generowane są dwa napięcia – 6 V do zasilania serwosilników oraz 9 V do zasilania modułu Arduino. Na **rysunku 1** zostało pokazane połączenie poszczególnych elementów podwozia.

Po drugiej stronie koszyków na baterie, na drugiej części plastikowego pojemnika, montowany jest moduł Arduino, sterujący konstrukcją. Aby sprawdzić poprawność montażu, do Arduino wgrać należy szkic z **listingu 1**. Pozwala on na sprawdzenie podstawowych funkcjonalności – robot porusza się losowo w różnych kierunkach. W kodzie znajdują się podstawowe funkcje do sterowania robotem. Po dodaniu kolejnych elementów robota program należy poszerzyć o ich obsługę.

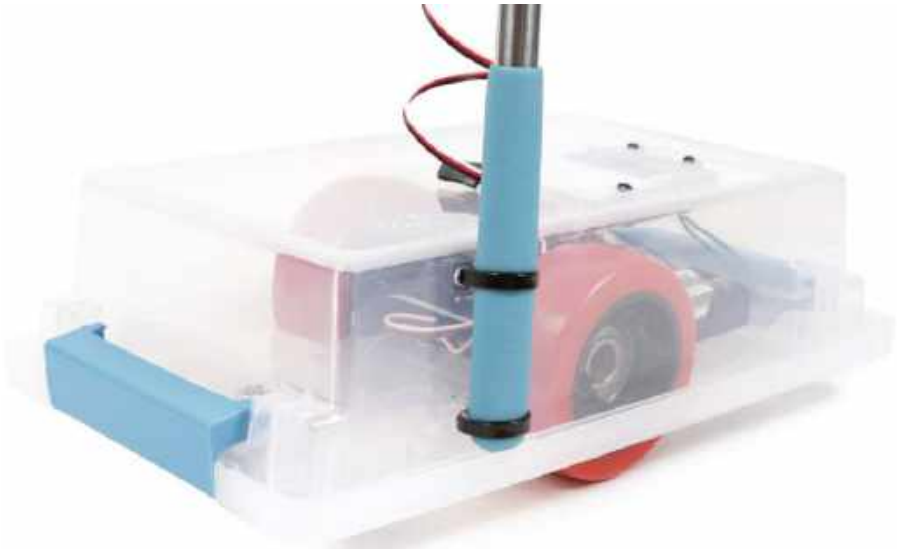
Fotografia 3. Sposób montażu smartfona w uchwycie z cięgnami

Ramię ze smartfonem

Kolejnym krokiem jest zamontowanie na jeżdżącej platformie ramienia, w którym zainstalowany zostanie smartfon. Do budowy ramienia potrzebne będą:

- selfie-stick, z uchwytem na smartfon,
- drut,
- standardowe serwo,
- metalowa blaszka (autor wykorzystał tutaj podkładkę do wykończania rur w ścianach),
- zestaw śrub i nakrętek.

Uchwyt do smartfona montujemy na metalowym elemencie, w którym nawiercamy odpowiednie otwory. Po połączeniu tych elementów do podstawki (blaszki) dołączamy dwa fragmenty drutu, które łączymy z serwomotorem i umieszczamy całość na selfie-sticku, jak pokazano na **fotografii 3**. Cięgna i serwo pozwolą na dostosowywanie pozycji telefonu w uchwycie.



Fotografia 4. Ramię z uchwytem na smartfon zainstalowane w robocie

eprasa.pl 7fe4c01756

Listing 1. Szkic do testowania działania ruchomej platformy robota

```
#include <Servo.h>          // Biblioteka do obsługi serwomotorów

Servo ContinuousServo1;     // Inicjalizacja serwomotorów z ruchem ciągłym
Servo ContinuousServo2;

void setup() {
    // Podłączenie serwomotorów z ciągłymi obrotami do pinów 6 i 7
    ContinuousServo1.attach(6);
    ContinuousServo2.attach(7);
    // Uruchom serwa jako spauzowane. Zmień wartość liczbową, jeśli się nie zatrzymują
    ContinuousServo1.write(94);
    ContinuousServo2.write(94);
}

void loop() {
    int range = random(4);  // Wybierz losową liczbę pomiędzy 0 a 3
    switch (range) {        // Przełączanie trybów oparte o wylosowaną liczbę
    case 0:                 // Jeśli wybrano 0, skręć w prawo i spauzuj na sekundę
        right();
        delay(500);
        stopDriving();
        delay(1000);
        break;
    case 1:                 // Jeśli wybrano 1, skręć w lewo i spauzuj na sekundę
        left();
        delay(500);
        stopDriving();
        delay(1000);
        break;
    case 2:                 // Jeśli wybrano 2, jedź prosto i spauzuj na sekundę
        forward();
        delay(500);
        stopDriving();
        delay(1000);
        break;
    case 3:                 // Jeśli wybrano 3, skręć w jedź wstecz i spauzuj na sekundę
        backward();
        delay(500);
        stopDriving();
        delay(1000);
        break;
    }
    delay(1);               // Pauza 1 ms dla poprawy stabilności kodu
}

void stopDriving() {        // Funkcja do zatrzymania się
    ContinuousServo1.write(94);
    ContinuousServo2.write(94);
}
void forward(){             // Funkcja do jechania naprzód
    ContinuousServo1.write(84);
    ContinuousServo2.write(104);
}
void backward(){            // Funkcja do jechania wstecz
    ContinuousServo1.write(104);
    ContinuousServo2.write(84);
}
void right(){               // Funkcja do jechania w prawo
    ContinuousServo1.write(104);
    ContinuousServo2.write(104);
}
void left(){                // Funkcja do jechania w lewo
    ContinuousServo1.write(84);
    ContinuousServo2.write(84);
}
```

Następnie dolną część selfie-sticku montujemy do plastikowego pudełka – bazy naszego robota, jak pokazano na **fotografii 4**. Można przetestować działanie trzeciego serwosilnika, korzystając z kodu na **listingu 2**. Inicjalizuje on trzecie serwo i rusza nim, przekręcając smartfon w górę, na środek, w dół, na środek i tak dalej – w pętli.

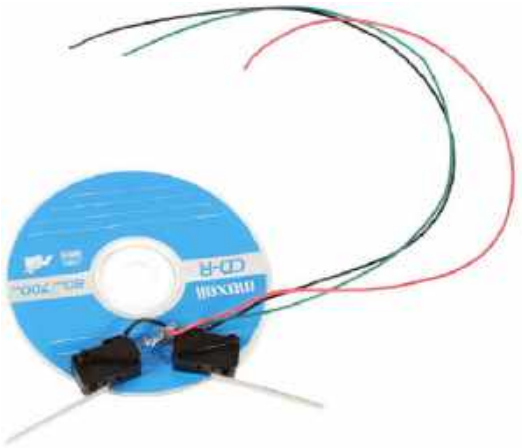
Listing 2. Szkic do testowania działania ramienia dla smartfona

```
#include <Servo.h>              // Biblioteka do obsługi serwomotorów

Servo StandardServo1;           // Inicjalizacja standardowego serwomotoru

void setup() {
    StandardServo1.attach(5);   // Podłączenie serwa do inu 5
    StandardServo1.write(90);   // Ustawienie serwa w pozycji neutralnej
    delay(2000);
}

void loop() {
    StandardServo1.write(135);  //Przekręć uchwyt w górę i spauzuj
    delay(2000);
    StandardServo1.write(90);   // Przekręć uchwyt do środka i spauzuj
    delay(2000);
    StandardServo1.write(45);   // Przekręć uchwyt w dół i spauzuj
    delay(2000);
    StandardServo1.write(90);   // Wróć na środek i spauzuj
    delay(2000);
}
```

Detektory kolizji

Kolejnym elementem robota jest prosty detektor kolizji. Wykrywa on najechanie przez robota przednią częścią w obiekty. Do złożenia tego modułu potrzebne będą następujące elementy:

- przełączniki chwilowe SPST (×2) – patrz fotografie,



Fotografia 5. Moduł detektora zmontowany na płycie CD

Fotografia 6. Moduł detektora zamontowany w jeżdżącej podstawie

- podstawka pod detektory (autor wykorzystał płytę CD),
- oporniki 10 kΩ (×2),
- okrągłe PCB o średnicy ok. 25 mm,
- podkładki, śrubki, opaski zaciskowe i rurki termokurczliwe.

Przełączniki chwilowe montujemy na podstawce, w sposób pokazany na **fotografii 5**, a do jednego z wyprowadzeń lutujemy zasilanie poprzez opornik 10 kΩ, a do drugiego masę. Sygnał, który podłączamy do Arduino, pobieramy z drugiej nóżki opornika (tej, która nie jest podłączona do zasilania). Sygnał z detektora podłączany jest do wejścia cyfrowego na pinie 2 modułu Arduino. Moduł detektora dołączany jest do jeżdżącej podstawy tak, jak pokazano na **fotografii 6**.

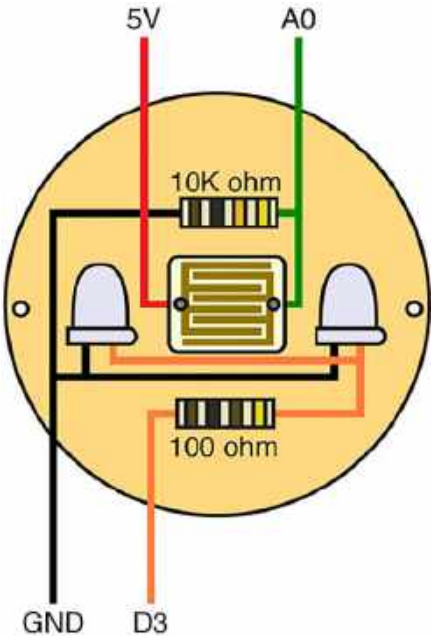
Do przetestowania działania przycisku wykorzystać można prosty program, którego najistotniejsze fragmenty pokazano na **listingu 3**. Wykorzystuje on funkcje do sterowania silnikami z listingu 1 oraz **listingu 2**.

Sensor krawędzi

Kolejnym sensorem instalowanym w urządzeniu jest sensor krawędzi, który zabezpiecza robota przed np. spadnięciem ze schodów. Jest to prosty sensor odbiciowy, sprawdzający, czy pod przednią krawędzią robota jest podłoga, czy nie. Do zestawienia takiego układu potrzebne są:

- fotoopornik,
- diody LED (×2),

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 2. Schemat sensora krawędzi

- opornik 10 kΩ,
- opornik 100 Ω,
- uniwersalna płytka PCB.

Schemat sensora krawędzi pokazano na **rysunku 2**. Moduł składa się z dwóch niezależnych obwodów. Pierwszym z nich są diody LED, które są podłączane równolegle do cyfrowego pinu wyjściowego z Arduino (w tym przypadki pin D3), przez opornik 100 Ω. Pozwala to na włączanie i wyłączanie oświetlenia w sensorze. Arduino będzie faktycznie wykonywało dwa pomiary jasności – pierwszy będzie wykonywany przy zapalonych diodach, a drugi przy zgaszonych. Aby to zrobić, mikrokontroler musi mieć możliwość przełączania diod LED.

Drugą częścią czujnika jest fotorezystor, podłączany do analogowego pinu wejściowego. Jest on czujnikiem rezystancyjnym, co oznacza, że jego rezystancja zmienia się w zależności od tego, ile pada na niego światła. Fotoopornik jest częścią dzielnika napięcia, złożonego jeszcze z opornika 10 kΩ. Dzielnik zasilany jest z napięcia 5 V, a zmiana rezystancji powoduje zmianę napięcia mierzonego przez wejście A0. Kod Arduino, potrzebny do wykrycia krawędzi za pomocą wejścia analogowego, pokazany jest na **listingu 4**.

Listing 3. Kod testujący detektory kolizji (fragment)

```
int buttonState = HIGH;             // Zmienna do przechowywania stanu przycisków

void setup() {
    pinMode(2, INPUT);              // Inicjalizacja pinu podłączonego do przycisku
                                    // (pin 2) jako wejścia
}

void loop() {
    buttonState = digitalRead(2);   // Odczytaj stan detektora zderzenia
    if (buttonState == HIGH) {      // Jeśli stan jest wysoki - brak zderzenia
        forward();                  // Jazda naprzód
    } else {
        backOff();                  // Wycofanie się po zderzeniu
    }
}

// A function which stops the robot, backs off, and changes direction.
void backOff(){                     // Funkcja do wycofania się
    stopDriving();                  // Zatrzymaj się
    delay(1000);
    StandardServo1.write(30);       // Spójrz w dół
    delay(2000);
    StandardServo1.write(70);       // Spójrz z powrotem w górę
    delay(2000);
    backward();                     // Wycofaj robota
    delay(1000);
    stopDriving();                  // Zatrzymaj się
    delay(1000);
    right();                        // Skręć w prawo
    delay(1000);
    stopDriving();                  // Zatrzymaj się
    delay(1000);
}
```

Listing 4. Kod odpowiedzialny za odczyt wejścia analogowego w module

```
int sensorLEDoff;                   // Pomiar przy wyłączonych LED-ach
int sensorLEDon;                    // Pomiar przy włączonych LED-ach
int compareValue;                   // Zmienna do obliczania różnicy pomiędzy pomiarami

void loop() {
    edgeDetect();
    if (compareValue > 100) {
        forward();
    }
    else {
        backOff();                  // Funkcja do wycofywania się
    }
}

void edgeDetect(){                  // Funkcja detekcji krawędzi
    sensorLEDoff = analogRead(A0);  // Pomiar napięcia na pinie A0 przy wyłączonych LED-ach
    delay(10);
    digitalWrite(3, HIGH);          // Zapalenie LED-ów
    delay(5);
    sensorLEDon = analogRead(A0);   // Pomiar napięcia na pinie A0 przy włączonych LED-ach
    digitalWrite(3, LOW);           // Wyłączenie LED-ów
    compareValue = abs(sensorLEDon - sensorLEDoff);
                                    // Wyliczenie różnicy pomiędzy pomiarami
    delay(50);
}
```

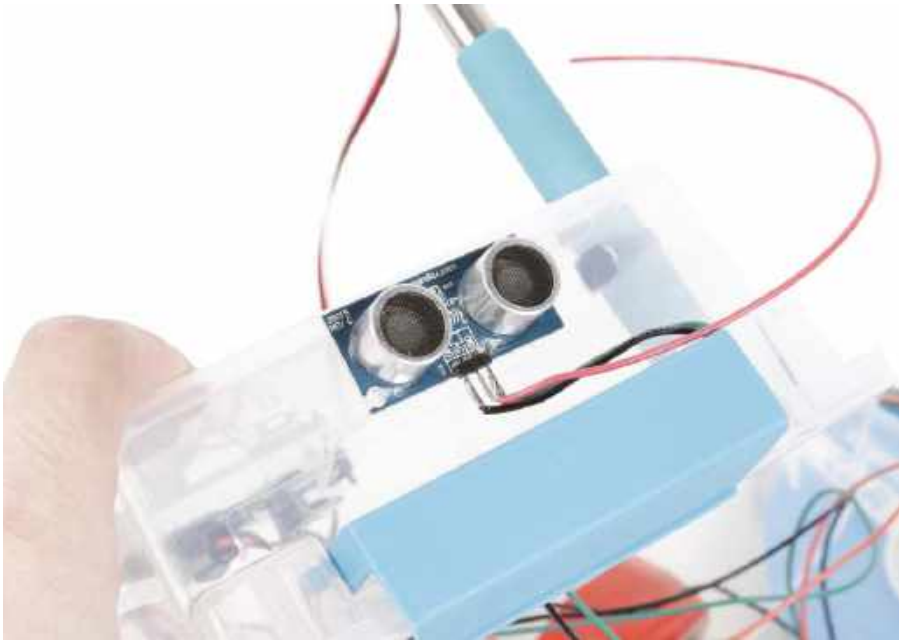
Fotografia 7. Zmontowany sensor krawędzi

Fotografia 8. Sensor krawędzi zamontowany w robocie

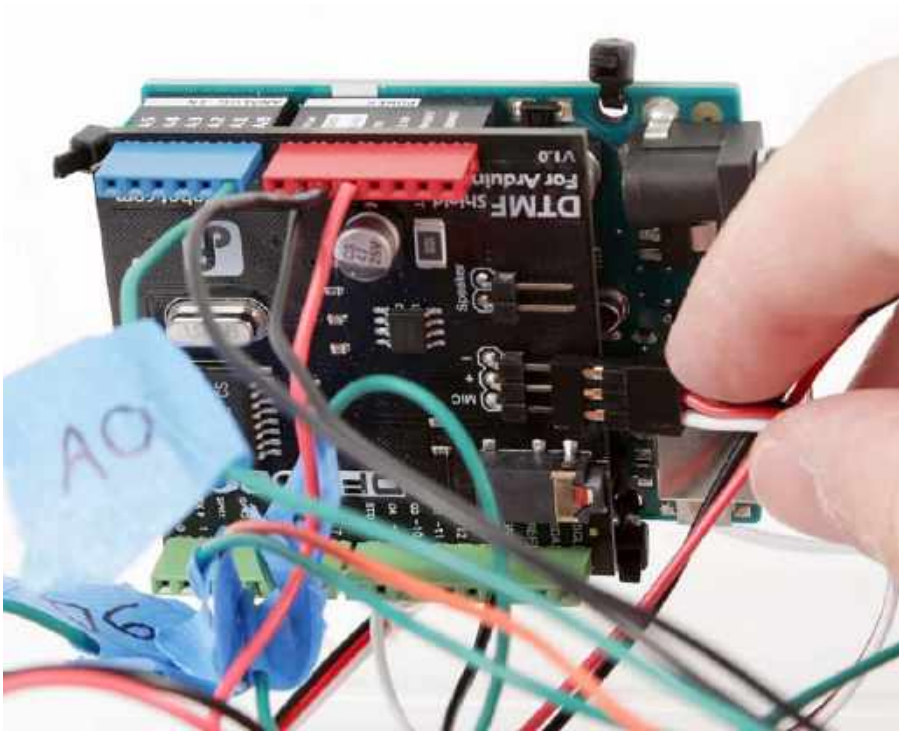
eprasa.pl 7fe4c01756

Listing 5. Kod do obsługi sensora odległości

```
long duration;                      // Czas przelotu impulsu
long inches;                        // Odległość w calach

void distanceMeasurement(){         // Funkcja do pomiaru odległości
    // Sensor jest uruchamiany stanem wysokim na wejściu przez dłużej niż 2 mikrosekundy
    pinMode(4, OUTPUT);             // Ustawienie pinu 4 jako wyjście
    digitalWrite(4, LOW);           // Ustawienie stanu niskiego
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(4, HIGH);          // Ustawienie stanu wysokiego
    delayMicroseconds(5);           // Opóźnienie co najmniej 2 mikrosekund
    digitalWrite(4, LOW);
    // Ten sam pin używany jest do odczytu.
    // Sensor wystawia impuls o czasie trwania przelotu
    pinMode(4, INPUT);              // Ustawienie pinu 4 jako wejście
    duration = pulseIn(4, HIGH);    //
    inches = microsecondsToInches(duration); // Konwersja czasu do odległości w calach
}

long microsecondsToInches(long microseconds) {
    // Zgodnie z kartą katalogową modułu sygnał potrzebuje 73,746 mikrosekundy, aby
    // przebyć jeden cal. W ten sposób wyznaczana jest droga impulsu. Należy podzielić
    // ją na pół, gdyż droga impulsu jest dwukrotnością odległości od przeszkody,
    return microseconds / 74 / 2;
}
```



Fotografia 9. Sensor odległości zainstalowany na platformie robota



Fotografia 10. Moduł Shield do odbierania kodów DTMF do sterowania robotem

Gotowy sensor zaprezentowano na **fotografii 7**. Należy umieścić go pod robotem na płycie CD, pełniącej funkcję wspornika detektora kolizji, jak pokazano na **fotografii 8**.

Czujnik odległości

Większość elementów, które do tej pory zamontowano w robocie, obejmuje nawigację zabezpieczającą robota przed bezpośrednim niebezpieczeństwem, takim jak zderzenie czy upadek z krawędzi. Czujnik odległości ma inne zastosowanie, gdyż służy do wykrywania rzeczy w większej odległości, dzięki czemu robot może podejmować świadome decyzje o tym, jak poruszać się dalej.

Czujnikiem, który zastosowano w tym projekcie, jest ultradźwiękowy sensor odbiciowy. Działa na podobnej zasadzie jak czujnik wykrywania krawędzi, ponieważ wysyła sygnał – w tym przypadku ultradźwięki, a nie światło z diody LED – a następnie mierzy, ile czasu potrzeba impulsowi, aby się odbić i wrócić do sensora. Obliczając, ile czasu zajmuje powrót i znając prędkość dźwięku w powietrzu, można obliczyć, jaka odległość dzieli sensor od obiektu, od którego dźwięk się odbił.

Czujnik, pokazany na **fotografii 9,** działa na odległość do około 4 metrów i zapewnia rozsądną dokładność pomiaru przy tak dużym obszarze. Zastosowanie go pomaga nie tylko w unikaniu obiektów, może również służyć do uzyskania lepszej orientacji w przestrzeni. Ma za zadanie zapobiegać aktywacji detektorów kolizyjnych – mają one być bardziej niezawodnym i awaryjnym elementem, a nie podstawowymi środkami interakcji ze światem.

Sensor ma trzy piny. Dwa z nich wykorzystane są do zasilania (5 V oraz GND), a trzeci należy podłączyć do pinu cyfrowego Arduino – *w* tym systemie podłączany jest do pinu 4. Funkcja mierząca odległość za pomocą tego sensora zamieszczona jest na **listingu 5**.

Odbiornik kodów DTMF

Ostatnim elementem jest moduł do odbioru kodów DTMF, w postaci modułu Arduino Shield. Jest to rozszerzenie do Arduino, wykorzystuje zewnętrzny mikrofon do odbierania i analizowania kodów DTMF, jakie można przesyłać np. przez telefon lub Skype.

W omawianym projekcie moduł ten używany jest do sterowania robotem poprzez Skype. Po naciśnięciu na klawiaturę odpowiedniego klawisza generowany i przesyłany jest kod DTMF. Robot odbiera ten dźwięk i reaguje na przesłany sygnał, odpowiednio się poruszając.

Aby podłączyć moduł Shield, należy odłączyć wszystkie dotychczasowo podłączone sygnały (pamiętaj, aby je oznaczyć) i umieścić moduł na swoim miejscu, jak pokazano na **fotografii 10.** Widoczny jest także sposób,

eprasa.pl 7fe4c01756

Listing 6. Sposób wykorzystania biblioteki dtmf.h w Arduino

```
#include "dtmf.h"               // Biblioteka do obsługi modułu DTMF

DTMF dtmf;                      // Inicjalizacja modułu DTMF
int myDtmf;                     // Zmienna do przechowywania kodów DTMF

void loop(){
    myDtmf = dtmf.getDTMF();    // Odczytanie kodu DTMF
    // W zależności od otrzymanego kodu, uruchamiane są różne funkcje,
    // takie jak poruszanie się, ruch smartfonem etc.

    switch(myDtmf){
        case 2:
            forward();
        break;
        case 8:
            backward();
        break;
        case 4:
            left();
        break;
        case 6:
            right();
        break;
        case 7:
            tiltUp();
        break;
        case 9:
            tiltDown();
        break;
        default:
            stopDriving();
        break;
    }
    // Pauza na końcu pętli pomaga szkicowi działać płynnie
    delay(10);
 }
```

w jaki podłączone są pozostałe sygnały. Do modułu DTMF dołączony jest mikrofon, który odbiera głos ze smartfona.

Jeśli chodzi o oprogramowanie modułu, jest ono oparte na dedykowanej bibliotece *dtmf.h*, która jest do pobrania ze strony projektu (patrz link na końcu artykułu). Sposób zastosowania jej w kodzie pokazano na **listingu 6**.

Oprogramowanie

Na **listingach 1…6** pokazano różne elementy, które składają się na w pełni funkcjonalnego robota. Kompletny szkic Arduino dla robota dostępny jest na stronie projektu oraz w materiałach dodatkowych do artykułu (**listing 7**).

Obsługa robota jest bardzo prosta. Wystarczy umieścić w nim smartfon z dostępem do Internetu i zainstalowanym Skype (na przykład). Po połączeniu się z komunikatorem można rozpocząć działanie – Skype przekazuje obraz i dźwięk w obie strony, a sterowanie ruchem robota zrealizowano za pomocą kodów DTMF. Robot reaguje na następujące kody:

- 2: jazda w przód,
- 4: skręt w lewo,
- 6: skręt w prawo,
- 8: jazda do tyłu,
- 7: pochylenie smartfona w dół,
- 9: pochylenie smartfona w górę.

Podsumowanie

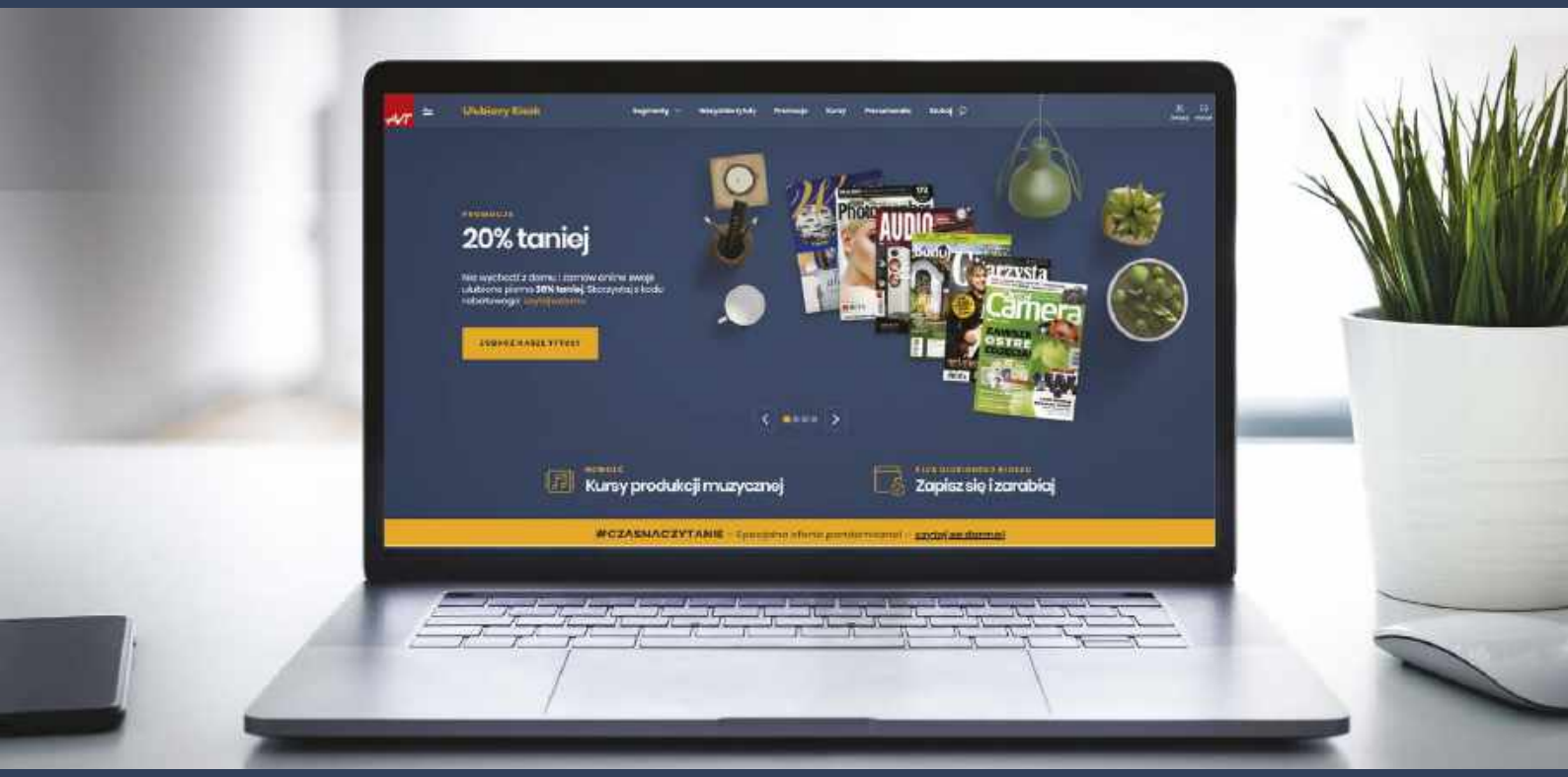
Omówiony robot umożliwia teleobecność. Aplikacja na smartfonie odpowiedzialna jest za dwukierunkową transmisję obrazu i dźwięku, a możliwość poruszania się dodatkowo poprawia wrażenie zdalnej obecności. System taki idealnie nadaje się do zastosowań, np. przy zdalnej inspekcji pomieszczeń itp. Tego rodzaju maszyny chętnie stosowane są obecnie np. w hospicjach czy szpitalach, aby ograniczać przenoszenie chorób.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło: http://bit.ly/3pue7hm

REKLAMA

Ulubiony Kiosk zmienia się na lepsze!



Czekają na Ciebie spore zmiany, więc nie czekaj i wejdź na
www.UlubionyKiosk.pl!

eprasa.pl 7fe4c01f36

Interfejs do liczników ORNO

Rejestrator danych, link USB-RS485 poprzez Wi-Fi

System automatyki domowej nie kończy się na sterowaniu oświetleniem czy roletami w oknach. Równie ważne jest monitorowanie i rejestracja parametrów, takich jak temperatura, ciśnienie czy pobór energii. Dzięki temu można bardziej optymalnie zarządzać elementami systemu i np. określić, które urządzenia warto całkowicie odłączać od zasilania, w czasie gdy z nich nie korzystamy.

Ważne!
Z powodu znacznej objętości listingów, część z nich publikujemy na stronie z artykułem na http://bit.ly/3nrkwIp, a także w materiałach dodatkowych na media.avt.pl

W artykule zaprezentowano interfejs przeznaczony do liczników ORNO-WE504/514 (**fotografia 1**), ale po niewielkich modyfikacjach zadziała z praktycznie każdym licznikiem wyposażonym w port RS485. Funkcja linku USB (VCOM) – RS485 poprzez Wi-Fi pozwoli skorzystać z oprogramowania liczników dostarczonego przez producenta i łatwo kontrolować zużycie energii elektrycznej.

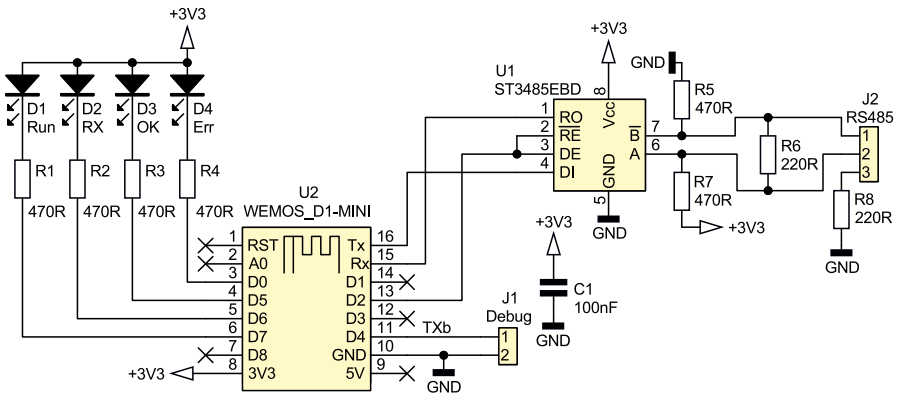
Fotografia 1. Licznik energii elektrycznej ORNO WE514

Budowa i zasada działania

Urządzenie składa się z modułu ESP8266 zamontowanego na płytce Wemos D1 Mini. Do płytki dołączono interfejs UART-RS485 na bazie układu MAX3485. Schemat połączeń został pokazany na **rysunku 1**. W interfejsie można zastosować układ MAX485, zasilając go z 5 V oraz dodając rezystor 470 Ω...1 kΩ na wyjściu RO (pin 1). Całość należy uzupełnić odpowiednim zasilaczem. Prototyp został zmontowany na pająka i pierwotnie była to płytka WemosD1, a dopiero później, tańsza, WemosD1-Mini (**fotografia 2**).

Pracując w trybie mostka USB-RS485, za pośrednictwem programu USR-VCOM urządzenie przesyła dane z wirtualnego portu COM na port 8888 wybranego adresu IP. Moduł ESP odbiera te dane i przesyła na RS-485. Kod programu, odpowiedzialny za to zadanie, został pokazany na **listingu 1** i znajduje się w pętli głównej programu.

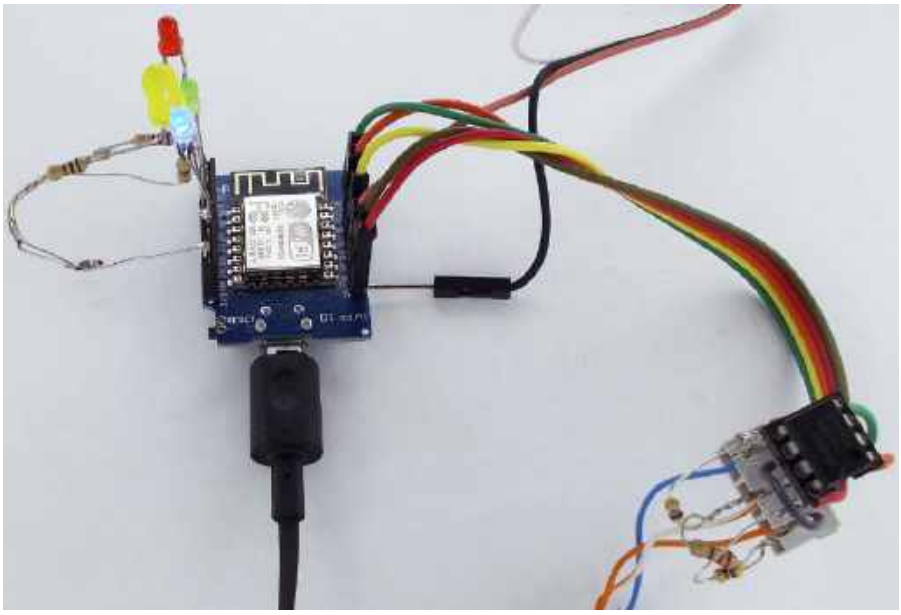
Ze względu na to, że API *Arduinolibs* nie przewiduje możliwości stwierdzenia faktu wysłania znaku z bufora nadawczego, wprowadzono opóźnienie ustawiane definicją *#define TIM_SEND_BYTE_UART*, dzięki czemu nie było potrzeby modyfikowania kodu biblioteki, a kierunek transmisji zmieniany jest po wysłaniu znaku, jak pokazuje oscylogram z **rysunku 2** (żółty oscylogram pokazuje stan linii RE/DE).



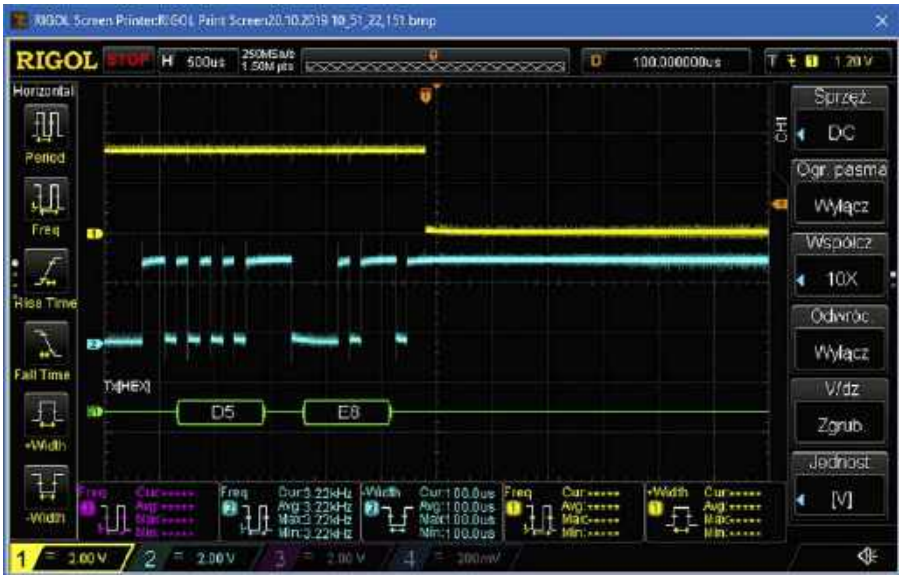
Rysunek 1. Schemat połączeń urządzenia

eprasa.pl 7fe4c01756

Funkcja przesyłająca dane z UART przez Wi-Fi ma bardziej skomplikowane działanie choć jest krótsza – **listing 2**. Znaki otrzymywane przez UART są zapamiętywane w programowym FIFO, które dla ESP8266 ma rozmiar 128 znaków i taka jest maksymalna wielkość ramki, jaką można przesłać. Gdy przerwa pomiędzy znakami przekroczy 5 ms, zapamiętane znaki zostaną wysłane. W rzeczywistości funkcje są bardziej rozbudowane i zawierają wysyłanie informacji debugujących na UART1. Cały kod źródłowy znajduje w materiałach dodatkowych do projektu.



Fotografia 2. Prototyp urządzenia



Rysunek 2. Kierunek transmisji RS485 jest zmieniany po wysłaniu znaku, co pokazuje oscylogram

Przy pracy w trybie odpytywania licznika cyklicznie wywoływana funkcja wysyła zapytanie do licznika. Ma inną postać dla urządzeń WE504 i WE514 – **listing 3**.

Podczas prób z licznikami ujawniła się pewna wada modeli WE514/517. Bez względu na liczbę zapytanych rejestrów licznik odpowie tylko jednym. Odpytanie wszystkich rejestrów związanych z pomiarem mocy, napięcia itp. dla licznika 3-fazowego, przy maksymalnej dopuszczalnej prędkości komunikacji, zajmuje ok. 900 ms. Czas transmisji jest stosunkowo długi w porównaniu do liczby przesłanych danych – od wysłania zapytania do rozpoczęcia transmisji odpowiedzi mija 40...50 ms. W przypadku WE504 odpowiedzi są odsyłane w losowym czasie 28...100 ms. Przy prędkości transmisji 9600 b/s (czas bajtu ok. 1 ms) trwa to długo.

Po małej dygresji na temat funkcjonowania oprogramowania licznika, wróćmy do zasady działania interfejsu. Odpowiedzi napływające z licznika są analizowane w funkcji *Uart_do_Wifi()*, której kod jest zawarty na **listingu 4** (ze względu na objętość dostępny w materiałach dodatkowych). Po krótkiej analizie widać wiele funkcji debugujących. Były potrzebne, ponieważ czasem rejestrowana moc znacznie odbiegała od rzeczywiście pobieranej. Z istotnych funkcji warto napisać o *void obsluga_thingspeak()* pokazanej na **listingu 5**, której zadaniem jest wysyłanie danych na serwer ThingSpeak. Niestety, operacja ta blokuje działanie programu na ponad 5 sekund. W tym czasie nie będzie działać link VCOM. Ze względu na ten fakt, lepiej skorzystać z wysyłania danych na serwer WWW w sieci lokalnej czy w Internecie. Kod funkcji umożliwiającej to zadanie pokazuje **listing 6** (ze względu na objętość dostępny w materiałach dodatkowych). Wysłanie danych poprzez URL może być analizowane skryptem PHP pokazanym na **listingu 7**. Dane są zapisywane w formacie CSV, zajmuje to 50...80 ms

Listing 1. Kod programu odpowiedzialny za odbieranie danych i przesłanie przez RS485

```
if (localClient && localClient.connected() ) {
  if (localClient.available()) {
    size_t len = localClient.available();
    uint8_t sbuf[len];
    localClient.readBytes(sbuf, len);
    wyslij_na_RS485(sbuf, len);
  }
}

void wyslij_na_RS485( uint8_t *sbuf, size_t len) {
  digitalWrite(DIR485, HIGH);
  Serial.write(sbuf, len);
  // Get the number of bytes (characters) available for writing
  //in the serial buffer without blocking the write operation.
  while ( Serial.availableForWrite() != lenBufSerTx ) ;
  // Konieczne, bo używając "Serial.availableForWrite()"
  //stwierdzimy kiedy bufor jest pusty a nie kiedy znak wyslano z UART
  delayMicroseconds( TIM_SEND_BYTE_UART );
  digitalWrite(DIR485, LOW);
}
```

Listing 2. Funkcja przesyłająca dane z UART przez Wi-Fi

```
void Uart_do_Wifi() {
  uint32_t static timeoutWr, timCzasRd;
  size_t static prevLen;
  // jesli zmienil sie rozmiar bufora
  if ( prevLen != Serial.available()) {
    prevLen = Serial.available();
    if ( prevLen ) { // i jest rozny od 0
      // Przychodzacy znak ustawia timeout
      timeoutWr = millis() + 5;
      if ( ! timCzasRd ) timCzasRd = millis();
    }
  }

  // Gdy timeout minie
  if ( millis() >= timeoutWr ) {
    // Zatrzymujemy liczenie
    timeoutWr = 0xFF000000;

    size_t len = Serial.available();
    uint8_t sbuf[len];
    Serial.readBytes(sbuf, len);

    localClient.write(sbuf, len);
  }
}
```


eprasa.pl 7fe4c01756

Listing 3. Funkcja wysyłająca zapytanie do licznika

```
void Zapytania_Do_Orno() {
  // INFO: 514 bez względu na to o ile rejestrów pytamy odpowie jednym
  const byte zapytanie_514[][8] = {
    { 0x00, 0x03, 0x01, 0x31, 0x00, 0x01, 0xD5, 0xE8 }, // Pytanie o napiecie
    { 0x00, 0x03, 0x01, 0x39, 0x00, 0x02, 0x14, 0x2B }, // Pytanie o prad
    { 0x00, 0x03, 0x01, 0x40, 0x00, 0x02, 0xC5, 0xF2 }, // Pytanie o moc czynna
    { 0x00, 0x03, 0x01, 0x48, 0x00, 0x02, 0x44, 0x30 }, // Pytanie o moc bierna
    { 0x00, 0x03, 0x01, 0x58, 0x00, 0x01, 0x05, 0xF4 }, // Pytanie o PF
    { 0x00, 0x03, 0xA0, 0x00, 0x00, 0x0A, 0xE6, 0x1C }, // Pytanie o zuzyta energie czynna
    { 0x00, 0x03, 0xA0, 0x1E, 0x00, 0x0A, 0x86, 0x1A }, // Pytanie o zuzyta energie bierna
    { 0x00, 0x03, 0x01, 0x50, 0x00, 0x02, 0xC4, 0x37 }, // Pytanie o moc pozorna
    { 0x00, 0x03, 0x01, 0x30, 0x00, 0x01, 0x84, 0x28 }, // Pytanie o czestotliwosc
    { 0xFF }
  };

  // INFO: 504 można pytać o dowolną liczbę rejestrów
  const byte zapytanie_504[][8] = {
    {
      0x00, 0x03, //00 03   ID, Function READ
      0x00, 0x00, //00 00   adr rej H, L
      0x00, 0x0a, //00 10   liczba rej do odczytu H, L
      0x45, 0xd7  //45 d7   CRC L, H
    },
    { 0xFF }
  };


  if ( millis() >= timeoutOdpytanie ) {
    timeoutOdpytanie = millis() + CO_ILE_PYTAC_ORNO;
    timOdpowiedziOrno = millis();

    ++nrPytaniaOrno;
    if ( (zapytanie_514[nrPytaniaOrno][0] != 0xFF && typOrno == 514) ||
         (zapytanie_504[nrPytaniaOrno][0] != 0xFF && typOrno == 504) ) {

      uint8_t buf[8];
      if ( typOrno == 514 ) {
        memcpy( buf, (uint8_t*)zapytanie_514[nrPytaniaOrno], 6 );
      }
      else {
        memcpy( buf, (uint8_t*)zapytanie_504[nrPytaniaOrno], 6 );
      }

      uint16_t crc = CRC16( buf, 6 );
      buf[6] = crc;
      buf[7] = crc >> 8;
      wyslij_na_RS485( buf, 8 );
    }
    else {
      nrPytaniaOrno = -1;
      timeoutOdpytanie = millis() + PAZUZA_ZAPYTAN_ORNO;

        wyslij_na_RS485( dane, 17 );
      }
    }
  }
}
```

Rysunek 3. Wybór płytki, na którą kompilujemy program

Rysunek 4. Konfiguracja programu USR-VCOM

w przypadku sieci lokalnej, 150..180 ms w Internecie. Skrypt zapisuje dane z różnych liczników pod osobnymi nazwami, ponadto dzieli na okresy, dni i miesiące.

Jakkolwiek użycie własnych skryptów jest lepsze, bo nie wnosi ograniczeń co do liczby zapisanych danych (co ma miejsce na ThingSpeak nawet w wersji płatnej). Ma to też wadę ujawniającą się, gdy serwer jest nieosiągalny. W takiej sytuacji program jest zablokowany przez timeout trwający 5 sekund. Skutecznym rozwiązaniem jest skorzystanie z UDP. Testową funkcję można znaleźć pod nazwą obsluga_udp().

Uruchomienie

Zanim program zostanie wgrany do płytki, należy zmodyfikować kody źródłowe. W pierwszej kolejności należy skonfigurować sieć bezprzewodową. W tym celu odnajdujemy w kodzie definicje:

```
#define WIFI_SSID    "ssid"
#define WIFI_PASS    "pass"
```

i wpisujemy dane własnej sieci.

Jeżeli chcemy nadać statyczny adres IP komentujemy linie:

```
//#define DHCP
```

oraz wpisujemy dane własnej sieci:

```
IPAddress staticIP(192, 168, 0, 101);
IPAddress gateway(192, 168, 0, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
```

Należy jeszcze wybrać płytkę, której używamy:

```
#define _WEMOS          1    // 0-D1, 1-MINI
```

Jeśli będziemy korzystać z Thingspeak, wpisujemy dane uzyskane w procesie rejestracji:

```
const char * thingspeak_apiKey = "apikey";
```

Odnajdując w kodzie frazę *if (ip[3] == 52)*, można uzależnić linki od adresu płytki. Fragmenty do modyfikacji wyróżniono kolorem:

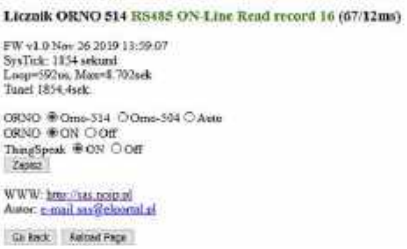
```
  if ( ip[3] == 52 ) {
    strcat( buf, "<A HREF='https://thingspeak.com/channels/xxxxxxxx' TARGET='_blank' >Rejestrator</A>\r" );
    if ( ! ee.fl_ThingOn ) strcat( buf, "<font color='RED'>(Off)</font>" );
    strcat( buf, "</TD><TD><input type='button' value='Reload Page' onClick='document.location.reload(true)'>\r" );
    strcat( buf, "</TD></tr></TABLE>\r" );
    strcat( buf, "<P><iframe width='450' height='260' style='border: 1px solid #cccccc;' src='https://thingspeak.com/channels/xxxxxxxx/charts/2?bgcolor=%23ffffff&color=%23d62020&dynamic=true&results=60&title=Moc+G%C5%82%C3%B3wny&type=line'> < / iframe >" );
  }
```

Gdy dane będą zapisywane na własnym serwerze, należy wypełnić:

```
#define DATA_HOST_LOCAL_1 "192.168.0.120"      // IP lokalnego serwera
#define DATA_HOST_LOCAL_2 "192.168.2.121"      //IP lokalnego serwera
#define DATA_HOST_REMOTE_1 "domena.pl"     //IP serwera, może byc nazwa domenowa
#define DATA_HOST_REMOTE_2 "domena2.pl"     //IP serwera, może byc nazwa domenowa
```


eprasa.pl 7fe4c01756

Rysunek 5. Strona www, na której można zobaczyć aktualne parametry monitorowane przez licznik



Rysunek 6. Konfiguracja parametrów licznika przez stronę www

Jeśli serwerów jest mniej, zamiast adresu IP czy nazwy należy wpisać "".

Definicja:

```
#define LOGGER_URL          "/sciezka/nazwa-skryptu.php?"
```

określa ścieżkę dostępu do skryptu PHP, który zapisuje dane. W przypadku prób z UDP należy uzupełnić:

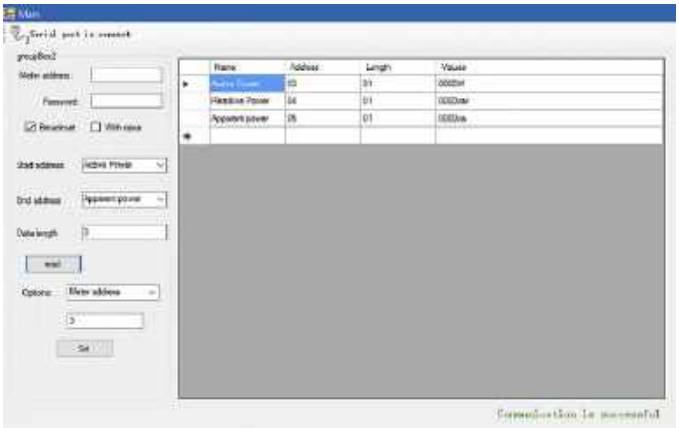
```
#define BROADCAST "192.168.0.255"
unsigned int localUdpPort = 2102;
```

Dla ułatwienia wszystkie miejsca w kodzie, które należy zmodyfikować, są odpowiednio oznaczone.

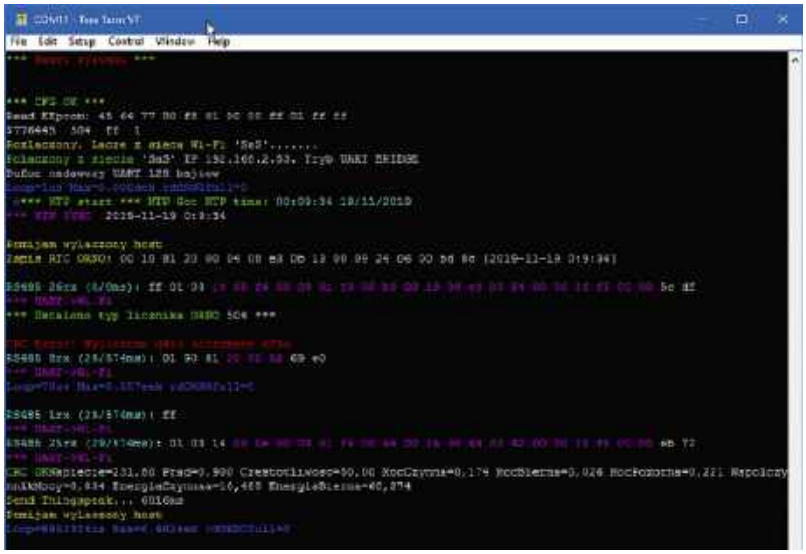
Po wprowadzeniu zmian należy wybrać płytkę, na którą kompilujemy program, jak pokazano na **rysunku 3**, oraz port COM, po czym należy skompilować i wgrać program na płytkę. W ustawieniach routera warto zadbać o to, aby płytka dostawała zawsze ten sam adres IP ewentualnie skonfigurować adres statyczny.

Jeśli zamierzamy korzystać z VCOM, należy zainstalować program USR-VCOM dostępny na stronie http://bit.ly/3on789v. Po zainstalowaniu i uruchomieniu należy nacisnąć przycisk ADD (**rysunek 4**). W oknie, które się pojawi, należy wybrać numer wirtualnego COM, pod jakim ma być dostępny link. Protokół komunikacyjny należy zmienić z domyślnego TCP na UDP. Pozostaje wpisać adres IP interfejsu oraz ustawić port na 8888.

Pod adresem IP interfejsu dostępna jest strona WWW. Można na niej zobaczyć aktualne parametry monitorowane przez licznik ORNO (**rysunek 5**). Pod linkiem FW dostępne są informacje o wersji programu, dacie konfiguracji oraz jest możliwość włączenia bądź wyłączenia rejestracji na serwerze Thingspeak oraz wyboru typu licznika (**rysunek 6**). Link „Rejestrator" kieruje na stronę Thingspeak, na której są reprezentowane dane wysyłane przez interfejs.



Rysunek 7. Program dostarczony przez producenta licznika



Rysunek 8. Informacje diagnostyczne wysyłane na port szeregowy UART1

Uwagi końcowe

Płytkę WemosMini wraz z driverem RS485 można zmieścić w obudowie Z-105, natomiast razem z zasilaczem IRM01-5 w Z-106. Przy wyborze modelu licznika należy wziąć pod uwagę fakt, że model WE504 przy poborze mocy przez odbiornik poniżej 12 W zachowuje się niestabilnie. Raz pokazuje 0, innym razem rzeczywiście pobieraną moc. W tym samym czasie ORNO-514 poprawnie pokazuje pobór mocy nawet o wartości 2...3 W. Nie są to błędy w komunikacji, co potwierdzono analizatorem logicznym, jak i przy pomocy programu dostarczonego przez producenta (**rysunek 7**). Jeżeli więc licznik ma mierzyć małe prądy, trzeba zrezygnować z WE504 na rzecz WE514.

W ramkach danych MODBUS dla ORNO brak konsekwencji przy przesyłaniu danych 16 i 32 bit. Same dane 16-bitowe, wymagane przez MODBUS, wysyłane są poprawnie – najpierw młodszy, później starszy bajt, natomiast w polu danych najstarszy bajt wysyłany jest jako pierwszy. Trzeba o tym pamiętać, bo łatwo o pomyłkę podczas analizy ramki danych.

W materiałach dodatkowych można znaleźć poza kodami źródłowymi programu, logi zarejestrowane analizatorem LA2016. Logi można obejrzeć darmowym programem dostępnym na stronie producenta http://bit.ly/3hTwHNk.

Na port szeregowy UART1 wysyłane są informacje diagnostyczne (**rysunek 8**). O tym, czy, jakie i z jaką prędkością, decydują definicje:

```
#define DEBUG_UART1
#define BAUD_DEBUG      921600

#define DEBUG_MODBUS
#define DEBUG_RTC
#define DEBUG_URL
#define DEBUG_PRINT_REP_WWW
```

Dokumentacja zawiera kilka błędów, aby uwolnić Czytelników od błądzenia, w materiałach dodatkowych zamieściłem dodatkowy plik z moimi spostrzeżeniami i uwagami.

SaS, AVT
sas@elportal.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

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

PROJEKT NR 252

Hybrydowy wzmacniacz lampowy

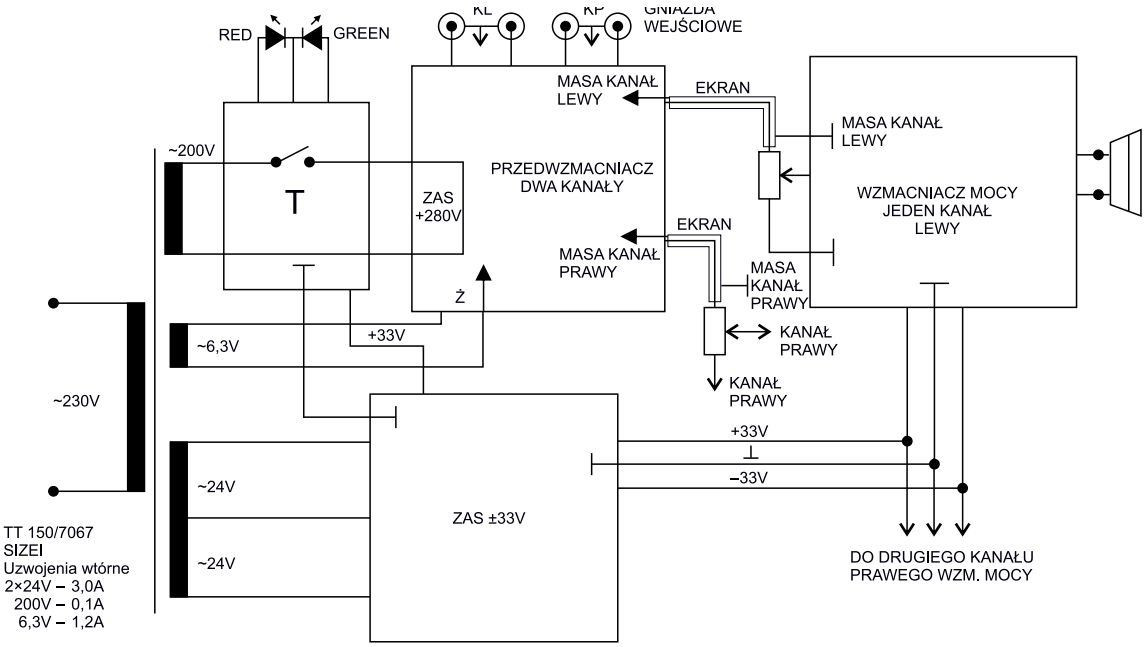
Na rynku dostępne są wzmacniacze hybrydowe, które mają scalone półprzewodnikowe stopnie mocy oraz lampowe bloki sterujące. Parametrami i brzmieniem mogą dorównywać wzmacniaczom stricte lampowym, a są znacznie tańsze ze względu na brak kosztownych transformatorów głośnikowych.

W moim wzmacniaczu hybrydowym zamierzałem zastosować gotowe wzmacniacze klasy D, lecz ostatecznie zrezygnowałem z takiego rozwiązania ze względu na ich niską jakość. Finalnie zdecydowałem się na stopień mocy z układem LM3886 charakteryzujący się niskimi zniekształceniami nieliniowymi, a w obwodach wejściowych zastosowałem lampy 6SN7 o bardzo miękkim brzmieniu.

Budowa i działanie

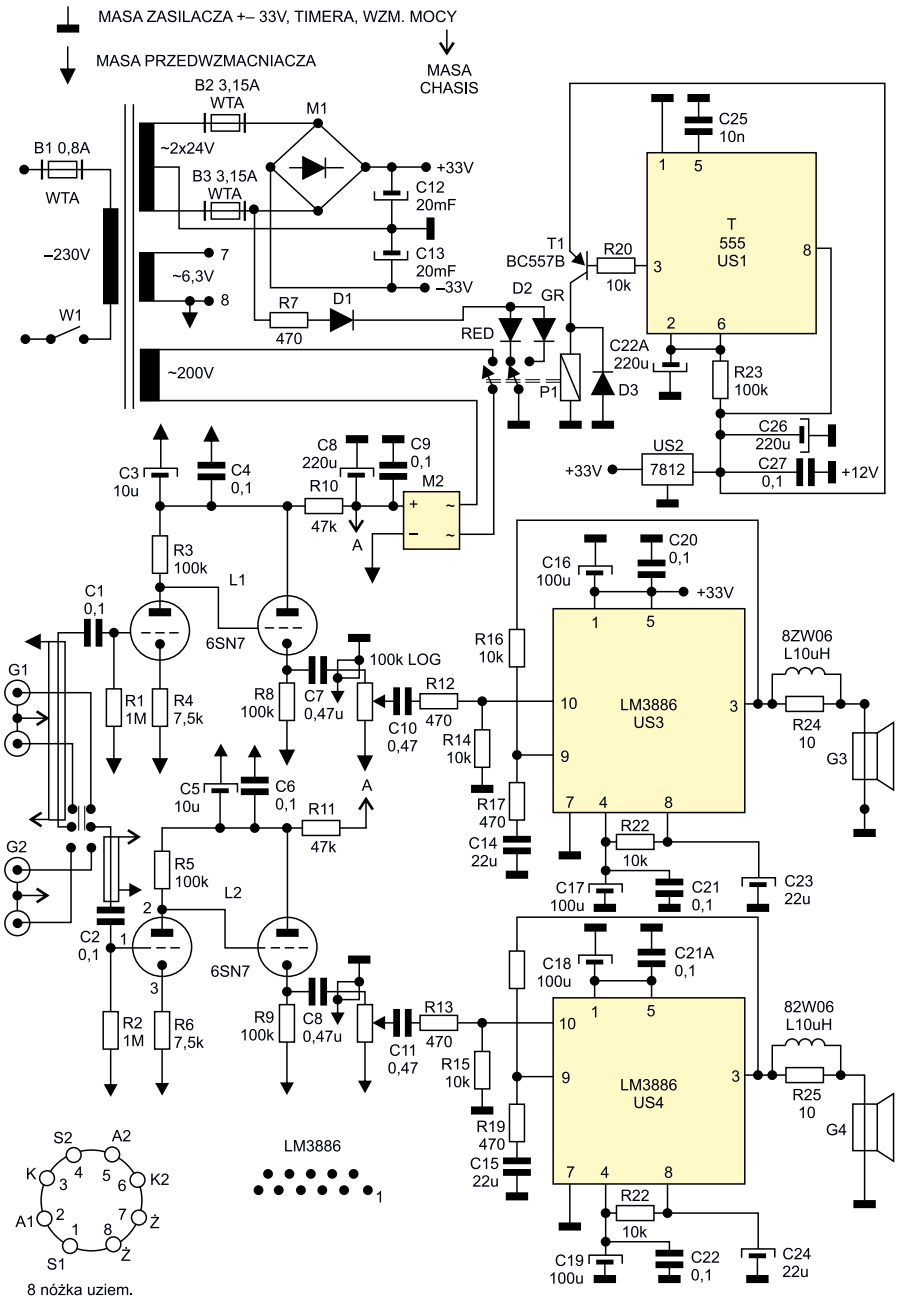
Schemat blokowy wzmacniacza został pokazany na **rysunku 1**. Podstawowe elementy to: zasilacz dostarczający napięcia ±33 V do zasilenia stopnia mocy, wzmacniacz mocy oraz płytka z przedwzmacniaczem na lampach 6SN7. Przedwzmacniacz został wyposażony we własny zasilacz +280 V, który współpracuje z uzwojeniem transformatora sieciowego o napięciu wtórnym 200 V, którego dane podano na schemacie blokowym.

Niezbędny jest również włącznik czasowy zwłoczny T, który włącza napięcie 200 V dopiero po wstępnym podgrzaniu lamp. Podanie napięcia zmiennego bez wstępnego żarzenia lamp powoduje potężny stuk w głośnikach, mimo układu wyciszania we wzmacniaczach mocy. Przekaźnik załącza się po około 30 sekundach.



Rysunek 1. Schemat blokowy wzmacniacza

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 2. Schemat ideowy wzmacniacza

Wykaz elementów:

Rezystory: (metalizowane)
R1, R2: 1 MΩ
R3, R5, R8, R9, R23: 100 kΩ
R4, R6: 7,5 kΩ
R7, R12, R13, R17, R19: 470 Ω
R10, R11: 47 kΩ
R14, R15, R16, R18, R20, R21: 10 kΩ
R24, R25: 10 Ω

Kondensatory:
C1, C2, C20, C21, C21A, C22, C27: 0,1 μF/100 V
C4, C6, C9: 0,1 μF/400 V
C7, C8: 0,47 μF/400 V
C10, C11: 0,47 μF/100V
C3, C5: 10 μF/400 V
C8A: 220 μF/400 V
C12, C13: 20 mF/50 V
C22A, C26: 220 μF/16 V
C16, C17, C18, C19: 100 μF/50 V

Półprzewodniki:
US1: NE555
US2: LM7812
US3, US4: LM3886
M1: KBU6D 10 A
M2: DB104 1000 V
D1, D3: 1N4005
D2: dioda LED dwukolorowa 5 mm
T1: BC 557B

Pozostałe:
L1, L2: 6SN7 + podstawki typu noval gold
POT: 2×100 kΩ log. drabinka
B1: bezpiecznik 0,8 A WTA
B2, B3: bezpiecznik 3,15 A WTA
G1, G2: gniazda chinch
G3, G4: gniazda głośnikowe
P1: przekaźnik RSM 822M

Stan pracy sygnalizuje dioda LED, świecąc na czerwono w czasie wstępnego żarzenia, oraz na zielono w stanie normalnej pracy. Prąd lamp 6SN7 wynosi 4 mA.

Schemat ideowy wzmacniacza został pokazany na **rysunku 2**. Zasada działania jest bardzo prosta. Sygnał z gniazda wejściowego podawany jest za pośrednictwem pierwszej triody na wtórnik katodowy. Ma on małą impedancję wyjściową, więc może sterować wejściem wzmacniacza mocy, który ma impedancję rzędu kilku kiloomów. Blok ten ma wzmocnienie 10 dB, więc czułość całego wzmacniacza wynosi 300 mV.

W roli stopni mocy można zastosować gotowe moduły w postaci płytek AVT1922. Należy je zamocować do odpowiednio dużych radiatorów zamontowanych na ściance tylnej

Fotografia 1. Konstrukcja tylnej ścianki obudowy wzmacniacza

eprasa.pl 7fe4c01756

wzmacniacza. Aplikacja układu LM 3886 jest dobrze udokumentowana i nie wymaga szczegółowego omówienia.

Regulację głośności realizuje stereofoniczny potencjometr drabinkowy 2×100 kΩ. Jest on włączony między przedwzmacniacz a wzmacniacz mocy i zamocowany blisko płytek stopnia mocy. Z płytą czołową połączony jest długą ośką sześciokątną.

Masy dla prawego i lewego kanału poprowadzono osobno i łączą się dopiero przy gniazdach wejściowych. Połączenia masowe między przedwzmacniaczem a potencjometrem zostały zrealizowane za pomocą ekranu łączącego te dwa bloki. Unika się w ten sposób tzw. pętli masy powodującej zwiększenie przydźwięku.

Podsumowanie

Wzmacniacz zamknięto w obudowie typu M firmy CYFRONIKA. Konstrukcję ścianki tylnej pokazuje **fotografia 1**. Wzmacniacz powstał także w innej wersji, w mniejszej obudowie, a co za tym idzie o mniejszej mocy (**fotografia 2**). Został wyposażony w adapter Bluetooth, który umożliwia doprowadzenie muzyki z laptopa czy smartfona. Do drugiego wejścia można podłączyć odtwarzacz CD lub gramofon analogowy. Na obciążeniu w postaci rezystora 8 Ω i mocy 100 W przy pełnym wysterowaniu występuje napięcie 54 Vpp, co pozwala oszacować moc czynną na poziomie 65 W. Jest to spora wartość, a dodatkowo wzmacniacz odznacza się dużą dynamiką i naprawdę wspaniałym brzmieniem.

Henryk Michałowski
michalowskihenio@gmail.com

Fotografia 2. Wzmacniacz wykonany w innej, mniejszej wersji

Fotografia 3. Widok wnętrza wzmacniacza

KAP

Dzięki uprzejmości firmy Soyter Components mamy dla Czytelników EP moduły ESP32-WROVER oraz płytki rozwojowe ESP32-DEVKITC-V4 z modułem ESP-WROOM-32.

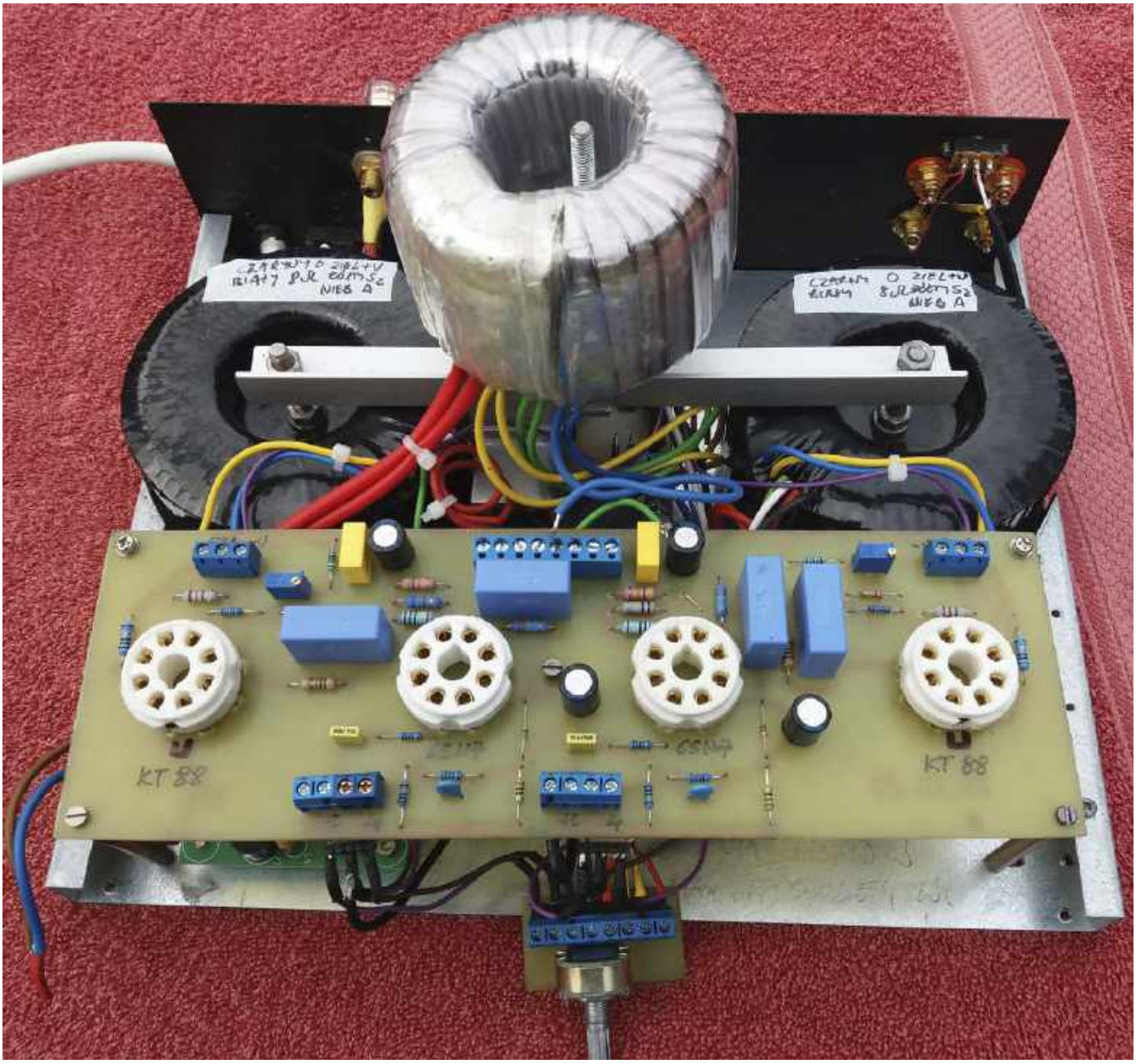
ESP32-WROVER

Sercem obu komponentów jest chip ESP32, ale moduł ESP32-WROVER rozbudowano o dodatkową, 32-megabitową pamięć RAM (PSRAM). Zatem w module mamy 4 MB pamięci SPI flash oraz 4 Mb pamięci PSRAM. Dostępne są dwa sposoby wykorzystania toru antenowego – antena na PCB w postaci ścieżki oraz złącze IPEX, za pomocą którego mamy możliwość podłączenia anteny zewnętrznej. Wykorzystany w module dwurdzeniowy układ ESP32 ma możliwość elastycznego ustawienia częstotliwości taktowania zegara pomiędzy 80 a 240 MHz. Użytkownik ma także możliwość odłączenia zasilania dla głównego procesora i pozostawienie w trybie pracy jedynie rdzenia low-power, który będzie monitorował peryferia pod kątem zmian lub przekroczeń wartości ustalonych parametrów. ESP-WROVER może być wykorzystany do rozwiązań zasilanych bateryjnie oraz wearable. Na module można uruchomić system FreeRTOS z LwIP, dodatkowo ma wbudowaną sprzętową jednostkę szyfrującą oraz umożliwia bezpieczną (zaszyfrowaną) zdalną aktualizację oprogramowania (OTA).

https://bit.ly/30l40RE

Informacje na temat klubu na stronie http://ep.com.pl/nowosci/kap

eprasa.pl 7fe4c01756



Praktyczne porady dla początkujących konstruktorów wzmacniaczy lampowych

Pomimo dostępności wielu wzmacniaczy półprzewodnikowych, konstrukcje lampowe zawsze będą miały swoich zwolenników, podobnie jak gramofony analogowe. Jednak zaprojektowanie i wykonanie dobrego wzmacniacza lampowego wymaga nie tylko cierpliwości i ostrożności od początkującego konstruktora, ale także doświadczenia, nabytego przy budowie mniej skomplikowanych konstrukcji. Dobrym przykładem jest opisany wcześniej wzmacniacz hybrydowy lub wzmacniacz lampowy zaprezentowany w EP 9/2020, któremu w głównej mierze poświęcony jest ten tekst.

Zasilacz

Starsze konstrukcje zasilaczy były budowane z użyciem lampy prostowniczej, która rozgrzewała się wraz z lampami wzmacniacza, więc napięcie anodowe rosło z upływem czasu. Takie rozwiązanie przyczyniało się do większej żywotności lamp. Skokowe podanie napięcia na anodę może nawet uszkodzić katodę lampy, a na pewno przyczyni się

eprasa.pl 7fe4c01756

do zmniejszenia jej żywotności. Dla wyeliminowania tego zjawiska zaczęto stosować opóźnione włączanie napięcia.

Styk przekaźnika był włączony przeważnie za pierwszym elektrolitem w prostowniku. Jest to układ optymalny, lecz bardzo niekorzystny dla przekaźnika, ze względu na przełączanie prądu stałego o wartości rzędu 200 mA lub więcej. Natomiast dołączenie styku w obwodzie prądu zmiennego miało tę wadę, że pojawiały się problemy ze stabilnością w momencie ładowania pierwszego kondensatora elektrolitycznego (stuk w głośniku).

Wybawieniem od tego problemu było zastosowanie wysokonapięciowych tranzystorów MOSFET jako kluczy zasilania. Takie rozwiązanie powoduje łagodne narastanie napięcia anodowego wraz z nagrzewaniem lamp mocy i przedłuża ich żywotność. Lampy mocy z wyższej półki kosztują nawet kilkaset złotych za sztukę, więc każde rozwiązanie pozwalające wydłużyć ich czas pracy jest uzasadnione.

Uruchomienie zasilacza nie nastręcza większych trudności, pod warunkiem zastosowania odpowiedniego radiatora, do którego przymocowany jest tranzystor z obowiązkowym zastosowaniem podkładki silikonowej i tulejki izolującej. Radiatora wymaga także rezystor ograniczający o oporności ok. 100 Ω i mocy 10 W.

Dla ochrony transformatora sieciowego podczas uruchamiania układu należy przedsięwziąć kilka środków ostrożności. Przy pierwszym uruchomieniu należy zastosować bezpiecznik szybki o znamionowej wartości prądu takiej jak znamionowy prąd pracy transformatora. Zasilacz należy obciążyć dwiema zwykłymi żarówkami 25 W połączonymi szeregowo. Trzymając rękę na wyłączniku, należy obserwować żarówki – powinny powoli się rozjaśnić (czas zależy od stałej czasowej w układzie RC sterowania tranzystora). W obwodzie pierwotnym wymagane jest włączenie warystora o odpowiednich parametrach napięciowych. Ochroni on tranzystor, który jest wrażliwy na przepięcia w sieci energetycznej.

W przypadku projektowania transformatora sieciowego oczywistym wyborem jest transformator toroidalny, ze względu na małe wymiary i małe zakłócenia. Jednak jego zasadniczą wadą jest brak jakiegokolwiek chłodzenia, dlatego należy uwzględnić odpowiedni zapas mocy. We wzmacniaczu opisanym w EP 9/2020 zastosowano transformator o mocy 150 VA, mimo że z wyliczeń wynika:

$$300\ V \cdot 0{,}2\ A = 60\ VA$$

Plus obwód żarzenia:

$$6{,}3V \cdot 4{,}5\ A = 28\ VA$$

Wymagana moc wynosi w sumie 88 VA. Gdyby zastosowano transformator o mocy 90 VA, to w rzeczywistych warunkach pracy wzmacniacza po godzinie byłoby przegrzane.

Ostatnią ważną sprawą jest dobór kondensatorów elektrolitycznych. W nowocześniejszych wzmacniaczach nie są stosowane dławiki, zatem należy zwiększyć pojemność elektrolitów do wartości rzędu 220...470 μF oraz dodać rezystor, o którym wspomniano wcześniej. W filtrze prostownika napięcie pracy kondensatorów elektrolitycznych należy dobrać tak, aby przy pracy bez obciążenia napięcie nie przekraczało wartości znamionowej kondensatora. Należy też uważać na zachowanie właściwej biegunowości podłączenia – o pomyłkę bardzo łatwo, a odwrotne podłączenie grozi wybuchem kondensatora.

W przypadku braku kondensatorów na wyższe napięcia możliwe jest łączenie szeregowo-równoległe razem z rezystorami wyrównawczymi wartości ok. 680 kΩ i mocy 1 W (**rysunek 1**). Napięcie na elektrolitach bez obciążenia oblicza się według wzoru:

$$Uj = 1{,}32 \cdot U$$

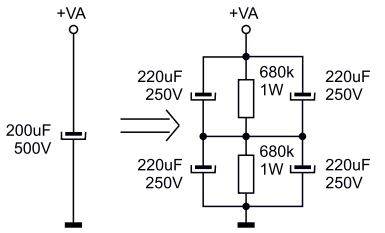
Dla napięcia transformatora przy pracy jałowej wynoszącego 310 V napięcie kondensatorów powinno wynosić co najmniej 410 V. Zatem można użyć kondensatorów na napięcie znamionowe 450 V.

Stopień mocy

Wykonanie płytki rozpoczynamy od projektu. Pomijamy kwestie zamawiania płytek w firmie, omówimy zwięźle proces samodzielnego wykonania pojedynczej płytki. Po naniesieniu na folię miedzianą wszystkich zapunktowanych kółek i narysowaniu ścieżek należy płytkę wytrawić i umyć. Otwory wiercimy wiertłem o średnicy 1 mm. Otwory pod wyprowadzenia podstawek należy wykonać wiertłem o większej średnicy, tj. 1,5 mm. Na koniec należy jeszcze wypolerować ścieżki drobnym papierem ściernymi i pokryć warstwą ochronną roztworem kalafonii.

Montaż rozpoczynamy od wlutowania rezystorów oraz niższych elementów następnie kondensatorów, złączy ARK oraz podstawek. Podłączenia obwodu żarzenia należy wykonać parą mocno skręconych przewodów. Dla lamp mocy przekrój przewodu powinien wynosić 1 mm², a dla lamp sterujących 0,5 mm². Można pokusić się o zaprojektowanie płytki dwustronnej i połączyć żarzenie od strony elementów, nie zapominając o nalutowaniu na ścieżki drutu miedzianego lub srebrzanki o odpowiednim przekroju.

Po podłączeniu zasilacza do płytki wzmacniacza należy włączyć zasilanie bez zamontowanych lamp. Trzeba ustawić ujemne napięcia na siatkach sterujących lamp mocy na wartość rzędu –30 V za pomocą helitrimu o oporności 50 kΩ. Gdy lampy mają automatyczną regulację BIAS-u (punktu pracy), tzn. włączony w katodę rezystor o oporności 150...470 Ω z dołączonym elektrolitem



Rysunek 1. Szeregowo-równoległe łączenie kondensatorów wymaga zastosowania rezystorów wyrównawczych

o pojemności 100 μF, wtedy włączamy zasilanie z zamontowanymi lampami.

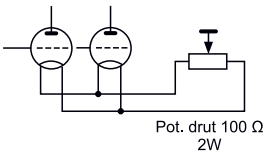
Pierwsze włączenie musimy wykonać przy uważnej obserwacji elementów i lamp – należy obserwować, czy lampy się właściwie rozżarzają. Następnie dokonujemy wstępnych pomiarów – w pierwszej kolejności mierząc napięcie anodowe, którego wartość powinna wynosić ok. 360 V DC, oraz napięcie żarzenia, które przy napięciu sieci 230 V nie powinno przekraczać 6,3 V AC. Należy przy tym zachować wszelkie środki ostrożności, gdyż wysokie napięcie stałe jest śmiertelnie niebezpieczne dla człowieka.

Przy pierwszym uruchomieniu nie podłączamy głośników, tylko rezystor o rezystancji 8 Ω i mocy ok. 50 W lub większej, gdyż układ może się wzbudzać na wyższych częstotliwościach i głośniki wysokotonowe mogłyby ulec uszkodzeniu. Do rezystora 8 Ω należy dołączyć oscyloskop ustawiony na czułość 10 V/dz, a na wejście wzmacniacza należy dołączyć generator funkcyjny i zwiększając napięcie sinusoidy, przy potencjometrze ustawionym na maksimum, obserwujemy przebieg zmienny na wyjściu. Korekty kształtu dokonujemy, regulując prąd anodowy, którego wartość kontrolujemy, mierząc napięcie na rezystorze o rezystancji 10 Ω 1%. Prąd ten nie powinien przekraczać 100 mA, czyli 1 V na rezystorze.

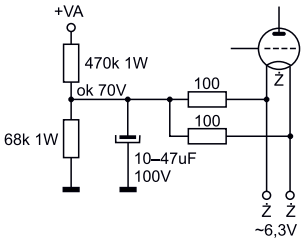
W przypadku automatycznego BIAS-u należy dobrać rezystor katodowy tak, aby sinusoida była jak najmniej zniekształcona. Można podłączyć miernik zniekształceń harmonicznych, lecz w warunkach amatorskich, w wielu przypadkach byłoby to trudne. Jeśli wzmacniacz się wzbudza, w większości przypadków wystarczy zablokować wejście kondensatorem rzędu 100 pF lub zwiększyć rezystor w siatce drugiej lamp mocy.

Moc rezystorów dobieramy, stosując wzory prawa Ohma. W praktyce wszystkie rezystory anodowe oraz w filtrach tętnień mają moc 1 W, a rezystory katodowe i siatkowe moc 0,25 W, z wyjątkiem rezystorów siatki drugiej lampy mocy, które powinny mieć moc 1 W, rezystora katodowego 10 Ω, również 1 W i rezystora katodowego w układzie automatycznego BIAS-u o mocy 5 W. Kondensatory sprzęgające i blokowe powinny być na napięcie 400 V. Elektrolity w katodzie lamp mocy oraz w filtrze zasilacza

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 2. Sposób symetryzacji napięcia żarzenia w przypadku zwiększonego przydźwięku



Rysunek 3. Podwyższenie potencjału żarników względem mas

ujemnego napięcia siatek powinny mieć napięcie znamionowe 100 V, a elektrolity katodowe w lampach sterujących – napięcie 25 V.

Ważną sprawą jest prowadzenie mas osobno dla wzmacniaczy mocy i lamp sterujących oraz podłączenie ich osobnymi przewodami do wspólnego punktu zasilacza. Takie działanie ma na celu zmniejszenie przydźwięku sieci oraz polepszenie separacji kanałów. Przydźwięk to największy problem dla konstruktorów. Przede wszystkim należy zwiększyć przekrój połączeń masowych, dolutowując przewód miedziany lub srebrzankę o przekroju 1,5 mm^2. Całkowita eliminacja przydźwięku sieci jest bardzo trudna, gdyż potencjometr głośności jest na samym początku toru sygnałowego, więc układ otrzymuje sumę zakłóceń całego toru.

Bezwzględnie należy podłączyć jeden biegun żarzenia do masy. Lampa 6SN7 ma jedną wadę – siatka sterująca jednej z diod sąsiaduje z wyprowadzeniem żarzenia i tej triody nie należy projektować jako wejściowej. Lampy z serii ECC nie mają tej wady. W przypadku zwiększonego przydźwięku można próbować symetryzować napięcie żarzenia (**rysunek 2**) oraz zastosować podwyższenie potencjału żarników względem masy (**rysunek 3**) lub zwiększać pojemność elektrolitu w pierwszym filtrze zasilacza.

Cały wzmacniacz powinien mieć zwartą konstrukcję. Dzięki temu połączenia są krótkie (tor sygnałowy również). Eliminuje się w ten sposób pojemności montażowe, które ograniczają górne pasmo przenoszenia. Dawne wzmacniacze lampowe były montowane na tzw. pająka. Elementy były montowane do łączówek, a te łączone przewodami do cokołów lamp. Jak wspomniałem wcześniej nowa konstrukcja może sprawiać trudności, gdyż mogą się pojawić niepożądane oscylacje. Dlatego każdy elektrolit w filtrach odsprzęgających musi być zblokowany kondensatorem 100 nF/400 V. Wzmacniacz może również się wzbudzić przy odwrotnym połączeniu sprzężenia zwrotnego.

Czasem trzeba trochę poeksperymentować przy nowej konstrukcji, aby uzyskać wymagany efekt. Za to ostatnia część prac – odsłuch ulubionych utworów muzycznych, po podłączeniu dobrych kolumn głośnikowych i źródła dźwięku, będzie czystą przyjemnością.

Henryk Michałowski
michalowskihenio@gmail.com

REKLAMA

eprasa.pl 7fe4c01756

System sterowania oświetleniem Philips Hue

z użyciem środowiska Zerynth oraz języka Python (1)

Programowanie systemów wbudowanych już od dobrych kilku lat nie jest wyłącznie domeną miłośników asemblera czy niskopoziomowych operacji na rejestrach mikrokontrolera. Dynamiczny rozwój Internetu Rzeczy spowodował, że znaczna część programistów języków wysokiego poziomu, przeniosła swoje zainteresowania zawodowe z obszaru wysoko wydajnych komputerów klasy PC, w kierunku małych mikroprocesorów i mikrokontrolerów. Trend ten nie pozostał niezauważony przez producentów sprzętu i oprogramowania, którzy udostępniają deweloperom gotowe rozwiązania, pozwalające szybko, a przede wszystkim wysokopoziomowo, przygotować kompletny projekt sprzętowo-programowy.

W artykule zaprezentujemy prosty system sterowania żarówkami z serii Philips Hue zbudowany przy użyciu zintegrowanego modułu wyświetlacza Riverdi IoT Display oraz środowiska programistycznego Zerynth – umożliwiającego łatwe i szybkie tworzenie aplikacji z użyciem języka Python.

Warstwa sprzętowa – moduł wyświetlacza oraz system Philips Hue

Zagadnienia związane z przygotowaniem projektu od strony sprzętowej ograniczono do minimum, dlatego do jego realizacji zastosowano gotowy moduł Riverdi IoT Display [1] – zintegrowany system wyświetlacza LCD (o przekątnej 5 cali i rozdzielczości ekranu 800×480), kontrolera graficznego Bridgetek BT81x [2] oraz dobrze znanego mikroprocesora ESP32.

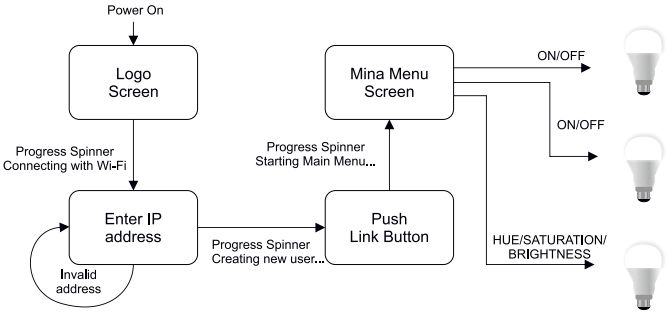
Głównym zadaniem stawianym modułowi wyświetlacza będzie nawiązanie komunikacji z systemem Philips Hue [3] oraz zapewnienie możliwości sterowania oświetleniem poprzez prosty, graficzny interfejs użytkownika. W opisywanym przypadku w skład systemu oświetlenia wchodzą dwie żarówki ze sterowaniem włącz/wyłącz oraz jedna żarówka RGB, sterowana poprzez określenie parametrów barwy, jasności oraz nasycenia koloru. Serce systemu stanowi Philips Hue Bridge, podłączony do sieci lokalnej za pomocą przewodu Ethernet i komunikujący się z żarówkami z użyciem protokołu ZigBee. Blokowy schemat istniejącej konfiguracji oraz jej planowej rozbudowy o moduł inteligentnego panelu sterującego pokazuje **rysunek 1**.

Przygotowanie aplikacji w środowisku Zerynth

Zastosowanie gotowego rozwiązania sprzętowego pozwala nam dość szybko przejść do zagadnień związanych bezpośrednio z oprogramowaniem. Pracę nad projektem rozpoczynamy od pobrania zintegrowanego i wieloplatformowego (udostępnionego dla systemów Windows, Linux oraz macOS) środowiska programistycznego Zerynth SDK [4]. Całość procesu instalacji przebiega w sposób standardowy dla wybranego systemu operacyjnego. Przy pierwszym uruchomieniu instalatora użytkownik zostanie poproszony o zaakceptowanie umowy licencyjnej oraz wybór sposobu instalacji (instalacja online lub offline – o ile użytkownik uprzednio pobrał repozytoria bibliotek). Ostatnim krokiem w procesie instalacji jest wybór wersji oprogramowania (w czasie

eprasa.pl 7fe4c01756

Rysunek 1. Schemat blokowy projektowanego systemu sterowania oświetleniem



Rysunek 2. Schemat blokowy prezentujący poszczególne etapy działania projektowanej aplikacji

tworzenia artykułu ostatnią dostępną wersją jest r2.6.0). Po podłączeniu modułu wyświetlacza oraz zarejestrowaniu nowego urządzenia w Zerynth SDK nasze środowisko jest już gotowe do pracy.

Zanim jednak przystąpimy do omówienia pierwszych linii kodu, warto krótko przeanalizować poszczególne etapy działania projektowanej aplikacji. Jak pokazuje **rysunek 2**, działanie aplikacji rozpoczynamy od skonfigurowania wyświetlacza oraz wyświetlenia prostego logo, które pozwoli nam upewnić się, że proces pierwszej konfiguracji przebiegł prawidłowo. W kolejnym kroku nawiązujemy połączenie ze zdefiniowaną w programie siecią Wi-Fi (zapisanie identyfikatora SSID sieci oraz hasła dostępu nie jest najbezpieczniejszym rozwiązaniem, jednak na potrzeby testowego uruchomienia systemu w pełni wystarczającym). Po ustanowieniu połączenia użytkownik systemu zostanie poproszony o wpisanie adresu IP urządzenia Philips Hue Bridge. Poprawność wpisanego adresu IP jest weryfikowana poprzez próbę odczytu statusu urządzenia. Przedostatnim krokiem – przed wyświetleniem głównego interfejsu aplikacji – jest proces utworzenia nowego użytkownika systemu oraz jego autoryzacja, które poprawnie zakończone pozwolą nam przejść do ostatniego poziomu menu, jakim jest wyświetlenie panelu sterującego. Ponieważ istniejący system oświetlenia składa się wyłącznie z trzech żarówek (w tym jednej z możliwością sterowania kolorem), panel kontrolny może zostać zrealizowany w postaci jednego ekranu, co pokazuje **fotografia 1**.

Proces przygotowania aplikacji rozpoczynamy od utworzenia nowego projektu w Zerynth Studio. Zgodnie z przyjętym schematem blokowym z rysunku 2, pierwszym zadaniem aplikacji będzie konfiguracja wyświetlacza oraz wyświetlenie prostego logo. W module

Fotografia 1. Główne menu sterowania oświetleniem Philips Hue

Riverdi IoT Display, funkcję silnika graficznego pełni układ BT815 firmy Bridgetek, który stanowi jednocześnie „most" pomiędzy wyświetlaczem LCD (podłączonym do układu BT815 za pomocą 24-bitowego interfejsu RGB) a mikrokontrolerem (komunikującym się poprzez interfejs SPI/QSPI). Typową aplikację układu BT815 ilustruje **rysunek 3**.

Dzięki zastosowaniu układu BT815 aplikacja użytkownika jest zwolniona z obowiązku utworzenia bufora ramki w obszarze pamięci RAM, oraz zaimplementowania niskopoziomowych funkcji związanych z rysowaniem interfejsu. Układ BT815 definiuje szereg prostych obiektów graficznych (przyciski, przełączniki, suwaki itp.), umożliwiających szybkie tworzenie aplikacji, oraz bardziej złożone funkcje, związane z kompresją grafiki czy odtwarzaniem multimediów. Kompletna dokumentacja układu jest dostępna pod adresem: https://bit.ly/2JU2ReW.

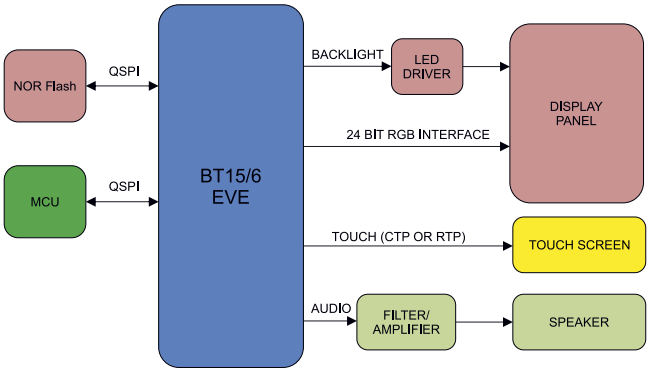
Wraz z zapewnieniem wsparcia dla modułu Riverdi IoT Display programiści środowiska Zerynth przygotowali API dla układów BT81x, umożliwiające tworzenie interfejsu z użyciem kilku prostych funkcji – https://bit.ly/3a1hZlt. Korzystając z dostarczonej dokumentacji, przystępuję do wprowadzenia pierwszych zmian w domyślnie utworzonym pliku *main.py*. Edycję rozpoczynamy od zaimportowania modułów bibliotek dla układów BT81x oraz 5-calowego wyświetlacza Riverdi:

```
from bridgetek.bt81x import bt81x
from riverdi.displays.bt81x import ctp50
```

W kolejnym kroku inicjalizujemy wyświetlacz i komunikację poprzez wybrany interfejs SPI, określając dodatkowo przypisanie linii Chip Select, Interrupt, Power Down:

```
bt81x.init(SPI0, D4, D33, D34)
```

Po poprawnej inicjalizacji układu możemy przystąpić do wyświetlenia prostego logo. W tym celu wybrana grafika musi zostać uprzednio załadowana do wewnętrznej pamięci GRAM kontrolera BT81x. Aby już na pierwszym etapie prac zadbać o odpowiednią strukturę kodu, funkcję `loadImage()` umieśćmy w wydzielonym pliku *gui.py*:



Rysunek 3. Typowa aplikacja układu BT81x (źródło: https://bit.ly/3qOiK7m)

eprasa.pl 7fe4c01756

```
def loadImage(image):
    bt81x.load_image(0, 0, image)
```

Zadaniem funkcji `loadImage()` jest wywołanie metody `bt81x.load_image()`, której parametrami są: adres w obszarze pamięci GRAM, dodatkowe flagi sterujące oraz nazwa pliku z wybraną grafiką. W przygotowanej aplikacji – w obszarze pamięci GRAM – będziemy w danej chwili przechowywać wyłącznie jedną grafikę, więc adres w pamięci będzie ustawiony zawsze na wartość 0. Do celów testowych użyjemy grafiki w formacie PNG, o rozmiarze 642×144 pikseli – pozostały obszar obrazu (dla wyświetlacza 5 cali wynosi on 800×480 pikseli) uzupełniony zostanie białym tłem. W pliku *main.py* załadowanie grafiki *gui_logo.png* do pamięci GRAM wykonamy następującym zestawem wywołań:

```
import gui

new_resource('images/gui_logo.png')
gui.loadImage('gui_logo.png')
```

Do uzyskania pełnej funkcjonalności zaimplementujmy również funkcję `showLogo()`, która w określonych współrzędnych wyświetli załadowany obrazek. W tym celu – w pliku *gui.py* – umieśćmy fragment kodu (**listing 1**). Za pomocą metody `bt81x.dl_start()` rozpoczynamy tworzenie tzw. Display List, która opisuje aktualnie tworzoną ramkę. Wywołaniem `bt81x.clear_color()` ustalamy kolor dla operacji czyszczenia obrazu, która jest realizowana poprzez metodę `bt81x.clear()`. Wykorzystując klasę Bitmap, definiujemy parametry wyświetlanego obrazu, m.in. źródło obrazu (w omawianym przypadku jest to pamięć GRAM) oraz jego rozmiar. Za pomocą wywołań `bt81x.prepare_draw()` oraz `bt81x.draw()` dodajemy do tworzonej listy wskazaną grafikę. Tworzenie listy za pomocą wywołania `bt81x.dl_start()` musi zostać zakończone wywołaniem `bt81x.display()` oraz `bt81x.swap_and_empty()`, które zmieni aktualnie wyświetlaną zawartość ekranu.

Listing 1. Funkcja *showLogo()* realizująca prostą operację wyświetlenia grafiki

```
def showLogo():

    bt81x.dl_start()
    bt81x.clear_color(rgb=(0xff, 0xff, 0xff))
    bt81x.clear(1, 1, 1)

    image = bt81x.Bitmap(1, 0, (bt81x.ARGB4, 642 * 2), (bt81x.BILINEAR,
        bt81x.BORDER, bt81x.BORDER, 642, 144))

    image.prepare_draw()
        image.draw(((bt81x.display_conf.width - 642)//2,
        (bt81x.display_conf.height - 144)//2), vertex_fmt=0)

    bt81x.display()
    bt81x.swap_and_empty()
```

Listing 2. Nawiązanie połączenia z wybraną siecią Wi-Fi

```
from wireless import wifi
from espressif.esp32net import esp32wifi as wifi_driver

ssid = "ssid_value"         # this is the SSID of the WiFi network
wifiPWD = "password_value"       # this is the Password for WiFi

gui.showSpinner("Connecting with predefined WiFi network...")
wifi_driver.auto_init()

for _ in range(0,5):
    try:
        wifi.link(ssid,wifi.WIFI_WPA2,wifiPWD)
        break
    except:
    gui.showSpinner("Trying to reconnect...")
else:
    gui.showSpinner("Connection Error - restarting...")
    mcu.reset()
```

Listing 3. Wyświetlenie wbudowanego widżetu *Spinner*

```
def showSpinner(msg):

    bt81x.dl_start()
    bt81x.clear(1, 1, 1)
    txt = bt81x.Text(400, 350, 30, bt81x.OPT_CENTERX | bt81x.OPT_CENTERY, msg, )
    bt81x.add_text(txt)

    bt81x.spinner(400, 240, bt81x.SPINNER_CIRCLE, 0)

    bt81x.display()
    bt81x.swap_and_empty()
```

Komunikacja pomiędzy panelem sterującym a mostkiem Philips Hue Bridge będzie się odbywała poprzez sieć lokalną. W tym celu niezbędne jest podłączenie modułu wyświetlacza do sieci Wi-Fi. Dzięki wykorzystaniu układu ESP32, integrującego moduły łączności Wi-Fi oraz Bluetooth, użytkownik nie musi podłączać żadnych dodatkowych modemów bezprzewodowych. Fragment kodu odpowiedzialny za nawiązanie połączenia z wybraną siecią Wi-Fi (określoną zmienną `ssid` oraz hasłem dostępu – zmienna `wifiPWD`), pokazuje **listing 2**.

Za pomocą pętli `for()` oraz metody `wifi.link()` aplikacja pięciokrotnie próbuje nawiązać połączenie ze zdefiniowaną siecią. W przypadku pełnego niepowodzenia operacji funkcja `mcu.reset()` wykona reset urządzenia. W zależności od siły sygnału sieci Wi-Fi proces łączenia może się wydłużać. Aby użytkownik systemu otrzymał informację zwrotną z interfejsu graficznego, o postępie procesu jest on informowany poprzez wywołanie funkcji `gui.showSpinner()`, która wyświetla wbudowany, animowany obiekt *Spinner* wraz z określonym przez argument komunikatem. Ciało funkcji `showSpinner()` pokazuje **listing 3**.

Wykorzystując powyższą funkcję, w utworzonej liście umieszczamy elementy typu *Spinner* oraz *Text* – całość listy zamykamy wywołaniami `bt81x.display()` oraz `bt81x.swap_and_empty()`. Rezultat pokazuje **fotografia 2**.

Fotografia 2. Ekran z obiektem typu *Spinner*, informujący użytkownika o postępie procesu

W kolejnym kroku, po poprawnym nawiązaniu połączenia z siecią Wi-Fi, możemy przystąpić do utworzenia interfejsu graficznego, umożliwiającego wprowadzenie adresu IP, przypisanego do urządzenia Philips Hue Bridge. Od tego zaczniemy kolejną część artykułu.

Łukasz Skalski
contact@lukasz-skalski.com

Przypisy:

[1] https://bit.ly/34k3Gov
[2] https://bit.ly/3m6BeMQ
[3] https://bit.ly/3gDUIHf
[4] https://bit.ly/3qOad43

eprasa.pl 7fe4c01756

Modularyzacja projektowania systemów elektronicznych

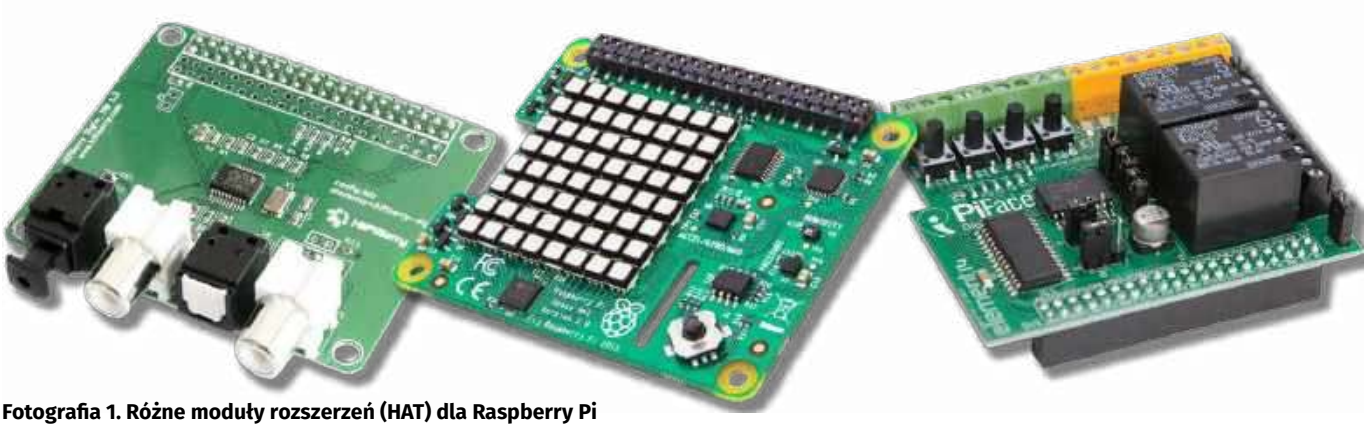
W dziedzinie projektowania sprzętu elektronicznego nastąpiła cicha rewolucja. Wraz z postępem w układach krzemowych, które integrują coraz więcej funkcji w pojedynczej obudowie (zgodnie z prawem Moore'a), inżynierowie stopniowo odchodzą od tworzenia projektów opartych na pojedynczych komponentach i obwodach na rzecz korzystania z gotowych płytek, modułów i podsystemów. Dzięki temu udało się w ogromnym stopniu zwiększyć efektywność projektowania elektroniki. Obecnie podobną zmianę możemy zaobserwować w oprogramowaniu, gdzie programiści coraz chętniej korzystają z gotowych modułów, zamiast polegać głównie na samodzielnie napisanym kodzie.

Z przejściem na modułową architekturę wiąże się wiele korzyści. Jedną z nich jest możliwość łatwiejszego wykorzystania efektu skali, który staje się dostępny dzięki użyciu platform popularnych wśród wielu klientów. Użytkownicy systemów przemysłowych mają bogate doświadczenia ze sprzętem modułowym. Standardy takie jak VME (*Versa Module Eurocard*) i CompactPCI pozwoliły tak integratorom, jak i producentom OEM (*Original Equipment Manufacturer*), skorzystać z wysoce wydajnych systemów obliczeniowych, pomimo działania na rynku o małych woluminach produkcyjnych. Inżynierzy mogli w większym stopniu dostosowywać funkcje komputera do potrzeb klienta, bez konieczności inwestowania czasu i wysiłków w projektowanie bardzo zaawansowanych płytek drukowanych. Od tego czasu, zgodnie z prawem Moore'a, funkcje komputerów znacząco rozrosły się, a jednocześnie zmalał koszt pojedynczych części i modułów. Kluczowym przykładem jest tu komputer jednopłytkowy Raspberry Pi.

Niedrogi, gotowy sprzęt

Dzięki wykorzystaniu ekonomii skali, jaka wynika z użycia platformy SoC (System on a Chip), przygotowanej z myślą o smartfonach, konsorcjum, które stoi za Raspberry Pi, było w stanie dostarczyć znacznie bardziej wydajny produkt, niż gdyby bazować na projekcie opracowanym pod kątem zastosowań edukacyjnych. Jednorazowe koszty inżynieryjne, które wiążą się z produkcją układu krzemowego, zostały

eprasa.pl 7fe4c01756



Fotografia 1. Różne moduły rozszerzeń (HAT) dla Raspberry Pi

poniesione przez pierwotny, docelowy rynek, dzięki czemu to, co uzyskali użytkownicy Raspberry Pi, miało znacznie większą wartość, w stosunku do końcowej ceny produktu. Przewaga kosztowa została następnie przeniesiona na rynek przemysłowy. Integratorzy i producenci OEM skorzystali z modułowości platformy Raspberry Pi, używając szyny rozszerzeń HAT, by dobudowywać swoje własne moduły interfejsowe.

Zastosowanie modułów do Raspberry Pi pozwala uwolnić zespoły inżynierów od konieczności osobnego zamawiania podobnych komponentów i samodzielnego uwzględniania ich w projektach własnych płytek drukowanych. Ma to duże znaczenie, gdyż tego typu czynności zazwyczaj wymagają bardziej czasochłonnych testów pod kątem integralności sygnałów i poprawności realizowanych funkcji, niż gdy buduje się jedynie moduł HAT. Bardzo często okazuje się, że w takim własnym module wystarczy zastosować względnie proste, dwu- lub czterowarstwowe płytki PCB.

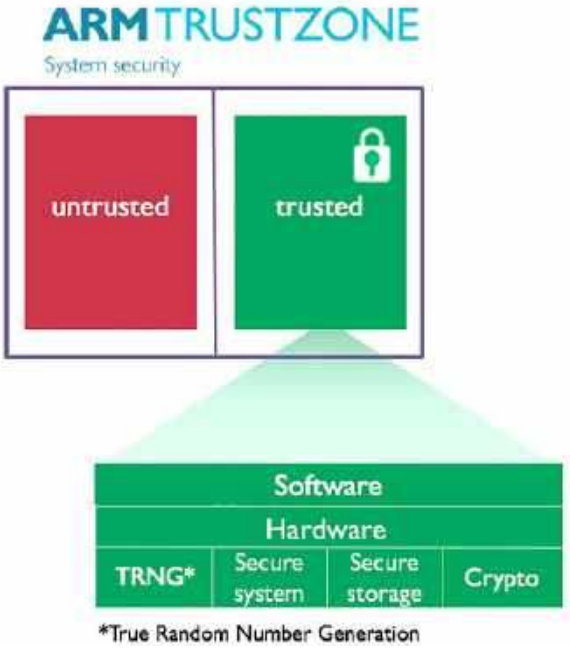
Gotowe moduły programowe

W ostatnim czasie pojawił się podobny trend, ale w odniesieniu do modularyzacji oprogramowania. Inżynierowie mogą się teraz skoncentrować wyłącznie na właściwych elementach aplikacji, w której dodają własną wartość. Trend ten jest napędzany nie tylko ekonomią skali i możliwością amortyzacji jednorazowych kosztów inżynieryjnych przez niektórych dostawców, ale również rosnącą popularnością integracji sieciowej i opierania modeli biznesowych na usługach. System wbudowany trudno w dzisiejszych czasach nazwać kompletnym, jeśli nie stanowi części większego systemu, chociażby w ramach Internetu Rzeczy (IoT – *Internet of Things*). W takim otoczeniu urządzenie może być użyte, by pomóc dostarczać jedną lub więcej usług, z czego wiele funkcji będzie można zmieniać w trakcie życia sprzętu, na którym usługi te są realizowane. Takie połączenie IoT i chmury skutkuje pojawieniem się nowych modeli biznesowych, które opierają się na opisanych możliwościach – za przykłady mogą posłużyć firmy oferujące oprogramowanie jako usługę (SaaS – *Software As A Service*) i modele biznesowe, w którym płaci się za użytkowanie urządzenia, w trakcie jego działania, zamiast nabywać urządzenie na własność. Elastyczność stała się kluczowym kryterium w tym komercyjnym środowisku i popycha inżynierów w kierunku poszukiwań bardziej modularnych struktur.

Modularność zaczyna się już w systemie operacyjnym. To właśnie system operacyjny zawiera warstwy abstrakcji, które są niezbędne, by budować elastyczne, modułowe środowiska. Zazwyczaj system operacyjny dostarcza szereg usług, które rozpoczynają się na prostym zapisie czy odczycie, a kończą na pełnych stosach protokołów, do których dostęp odbywa się z użyciem dobrze udokumentowanych interfejsów programistycznych (API – *Application Programming Interface*). Tak długo, jak realizowane usługi wspierają zdefiniowane API, kod, który za nie odpowiada, może zmieniać się dowolnie, bez wpływu na aplikacje, które z tego API korzystają. Sprawdza się to zarówno w prostych systemach czasu rzeczywistego, takich jak FreeRTOS

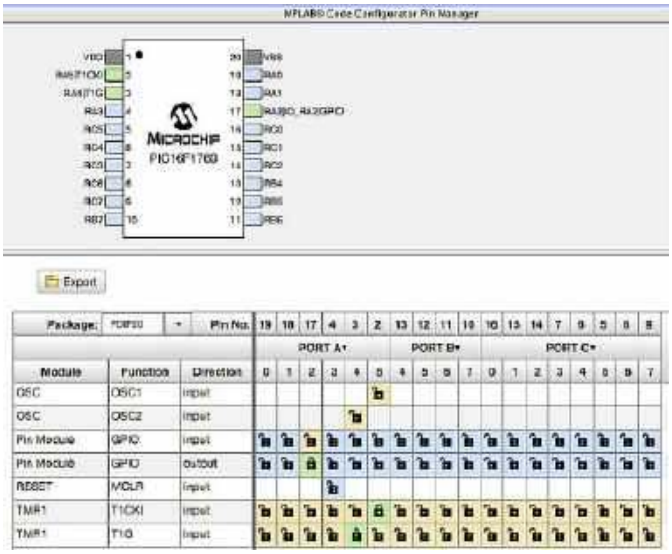
Fotografia 2. SmartEdge Agile firmy Avnet to certyfikowane rozwiązanie sprzętowe zapewniające łatwą realizację sztucznej inteligencji i innych złożonych procesów programistycznych

[1], dostarczanych z różnymi narzędziami deweloperskimi dla mikrokontrolerów, jak też w komercyjnych i bardziej złożonych implementacjach systemów czasu rzeczywistego, takich jak np. VxWorks [2] firmy Wind River. To właśnie VxWorks stanowi obecnie przemysłowy standard wbudowanych systemów operacyjnych, kontrolując pracę niektórych z najbardziej krytycznych elementów infrastruktury i innych urządzeń.



Rysunek 1. W dużej liczbie układów z rdzeniem ARM jest dostępny mechanizm TrustZone

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 2. Code Configurator firmy Microchip pozwala w łatwy sposób generować gotowe bloki programu

Linux i inne systemy operacyjne mogą uczynić zarządzanie pamięcią jeszcze bardziej zaawansowanym, pozwalając na izolowanie od siebie poszczególnych zadań. Jednym z potencjalnych problemów z prostymi systemami RTOS (systemami operacyjnymi czasu rzeczywistego – *Real Time Operating System*) jest fakt, że pracują one w całkowicie niepodzielonej przestrzeni pamięci. Błędy lub szkodliwe działanie jednego z zadań może prowadzić do przypadkowego lub złośliwego nadpisania danych czy kodu innego zadania, skutkując zawieszeniem się systemu albo innymi niepożądanymi rezultatami. Linux korzysta z wirtualnego adresowania, w którym pośredniczy sprzętowa jednostka zarządzania pamięcią, by uniemożliwić zadaniom sięganie do obcych obszarów pamięci. Procesy mogą ze sobą wchodzić w interakcje wyłącznie poprzez API systemu operacyjnego lub z użyciem innych protokołów komunikacyjnych, opracowanych na bazie tych API.

Wirtualne adresowanie pamięci nie jest wymaganiem koniecznym do zapewnienia izolacji realizowanych zadań. Niektóre architektury mikrokontrolerów, a w tym część układów z rodzin ARM Cortex-M i Cortex-R, mogą wymusić ochronę pamięci, przy zachowaniu jej płaskiej struktury. ARM, w niemałej liczbie swoich układów, udostępnia mechanizm TrustZone, który wprowadza oprogramowanie do trybu bezpiecznej pracy, umożliwiając odizolowanie wrażliwych programów od zadań uruchamianych przez użytkownika. Stosując tę ochronę, łatwiej jest połączyć własny kod z rosnącą liczbą gotowych modułów programowych, opracowanych, by obsługiwać poszczególne, często realizowane zadania.

Integracja otwartego kodu źródłowego z funkcjami własnościowymi

Obecnie inżynierowie mają dostęp do szerokiego wyboru bezpłatnych, otwartych modułów i stosów protokołów, publikowanych w serwisach GitHub, SourceForge [3] i innych. Można również znaleźć komercyjne stosy protokołów, oferowane z lepszym wsparciem i dodatkowymi funkcjami lub z certyfikatami, cennymi z uwagi na aplikacje krytyczne, głównie z punktu widzenia bezpieczeństwa [5]. Projekty referencyjne, złożone przez producentów układów scalonych, często łączą funkcje dostępne na licencjach *open source* z funkcjami własnościowymi, by ułatwić klientom pracę, począwszy od budowania prototypów, aż po ostateczne, pełne implementacje produktów. W niektórych przypadkach projekty referencyjne to tak naprawdę już pełne aplikacje, które użytkownik może sobie dostosować do własnych potrzeb.

Niektórzy projektanci systemów korzystają z rosnącej modułowości oprogramowania, aby budować środowiska rozwojowe o precyzyjnie dobranych parametrach i automatycznie generują kod. Narzędzia te nierzadko korzystają z blokowych reprezentacji oprogramowania, łączonych ze sobą przez programistę, w ramach graficznego interfejsu użytkownika. Jednym z takich przykładów jest MPLAB Code Configurator firmy Microchip, przeznaczony do pracy z mikrokontrolerami rodzin PIC8, PIC16 i PIC32.

Zaawansowane aplikacje, takie jak uczenie maszynowe i przetwarzanie obrazów, to dobre przykłady obszarów, w których użytkownicy mogą skorzystać z jednorazowych inwestycji, jakie ponieśli specjaliści, i w ten sposób uniknąć lat prac rozwojowych, które normalnie byłyby potrzebne na przygotowanie danego oprogramowania od zera. Caffe, PyTorch i opracowany przez Google Tensorflow umożliwiają budowanie, uczenie i strojenie złożonych modeli sztucznej inteligencji, które następnie można z łatwością uwzględnić w procesach przetwarzania danych w systemach wbudowanych. Wraz ze wzrostem popularności uczenia maszynowego rośnie też powszechność stosowania bibliotek OpenCV do wstępnego przetworzenia danych obrazów, zanim zostaną one przekazane do modelu AI, zbudowanego z użyciem środowisk Caffe lub Tensorflow. W aplikacjach tego typu kod napisany przez użytkownika jest używany przede wszystkim do generowania odpowiedzi na zdarzenia, wykrywane przez modele.

Jak to wszystko połączyć ze sobą?

Projektanci mają teraz dostęp do modułów programowych i narzędzi opartych na wykorzystaniu chmury, które z łatwością można zintegrować z popularnymi stosami protokołów i implementacjami systemów operacyjnych czasu rzeczywistego. Pozwala to na tworzenie systemów wbudowanych o różnych stopniach złożoności i integrowanie ich z systemami IoT. Za przykład może posłużyć platforma IoT Connect [5] firmy Avnet, która udostępnia przetwarzanie danych w chmurze na potrzeby takich złożonych zadań jak np. algorytmy sztucznej inteligencji. Cechy całego systemu są określane zarówno przez infrastrukturę chmurową, jak i przez usługi programowe, realizowane wewnątrz urządzenia wbudowanego. Z tego względu dostawcy usług chmurowych, tacy jak Amazon Web Services i Microsoft Azure, zapewniają szereg rozwiązań, które pozwalają połączyć oba światy – a wszystko to bazuje na modularności używanych komponentów programowych.

Modularyzacja zmienia niezbędny zestaw umiejętności, potrzebnych inżynierom zajmującym się programowaniem systemów wbudowanych. Ich zakres obowiązków odchodzi od pisania kodu w stronę zdolności do tworzenia elastycznych architektur, bazujących na istniejących już modułach, co prowadzi do łatwego dobudowywania własnego kodu i konfiguracji aplikacji wraz z wprowadzaniem nowych usług. Okiełznanie tej modularności pozwoli integratorom i producentom OEM na nadążenie za popytem ze strony klientów, którego nie dałoby się zaspokoić, stosując tradycyjne sposoby pracy.

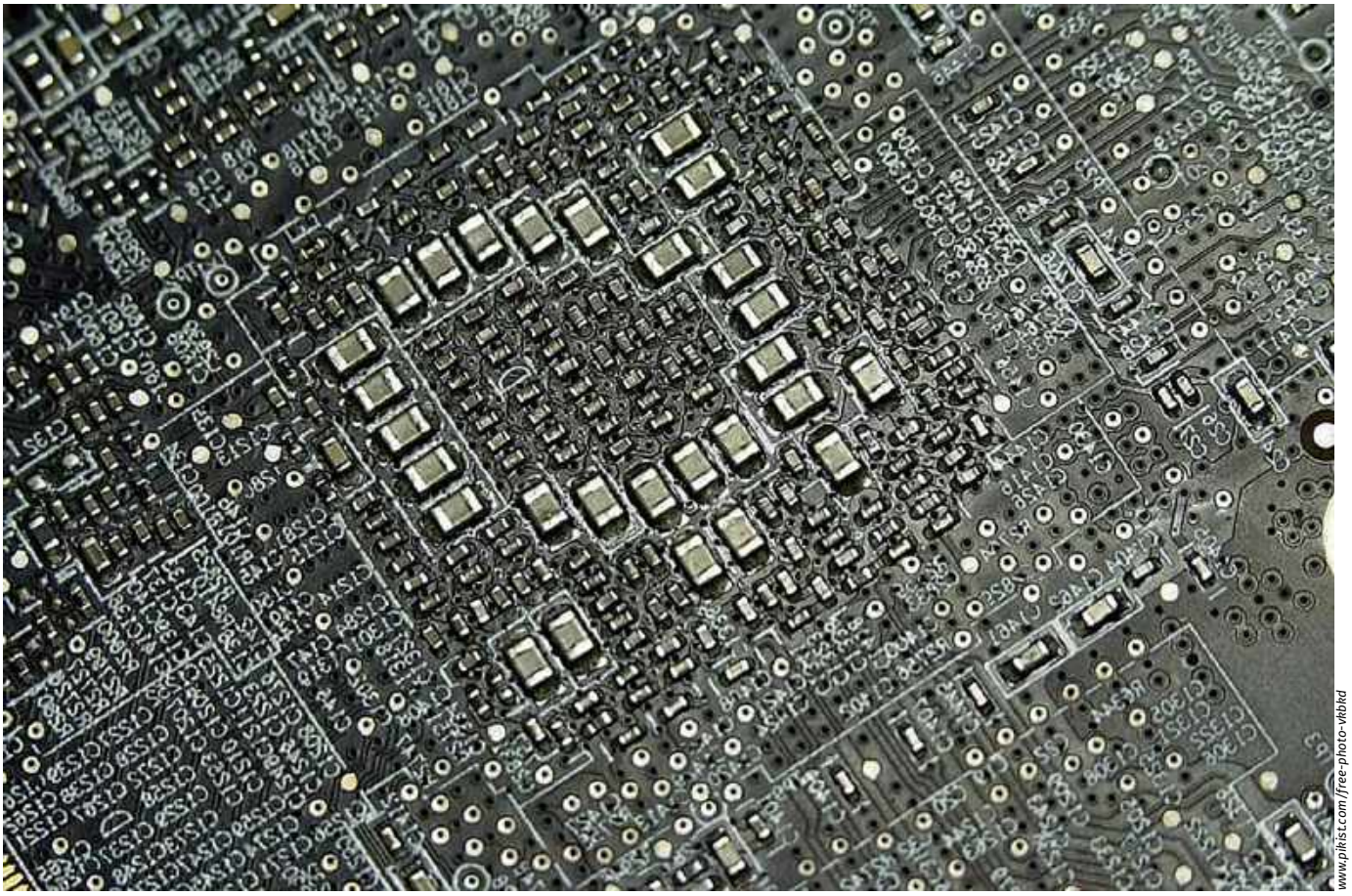
Fotografia 3. Cliff Ortmeyer

Cliff Ortmeyer
Global Head of Technical Marketing, Farnell

Przypisy:

[1] https://bit.ly/37haNyo
[2] https://bit.ly/375OwDy
[3] https://bit.ly/37aeeah
[4] https://bit.ly/3690H3s
[5] https://bit.ly/37bByo6

eprasa.pl 7fe4c01756



www.pikist.com//free-photo-vkbhd

„Masa" problemów z obwodami zasilania na płytkach PCB

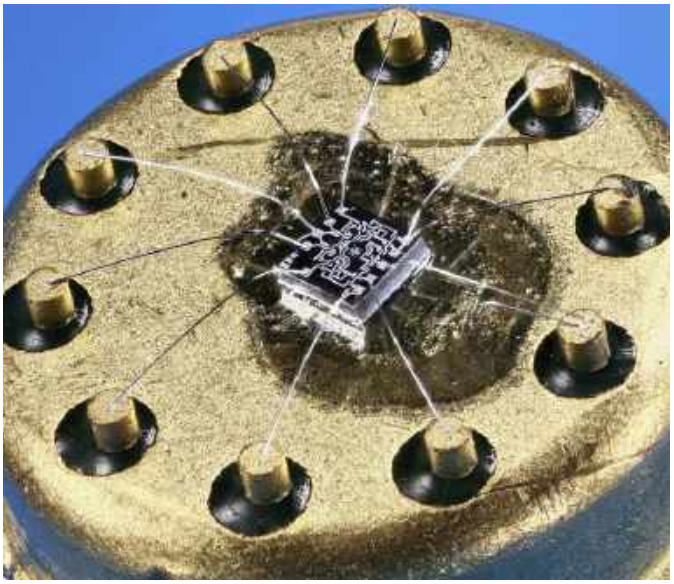
Prawidłowe prowadzenie obwodu masy na płytkach PCB układów cyfrowo-analogowych

Nieskomplikowane układy, realizujące proste funkcje, nie stawiają dużych wymagań przed projektantem obwodu PCB i będą działały po wykonaniu wszystkich połączeń między elementami. Jednak już takie układy, jak wzmacniacz audio czy przetwornica impulsowa, mogą przysporzyć wielu problemów związanych z prowadzeniem ścieżek na PCB. Prawidłowe projektowanie płytek drukowanych od zawsze miało w sobie element sztuki. Obecnie sytuacja się nie zmieniła, szczególnie w odniesieniu do coraz mniejszych systemów, gdzie w ramach jednej płytki integrowane są obwody zasilania, analogowe i cyfrowe.

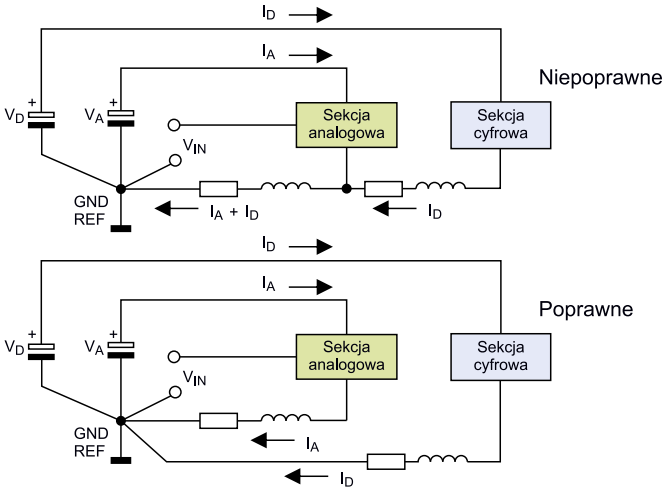
Obwód masy jest jednym z kluczowych potencjałów na płytce drukowanej, chociaż niewiele może na to wskazywać. Napięcie definiowane jest jako różnica potencjałów elektrycznych pomiędzy dwoma punktami – w przypadku systemów elektronicznych domyślnie przyjmuje się masę za jeden z nich. Poziom ten oznaczamy GND i jest on odniesieniem dla wszystkich napięć w systemie. Dlatego istotne jest, aby masa była stabilna, pozbawiona zakłóceń i o możliwie niskiej impedancji (tzw. powrocie), dla prawidłowego dostarczania zasilania.

Spełnienie wszystkich założeń nie jest łatwe, a komplikuje się jeszcze bardziej, gdy mamy do czynienia z układami scalonymi, które mają dwa (lub więcej) osobne wyprowadzenia masy. Najczęściej są one określane jako masa cyfrowa DGND (*Digital GND*) oraz analogowa AGND (*Analog GND*), ale można spotkać inne określenia, jak i systemy, które mają jeszcze większą liczbę domen masy.

eprasa.pl 7fe4c01756



Fotografia 1. Wnętrze układu scalonego (https://bit.ly/3niSjEz)

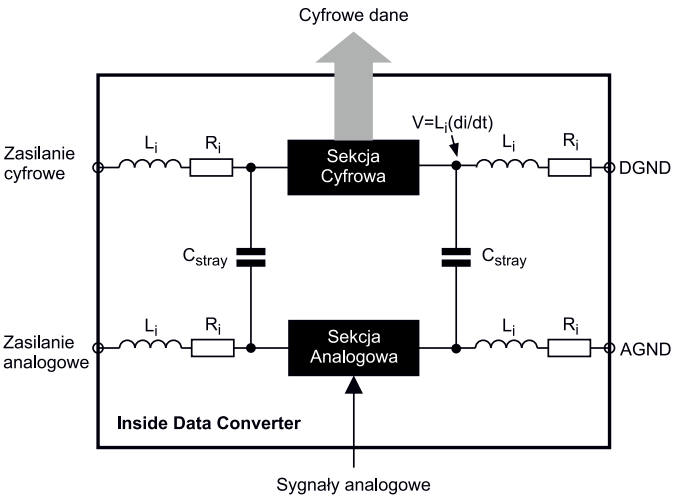


Rysunek 2. Schemat ideowy systemu mieszanego z dwoma osobnymi masami, cyfrową i analogową, połączonymi w zasilaczu; u góry rozwiązanie niepoprawne, poniżej poprawne (https://bit.ly/3qLQ4f4)

W poniższym artykule spróbujemy odpowiedzieć na pytanie, jak radzić sobie z obwodem zasilania dla elementów, które mają więcej niż jedną domenę masy.

Dlaczego układy mają dwie domeny masy?

Układ scalony złożony jest, w dużym uproszczeniu, ze struktury półprzewodnikowej umieszczonej na specjalnej ramce i obudowy, w której zamknięta jest cała konstrukcja. Na **fotografii 1** pokazano układ scalony (tutaj w metalowej obudowie TO) przed zamknięciem w obudowie. Widoczne są cienkie druciki łączące pola na strukturze krzemowej z nóżkami układu. Niemalże każdy element półprzewodnikowy wykonany jest w ten sposób. Cienkie połączenia, łączące piny zewnętrzne układu z polami na strukturze krzemowej, mają relatywnie wysoką rezystancję, więc przy przepływie dużych prądów może wytwarzać się na nich istotny spadek napięcia. W przypadku systemów cyfrowych, szczególnie logiki TTL czy CMOS, gdzie impulsowy pobór prądu może mieć znaczne wartości, powoduje to powstawanie zakłóceń, tzw. szumu, w systemie – ponieważ na potencjale masy występuje dodatkowe napięcie (wynikające ze spadku napięcia na doprowadzeniu do układu). Taki sam spadek dotyczy wszystkich napięć, które są mierzone względem tego potencjału masy. Dodatkowo sprawę pogarsza fakt, że druciki tworzące połączenia w układzie mają też swoją indukcyjność, co jeszcze bardziej zwiększa spadki napięcia dla prądów impulsowych.



Rysunek 1. Model sieci zasilania we wnętrzu scalonego układu mieszanego, np. przetwornika analogowo-cyfrowego (https://bit.ly/3a5s9Bx)

Układy logiczne, z setkami miliwoltów odstępu pomiędzy dwoma dyskretnymi stanami logicznymi, są odporne na zakłócenia. Z drugiej strony, obwody analogowe są dość podatne na zakłócenia, zarówno na szynach zasilających, jak i w potencjale masy. Dlatego też rozdziela się masy analogowe i cyfrowe w układach scalonych. Pozwala to uniknąć przenikania do czułych sekcji analogowych zakłóceń, wytwarzanych przez systemy cyfrowe. Model sekcji zasilania układu mieszanego, uwzględniający pasożytnicze wartości, pokazano na **rysunku 1**, gdzie L_i to indukcyjność doprowadzenia, R_i to rezystancja doprowadzenia, a C_{stray} to pojemność pasożytnicza, sprzęgająca ze sobą domeny cyfrową i analogową.

Jeśli system mieszany (analogowo-cyfrowy) o dużej dokładności ma zapewnić wygórowane parametry, konieczne jest zastosowanie w nim oddzielnych linii dla analogowych i cyfrowych mas oraz oddzielnych zasilaczy (problem w przypadku linii zasilania jest analogiczny do przypadku masy).

Masy analogowe i cyfrowe muszą w pewnym momencie zostać połączone, aby umożliwić odniesienie sygnałów do wspólnego potencjału. Ten punkt wspólny musi być starannie dobrany, aby nie wprowadzać prądów cyfrowych do masy części analogowej. Często najwygodniej jest dokonać takiego połączenia w sekcji zasilania. Przykład takiego systemu pokazano na **rysunku 2**.

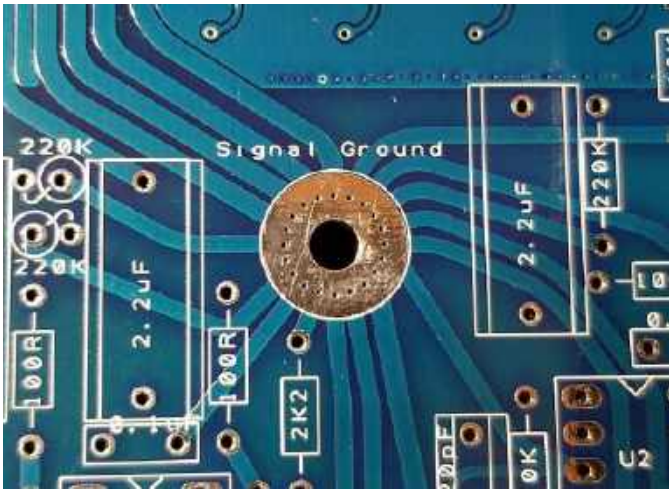
Wylewki masy

Istnieje wiele topologii, stosowanych do prowadzenia ścieżek masy w układach elektronicznych. Ich dobór jest zależny od wielkości i poziomu skomplikowania PCB, a także od rodzaju systemu, dla jakiego projektowana jest płytka. Układy analogowe wymagają dużo większej dbałości o prowadzenie masy, w porównaniu do elementów cyfrowych.

W idealnym przypadku powinno się stosować tzw. masę gwiaździstą (**fotografia 2**). Jest to układ, w którym wszystkie ścieżki masy od poszczególnych elementów spotykają się w jednym punkcie. Filozofia uziemienia w tej topologii opiera się na założeniu, że wszystkie napięcia w obwodzie odnoszone są do pojedynczego punktu masy, znanego jako środek gwiazdy. Analogia wizualna do gwiazdy jest tutaj w pełni zasadna – wiele ścieżek rozciągających się promieniście od wspólnego punktu masy przypomina kształtem gwiazdę.

Praktyka pokazuje, że w większości systemów elektronicznych stosowanie dyskretnych ścieżek masy dla każdego punktu w systemie jest wysoce niepraktyczne, jeśli nie wręcz niemożliwe. Na przykład, jeśli zaprojektujemy system uziemienia w gwiazdę, wytyczając wszystkie ścieżki sygnałowe, aby zminimalizować interakcje sygnałów między sobą oraz zapewnić niską impedancję ścieżek masy,

eprasa.pl 7fe4c01756

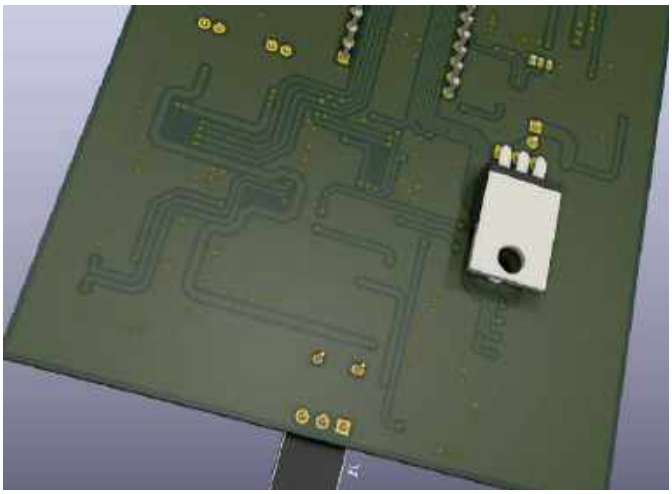


Fotografia 2. Przykład płytki drukowanej zaprojektowanej z masą połączoną w topologii gwiazdy (https://bit.ly/2WcS6GZ)

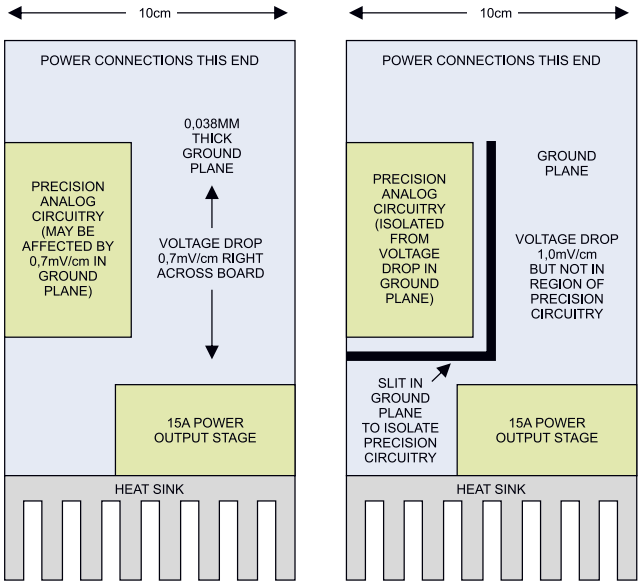
to może się okazać, że taka płytka PCB jest trudna do zaprojektowania, niepotrzebnie duża i skomplikowana. Oczywiście należy pamiętać o tym paradygmacie, projektując układy i starać się go częściowo wdrażać tam, gdzie jest to uzasadnione konstrukcyjnie i możliwe techniczne – na przykład na poziomie integracji poszczególnych modułów w systemie, których wszystkie masy powinny spotykać się w bloku zasilacza.

Wylewka masy jest pewnym usprawnieniem i realniejszą implementacją topologii gwiazdy. Aby zastosować wylewkę masy, jedna strona dwustronnej płytki drukowanej (lub jedna z warstw wielowarstwowej płytki drukowanej) jest realizowana jako ciągła warstwa miedzi i służy jako masa dla całego układu. Teoria mówi, że duża ilość metalu będzie miała możliwie najmniejszy opór elektryczny. Ze względu na duży, spłaszczony kształt tego przewodnika będzie on miał również możliwie najmniejszą indukcyjność. Dzięki temu wylewka masy minimalizuje powstawanie pozornych napięć różnicowych (powstałych na skutek lokalnego poboru prądu itp.) i zapewnia możliwie najlepsze przewodzenie powrotu dla prądu.

Koncepcja płaszczyzny masy może również zostać rozszerzona o płaszczyzny napięcia zasilania. Wylewka zasilania ma zalety podobne do płaszczyzny uziemienia (przewodnik o bardzo małej impedancji), ale jest przeznaczona dla jednego z napięć zasilania systemu. Projektowany system może mieć więcej niż jedną wylewkę napięcia, a także płaszczyznę uziemienia (szczególnie w przypadku stosowania płytek wielowarstwowych). Wylewki nie wymagają osobnej warstwy na płytce PCB, chociaż jest to najlepszym rozwiązaniem. Wylewka masy może elastycznie otaczać inne ścieżki na PCB, tak jak pokazano na płytce drukowanej na **rysunku 3**.



Rysunek 3. Render płytki drukowanej z widoczną wylewką



Rysunek 4. Schematyczny rysunek PCB z układami mocy i precyzyjną elektroniką analogową, gdzie spadek napięcia na wylewce powoduje powstanie offsetu (po lewej) i rozwiązanie tego problemu (po prawej) (https://bit.ly/3qLQ4f4)

Wylewka masy o małej impedancji i dużym obszarze ma kluczowe znaczenie dla obwodów analogowych. Płaszczyzna ta nie tylko działa jako ścieżka powrotna o małej impedancji dla prądów o wysokiej częstotliwości (spowodowanych układami cyfrowymi), ale także minimalizuje emisję zakłóceń elektromagnetycznych. Ze względu na ekranujące działanie wylewki podatność obwodu na zewnętrzne zakłócenia elektromagnetyczne jest również zmniejszona.

Systemy wysokoprądowe a wylewki

Szczególnym przypadkiem stosowania wylewek masy są układy, w których na jednej płytce znajdują się czułe układy analogowe i elementy mocy o znacznym poborze prądu. Na **rysunku 4** pokazano uproszczony przykład takiej konstrukcji. Na jednej płytce znajduje się czuła elektronika analogowa (po lewej) oraz stopień mocy (po prawej stronie), natomiast w górnej części znajdują się złącza zasilania. Dla płytki o szerokości 10 cm, przy miedzi o grubości 35 µm i poborze prądu przez stopień mocy, wynoszącym 15 A, spadek napięcia na wylewce masy będzie wynosił około 0,7 mV/cm. To wystarczy, żeby zakłócić działanie precyzyjnych układów analogowych. Spadek napięcia może mieć wpływ np. na offset napięciowy w sygnałach analogowych – przy układach zasilanych napięciem 5 V i odległości np. 10 cm oznacza to offset –58 dB, czyli znacznie powyżej typowego poziomu szumu precyzyjnych układów analogowych. Co więcej, jeśli prąd ten nie będzie pobierany w sposób stały, to i offset będzie się zmieniał, co przełoży się na zwiększenie poziomu szumów o wyznaczoną wartość.

Rozwiązaniem tego problemu jest przecięcie wylewki masy izolującą szczeliną w sposób pokazany na rysunku 4 po prawej stronie. W ten sposób wylewka masy dzielona jest na dwie sekcje – dla czułych układów i dla elementów mocy. Spadek napięcia dla układów mocy rośnie do 1 mV/cm, ale jest to w pełni akceptowalna wartość dla tego rodzaju układów. Przez masę pod sekcją precyzyjną natomiast nie płynie duży prąd powodujący powstawanie istotnych spadków napięcia.

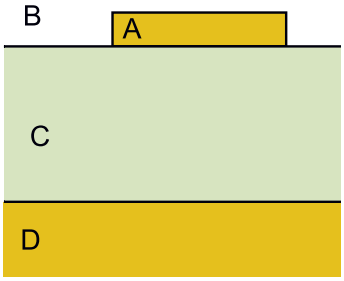
Wylewki masy w systemach wysokiej częstotliwości

Zupełnie osobną kwestią jest analiza ścieżek i wylewek masy w systemach wysokiej częstotliwości. Po pierwsze, wylewka masy jest kluczowym elementem linii paskowych, czyli rodzaju ścieżek dla sygnałów o wysokiej częstotliwości, które z punktu widzenia sygnału są liniami

eprasa.pl 7fe4c01756

długimi. Drugim istotnym aspektem jest fakt, że dla systemów wysokiej częstotliwości prąd nie zawsze płynie w wylewce masy najkrótszą geometrycznie drogą a ścieżką o najniższej impedancji.

Linia długa to linia transmisyjna, przenosząca sygnały o długości porównywalnej z długością fali sygnału elektrycznego, rozchodzącego się w linii. Dla każdego pasma częstotliwości można skonstruować linię długą, jednak zwykle mówi się o niej dla wysokich częstotliwości. Na płytkach PCB ścieżki mają długości sięgające na ogół kilkudziesięciu centymetrów. Przy częstotliwości 300 MHz długość fali w miedzi wynosi ok. 1 metra. Przyjmuje się, że ścieżki na PCB traktuje się jako linie długie dla częstotliwości powyżej 300 MHz. Najważniejszym parametrem, opisującym linię długą, jest impedancja falowa (nie bez powodu mówi się o PCB z kontrolowaną impedancją).



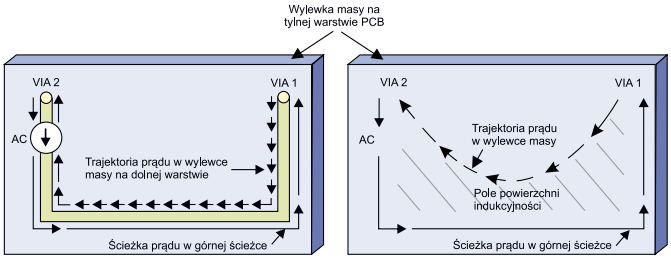
Rysunek 5. Przekrój linii paskowej na płytce drukowanej. A – ścieżka, B – powietrze, C – dielektryk laminatu, D – wylewka masy (https://bit.ly/3qRoZai)

Istnieje wiele rodzajów linii długich – koncentryczne, dwuprzewodowe itp. Na płytkach PCB najprościej realizuje się tzw. linie paskowe. Przekrój przez PCB z linią paskową pokazano na **rysunku 5**. Linia taka składa się ze ścieżki (A) otoczonej powietrzem (B) na jednej warstwie i wylewki masy (D), znajdującej się na kolejnej warstwie. Pomiędzy nimi znajduje się dielektryk płytki drukowanej (C). Wyliczanie impedancji charakterystycznej linii paskowej jest rzeczą dosyć skomplikowaną i wykracza poza ramy tego artykułu. Impedancja ta jest funkcją stałej dielektrycznej laminatu płytki drukowanej, szerokości ścieżki i odległości pomiędzy ścieżką a wylewką masy (grubością laminatu).

Z uwagi na to, że wylewka masy jest istotnym elementem linii paskowej, musi ona biec pod całą ścieżką wysokiej częstotliwości. W związku z tym nie można przerwać w żadnym miejscu takiej wylewki, ponieważ tamtędy powraca prąd. Dokładna analiza pokazuje, że prąd powrotny w wylewce masy rozkłada się nawet na większą szerokość, niż ma ścieżka. Jest to szczególnie widoczne w miejscach, gdzie linia transmisyjna zakręca.

Rozważmy linię długą w kształcie litery U, która transmituje prąd zmienny i jest zwarta na obu końcach do wylewki masy poprzez przelotki VIA 1 i VIA 2 (**rysunek 6**). W tej ścieżce prąd oczywiście biegnie po jej trajektorii, natomiast w wylewce masy prąd wraca trajektorią pokazaną na rysunku 6 po prawej stronie. Jest to wypadkowa dwóch efektów. Z jednej strony pole magnetyczne indukowane przez górną ścieżkę stara się wymusić przepływ prądu pod ścieżką (zgodnie z zasadą prawej dłoni – prąd w ścieżce wymusza prąd w wylewce masy, płynący w odwrotnym kierunku), a z drugiej strony niezerowa impedancja wylewki powoduje, że prąd wybiera możliwie krótką ścieżkę. Kształt, jaki przybiera trajektoria, po której płynie prąd, wynika z faktu, że im większe pole pomiędzy ścieżką a trajektorią powrotną, tym większa jest indukcyjność. Oznacza to, że im wyższa jest częstotliwość, tym bliżej ścieżki płynie prąd w wylewce masy.

O kierunku rozchodzenia się prądu w wylewce masy należy pamiętać podczas projektowania płytki drukowanej. Na ogół nie jest możliwe wykorzystanie całej warstwy PCB dla wylewki masy. Często zachodzi konieczność poprzecinania jej innymi ścieżkami. Robiąc to, pamiętajmy o trajektoriach przepływu prądu w wylewce pod ścieżkami o wysokiej częstotliwości.



Rysunek 6. Trajektoria powrotu prądu przez wylewkę masy w układzie wysokiej częstotliwości

DGND i AGND – razem, ale osobno

Masy sygnałów cyfrowych i analogowych rozdzielane są w układach elektronicznych z wielu powodów. Istotne jest, aby zadbać o ich separację, żeby zakłócenia z sekcji cyfrowej nie przenikały do czułych układów analogowych. Z drugiej strony trzeba pamiętać, że muszą być one połączone ze sobą dla zapewnienia wszystkim układom elektronicznym tego samego stabilnego punktu odniesienia dla całego systemu.

Istnieje kilka strategii łączenia ze sobą masy cyfrowej i analogowej. Jedna z nich zakłada połączenie obu w jednym punkcie, przy układzie mieszanym, tj. tym, który wymaga podłączenia i masy cyfrowej, analogowej. Można to zrealizować albo łącząc masy po prostu ze sobą, albo też łącząc je poprzez element blokujący przenikanie zakłóceń, np. koralik ferrytowy, który dzięki swojej indukcyjności blokuje sygnały o wysokiej częstotliwości, a dla prądu stałego (DC) jest zwarciem. Inną strategią jest rozdzielenie masy cyfrowej i analogowej od siebie dla całego urządzenia i połączenie jej w sekcji zasilania urządzenia. Wybór konkretnej strategii prowadzenia masy w systemie uzależniony jest od możliwości prowadzenia ścieżek, liczby ścieżek w poszczególnych domenach zasilania, liczby warstw PCB itp. Tutaj niestety zdać trzeba się na doświadczenie i wyczucie projektanta PCB oraz, bardzo często, eksperymenty związane z zastosowaniem różnych topologii.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:

1. Hank Zumbahlen „Staying well grounded", Analog Dialogue, czerwiec 2012.
2. Sanjay Pithadia, Shridhar More, „Grounding in mixed-signal systems demystified part 1". TI Analog Applications Journal 1Q 2013.
3. Sanjay Pithadia, Shridhar More, „Grounding in mixed-signal systems demystified part 2". TI Analog Applications Journal 2Q 2013.
4. Mark Fortunato, „Successful PCB grounding with mixed-signal chips – follow the path of least impedance", Maxim Tutorials 5440, 15 października 2012.
5. Walt Kester, James Bryant, Mike Byrne, „Grounding Data Converters and Solving the Mystery of AGND and DGND", Analog Devices tutorial MT-031.

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

eprasa.pl 7fe4c01756

Dławiki w obwodach zasilania

W torach zasilania układów elektronicznych często stosuje się dławiki lub ich odmianę – koraliki ferrytowe. Mają one filtrować napięcie i oczyszczać je z tętnień i innych zakłóceń. Wielu konstruktorów wybiera typ dławika czy koralika dość niefrasobliwie, bez przemyślenia. Tymczasem źle dobrany dławik wyrządzi więcej szkody niż pożytku! W artykule pokażemy, jak prawidłowo zaprojektować filtr zasilania z dławikiem.

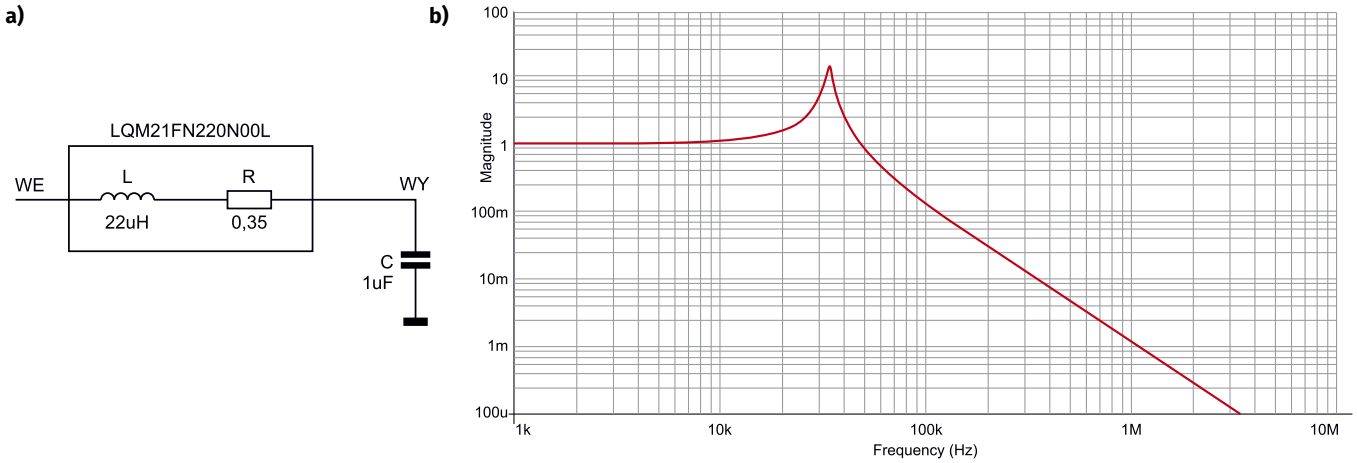
Rozważania przeprowadzimy na praktycznym przykładzie. W systemie, który projektujemy, jest mikrokontroler STM32 zawierający przetwornik analogowo-cyfrowy. Chcemy zasilić część analogową mikrokontrolera czystym napięciem, w którym tętnienia nie przekroczą kilku mV_{pp}. Zamierzamy zastosować filtr dolnoprzepustowy LC. Zasilanie cyfrowe pochodzi ze stabilizatora impulsowego o tętnieniach na poziomie 100 mV_{pp}, karta katalogowa stabilizatora podaje częstotliwość taktowania 500 kHz.

Na wyprowadzeniach zasilania analogowego w mikrokontrolerze umieszczamy, zgodnie z zaleceniem producenta, kondensator ceramiczny 1 μF. Jako dławik stosujemy, znaleziony szybko, typ MURATA LQM21FN220N00L o indukcyjności 22 μH w obudowie SMD 0805. Zbadajmy charakterystykę częstotliwościową tak otrzymanego filtru. Posłużymy się prostym modelem cewki, złożonym z indukcyjności i rezystancji połączonych szeregowo (**rysunek 1a**). Cewka ma też pasożytniczą pojemność międzyzwojową, ale pominiemy ją, bo jej wpływ ma znaczenie dopiero przy dziesiątkach MHz.

Na **rysunku 1b** została pokazana charakterystyka częstotliwościowa tego filtru. Jak widać, filtr ten zaczyna tłumić dopiero od 50 kHz, a w niższym zakresie nie tylko nie tłumi, ale wręcz wzmacnia! Można tu argumentować, że wzmacnianie filtra poniżej częstotliwości 50 kHz nie ma znaczenia, bo stabilizator produkuje tętnienia o częstotliwości 500 kHz. Z takiego założenia nie należy wychodzić!

Wysoka częstotliwość taktowania wystąpi tylko przy pracy ciągłej. Słabo obciążony stabilizator przechodzi w tryb nieciągły, pracując z częstotliwością wielokrotnie mniejszą niż maksymalna. Jest jak najbardziej możliwe, że tętnienia napięcia trafią w krytyczny zakres częstotliwości. Ilustruje to spektakularny wynik symulacji czasowej (**rysunek 2**), gdzie na wejściu filtra mamy napięcie piłokształtne 30 kHz 0,1 V_{pp}, symulujące tętnienia stabilizatora w nieciągłym trybie pracy. Na wyjściu pojawia się piękna sinusoida o amplitudzie prawie 1 V_{pp}. Przy takim zasilaniu układ analogowy nie ma szans działać poprawnie.

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 1. Filtr z dławikiem LQM21FN220N00L (a) i jego charakterystyka częstotliwościowa (b)

Analiza teoretyczna

Co możemy zrobić w takiej sytuacji? Musimy zmienić typ dławika lub kondensatora, ale nie na ślepo. Najpierw krótka analiza teoretyczna. Transmitancja zespolona filtra z rysunku 1a jest reprezentowana następującym wzorem:

$$K(j\omega) = \frac{1}{1-\omega^2 LC + j\omega RC}$$

Jak wiadomo, obwód LC może wchodzić w rezonans, co objawia się amplitudami napięcia na cewce i na kondensatorze większymi niż amplituda napięcia pobudzającego. W filtrze dolnoprzepustowym dochodzi wtedy do podbicia charakterystyki częstotliwościowej (moduł wzmocnienia staje się większy niż 1). Zjawisko to występuje, gdy zachodzi warunek

$$\omega^2 < \frac{2}{LC} - \frac{R^2}{L^2}$$

Aby warunek ten nie był spełniony dla żadnej pulsacji, prawa strona powyższej nierówności musi być mniejsza od zera. Wynika stąd następująca nierówność:

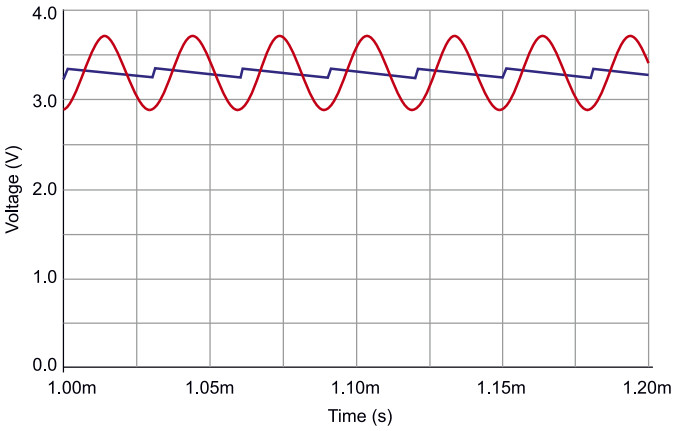
$$\frac{2L}{R^2} < C$$

Sprawdźmy nasz przypadek: w dławiku LQM21FN220N00L stosunek $2L/R^2$ wynosi ok. 360 μF, natomiast kondensator daliśmy o pojemności 1 μF. Nierówność jest więc daleka od spełnienia, a filtr będzie wzmacniał, zamiast tłumić w zakresie częstotliwości do 48 kHz (**rysunek 3**, krzywa czerwona).

Działania zaradcze

Uratowanie sytuacji bez zmiany pierwotnej wartości indukcyjności jest możliwe po zwiększeniu rezystancji szeregowej lub zwiększeniu pojemności. Spróbujmy najpierw z pojemnością. W ostatnich latach rozpowszechniły się kondensatory ceramiczne MLCC o dużych pojemnościach. Użyjmy kondensatora 10 μF. Sytuacja wygląda o wiele lepiej, co na rysunku 3 pokazuje charakterystyka niebieska. Nadal jednak mamy lekki garb w obszarze do 15 kHz, a tłumienie zaraz powyżej tej częstotliwości jest marne.

Zastosujemy teraz inny dławik, też 22 μH, ale o znacznie większej rezystancji szeregowej (Viking NL03KT220; 4,7 Ω). Zwiększona rezystancja spowoduje wprawdzie większy spadek napięcia stałego, ale jest to w tym przypadku mało istotne, gdyż prąd zasilania analogowego w mikrokontrolerach STM32 jest rzędu 1 mA. Znów sprawdzamy stosunek $2L/R^2$ i wynosi on teraz tylko 2 μF, pięciokrotnie mniej niż pojemność kondensatora na wyjściu, a zatem wzmacnianie już przy żadnej częstotliwości nie wystąpi. Charakterystykę ukazuje krzywa fioletowa. Osiągnęliśmy niezłe tłumienie już od 10 kHz.

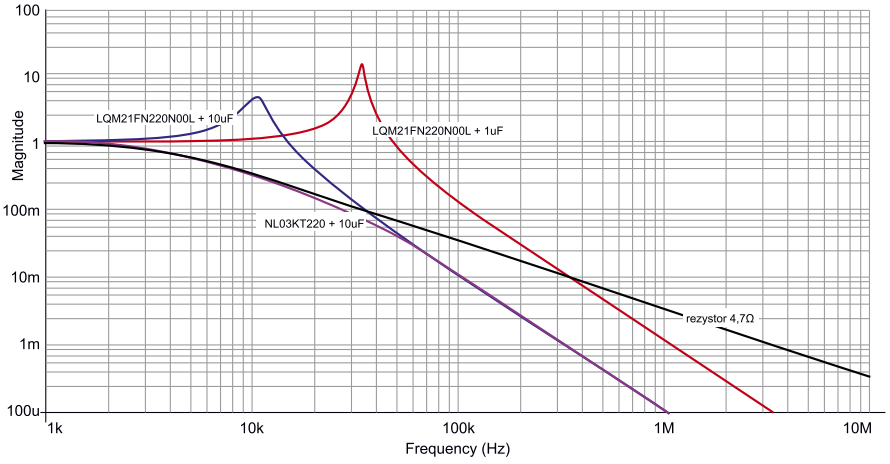


Rysunek 2. Wynik symulacji czasowej filtru; na wejściu przebieg 30 kHz

Moglibyśmy na tym zakończyć czynności projektowe. Sprawdźmy jednak jeszcze jedną rzecz, a mianowicie: czy indukcyjność jest w ogóle potrzebna? Zmniejszamy ją do zera, czyli zamiast dławika dajemy rezystor 4,7 Ω. Wykres charakterystyki widzimy w kolorze czarnym. Brak indukcyjności daje znać o sobie już powyżej 20 kHz. Nachylenie charakterystyki tłumienia wynosi jedynie 20 dB na dekadę zamiast, jak poprzednio, 40 dB. Taki filtr RC spełni zadanie tylko w mniej wymagających zastosowaniach.

Obwody o większym prądzie

Niekiedy rezystancja szeregowa dławika musi być niska. Takim przypadkiem jest zasilanie rozbudowanej elektroniki analogowej,

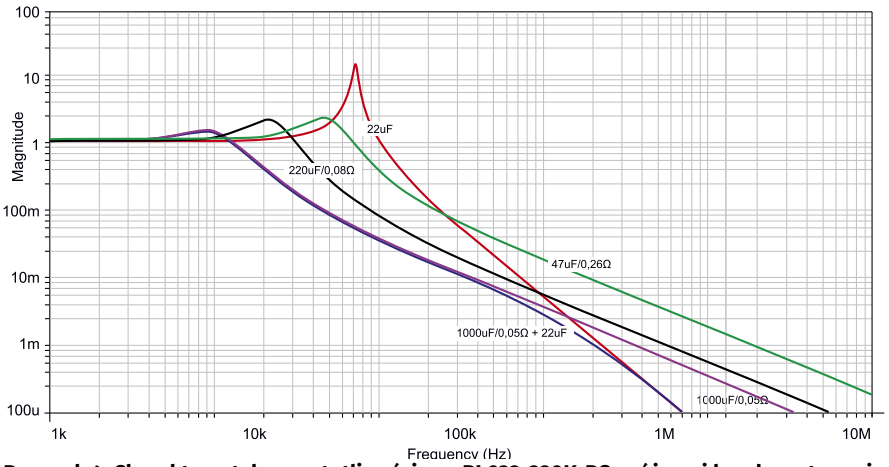


Rysunek 3. Charakterystyki częstotliwościowe różnych wariantów filtru do mikrokontrolera

eprasa.pl 7fe4c01756

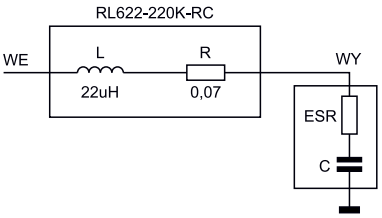
na przykład kilkunastu wzmacniaczy operacyjnych, co wiąże się z poborem prądu rzędu 100 mA. Rezystancja szeregowa obwodu zasilania nie powinna wtedy przekraczać, powiedzmy, 0,1 Ω.

Znajdujemy dławik RL622-220K-RC, przewlekany, o indukcyjności 22 μH i rezystancji 0,07 Ω. Iloraz $2L/R^2$ wynosi dla niego ponad 4000 μF. Mało sensowne byłoby użycie na wyjściu kondensatora ceramicznego, nawet o pojemności dużej jak na ceramiczny (22 μF), co widać na **rysunku 4** na czerwonym wykresie. Ewentualne zakłócenia w obszarze kilku kHz ulegną wzmocnieniu ponad 10 razy.



Rysunek 4. Charakterystyka częstotliwościowa RL622-220K-RC z różnymi kondensatorami

Zastosujemy kondensator elektrolityczny. Okazuje się, że w ten sposób upieczemy dwie pieczenie przy jednym ogniu. Po pierwsze, z łatwością zwiększymy pojemność. Po drugie, zwiększymy rezystancję szeregową obwodu, i to bez powiększania spadku napięcia stałego na dławiku. Dodatkowa rezystancja pojawi się w szereg z pojemnością wyjściową. Kondensator elektrolityczny, w odróżnieniu od ceramicznego, ma bowiem znaczną zastępczą rezystancję szeregową ESR (**rysunek 5**).



Rysunek 5. Schemat zastępczy filtru LC z kondensatorem elektrolitycznym

Wybieramy najpierw typ Panasonic EEE-FP1C470AP o pojemności 47 μF i ESR=0,26 Ω. Iloraz $2L/R^2$ spadł do ok. 400 μF. Wykres zielony na rysunku 4 pokazuje, że znacznie zmalało podbicie charakterystyki – aczkolwiek duża ESR sprawia, że tłumienie filtru jest ogólnie słabe.

Zastosujemy większy kondensator: 220 μF (Panasonic EEE-FP1E221AP). Tu trzeba zwrócić uwagę na fakt, że większe kondensatory mają zwykle mniejszą ESR, co niejako niweczy „zbawienny wpływ" wzrostu pojemności na kształt charakterystyki. Tak jest też w tym wypadku. Pojemność wzrosła, ale ESR spadła do 0,08 Ω, co sprawiło, że na charakterystyce spore podbicie nadal występuje (kolor czarny). Trzeba jednak zauważyć, że w zakresie powyżej 10 kHz kilkakrotnie poprawiło się tłumienie.

Idąc za ciosem, zwiększamy pojemność do 1000 μF (Panasonic EEU-FP1E102B; ESR=0,05 Ω). Tym posunięciem mocno zredukowaliśmy podbicie charakterystyki i jednocześnie poprawiliśmy tłumienie filtra już od kilku kHz (charakterystyka fioletowa). Taki filtr spełni oczekiwania w większości zastosowań.

Można jeszcze polepszyć tłumienie powyżej 100 kHz poprzez dodanie równolegle na wyjściu kondensatora ceramicznego 22 μF (kolor niebieski). Zauważmy przy tym ciekawy fakt: ten sam kondensator ceramiczny, pozbawiony obecności elektrolitycznego „kolegi", spisywał się źle – powodował silne podbicie charakterystyki częstotliwościowej (wykres czerwony).

Znam z praktyki podobny przypadek. Na zaciskach zasilania pewnego układu znajdował się, zgodnie z zaleceniem producenta użytej tam przetwornicy DC/DC, duży kondensator ceramiczny. Okazało się, że w niektórych egzemplarzach układu dochodzi do uszkodzeń. Wyszło na jaw, że podczas załączania napięcia zasilającego występowały znaczne przepięcia na kondensatorze. Brały się one stąd, że w obwodzie zasilania, za sprawą indukcyjności przewodów zasilających i bardzo małej ESR kondensatora, utworzył się obwód rezonansowy o dużej dobroci. Problem załatwiło dodanie niedużego kondensatora elektrolitycznego równolegle do ceramicznego. Impedancja ESR dodatkowego kondensatora wytłumiła obwód LC, znacznie zmniejszając jego dobroć. Przepięcia zniknęły.

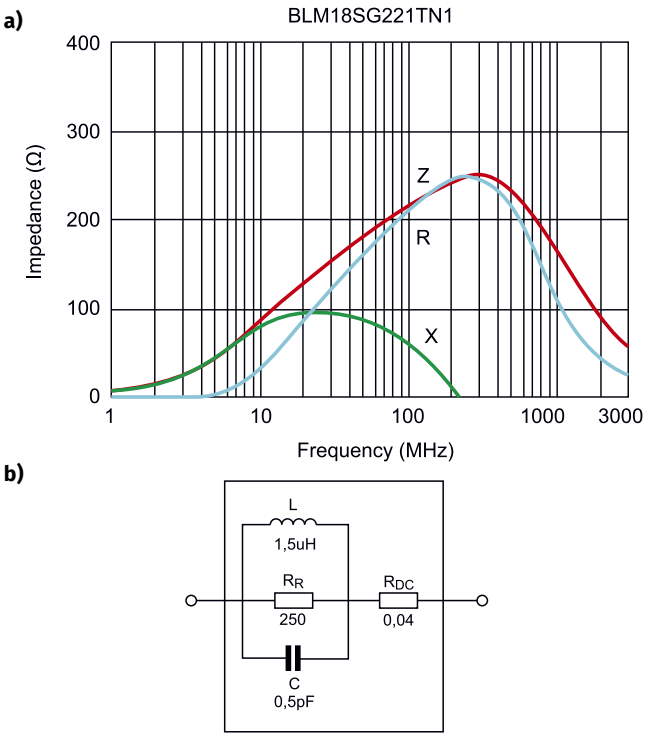
Koralik ferrytowy zamiast dławika

W roli dławika używany jest często tzw. koralik ferrytowy (*ferrite bead*). Jest to element o charakterze w przybliżeniu indukcyjnym, choć przy wyższych częstotliwościach ujawnia się rezonans (**rysunek 6a**). Uwzględnia to schemat zastępczy zawierający obwód LC (**rysunek 6b**).

Koraliki mają niewielką indukcyjność, do kilku μH, więc nadają się raczej do odfiltrowywania zakłóceń o dużych częstotliwościach (powiedzmy od setek kHz w górę), na przykład „szpilek" wytwarzanych na linii zasilania przez szybkie układy cyfrowe.

Z moich obserwacji wynika, że do prawidłowego wyboru koralika konstruktorzy przywiązują jeszcze mniejszą wagę niż do wyboru dławika drutowego. Nieraz można zobaczyć schemat, na którym w linii zasilania umieszczono po prostu „koralik", bez podania typu. Przekonajmy się, czym tutaj grozi niefrasobliwość.

Znowu naszym zadaniem projektowym będzie filtr zasilania analogowego do mikrokontrolera, choć tym razem napięcie wejściowe

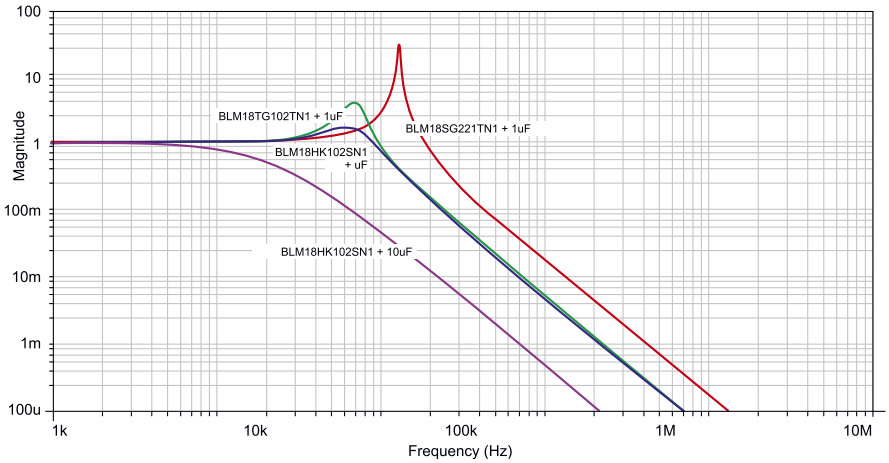


Rysunek 6. Charakterystyka impedancji koralika ferrytowego BLM18SG221TN1 (a) i jego schemat zastępczy (b)

eprasa.pl 7fe4c01756

pochodzi ze stabilizatora liniowego. Mamy więc do czynienia z zasilaniem w zasadzie gładkim, choć z nałożonymi szybkimi zakłóceniami.

Zastosujemy koralik MURATA BLM18SG221TN1. Na wyjściu dołączymy kondensator ceramiczny 1 μF. Charakterystykę częstotliwościową pokazuje wykres czerwony na **rysunku 7**. Ten kształt charakterystyki znamy już jak zły szeląg. Widać silny „pik". Nigdy nie wiadomo, czy na linii nie pojawi się zakłócenie o częstotliwości akurat wpasowującej się we wzmacniany zakres (100…150 kHz), nawet jeżeli jest to mało prawdopodobne. Takiego filtru nie akceptujemy.



Rysunek 7. Charakterystyki częstotliwościowe filtrów z koralikami ferrytowymi

Postępując podobnie jak w przypadku dławika, zmienimy typ koralika na taki o większej rezystancji szeregowej. Koralik BLM18SG221TN1 ma rezystancję 40 mΩ i prąd dopuszczalny 2,5 A – co jest w tym wypadku zupełnie niepotrzebne. Zastosujemy typ BLM18TG102TN1 o rezystancji 600 mΩ. Charakterystykę widzimy na wykresie zielonym. Już jest lepiej i w zasadzie można by było ten filtr zostawić. Wypróbujmy jednak trzeci typ koralika: BLM18HK102SN1. Ma on rezystancję szeregową aż 1,5 Ω i to wywiera korzystny wpływ na kształt charakterystyki (kolor niebieski). Model tego koralika zawiera taką samą indukcyjność jak typ poprzedni, co sprawia, że obie charakterystyki od częstotliwości 200 kHz pokrywają się.

Sprawdźmy jeszcze, co da zwiększenie kondensatora do 10 μF. Widzimy (wykres fioletowy), że taki filtr nie pozostawia w zasadzie nic do życzenia. Ma znakomite tłumienie, począwszy od setek kHz, a zrealizowany z elementów SMD zajmie mniej niż 4 mm².

Podsumowanie

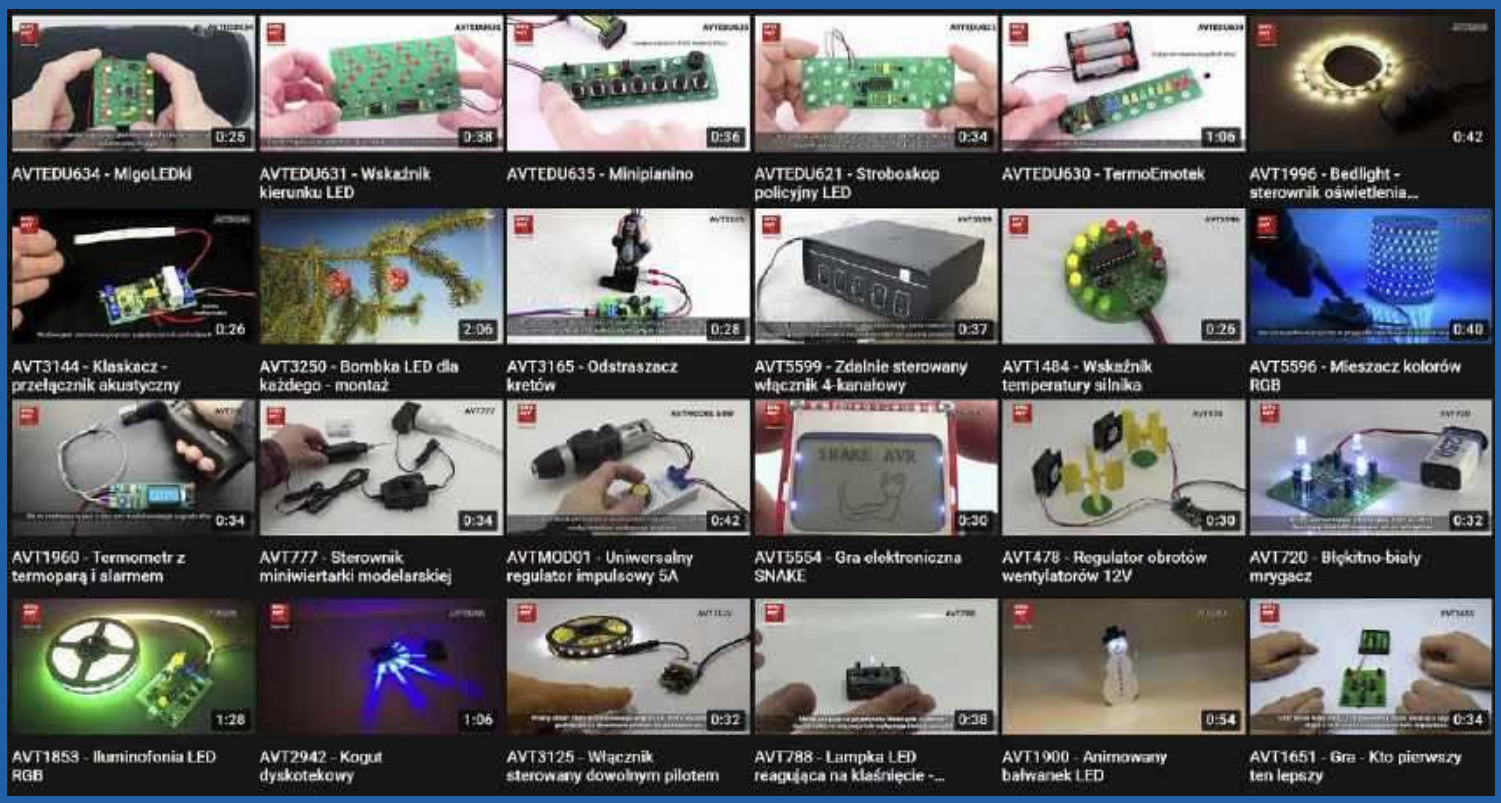
Niniejszy artykuł nie wyczerpuje tematu. Mam jednak nadzieję, że uczuli konstruktorów na wagę problemu i skłoni ich do przemyślanego dobierania elementów w filtrach z dławikami. Wystarczy zawczasu wykonać proste rachunki i przeprowadzić parę prób w jakimś symulatorze układów elektronicznych, a zaprojektowany poprawnie filtr zaoszczędzi nam sporo kłopotów .

Jarosław Ziembicki
j.ziembicki@wp.pl

REKLAMA

KITy AVT na wideo http://bit.ly/2ScLZTy

O KIT-ach AVT przeczytasz również na Facebooku http://bit.ly/2BjVMN7



eprasa.pl 7fe4c01756

Zasilacze impulsowe Finder – rozwiązanie, które spełnia oczekiwania

Podczas doboru zasilacza mamy do czynienia z setkami rozwiązań i producentów, jednak tylko niewiele z nich będzie w stanie spełnić wszystkie nasze wymagania. Warto zwrócić uwagę, czym się charakteryzują i czym różnią się od siebie poszczególne zasilacze oraz jakie funkcje posiadają. Kluczem do optymalnego wyboru jest ustalenie, co tak naprawdę jest nam potrzebne, a co zbędne.

Więcej informacji:
FINDER Polska Sp. z o.o.
ul. Logistyczna 27, 62-080 Sady
finder.pl@findernet.com
findernet.com

Odporność na zakłócenia, szeroki zakres temperatur pracy, stabilność napięcia po stronie wtórnej, tolerancja po stronie pierwotnej, tętnienia, serwis i NIEZAWODNOŚĆ. Dla spełnienia tych wszystkich wymagań Finder opracował zasilacze serii 78.

Ochrona zwarciowa i przeciążeniowa a technologia fold-back

Jedną z najważniejszych funkcji dla aplikacji przemysłowych jest ochrona zwarciowa i przeciążeniowa, ponieważ pozwala na bezprzerwową pracę sterownika pomimo awarii w obwodzie wykonawczym. We wszystkich zasilaczach firmy Finder została zastosowana technologia **hiccup**, która w razie awarii najpierw powoduje chwilową przerwę w dostawie energii, a następnie automatycznie próbuje przywrócić napięcie wyjściowe. Proces ten jest wykonywany cyklicznie, aż do usunięcia usterki. Dodatkowo, niektóre modele zostały wyposażone w technologię **fold-back**, która umożliwia podtrzymanie prądu obciążenia w warunkach znacznego przeciążenia.

Działanie układu fold-back (**f-b**) polega na ograniczaniu prądu wyjściowego proporcjonalnie do spadku napięcia. Zatem, gdy obciążenie powoduje przeciążenie, obwód f-b redukuje napięcie wyjściowe oraz maksymalny prąd, poniżej normalnego zakresu działania. W przypadku zwarcia zasilacz będzie pracował w trybie hiccup.

Oba tryby wyłączą się automatycznie i zasilacz powróci do normalnej pracy, gdy zostanie usunięta przyczyna zakłóceń. To oznacza, że zasilacze firmy Finder pozwalają na bezprzerwowy tryb pracy pomimo awarii w obwodzie wykonawczym.

Aktywny układ PFC (korekcja współczynnika mocy biernej)

Niektóre zasilacze emitują do sieci energetycznej wiele zakłóceń, harmonicznych i tętnień, nie zważając na poprawność działania całej aplikacji. Przynosi to wiele różnych negatywnych skutków (mikroprzepięcia, wzrost współczynnika mocy itp.). Każdy zasilacz firmy Finder zawiera filtr PFC (*Power Factor Correction*), a niektóre modele (78.1D, 78.2E) zawiera podwójny filtr PFC, który redukuje harmoniczne do minimum i optymalizuje współczynnik mocy.

Łatwość serwisu

Cechą wspólną naszych wszystkich zasilaczy jest szybko wymieniany bezpiecznik topikowy 5×20 mm umieszczony na froncie obudowy. Łatwa wymiana dzięki zasobnikowi, który zawiera bezpiecznik aktualnie pracujący i serwisowy, daje użytkownikowi bezkompromisową jakość współpracy w aplikacjach odpowiedzialnych. To rozwiązanie jest dostępne dla wszystkich wykonań zasilaczy Finder i jest ich rozpoznawalną cechą. Bezpiecznik stanowi zabezpieczenie od strony pierwotnej.

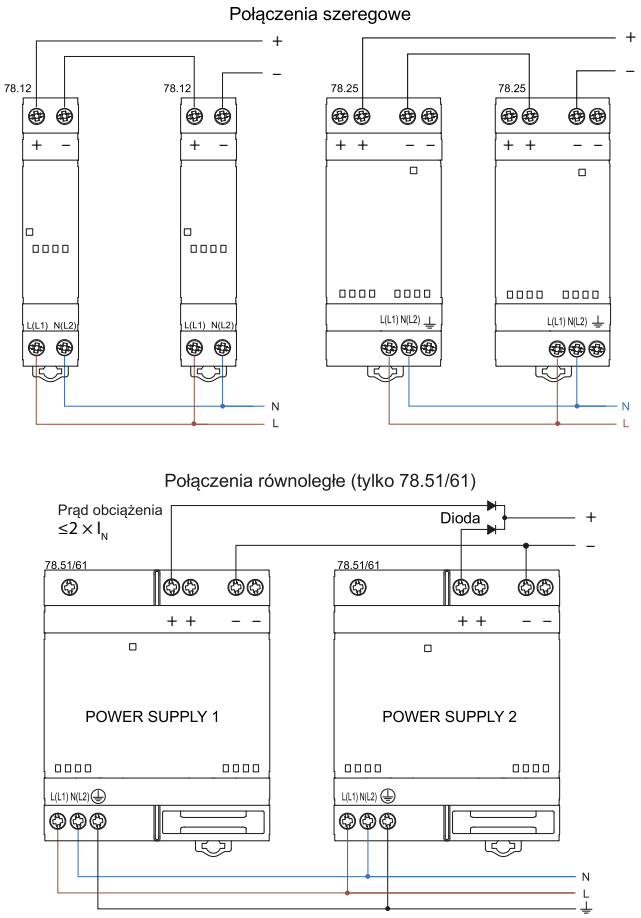
Sygnalizacja stanów, styki pomocnicze i diody

W aplikacjach przemysłowych bardzo ważna jest komunikacja stanu obwodów zewnętrznych. W przemysłowych rozwiązaniach firmy Finder dostępne są dwa rozwiązania konfiguracji styków pomocniczych.

Konfiguracja pierwsza zawiera zestyk zwierny, który zamyka się po podaniu napięcia zasilania i pozostaje w takim stanie do momentu wystąpienia poważnego uszkodzenia (przepalenie bezpiecznika, awaria źródła zasilania, zwarcie lub zadziałanie zabezpieczenia termicznego). Ta wersja służy do przekazania informacji o przerwaniu obwodu zasilania np. do sterownika PLC lub komputera zewnętrznego.

Konfiguracja druga zawiera zestyk zwierny, który zamyka się w czasie występowania anomalii: przeciążenia, zwarcia, granicy termicznej, zadziałania zabezpieczenia termicznego. Ta wersja służy do uruchomienia wizualnych i akustycznych alarmów lub włączenia wentylatora chłodzącego.

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 1. Sposób łączenia szeregowego i równoległego zasilaczy

Dodatkowe funkcje

Zasilacze mają dwa osobne wyjścia, dzięki czemu mogą zasilać dwa urządzenia jednocześnie.

Nasze zasilacze można łączyć szeregowo lub równolegle, w zależności od tego, czy chcemy zwiększyć napięcie np. do 48 V, czy samą moc zasilania. Należy pamiętać, aby przy połączeniach równoległych zamontować dodatkowe diody, tak jak zostało to pokazane na **rysunku 1**.

Odporność na warunki środowiskowe

Zasilacze firmy Finder budowane są w taki sposób, aby zapewnić jak największe zakresy dopuszczalnych napięć i temperatur. Pełne zestawienie danych dostępne jest w kartach katalogowych naszych produktów. Uznanie zdobyte w wielu wymagających obiektach spowodowało, że możemy z zadowoleniem polecić nasze zasilacze nawet do najbardziej wymagających aplikacji.

Nowości

Finder wzbogacił swoją ofertę o nowe modele, które uzupełniają istniejącą gamę zasilaczy.

Model 78.25 to kompaktowy zasilacz modułowy o niskim profilu z wyjściem o mocy 25 W DC. Wysoka wydajność zasilacza, niskie zużycie energii w trybie standby, a także ochrona termiczna, przeciwprzepięciowa i przeciwzwarciowa czynią go idealnym rozwiązaniem do aplikacji elektrycznych i elektronicznych.

Modele 78.61, 78.51 oraz 78.1A, 78.2A to odpowiedź firmy Finder na potrzebę połączenia zasilania z możliwością ładowania akumulatorów. Takie rozwiązanie znajduje zastosowanie na przykład w oświetleniu awaryjnym, systemach TVCC, aplikacjach bezpieczeństwa, kontrolnych itp.

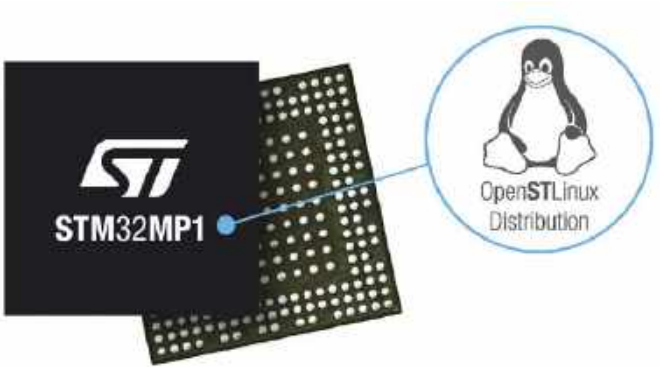
REKLAMA

OpenSTLinux

dla procesorów z rodziny STM32MP1 (2)

FTP POPRZEDNI ODCINEK JEST DOSTĘPNY NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

W drugiej części serii przyjrzymy się bliżej sposobowi modyfikacji domyślnego obrazu systemu OpenSTLinux. System ten bazuje na projekcie Yocto, dlatego obowiązuje ten sam schemat receptur. W ramach przykładu, wprowadzimy modyfikacje do receptury jądra, włączając do kompilacji sterowniki następujących modułów: odbiornik GPS U-Blox, sterownik LED PCA9532 i akcelerometr z żyroskopem LSM6DS3. Do ich poprawnego działania wymagane są także zmiany w plikach Device Tree, jednak tym zajmiemy się w kolejnej części.



Warstwy i receptury

Wszystkie komponenty systemu są zorganizowane w receptury, opisujące sposób ich budowania oraz wzajemne zależności. Pliki receptur mają rozszerzenie *bb* i znajdują się w katalogach o nawie *recipes-**, które z kolei umieszczone są w odpowiednich warstwach budowania systemu. Receptury w *Yocto* mogą być modyfikowane poprzez pliki *bbappend*, które wprowadzają zmiany do oryginalnych plików *bb* zgodnie z kolejnością wyznaczoną przez priorytet warstwy, w której się znajdują. W ten sposób została także przygotowana warstwa *meta-somlabs* [1], którą mieliśmy okazję pobrać przy okazji budowania obrazu systemu w poprzedniej części artykułu. Warstwa ta zawiera szereg katalogów *recipes-**, wprowadzających zmiany do receptur, pochodzących z innych warstw lub zawierających nowe receptury, dodawane do budowanego systemu. Jedną z tych receptur jest *linux-stm32mp*, opisująca sposób budowania jądra systemu *Linux*. Poniższy diagram przedstawia strukturę receptur na przykładzie receptur jądra (*recipes-kernel*) i aplikacji demonstracyjnej (*recipes-somlabs*):

```
├── recipes-kernel – katalog główny warstwy dostarczanej przez SoMLabs.
│   └── linux – receptura budowania jądra systemu.
│       ├── linux-stm32mp – pliki używane przez recepturę w tej warstwie.
│       │   ├── 0001-Add-support-for-VisionSOM-STM32MP1-board.patch
│       │   ├── 0001-Fixed-display-transition-between-u-boot-and-kernel.patch
│       │   ├── 0001-Uptated-ILI9881C-driver-for-Powertip-PH720128T003.patch
│       │   └── stm32mp157a_visionsom_mx_defconfig
│       └── linux-stm32mp_4.19.bbappend – plik z modyfikacją oryginalnej receptury.
├── recipes-somlabs – receptury utworzone przez SoMLabs.
│   └── somlabs-demo – receptura aplikacji demonstracyjnej.
│       ├── somlabs-demo – pliki używane przez recepturę.
│       │   ├── SomlabsDemo
│       │   └── somlabs_demo_run.sh
│       └── somlabs-demo.bb – plik z implementacją receptury.
```

Dodatkowo na diagramie widać, że każda z receptur (*bb*) lub jej rozszerzenie (*bbappend*) może używać dodatkowych plików, zlokalizowanych w katalogu o nazwie odpowiadającej recepturze. Mogą to być łaty do kodu, pliki graficzne, skrypty itp.

Receptura linux-stm32mp

W dystrybucji OpenSTLinux używana jest wersja jądra, przygotowana przez firmę ST, dla procesorów z rodziny *STM32MP1*. W chwili pisania artykułu obowiązującą wersją jądra była 4.19, budowana przez recepturę *linux-stm32mp_4.19*. Bazowy plik receptury (*linux-stm32mp_4.19.bb*) znajduje się w warstwie *meta-st-stm32mp*. Jest w nim informacja na temat źródeł kodu, konfiguracji, budowania oraz instalacji jądra systemu. Warstwa *meta-somlabs* wprowadza do oryginalnej receptury modyfikacje w postaci łat, nakładanych na kod źródłowy jądra, przed uruchomieniem procesu kompilacji. Łaty te dostarczają wsparcia dla modułu *VisionSOM-STM32MP1*, płytki bazowej *VisionCB-STM32MP-1-STD* oraz wyświetlacza *Powertip* z interfejsem RGB lub DSI. Są one zlokalizowane w katalogu *meta-somlabs/recipes-kernel/linux/linux-stm32mp* jako pliki z rozszerzeniem *patch*. Plik *linux-stm32mp_4.19.bbappend* w katalogu *meta-somlabs/recipes-kernel/linux/*, definiuje kolejność nakładania wspomnianych łat, katalog, w którym będą one poszukiwane oraz wskazuje na plik z konfiguracją jądra, użytą podczas budowania.

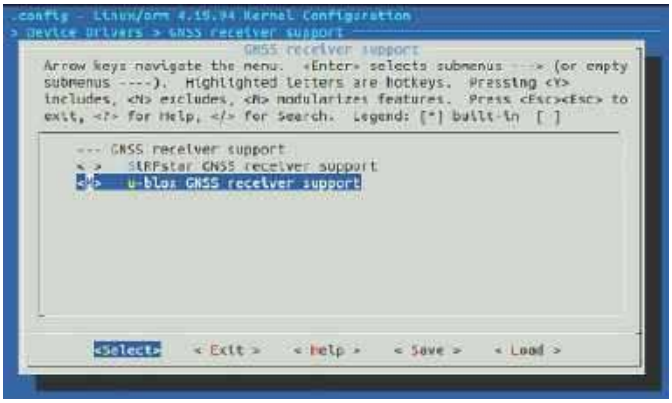
Modyfikacja receptur

Modyfikacje receptur można wprowadzać ręcznie, zmieniając pliki *bb* i *bbappend* oraz dodając własne łaty. Jednak w naszym przykładzie skorzystamy z narzędzia *devtool*, które znacznie ułatwi pracę. Zacznijmy od konfiguracji terminalu, tak jak w poprzedniej części, przed rozpoczęciem budowania systemu:

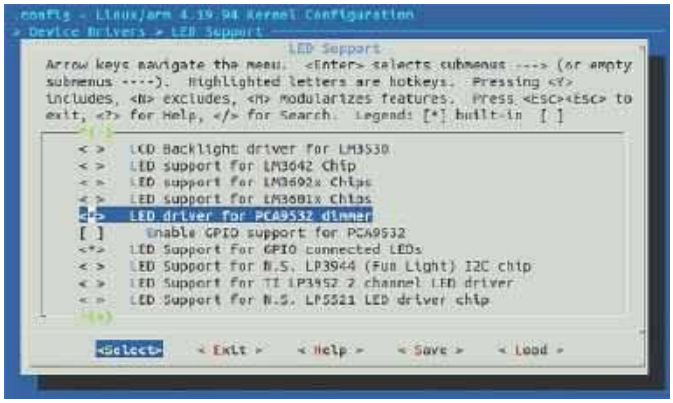
```
cd <working directory path>/Distribution-Package/
openstlinux-4.19-thud-mp1-20-02-19
DISTRO=openstlinux-weston MACHINE=stm32mp157a-
visionsom-mx source layers/meta-st/scripts/envsetup.sh
```

Mamy teraz dostępne wszystkie narzędzia, w tym potrzebny *devtool*. W pierwszej kolejności trzeba pobrać kod źródłowy jądra, do którego będziemy wprowadzać modyfikacje:

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 1. Włączenie sterownika u-blox jako modułu jądra



Rysunek 3. Włączenie sterownika PCA9532 do kompilacji jądra

```
devtool modify linux-stm32mp
```

Polecenie to pobiera kod z repozytorium oraz rozpakowuje do katalogu *workspace/sources/linux-stm32mp*. Możemy teraz przejść do źródeł i sprawdzić, jakie łaty zostały na nie nałożone:

```
cd workspace/sources/linux-stm32mp
git log
```

Zobaczymy, że w logu na samej górze znajdują się łaty, pochodzące z warstwy *meta-somlabs*. Oznacza to, że polecenie `devtool modify` nie tylko pobiera kod ze zdefiniowanych źródeł, ale nanosi także wszelkie zmiany, które zdefiniowaliśmy w kolejnych warstwach – w tym wypadku *meta-somlabs*. Możemy więc przystąpić do wprowadzania własnych zmian. Naszym zadaniem jest włączenie wspomnianych na wstępie sterowników, więc zaczynamy od skopiowania z receptury i utworzenia domyślnej konfiguracji jądra:

```
cp  ../../../../layers/meta-st/meta-somlabs/recipes-kernel/linux/linux-stm32mp/stm32mp157a_visionsom_mx_defconfig arch/arm/configs/
ARCH=arm make stm32mp157a_visionsom_mx_defconfig
```

W wyniku wywołania tego polecenia zostanie utworzony plik *.config*, na bazie pliku konfiguracyjnego *stm32mp157a_visionsom_mx_defconfig*. Do jego edycji możemy użyć klasycznego narzędzia *menuconfig*:

```
ARCH=arm make menuconfig
```

Jest to graficzne menu umożliwiające włączanie lub wyłączanie poszczególnych sterowników i opcji jądra. Włączmy więc sterowniki *U-blox GNSS* (Device Drivers > GNSS receiver support > u-blox GNSS receiver support), *LSM6DS3* (Device Drivers > Industrial I/O support > Inertial measurement units > ST_LSM6DSx driver for STM 6-axis IMU MEMS sensors), *PCA9532* (Device Drivers > LED Support > LED driver for PCA9532 dimmer), tak jak zostało to pokazane na **rysunkach 1**, **2**, **3**. W przykładzie pierwsze dwa sterowniki zostały włączone jako moduły (klawiszem M), natomiast ostatni został skompilowany z jądrem (klawisz Y).

Plik *.config* jest tworzony dynamicznie przy każdej konfiguracji, dlatego nie możemy go zapisać bezpośrednio w recepturze. Zamiast tego użyjemy go do dodania nowego pliku konfiguracyjnego w źródłach jądra:

```
cp .config arch/arm/configs/stm32mp157a_visionsom_mx_defconfig
```

Możemy teraz dodać plik do kontroli wersji i sprawdzić, jakie zmiany zostały wprowadzone w kodzie za pomocą poleceń:

```
git add arch/arm/configs/stm32mp157a_visionsom_mx_defconfig
git status
git diff
```

Będziemy wiedzieć, które pliki zostały zmodyfikowane oraz jakie zmiany w nich zaszły. Na ich podstawie możemy utworzyć nowy *commit*, z którego narzędzie *devtool* wygeneruje odpowiednią łatę w recepturze:

```
git commit
devtool update-recipe -a ../../../../layers/meta-st/meta-somlabs/ linux-stm32mp
```

Ostatnie z poleceń wymaga podania ścieżki do modyfikowanej warstwy oraz receptury.

Po wykonaniu wszystkich powyższych poleceń, w katalogu *meta-somlabs/recipes-kernel/linux/linux-stm32mp/* zobaczymy nową łatę o nazwie zgodnej z nazwą *commitu*, którą nadaliśmy przy okazji wywołania `git commit`. Ponadto została ona dodana na końcu listy, znajdującej się w pliku *meta-somlabs/recipes-kernel/linux/linux-stm32mp_4.19.bbappend*:

```
SRC_URI += "file://stm32mp157a_visionsom_mx_defconfig \
            file://0001-Add-support-for-VisionSOM-STM32MP1-board.patch \
            file://0001-Uptated-ILI9881C-driver-for-Powertip-PH720128T003.patch \
            file://0001-Fixed-display-transition-between-u-boot-and-kernel.patch \
            file://0001-Added-custom-defconfig.patch \
            "
```

Po zakończeniu wprowadzania zmian powinniśmy wywołać polecenie usuwające kopię roboczą źródeł z procesu budowania systemu:

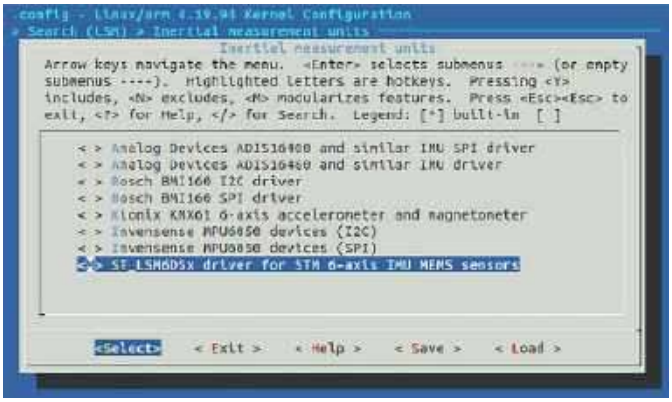
```
devtool reset linux-stm32mp
```

Zgodnie z informacją, która pojawi się w terminalu, możemy ten katalog usunąć ręcznie.

W tym momencie plik konfiguracji jądra znajdzie się w źródłach, po nałożeniu patcha. Możemy zatem usunąć dotychczasowy plik *defconfig*:

```
rm ../layers/meta-st/meta-somlabs/recipes-kernel/linux/linux-stm32mp/stm32mp157a_visionsom_mx_defconfig
```

Musimy również zmodyfikować recepturę linux-stm32mp_4.19.bbappend tak, aby plik konfiguracyjny nie był poszukiwany w plikach receptury, ale w źródłach jądra:



Rysunek 2. Włączenie sterownika LSM6DSx jako modułu jądra

eprasa.pl 7fe4c01756

```
FILESEXTRAPATHS_prepend := "${THISDIR}/${PN}:"

SRC_URI += "file://0001-Add-support-for-VisionSOM-
STM32MP1-board.patch \
            file://0001-Uptated-ILI9881C-driver-for-
            Powertip-PH720128T003.patch \
            file://0001-Fixed-display-transition-
            between-u-boot-and-kernel.patch \
            file://0001-Added-custom-defconfig.patch
            \
            "

KERNEL_DEFCONFIG =
"stm32mp157a_visionsom_mx_defconfig"

KERNEL_EXTERNAL_DEFCONFIG = ""
```

Pozostało już tylko przebudowanie systemu i wygenerowanie nowego obrazu poleceniem:

```
bitbake st-image-weston
```

W przykładzie zajęliśmy się modyfikacją konfiguracji jądra poprzez dodanie do kompilacji dodatkowych sterowników. Opisana metoda może być użyta do nanoszenia zmian, w dowolnym miejscu kodu źródłowego jądra oraz innych komponentów systemu, budowanych podczas przygotowywania systemu *OpenSTLinux* i innych dystrybucji projektu *Yocto*.

Krzysztof Chojnowski

Przypisy:
[1] http://bit.ly/2KrGBsQ

REKLAMA

Nie przegap!

interesujących materiałów w siostrzanym czasopiśmie

www.elportal.pl

A może masz 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**

EdW możesz zamówić na stronie
www.ulubionykiosk.pl
Do kupienia również w Empikach
i wszystkich większych kioskach z prasą.

W grudniowym wydaniu Elektroniki dla Wszystkich między innymi:

Prosta izolowana sonda do oscyloskopu
Oscyloskopowe sondy izolowane są urządzeniami drogimi, ale często niezbędnymi. Za niewielką część ceny sondy profesjonalnej można zbudować konstrukcję amatorską, o wystarczających parametrach.

Uniwersalny sterownik filtru YIG
Opisany układ jest uniwersalnym sterownikiem filtru YIG służącym do zmiany częstotliwości rezonansowej takiego filtru. Dowiedz się co to za filtr i jak działa?

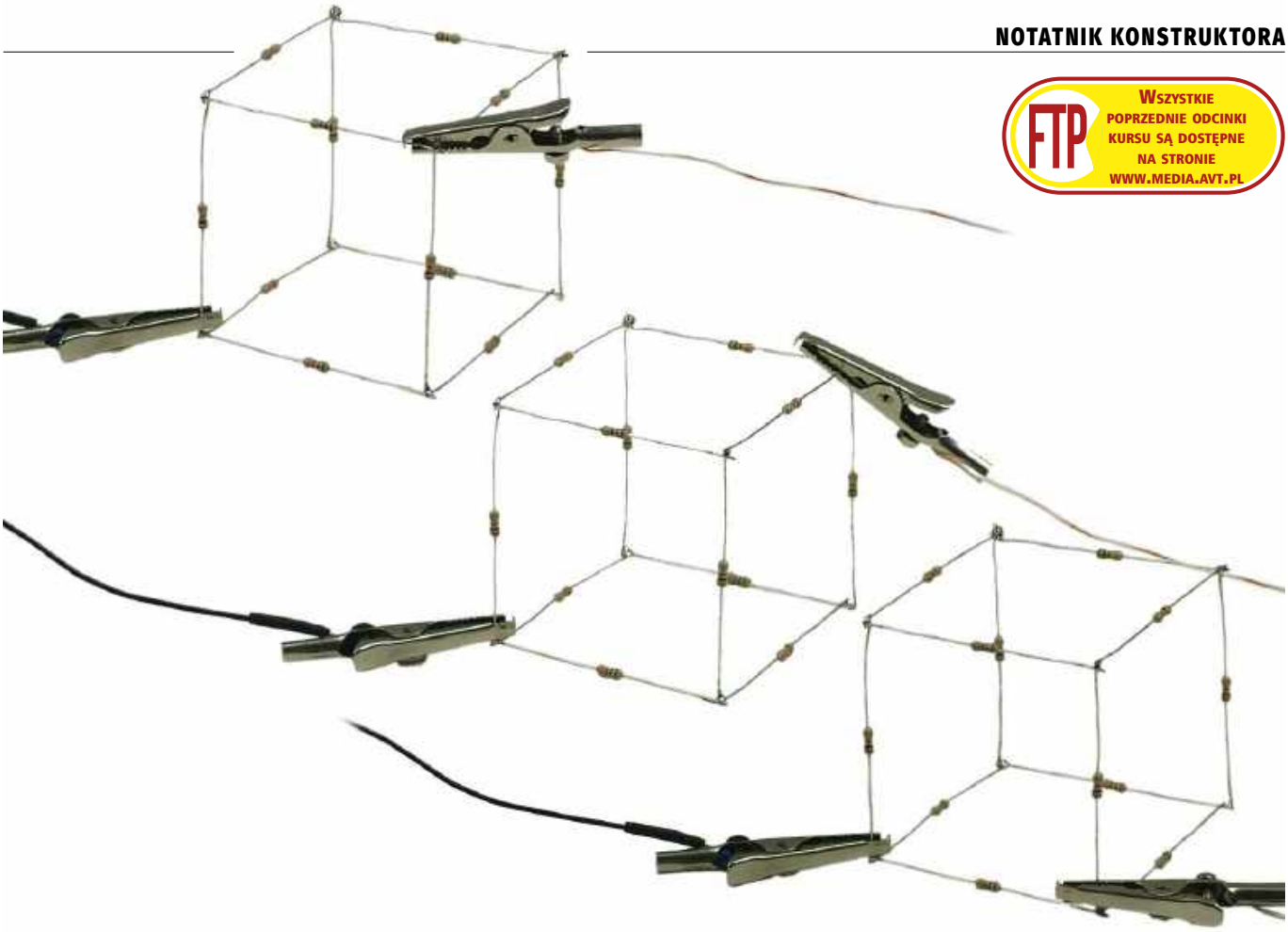
Droga do RRIO, czyli wzmacniacze operacyjne (nie tylko) dla początkujących
Omawiamy użyteczne w praktyce zastosowania wzmacniaczy operacyjnych. Zaczynamy od komparatora i układów z dodatnim sprzężeniem zwrotnym.

Pozytywny licznik koronawirusowy
Jesteśmy bombardowani informacjami o liczbie nowych zachorowań i zgonów z powodu COVID-19. Prezentowany projekt to przeciwwaga do pesymistycznego przekazu medialnego. Poprawi samopoczucie i zmniejszy poczucie lęku u osób wrażliwych.

Zasilanie awaryjne napięciem stałym. Teoria oraz porady praktyczne
Rozważamy możliwości zasilania napięciem stałym urządzeń, które normalnie zasilane są z sieci 230 V 50 Hz. Czy konieczny jest do tego zasilany z akumulatora 12 V inwerter DC/AC? Czy nie można prościej?

Ponadto w numerze:
- Akustyczny sygnalizator włączonego oświetlenia
- Posłuszne iskierki
- Uniwersalny sterownik lampek
- Dzwonek mp3
- Szkoła Konstruktorów:
  – Związany z elektroniką sposób racjonalizacji wykorzystania wody, w szczególności sposób kontroli wilgotności gleby
  – Zaproponuj układ związany z awaryjnym zasilaniem zamrażarki, lodówki lub pompy obiegowej centralnego ogrzewania

eprasa.pl 7fe4c01756



FTP WSZYSTKIE POPRZEDNIE ODCINKI KURSU SĄ DOSTĘPNE NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

Symulacja i pomiar, czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora (18)

Kostka z rezystorów

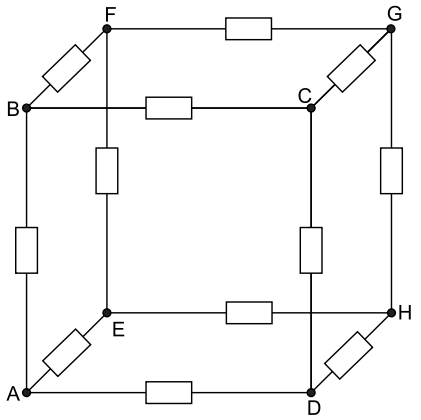
Były w tym cyklu tematy lżejsze i cięższe, a ponieważ zmartwień mamy ostatnio w życiu codziennym sporo, tym razem zajmiemy się zagadnieniem raczej lekkim, w zasadzie czysto teoretycznym. Będzie to analiza 3-wymiarowej, sześciennej kostki zbudowanej z rezystorów.

Problem, o którym mowa w artykule, jest typowo akademicki. Zadania, które rozwiążemy dalej, pojawiały się na różnych egzaminach i testach szkół i uczelni technicznych. Z pozoru problem wydaje się dość trudny, przede wszystkim z powodu skomplikowanej sieci połączeń mającej wiele rozwidleń. Mamy więc kostkę zbudowaną z rezystorów o jednakowej rezystancji (**rysunek 1**). Dla ustalenia niech to będzie 1 kΩ. Do kostki doprowadzone jest napięcie stałe, np. 5 V. Ze względu na symetrię kostki można wyróżnić 3 warianty dołączenia zasilania (**rysunek 2**). Rozpatrzymy każdy z nich. Najpierw wykonamy obliczenia, następnie sprawdzimy ich poprawność w symulatorze i tradycyjnie na koniec zbudujemy taką kostkę i ją pomierzymy.

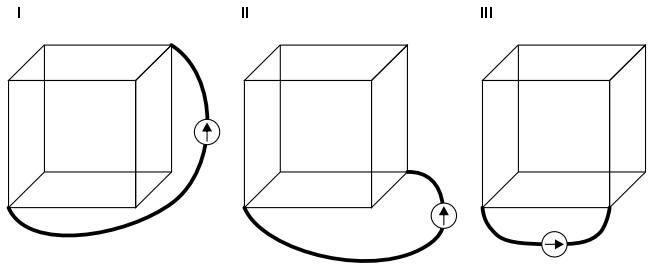
Kostka – wariant I

W pierwszym wariancie zasilanie jest doprowadzone do wierzchołków znajdujących się na końcach wewnętrznej przekątnej kostki. Przestrzenny widok kostki z rysunku 1 nieco spłaszczymy (**rysunek 3**), co powinno zwiększyć czytelność schematu, a przy odrobinie wyobraźni nadal będzie to rysunek przestrzenny. I tak – większy kwadrat ABCD niech będzie ścianką leżącą bliżej nas, ten mniejszy natomiast

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 1. Kostka zbudowana z rezystorów

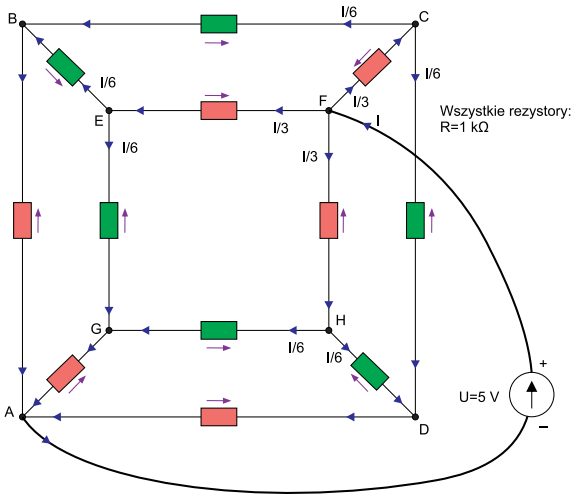


Rysunek 2. Trzy warianty zasilania kostki

EFHG to ścianka leżąca w głębi. Zgodnie z założeniem zasilanie jest doprowadzone do węzłów A i F. Nasze zadanie jest ułatwione dzięki przyjętemu założeniu, że wszystkie rezystory kostki są jednakowe. Jeśli więc przyjrzymy się kostce w tej konfiguracji, to z pewnością dostrzeżemy, że układ połączeń jest symetryczny. W związku z tym w węźle F, do którego jest dołączony dodatni biegun zasilania, prąd rozpływa się na 3 jednakowe prądy stanowiące 1/3 prądu całkowitego (płynącego z zasilania). Rezystory, przez które przepływa prąd o tym natężeniu, wyróżniono na schemacie kolorem czerwonym. Analizując dalszą drogę przepływu tego prądu, dochodzimy do punktów E, C i H, w których prąd rozpływa się na kolejne dwa równe prądy o natężeniach: I/2·I/3=I/6. I znowu, w kolejnych węzłach B, D i G spotykają się dwa takie prądy dopływające do nich, wypływa natomiast jeden prąd stanowiący ich sumę, a więc I/3. Prądy o natężeniach I/3 sumują się w węźle A, z którego wypływają do źródła jako prąd o natężeniu I. Proste, prawda?

Prześledźmy teraz rozkład napięć na drodze +źródła zasilającego, F, H, G, A –źródła zasilającego:

$$U = U_{FH} + U_{HG} + U_{GA}$$



Rysunek 3. Analiza kostki w wariancie I

$$U = R\frac{I}{3} + R\frac{I}{6} + R\frac{I}{3} = RI\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{6}+\frac{1}{3}\right) = \frac{5}{6}RI$$

z czego wynika, że prąd całkowity jest równy:

$$I = \frac{6}{5}\frac{U}{R}$$

Obliczamy teraz kolejne napięcia:

$$U_{FH} = \frac{I}{3}R = \frac{1}{3}\cdot\frac{6}{5}\frac{U}{R}R = \frac{6}{15}U = \frac{2}{5}U = 2\ V$$

Takie napięcie będzie występowało na wszystkich czerwonych rezystorach. Biegunowość tych napięć zaznaczono na schemacie strzałkami. Trzymając się konwencji, że pierwszy indeks oznacza punkt o wyższym potencjale, możemy napisać:

$$U_{FH} = U_{FC} = U_{FE} = U_{BA} = U_{GA} = U_{DA} = 2\ V$$

Analogiczne rozważanie przeprowadzimy dla rezystorów zielonych, przez które płynie prąd I/6.

$$U_{HG} = \frac{I}{6}R = \frac{1}{6}\cdot\frac{6}{5}\frac{U}{R}R = \frac{1}{5}U = 1\ V$$

Wynika z tego, że:

$$U_{CB} = U_{EB} = U_{EG} = U_{CD} = U_{HG} = U_{HD} = 1\ V$$

Policzmy teraz prądy. Prąd całkowity płynący ze źródła:

$$I = \frac{6}{5}\frac{U}{R} = \frac{6}{5}\cdot\frac{5}{1k} = 6\ mA$$

Prądy płynące przez czerwone rezystory są równe I/3, a więc 6 m/3=2 mA. Ostatecznie:

$$I_{FH} = I_{FC} = I_{FE} = I_{BA} = I_{GA} = I_{DA} = 2\ mA$$

Prądy płynące przez zielone rezystory są równe I/6, z więc 6m/6=1 mA. Ostatecznie:

$$I_{CB} = I_{EB} = I_{EG} = I_{CD} = I_{HG} = I_{HD} = 1\ mA$$

Inżynierska poprawność nakazuje jeszcze obliczenie napięć we wszystkich węzłach kostki mierzonych względem masy, czyli punktu A. Mamy już policzone napięcia:

$$U_{BA} = U_{GA} = U_{DA} = 2\ V$$

Pozostają jeszcze do obliczenia poniższe napięcia:

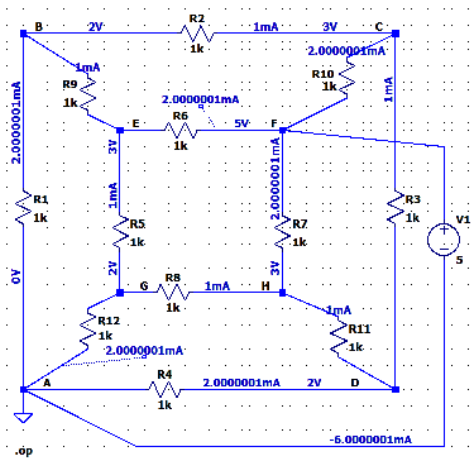
$$U_{EA} = U_{GA} + U_{EG} = 2+1 = 3\ V$$
$$U_{HA} = U_{HG} + U_{GA} = 1+2 = 3\ V$$
$$U_{CA} = U_{CD} + U_{DA} = 1+2 = 3\ V$$

Warto jeszcze obliczyć rezystancję widzianą z węzłów, do których jest doprowadzone zasilanie. Rezystancja ta jest równa:

$$R_I = \frac{U}{I} = \frac{5}{6m} = 833{,}3\ \Omega$$

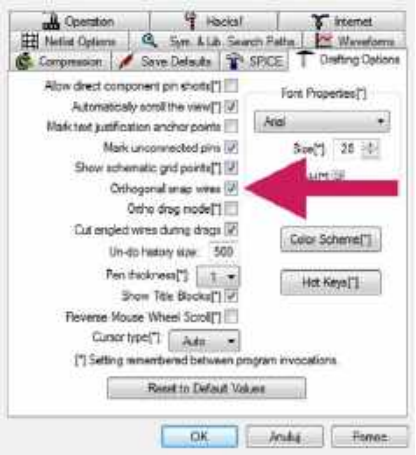
Symulacja kostki w wariancie połączeń nr I

Kostkę rozrysowaną w edytorze LTspice pokazano na **rysunku 4.** Wyjaśnienia wymagają ukośne połączenia na tym schemacie. Standardowo LTspice zakłada prowadzenie połączeń tylko w kierunkach prostopadłych do siebie, czyli pionowo i poziomo. Zasadę tę można lokalnie wyłączyć, naciskając przycisk *Ctrl* podczas prowadzenia połączenia. Połączenie jest



Rysunek 4. Symulacja kostki w wariancie I

eprasa.pl 7fe4c01756

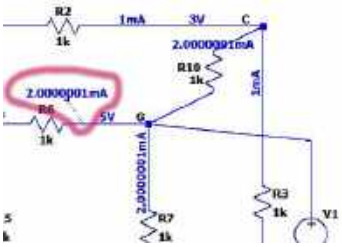


Rysunek 5. Wyłączenie ortogonalności prowadzenia połączeń w edytorze schematów LTspicea

wówczas prowadzone bez zachowania ortogonalności, jednak zawsze musi być ono zakończone w węźle siatki. Zasada ta zapewnia utrzymywanie ciągłości połączeń. Drugą metodą jest trwałe wyłączenie ortogonalności połączeń. W tym celu należy otworzyć okno parametrów domyślnych symulatora (ikonka z młotkiem), a następnie wybrać zakładkę „Drafting Options" i odhaczyć opcję „Orthogonal snap wires" (**rysunek 5**). Od tej chwili połączenia są prowadzone bez pilnowania ich otrogonalności, a naciśnięcie przycisku *Ctrl* przywraca chwilowo tę zasadę.

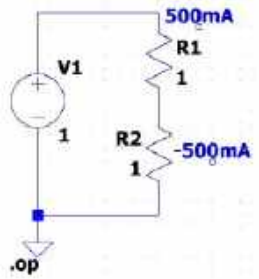
O ile połączenia mogą być prowadzone pod dowolnym kątem (tzn. takim, który wynika z zakończenia połączeń w punktach siatki), o tyle elementy mogą być obracane tylko o ±90° lub 180°. Gdyby tak nie było, końcowy punkt wyprowadzenia elementu mógłby znaleźć się pomiędzy węzłami siatki i wówczas nie byłoby możliwe doprowadzenie do niego połączenia z innymi elementami.

Do weryfikacji naszych wyników konieczne jest wykonanie symulacji .op (DC operating point). Kończy się ona wyświetleniem tabelki, w której zebrano wszystkie napięcia i prądy występujące w obwodzie. Taka analiza jest jednak dość niewygodna, znacznie lepiej jest nanieść te wartości bezpośrednio na schemacie. Do umieszczenia napięć węzłowych wystarczy po zakończeniu symulacji .op kliknąć na jakiś punkt leżący na połączeniu prowadzącym do danego węzła. Nieco więcej czynności wymaga umieszczenia prądu płynącego w danej gałęzi. Przykładowo: chcemy umieścić na schemacie natężenie prądu płynącego w gałęzi z rezystorem R3. W tym celu wyświetlamy najpierw napięcie w jakimś punkcie tej gałęzi, klikając na niej lewym przyciskiem myszki (**rysunek 6a**). Na schemacie zostaje umieszczone napięcie we wskazanym punkcie (**rysunek 6b**). Następnie poddajemy wyświetloną wartość edycji, klikając na nią tym razem prawym przyciskiem, co powoduje wyświetlenie okna „Displayed Data" (**rysunek 6c**). Ponieważ chcemy wyświetlić prąd płynący przez rezystor R3, wyszukujemy w wyświetlonych danych prądu I(R3) i dwukrotnym kliknięciem wprowadzamy ten prąd do pola „Edit expression to display below". Należy pamiętać o wcześniejszym usunięciu znaku dolara, który domyślnie jest tu wyświetlany. Na koniec naciskamy przycisk *OK*, co powoduje umieszczenie natężenia prądu na schemacie (**rysunek 6d**). Może się zdarzyć, że na schemacie nie ma już miejsca na umieszczenie kolejnej informacji. Dobrą rozwiązaniem jest odsunięcie informacji o prądzie w dogodne miejsce i wskazanie gałęzi, do której się ona odnosi, linią rysunkową („Edit → Draw → Line") – **rysunek 7.**

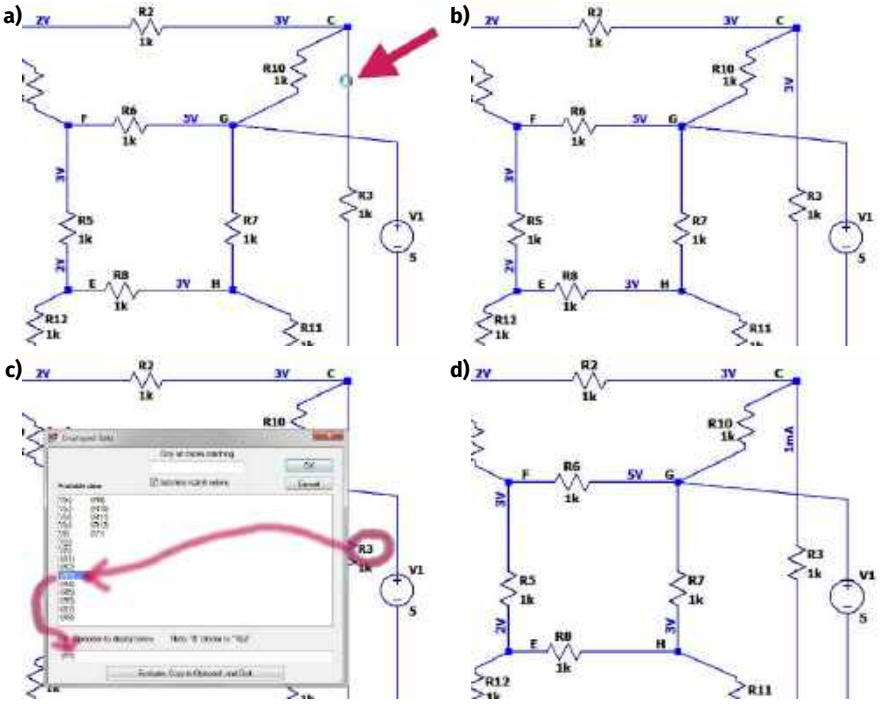


Rysunek 7. Natężenie prądu wyświetlone w odsuniętym punkcie od gałęzi

Jest jednak jeszcze cecha programu LTspice, o której należy pamiętać. Może się zdarzyć, że niektóre prądy płynące w jednej gałęzi zostaną wyświetlone jako dodatnie, inne zaś będą ujemne. LTspice przyjmuje kierunek prądu płynącego przez rezystor od jego wyprowadzenia 1. do 2. Jeśli symbol rezystora przed umieszczeniem go na schemacie był obracany, to w niekorzystnym przypadku prąd płynący przez niego może być podany ze znakiem ujemnym. Taki przykład przedstawiono na **rysunku 8**, na którym rezystor R2 przed ostatecznym umieszczeniem go na schemacie był dwukrotnie obrócony. Prowadzi to do dość paradoksalnej sytuacji, z której mogłoby wynikać, że w obwodzie w tej samej gałęzi płynie prąd w przeciwnych kierunkach.



Rysunek 8. Wyświetlenie natężenia prądu ze znakiem zależnym od orientacji elementu na schemacie

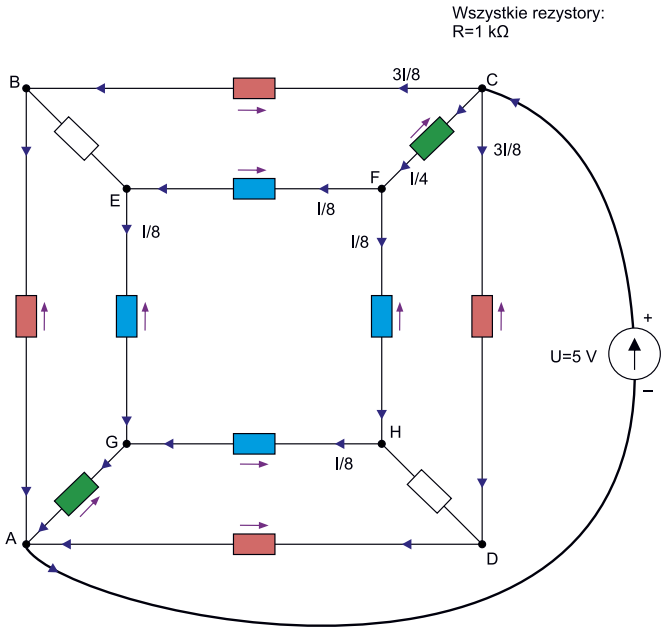


Rysunek 6. Wstawianie natężenia prądu na schemacie LTspice: a) kliknięcie w dowolnym punkcie danej gałęzi obwodu, b) kliknięcie na wyświetlone w tym punkcie napięcie, c) wskazanie prądu, d) wyświetlenie natężenia prądu płynącego we wskazanej gałęzi

Kostka – wariant II

Kostka w tej konfiguracji jest znacznie ciekawsza, gdyż występuje w niej efekt, którego na pierwszy rzut oka nie widać i nawet trudno go intuicyjnie zaakceptować. Schemat połączeń pokazano na **rysunku 9.** Układ nie jest w pełni symetryczny. Prąd może przepływać od węzła C do węzła A kilkoma niejednakowymi drogami. Na przykład może to być droga CDA albo CFHGA. W pierwszym przypadku prąd przepływa przez dwa rezystory, w drugim przez cztery. Wniosek jest taki, że w węźle C prąd nie rozpływa się na 3 równe prądy, tak jak to było w poprzedniej konfiguracji. Przyjrzyjmy się, jak to będzie w węźle F. Od węzła F do węzła A zawsze prowadzi droga przez 3 rezystory (FEGA lub

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 9. Analiza kostki w wariancie II

FHGA, ale też FEBA lub FHDA), a więc prąd płynący w gałęzi CF rozpłynie się w węźle F na dwa równe prądy. I teraz najciekawsze. Zauważmy, że kostka jest symetryczna względem przekątnej BD, z czego wynika wniosek, że potencjały w punktach B, E, H i D muszą być równe, a jeśli tak, to... w gałęziach BE i DH nie płynie żaden prąd (sic!). Jesteśmy więc bliscy rozwiązania. Rezystory, przez które przepływają te same prądy, oznaczymy na schemacie tymi samymi kolorami. Policzmy te prądy. Zastosujemy oznaczenia: I_R – prąd płynący przez rezystory czerwone, I_G – prąd płynący przez rezystory zielone i I_B – prąd płynący przez rezystory niebieskie. Zaczynamy od spadków napięć na drodze CDA.

$$U = I_R R + I_R R = 2I_R R$$

Na drodze CFHGA mamy:

$$U = I_G R + I_B R + I_B R + I_G R = 2I_G R + 2I_B R$$

Zatem:

$$2I_R R = 2I_G R + 2I_B R$$
$$2I_R = 2I_G + 2I_B$$
$$I_R = I_G + I_B$$

Ale $I_G = 2I_B$, więc:

$$I_R = 2I_B + I_B$$
$$I_R = 3I_B$$

Prąd całkowity płynący ze źródła jest równy:

$$I = 2I_R + I_G$$
$$I = 2 \cdot 3I_B + 2I_B = 8I_B$$

Ostatecznie:

$$I_B = \frac{1}{8} I$$
$$I_R = 3_{IB} = 3 \cdot \frac{1}{8} I = \frac{3}{8} I$$
$$I_G = 2_{IB} = 2 \cdot \frac{1}{8} I = \frac{1}{4} I$$

Teraz można już policzyć prąd całkowity.

$$U_{DA} + U_{CD} = U$$
$$2I_R R = U$$
$$2 \cdot \frac{3}{8} IR = U$$
$$\frac{6}{8} IR = \frac{3}{4} IR = U$$
$$I = \frac{4}{3} \frac{U}{R} = 6,667\ mA$$

Dla przyjętych wartości (U=5 V, R=1 kΩ) prąd całkowity jest równy 6,67 mA i dalej:

$$I_B = 833,3\ \mu A$$
$$I_G = 1,667\ mA$$
$$I_R = 2,5\ mA$$

Obliczenia napięć:

$$U_{CD} = U_{DA} = U_{CB} = U_{BA} = I_R R = 2,5\ V$$
$$U_{FH} = U_{HG} = U_{FE} = U_{EG} = I_B R = 0,8333\ V$$
$$U_{CF} = U_{GA} = I_G R = 1,667\ V$$
$$U_{BE} = U_{HD} = 0\ V$$

Napięcia mierzone względem masy (punkt A):

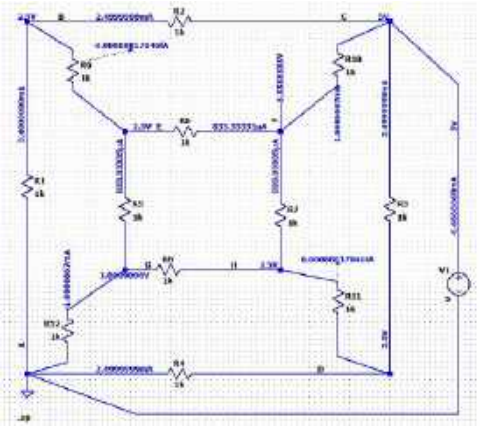
$$U_B = U_D = U_E = U_H = 2,5\ V$$
$$U_G = 1,667\ V$$
$$U_F = U - U_{CF} = 3,333\ V$$

Rezystancja kostki jest w tej konfiguracji równa:

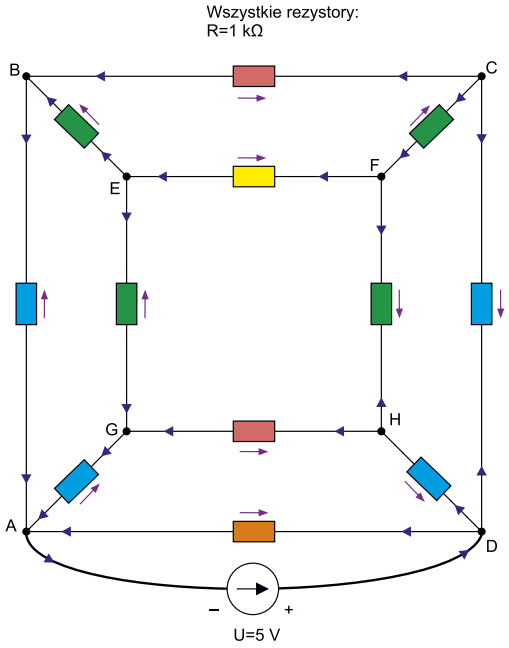
$$R_{II} = \frac{U}{I} = \frac{5}{6,667m} = 750\ \Omega$$

Symulacja kostki w wariancie połączeń nr II

Schemat kostki narysowany w edytorze symulatora pokazano na **rysunku 10**. Uruchamiamy symulację poleceniem .op i natychmiast zostają wyświetlone wyniki. Szybka ich analiza potwierdza prawidłowość obliczeń. Jest tylko małe „ale". W gałęziach, przez które miał nie płynąć prąd, symulator jednak coś wykrył. Obliczył, że popłynie prąd



Rysunek 10. Symulacja kostki w wariancie II



Rysunek 11. Analiza kostki w wariancie III

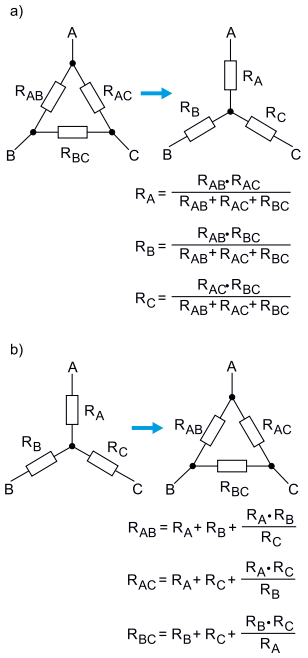
eprasa.pl 7fe4c01756

o natężeniu 0,000888 fA (femtoamperów), czyli $8{,}888 \cdot 10^{-19}$. Jest to oczywiście błąd obliczeniowy wynikający z zaokrągleń, którym nie należy się przejmować.

Kostka – wariant III

Tym razem kostkę przeanalizujemy inną metodą. W poprzedniej konieczna była intuicja i umiejętność wynajdywania pewnych własności układu. Metoda, którą zastosujemy teraz, jest stricte techniczna, trzeba tylko się pilnować, żeby nie popełnić jakiegoś błędu obliczeniowego.

Jak widać na rozrysowanym schemacie kostki (**rysunek 11**), występuje w niej sporo oczek i węzłów. Stosowanie na przykład metody oczkowej prowadziłoby do konieczności rozwiązania dość złożonego układu równań z wieloma niewiadomymi. W zasadzie, w sytuacji gdy dostępne są różne programy komputerowe służące do takich obliczeń, nie jest to wielka trudność, ale można ten problem rozwiązać względnie łatwo inaczej. Do obliczeń zastosujemy metodę przekształceń obwodów trójkąt w gwiazdę i gwiazda w trójkąt.



Rysunek 12. Wzory używane w przekształceniach trójkąt → gwiazda i gwiazda → tójkąt

Oba przypadki pokazano na **rysunku 12.** Na rysunku 12a mamy połączenie w układzie trójkąta, które przekształcimy w gwiazdę. Przekształcony obwód jest pod względem elektrycznym dokładnym odpowiednikiem konfiguracji pierwotnej, tzn. w węzłach A, B i C obu obwodów występują takie same napięcia. Również prądy wpływające do nich są identyczne. Na rysunku 12b mamy sytuację odwrotną, tzn. obwód w konfiguracji gwiazdy przekształcamy w trójkąt. Potrzebne do tego wzory podano na rysunku 12b. Wzory przyjmujemy na wiarę. Ich wyprowadzenie, chociaż nie jest trudne, wykracza poza temat artykułu.

Naszą kostkę będziemy w kolejnych krokach zwijać, aż do uzyskania jednego rezystora, który pozwoli obliczyć prąd pobierany ze źródła i rezystancję kostki. Dla uproszczenia obliczeń zakładamy, że wszystkie rezystory mają rezystancję 1 Ω. Kolejne etapy zwijania przedstawiono na **rysunku 13**. Przyjmiemy konwencję taką, że elementy brane do przekształcenia w danym kroku są zaznaczane na czerwono, a zieloną linią zaznaczamy konfigurację po przekształceniu w tym kroku. Na następnym rysunku przekształcone elementy są już rysowane normalnie. Tym razem obliczenia nie będą zamieszczane w tekście, a wyniki są podane bezpośrednio na rysunku. W kroku 3. rezystory są zaznaczone kolorem niebieskim, gdyż obliczana jest tylko rezystancja zastępcza dwóch rezystorów połączonych równolegle. We wszystkich krokach wykonujemy obliczenia na ułamkach całkowitych, czego niestety nie potrafi LTspice. Miejmy nadzieję, że w końcowym wyniku nie wystąpią znowu jakieś femtoampery.

Dodatkowym uproszczeniem będzie pominięcie dolnego rezystora, który jest dołączony bezpośrednio do źródła zasilającego. Uwzględnimy go dopiero w ostatnim kroku obliczeń. To chyba wszystkie uwagi dotyczące obliczeń, przenosimy więc wzrok na rysunek 13.

W kroku 11. otrzymaliśmy oporność zastępczą kostki, ale bez dolnego rezystora, który dorysowujemy w kroku 12. Ostatecznie pełna kostka widziana od strony zasilania ma rezystancję R_{III}=7/12=0,583 kΩ.

Zastosowana metoda pozwoliła obliczyć rezystancję widzianą w wybranych dwóch punktach, w tym przypadku od strony zasilania. Aby policzyć prądy i napięcia w innych punktach należałoby przeprowadzić podobny tok obliczeniowy, tak aby zakończyć rozważania na tych właśnie punktach. Okazuje się, że wówczas jest to jednak metoda dość uciążliwa. Popatrzmy jeszcze raz na rozrysowaną kostkę z rysunku 11. Prąd płynący z zasilania na drodze DHGA i na drodze DCBA wytwarza spadki napięć na takiej samej liczbie rezystorów, zatem prądy płynące w gałęziach DH i DC muszą być równe. Oznacza to, że prąd płynący ze źródła pomniejszony o prąd gałęzi DA dzieli się na dwie równe części. Obliczamy:

$$I = \frac{U}{R_{III}} = \frac{5}{\frac{7k}{12}} = 8{,}570\ mA$$

Przez rezystor gałęzi DA płynie prąd 5/5k=5 mA, więc prąd

$$I_B = \frac{1}{2} \cdot \left(I - I_{DA}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{5}{\frac{7k}{12}} - 5m\right) = 1{,}786\ mA$$

Mając prąd I_B, łatwo możemy policzyć prąd I_R płynący przez czerwony rezystor. Korzystamy z równania opisującego spadki napięć w gałęzi ABCD:

$$I_B R + I_R R + I_B R = U$$

$$2 I_B R + I_R R = U$$

$$I_R = \frac{U}{R} - 2 I_B = \frac{5}{1k} - 2 \cdot 1{,}786m = 1{,}428\ mA$$

Z rozpływu prądu np. w węźle C mamy:

$$I_B = I_R + I_G$$

Prąd I_G, jest więc równy:

$$I_G = I_B - I_R = 1{,}786m - 1{,}428m = 0{,}358\ mA$$

Mając prąd I_G można obliczyć ostatni prąd I_Y. Jest on równy:

$$I_Y = 2 I_G = 0{,}716\ mA$$

Pozostał już ostatni etap – obliczenie napięć węzłowych.

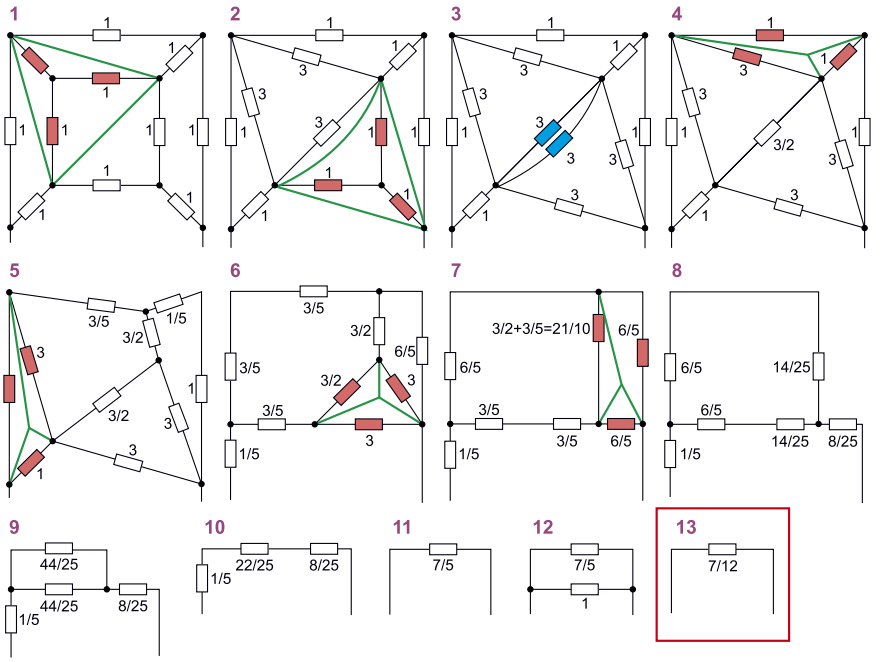
$$U_B = U_G = I_B R = 1{,}786m \cdot 1k = 1{,}786\ V$$

$$U_C = U_H = U - I_B R = 5 - 1{,}786m \cdot 1k = 3{,}214\ V$$

$$U_F = U_H - I_G R = 3{,}214 - 0{,}358m \cdot 1k = 2{,}856\ V$$

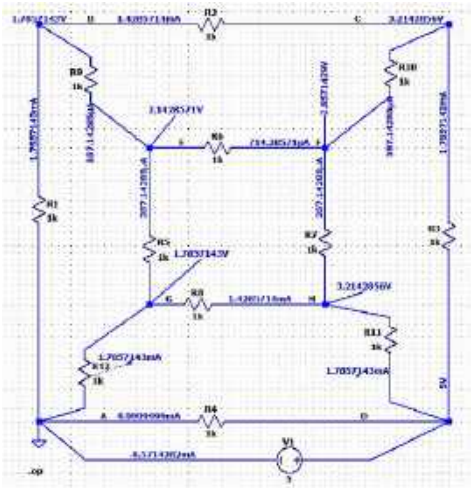
$$U_E = U_G + I_G R = 1{,}786 + 0{,}358m \cdot 1k = 2{,}144\ V$$

Mamy komplet wyników. Napięcia międzywęzłowe można obliczyć z odpowiednich różnic napięć węzłowych. Pozostało jeszcze obliczenie rezystancji:



Rysunek 13. Kolejne fazy zwijania kostki

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 14. Symulacja kostki w wariancie III

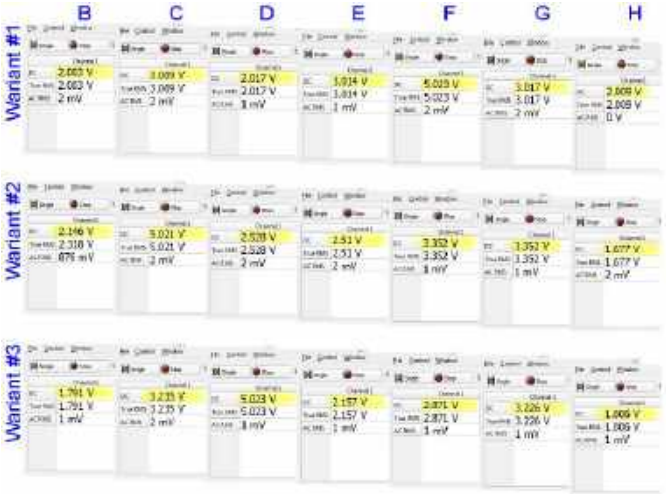
$$R_{III} = \frac{U}{I} = \frac{5}{8,57} m = 583\ \Omega$$

Symulacja kostki w wariancie połączeń nr III

Schemat kostki wraz z wynikami symulacji .op pokazano na **rysunku 14**. Wyniki zgadzają się z inżynierską dokładnością, można więc z czystym sumieniem uznać, że obliczenia zostały wykonane prawidłowo. Pozostaje weryfikacja praktyczna.

Pomiary kostki

Do pomiarów w zasadzie wystarczyłby zwykły woltomierz, ponieważ jednak zawsze w części praktycznej używaliśmy zestawu Analog Discovery 2, również i teraz z niego skorzystamy. Pomiar wykonujemy za pomocą narzędzia Voltmeter, używając 1. kanału. Kostkę zasilamy zasilaczem zestawu, ustawiając w nim napięcie 5 V. Mierzymy tylko napięcia węzłowe, masa miernika i masa zasilacza są wewnętrznie połączone w przyrządzie. Do kostki wystarczy więc dopiąć się jednym kabelkiem masowym. Dla wygody końcówki kabelków mogą być dołączone do krokodylków, którymi łatwo będzie przepinać się między kolejnymi punktami pomiarowymi. Wyniki wszystkich pomiarów pokazano na **rysunku 15**. Z dokładnością do błędów pomiarowych zgadzają się one z obliczeniami i symulacją.



Rysunek 15. Wyniki pomiarów napięć węzłowych kostki we wszystkich wariantach konfiguracji

Jarosław Doliński, EP

KONKURS

Wygraj zestaw deweloperski Microchip SAM IoT WG Development Board

Firma Microchip organizuje konkurs dla czytelników „Elektroniki Praktycznej", w ramach którego można wygrać płytkę deweloperską SAM-IoT WG Development Board. Bazuje ona na mikrokontrolerze SAMD21G18, wyposażonym w 32-bitowy rdzeń Cortex-M0+. Ponadto zawiera układ scalony ATECC608A CrypthoAuthentication, odpowiadający za realizację funkcji bezpieczeństwa. Warto też wspomnieć o w pełni certyfikowanym kontrolerze sieci Wi-Fi – ATWINC1510. Na płytce znajdują się również dwa czujniki: światła (model TEMT6000) i precyzyjny czujnik temperatury (model MCP9808). Dzięki tym podzespołom płytka umożliwia błyskawiczne i łatwe połączenie tworzonej aplikacji z platformą Google Cloud IoT Core.

Wbudowany debugger pozwala na programowanie i debugowanie mikrokontrolera, bez potrzeby stosowania jakiegokolwiek dodatkowego sprzętu. Złącze mikroBUS pozwala na wykorzystanie dowolnych płytek MikroElektronika Click. Z tych względów świetnie nadaje się do prototypowania rozwiązań IoT. Dostarczany na płytce mikrokontroler jest wstępnie zaprogramowany, by móc szybko podłączyć się do platformy Google Cloud. Własny kod programu można łatwo przygotowywać z użyciem bezpłatnych bibliotek i programu MPLAB Harmony v3. Płytka jest obsługiwana przez pakiet MPLAB X IDE.

Aby wziąć udział w konkursie, wystarczy zarejestrować się na stronie https://bit.ly/395YV4V. Wszyscy uczestnicy konkursu otrzymają również 20-procentowy bon zniżkowy firmy Microchip, uprawniający zarazem do bezpłatnej wysyłki produktu.

eprasa.pl 7fe4c01756

koktajl
niusów

Zwycięstwo polskich młodych naukowców w hackathonie FPGA!

W dniach 20...22 listopada odbyła się konferencja i zawody pod hasłem „Hack into Mars – FPGA Hackathon & Conference 2020" zorganizowane przez firmy Intel i Nokia. Pierwsze miejsce w zawodach zajął Zespół Zakładu Techniki Cyfrowej Instytutu Systemów Łączności Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie, o nazwie ZTC WAT, pokonując 27 grup z całego świata, w szczególności amerykańską EEWizards (trzecie miejsce) i rosyjską Metrotek (drugie miejsce). Do sukcesu przyczynili się: dr inż. Paweł Kwiatkowski, dr inż. Paweł Dąbal i mgr inż. Jakub Tyburski – młodzi naukowcy z przytoczonego zakładu.

Zadanie konkursowe było czysto telekomunikacyjne, wymagało opracowania układu modulatora i demodulatora gwarantującego możliwie najwierniejszą transmisję jak największej liczby losowo generowanych informacji w torze sprzętowego kodeka audio o częstotliwości próbkowania 48 kHz. Rozwiązanie należało wykonać z zastosowaniem języków opisu sprzętu, dla implementacji w układach FPGA rodziny Cyclone V firmy Intel (dawniej Altera). Pierwotnie wydarzenie miało się odbyć w Krakowie, ale z powodu pandemii Covid-19 przyjęto formę zdalną. Organizatorzy zapewnili dostęp do wspomnianej rodziny układów na odległość w oparciu na maszynach wirtualnych z zainstalowanym oprogramowaniem wiodących firm skupionych wokół technologii układów programowalnych. Ponadto przygotowali platformę Discord do komunikacji tekstowej oraz głosowej, zarówno z nimi, jak i między członkami zespołu.

Był to pierwszy turniej skupiony na tematyce układów FPGA, przygotowany na tak szeroką skalę. Jego celem była popularyzacja najnowocześniejszych technik i rozwiązań elektroniki cyfrowej, jak również wymiana doświadczeń i podniesienie kwalifikacji z zakresu programowalnych układów logicznych. Cele te osiągnięto przy jednoczesnej integracji środowiska naukowego i świata biznesu.

Gratulujemy młodym naukowcom i życzymy dalszych sukcesów, szczególnie w pracy z układami FPGA. Dla Was, drodzy Czytelnicy, niech to będzie motywacja do rozwoju w dziedzinie elektroniki cyfrowej.

źródło: https://bit.ly/2VRmC9r

eprasa.pl 7fe4c01756

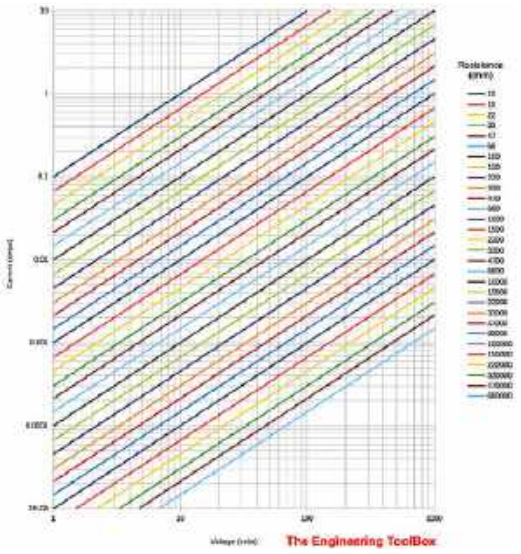
Kiedy do Polski zawitała kolorowa telewizja?

Od kiedy trwa emisja programów telewizyjnych w kolorze, w naszym kraju? Dokładnie od 16 marca 1971 roku, kiedy to w Programie Pierwszym Telewizji Polskiej (TVP) nadano monodram (a dokładniej jego telewizyjną adaptację) autorstwa Antona (Antoniego) Pawłowicza Czechowa (ros. АНТОН ПАВЛОВИЧ ЧЕХОВ) pt. „O szkodliwości palenia tytoniu" (ros. „О ВРЕДЕ ТАБАКА"). Niestety nie zachowały się ujęcia tego monodramu. Jednak 22 lipca tego samego roku odbyła się jego oficjalna premiera w Teatrze Telewizji, trwająca 18 minut, której kadry przetrwały do dzisiaj. Jeden z nich został pokazany na rysunku.

Był to standard telewizji analogowej SECAM preferowany przez ZSRR, a przez to (poza dwoma wyjątkami) przez blok wschodni, w tym przez nas. Dodajmy, że rzeczony kolor pojawił się niespełna 3 miesiące od dojścia do władzy Edwarda Gierka preferującego otwarcie na Zachód, inaczej niż jego poprzednik stroniący od nowoczesności. Tempo wręcz ekspresowe, jednak nieimponujące względem Stanów Zjednoczonych, w których pierwszy kolorowy program telewizyjny wyemitowano 25 czerwca 1951 roku (była to pierwsza taka emisja na świecie). Bardziej właściwe jest porównanie z Europą Zachodnią, w której telewizja kolorowa pojawiła się dopiero w 1967 roku.

Warto także wspomnieć o pierwszych, wyemitowanych w kolorze obradach Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej z 6 grudnia 1971 roku, które tak przyćmiły wspomniany monodram, że są błędnie uważane za pierwszy polski kolorowy program telewizyjny. Taka była moc ówczesnej propagandy.

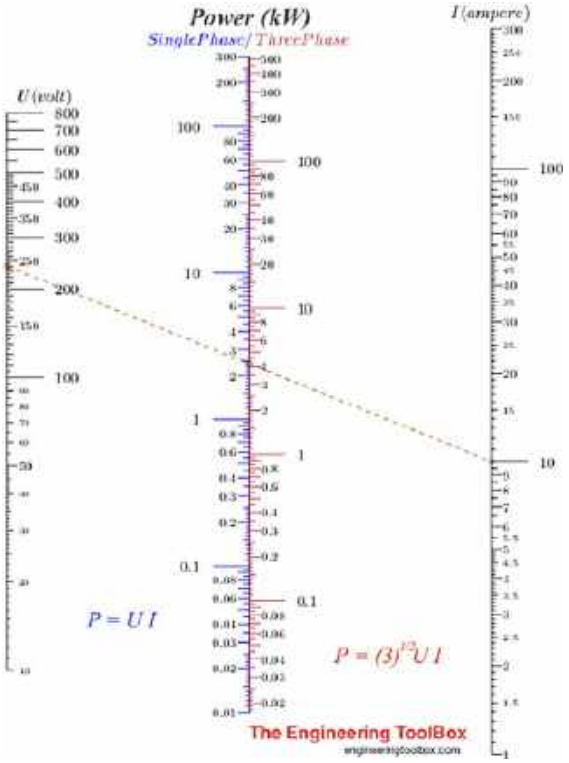
źródło: https://bit.ly/3gEnFTP



Prawo Ohma z innej perspektywy

Przykładowa rodzina charakterystyk prądowo-napięciowych w logarytmicznych osiach X i Y wyraża prawo Ohma dobitniej, niż sama charakterystyka, nieważne, na jakich osiach. Przykład pokazano na rysunku – prawda, że teraz lepiej widać zależność opisywaną przez wspomniane prawo? Im większe napięcie oraz mniejsze natężenie prądu, tym większa rezystancja, i na odwrót. Jest to oczywiste, ale wzór matematyczny i charakterystyka nigdy nie będą jednoznacznym obrazem wielkości tworzonej przez dwie inne. Szerokie zobrazowanie zagadnienia pozwala dostrzec wiele aspektów jednej rzeczy naraz i pokazany rysunek z pewnością ten wymóg spełnia.

źródło: https://bit.ly/2IszxLJ



Jak wyznaczyć moc elektryczną bez liczenia?

Można do tego użyć monogramu, takiego jak na rysunku. Jest to układ trzech równoległych osi, z których dwie skrajne dotyczą wartości wielkości definiujących wielkość wyznaczaną, a wynik prezentowany jest na osi środkowej. Oś środkowa może reprezentować dwie różne wielkości wyznaczane, tak jak na rysunku (dwie podziałki na osi środkowej). Ustalenie wyniku odbywa się przez poprowadzenie odcinka o początku na jednej skrajnej osi i końcu na drugiej. Wszystkie podziałki na osiach są wyskalowane tak, by spełniać wzory umieszczone na dole nomogramu. Wynik jest odzwierciedlany przez punkt przecięcia na osi środkowej i przypisane do niego wartości podziałek.

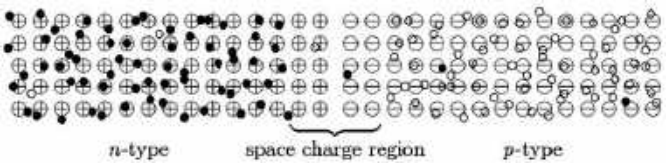
Przykład z rysunku – odcinek o linii przerywanej jest zaczepiony w zadanej wartości napięcia i w zadanej wartości natężenia prądu. Punkt przecięcia osi środkowej określa konkretną wartość mocy elektrycznej pobieranej w układzie jednofazowym (kolor niebieski) i trójfazowym (kolor fioletowy).

Sposób jest łatwy i przejrzysty, doskonały dla tych, którym liczby sprawiają problemy, a wymaga jedynie zadrukowanej kartki A4. Za odcinek może posłużyć linijka i wtedy nie trzeba nic rysować. Zresztą jest to niewskazane, ponieważ można w ten sposób nomogram zarysować i w efekcie stanie się nieprecyzyjny i nieczytelny. Dla osób starszych to nic nowego, ale dla młodych jak najbardziej. Tym sposobem można także wyznaczać, m.in. rezystancję czy długość fali radiowej. Polecamy odnaleźć nomogramy z nimi związane.

Zamiast dwóch podziałek skrajnych mogą występować trzy lub cztery, tzn. albo dwie po jednej stronie nomogramu i trzecia po drugiej, albo po dwie na każdą jego stronę, przez co możliwości wyznaczania wielkości szukanej/szukanych jest jeszcze więcej.

źródło https://bit.ly/39Ucyok

eprasa.pl 7fe4c01756



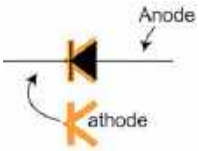
Warstwa zaporowa złącza PN

Dziury i elektrony są nośnikami półprzewodników P i N, mogą w nich rekombinować, tworząc jony dodatnie i ujemne, których zbiór tworzy warstwę zaporową. Jednak jest to interpretacja wyidealizowana, ponieważ sugeruje zerową liczbę nośników pośrodku wskazanego złącza, a więc skokową zmianę ich koncentracji na granicach warstwy. W rzeczywistości pojedyncze nośniki zawsze się tam znajdują, co pokazano na rysunku (space charge region – warstwa zaporowa).

Zmiana koncentracji ładunków jest stopniowa, ale taki model złącza PN jest rzadko prezentowany. Na koniec, inne nazwy warstwy zaporowej to: obszar zubożony lub obszar ładunku przestrzennego. Warto je także znać.

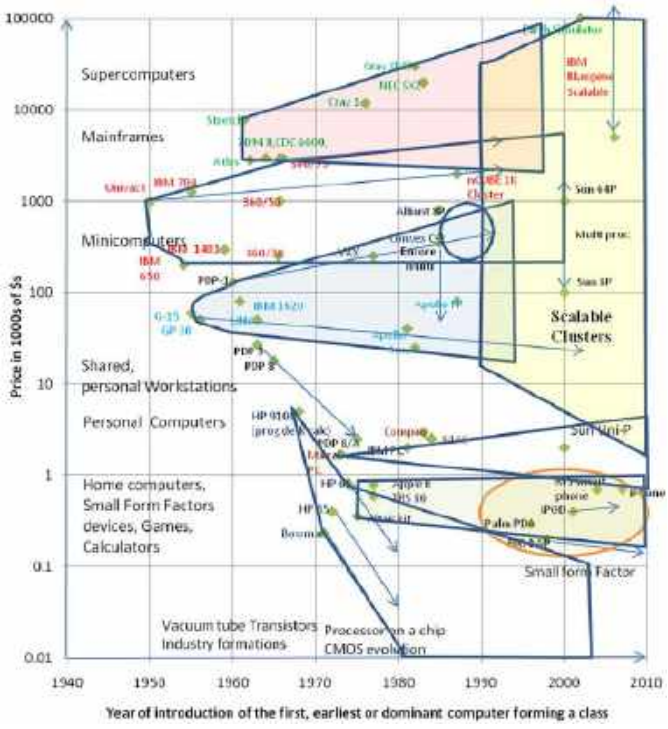
źródło: https://fla.st/33XOY6l

Nieprzypadkowy symbol diody półprzewodnikowej



Na rysunku pokazano symbol diody rozłożony na czarny trójkąt i pomarańczową literę K. Pierwsze symbolizuje literę A, jak anoda, drugie nawiązuje do katody. Ponadto, pierwsze to grot strzałki określający elektrodę „wejściową" diody, natomiast drugie to ostrze tego grotu, wskazujące elektrodę „wyjściową". Taki symbol doskonale oddaje istotę diody – jednokierunkowe przewodzenie prądu, oraz podpowiada nazwy elektrod.

źródło: https://bit.ly/2Iuothb



Ceny komputerów w czasie

Na rysunku, który obejmuje lata 1940...2010, zaznaczono wiele klas komputerów, począwszy od komputerów domowych (*home computers*), skończywszy na superkomputerach (*supercomputers*). Reszta to: komputery mainframe (*mainframes*), minikomputery (*minicomputers*), stacje robocze: współdzielone i osobiste (*shared, personal workstations*) oraz komputery osobiste (*personal computers*). Ich ceny są różne, ale największy spadek jest widoczny w przypadku komputerów domowych i osobistych. Ma tu znaczenie efekt skali – komputerów domowych i osobistych jest bardzo dużo i w konsekwencji zysk łatwiej wypracować niskimi cenami. Natomiast w przypadku superkomputerów ma miejsce wzrost cen, co wynika z postępu technologicznego zwiększającego ich stopień zaawansowania.

źródło: https://bit.ly/2K2A8Ey

Komputerowe prawo Bella

Prosimy nie mylić z:

- twierdzeniem (nierównością) Bella z mechaniki kwantowej, autorstwa północnoirlandzkiego fizyka Johna Stewarta Bella;
- prawem Bella–Magendiego dotyczącym neurofizjologii, którego współautor to szkocki neurolog sir Charles Bell;
- słynnym twórcą telefonu Aleksandrem Grahamem Bellem.

Czerwony akapit pokazany na rysunku w tłumaczeniu brzmi tak: „W przybliżeniu co dekadę pojawia się nowa generacja komputerów – tańsza, z nową platformą programistyczną, siecią i interfejsem, o nowym zastosowaniu, warunkująca powstanie przemysłu nowego rodzaju". Natomiast wersja skrócona (napis granatowy), obecnie

REKLAMA

eprasa.pl 7fe4c01756

stosowana to: „Średnio co dekadę pojawia się nowa generacja (rodzina) komputerów”.

Prawo sformułował amerykański inżynier Chester Gordon Bell (https://bit.ly/33UYpn2) w 1972 roku. Od tamtej pory jest ono wciąż aktualne, zachęcamy do zapoznania się z rysunkiem.

źródło: https://bit.ly/33UAJPD

Pierwsza lutownica transformatorowa na świecie

Na fotografii został pokazany prototyp takiej lutownicy, jej konstruktorem jest amerykański reperator odbiorników radiowych Carl E. Weller. Datę powstania urządzenia szacuje się na nie później niż 1941 rok i jest to jeden z 275 egzemplarzy tego wynalazku. Obudowa jest drewniana, brakuje danych technicznych, pewne jest tylko napięcie zasilania sieciowego 120 V i częstotliwość tego napięcia 60 Hz. Niewiele się różni od modeli współczesnych. Choć nie ma osłony, to na własne potrzeby jest wystarczający. Zresztą nie planowano jego sprzedaży. Po więcej zdjęć prototypu odsyłamy na stronę: https://bit.ly/37L8XpY, zawierającą również zdjęcia innych „dawnych” lutownic transformatorowych (szczególnie z lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku). Zapraszamy do jej odwiedzenia.

źródło: https://bit.ly/3oBfRVC

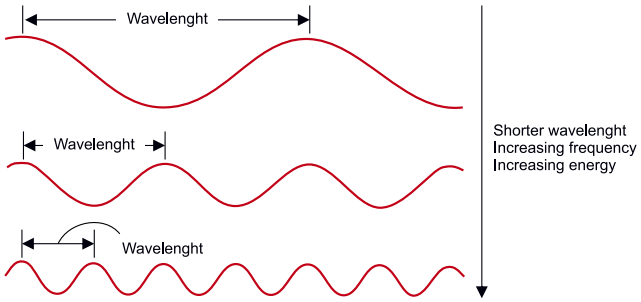
Address Class	First Octet Range	Number of Possible Networks	Number of Hosts Per Network
Class A	0 to 126	127 (2 are reserved)	16,777,214
Class B	128 to 191	16,384	65,534
Class C	192 to 223	2,097,152	254

Łączna liczba urządzeń sieciowych (hostów) dla klasy A, B i C adresów protokołu IP wersji 4 (IPv4) to...

Wynik obliczamy ze wzoru 2^n–2, gdzie n to liczba bitów części identyfikujących te urządzenia (są to ich identyfikatory) we wspomnianych adresach, zależna od przytoczonych klas (24 dla klasy A, 16 dla klasy B oraz 8 dla klasy C).

Dlaczego nie 2^n? Z rozważań wypada najniższa i najwyższa wartość binarna przytoczonych części. Pierwsza to ciąg zer, natomiast druga to ciąg jedynek. Zera to wyróżnik sieci z hostami jako całości, natomiast jedynki oznaczają wysyłkę pakietów do wszystkich urządzeń sieciowych tej sieci (komunikacja typu broadcast). Konwencję tą zapoczątkowało zalecenie RFC (Requests for Comments) numer 919 z października 1984 roku zwane „Broadcasting Internet Datagrams”, grupy roboczej IETF (Internet Engineering Task Force – Grupa zadaniowa ds. inżynierii internetowej), dostępne pod adresem: https://bit.ly/3oAsOPs. Rysunek stanowi podsumowanie rozważań.

źródło: https://bit.ly/3oEA8JB



Długość fali elektromagnetycznej

Należy pamiętać, że jest ona określana dla okresu tej fali, tak jak pokazano na rysunku. Ten szczegół jest zwykle zapominany prawdopodobnie dlatego, że okres fali jest założeniem dla wyznaczania jej długości, oraz dlatego, że długość fali jest skojarzona z jej częstotliwością. Warto o tym aspekcie przypomnieć, bez niego długość fali elektromagnetycznej będzie tylko matematyczną abstrakcją.

źródło: https://bit.ly/2VRp9jX

SHORT-CIRCUITING "ZERO-OHM LINKS" OR "JUMPERS"

Różne oblicza rezystancji 0 Ω rezystorów SMD

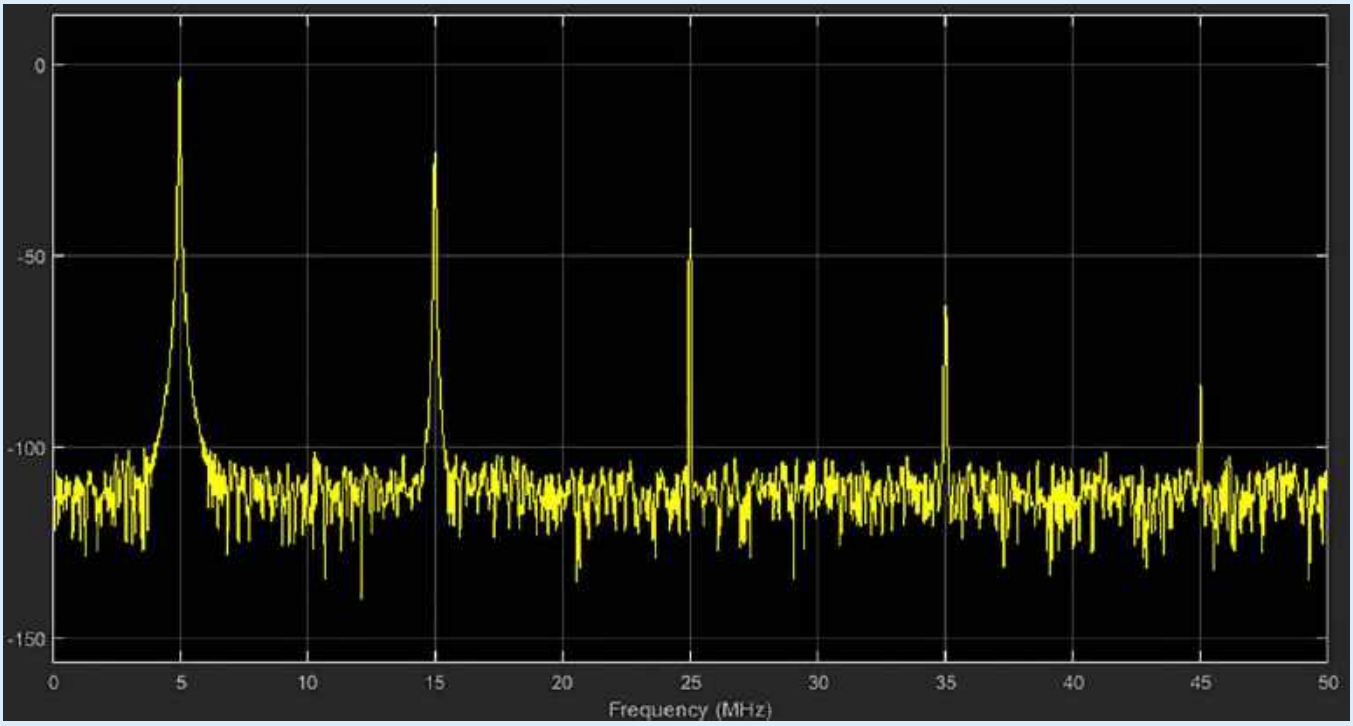
Oznaczenie rezystancji 0 Ω może mieć kilka wersji, zostały one pokazane na rysunku. Jaka jest między nimi różnica? Żadna, to kwestia praktyki producentów wspomnianych rezystorów. Ten, który potrzebuje oznaczeń czterocyfrowych, gdyż oferuje rezystory SMD o wielu różnych wartościach rezystancji, posługuje się czterema zerami. Inny przyjął zasadę usuwania nadmiarowych oznaczeń, więc nakazuje umieszczanie tylko jednego z nich na swoich wyrobach, itd.

Istotne jest to, że nie ma to nic wspólnego z precyzją, ta bowiem jest podana dopiero w dokumentacji. Jeżeli nie określono i nie ustandaryzowano jednego oznaczenia wartości rezystancji 0 omów dla rezystorów SMD, to nie może być inaczej.

źródło: https://bit.ly/33Vjqhk

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@wat.edu.pl

eprasa.pl 7fe4c01756



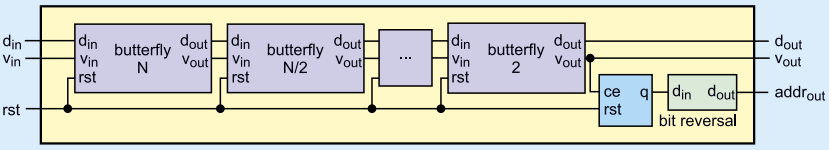
Eksperymenty z FPGA (14)

Dyskretna transformata Fouriera

Kontynuujemy nasze zmagania z FFT. W poprzedniej części cyklu ukończyliśmy algorytm i rozpoczęliśmy jego dostosowanie do implementacji w układzie FPGA. Teraz połączymy opracowane bloki w pełne FFT i w końcu przetestujemy nasz analizator widma.

FTP
WSZYSTKIE POPRZEDNIE ODCINKI KURSU SĄ DOSTĘPNE NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

Teraz połączmy kolejne motylki w pełne FFT. Jak pokazuje **rysunek 18**, jest to bardzo proste. Łączymy tu wejścia kolejnego modułu z wyjściami poprzedniego. Po kolei umieszczamy „motylki" rzędu N, N/2, aż do 2. Łącznie będzie ich $\log_2 N$. W naszym projekcie liczba bitów przypadających na wejście i wyjście jest taka sama. Dzięki temu nie musimy się martwić szerokością wektorów pomiędzy kolejnymi etapami obliczeń. Ponieważ w każdym kroku realizujemy dodatkowe dzielenie przez 2, końcowy wynik będzie podzielony przez $2^{\log 2N}$, czyli N.



Rysunek 18. Połączenie motylków w FFT

Na końcu widzimy jeszcze dodatkowy moduł licznika modulo N. Zlicza on, gdy na wyjściu FFT pojawi się poprawna dana. Jego wyjście q przechodzi przez blok odwracający kolejność bitów. W ten sposób powstaje trzecie wyjście naszego modułu, czyli adres próbki. Wejścia reset wszystkich modułów butterfly oraz licznika łączymy razem.

Implementacja FFT została pokazana na **listingu 7**. Przyjmuje on dwa, dobrze już nam znane parametry. N jest liczbą próbek, a K liczbą bitów przypadających na jedną liczbę. Następnie znajdziemy listę wejść i wyjść. Są one identyczne jak dla pojedynczego motylka, poza dodatkowym wyjściem `addr`, które przyjmuje wartości od 0 do N–1. Dlatego jego długość to `$clog2(N)`.

Dalej, w liniach 25…27, znajdziemy tablicę wektorów, której użyjemy do łączenia kolejnych komponentów. Główna część znajduje się w bloku generate (34…47). Dla przypomnienia, w układzie FPGA pętla `for` nie oznacza wykonania jej zawartości kilkukrotnie. Zamiast tego każde wywołanie pętli to umieszczenie kolejnego fragmentu sprzętu. Następnie znajdziemy instancję licznika generującego adres (linie 49…54). Aby otrzymać poprawny adres, musimy jeszcze odwrócić kolejność bitów. W języku SystemVerilog można to zrobić za pomocą instrukcji strumieniowej:

```
{<<{addr1}}
```

Niestety, nie jest ona już wspierana w programie Quartus w wersji 18. Dlatego zamiast niej użyta została kolejna pętla.

Na **listingu 8** został pokazany fragment testbenchu. W wierszach 35…45 generowane są dane wejściowe. Tablica `A` zawiera amplitudy, natomiast `a` fazy kolejnych częstotliwości bazowych. Wymuszenie jest zapisane w wektorach `in_re` i `in_im`. Ponieważ generowany sygnał jest czysto rzeczywisty, druga tablica zawiera same zera.

Kolejna część (52…70) odpowiada za wprowadzanie danych na wejście. Dzieje się to w pętli o długości 2N (wystarczyłoby tak naprawdę półtora). Przez pierwsze N kroków podawane są wygenerowane próbki, a później zera.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

Listing 7. Implementacja modułu FFT (13_fft/fft.sv)

```
10 module fft #(
11  parameter K = 8,
12  parameter N = 2,
13  parameter LOG_N = $clog2(N)
14 ) (
15  input wire clk,
16  input wire rst,
17  input wire signed [K-1:0]d_in_re,
18  input wire signed [K-1:0]d_in_im,
19  input wire valid_in,
20  output logic signed [K-1:0]d_out_re,
21  output logic signed [K-1:0]d_out_im,
22  output logic [LOG_N-1:0]addr,
23  output logic valid_out
24 );
25  logic signed [K-1:0]d_re[LOG_N:0];
26  logic signed [K-1:0]d_im[LOG_N:0];
27  logic valid[LOG_N:0];
28  logic [LOG_N-1:0]addr1;
29  30  assign d_re[0] = d_in_re;
31  assign d_im[0] = d_in_im;
32  assign valid[0] = valid_in;
33
34  genvar i;
35  generate
36      for (i = 0; i < LOG_N; i++) begin : BUTTERFLY
37          butterfly #(.K(K), .N(N / 2**i)) b (
38          .clk(clk),
39          .rst(rst),
40          .d_in_re(d_re[i]),
41          .d_in_im(d_im[i]),
42          .valid_in(valid[i]),
43          .d_out_re(d_re[i+1]),
44          .d_out_im(d_im[i+1]),
45          .valid_out(valid[i+1]));
46      end
47  endgenerate
48
49  counter #(.N(N)) addr_cnt (
50  .clk(clk),
51  .rst(rst),
52  .ce(valid[LOG_N]),
53  .q(addr1),
54  .ov());
55
56  assign d_out_re = d_re[LOG_N];
57  assign d_out_im = d_im[LOG_N];
58  generate
59      // assign addr = {<<{addr1}}; not supported
60      for (i = 0; i < $bits(addr); i++) begin : BIT_REV
61          assign addr[i] = addr1[$bits(addr) - i - 1];
62      end
63  endgenerate
64  assign valid_out = valid[LOG_N];
65
66 endmodule
```

Listing 8. Test dla modułu FFT (13_fft/fft_tb.sv)

```
035 initial begin
036     A[0] = 10; a[0] = 0;
037     A[1] = 40; a[1] = 0;
038     A[2] = 10; a[2] = 0;
039     A[3] = 25; a[3] = 0;
040     for (int i = 0; i < N; i++) begin
041         in_re[i] = 0; in_im[i] = 0;
042         for (int f = 0; f < N/2; f++)
043             in_re[i] += A[f] * $cos(2*pi*f*i/N+a[f]);
044         end
045 end
052 initial begin
053     valid_in = 1'b0;
054     rst = 1'b0;
055     #100ns @(negedge clk);
056     rst <= 1'b1;
057     for (int i = 0; i < 2*N; i++) begin
058         if (i < N) begin
059             d_in_re = in_re[i];
060             d_in_im = in_im[i];
061         end
062         valid_in = 1'b1;
063         @(posedge clk);
064         valid_in = 1'b0;
065         d_in_re = '0;
066         d_in_im = '0;
067         @(posedge clk);
068     end
069     valid_in = 1'b0;
070 end
071
072 fft #(.K(K), .N(N)) dut (
073 .clk(clk),
074 .rst(rst),
075 .d_in_re(d_in_re),
076 .d_in_im(d_in_im),
077 .valid_in(valid_in),
078 .d_out_re(d_out_re),
079 .d_out_im(d_out_im),
080 .addr(addr),
081 .valid_out(valid_out));
082
083 always_ff @(posedge clk) begin
084     if (valid_out) begin
085         out_re[addr] <= d_out_re;
086         out_im[addr] <= d_out_im;
087         i <= i + 1;
088     end
089     if (i == N) begin
090         rms = 0;
091         for (int i = 0; i < N; i++) begin
092             if (i == 0) begin
093             out_sim_re = A[0];
094             out_sim_im = 0;
095             end else if (i < N/2) begin
096             out_sim_re = A[i] * $cos(a[i]) / 2;
097             out_sim_im = A[i] * $sin(a[i]) / 2;
098             end else if (i == N/2) begin
099             out_sim_re = A[i] * $cos(a[i]);
100             out_sim_im = A[i] * $sin(a[i]);
101             end else begin
102             out_sim_re = A[N - i] * $cos(a[N - i]) / 2;
103             out_sim_im = A[N - i] * $sin(a[N - i]) / 2;
104             end
105             $display("s: %.2f+%.2fj h: %.2f+%.2fj",
106             out_sim_re, out_sim_im,
107             out_re[i], out_im[i]);
108             rms += (out_sim_re-out_re[i])**2 + (out_sim_im-
out_im[i])**2;
109         end
110         rms = $sqrt(rms/N);
111         $display("RMS of error is %.1f", rms);
112         $stop;
113     end
114 end
```

Dalej znajdziemy instancję testowanego modułu, po której następuje walidacja wyniku. Linie 84…88 odpowiadają za zapisanie danych wyjściowych w tablicy. Kiedy na wyjściu znajdzie się już wszystkie N próbek, rozpoczyna się ich porównywanie (91…109). Wartość oczekiwana i uzyskana są wypisywane w terminalu. Liczony jest także błąd średniokwadratowy pomiędzy nimi. Po sprawdzeniu wszystkich próbek symulacja kończy się. Symulację możemy uruchomić, wywołując w programie ModelSim komendę:

```
do fft_sim.do
```

Rezultat będzie podobny do tego z **rysunku 19**. W pierwszych dwóch liniach widzimy sygnał zegarowy i reset. Dalej znajdują się dane wejściowe: część rzeczywista, urojona (na stałe równa 0) oraz sygnał `valid`. Potem znajdziemy tablicę wektorów, łączącą poszczególne motylki. Ponieważ jest ona dość duża, została zwinięta. Zachęcam Czytelnika do samodzielnego uruchomienia symulacji i przyjrzenia się jej. Na samym końcu widoczne są sygnały wyjściowe: valid, adres oraz dane. Poszczególne bloki sygnałów zostały rozdzielone separatorem i dodane w pliku *13_fft/fft_sim.do* za pomocą polecenia:

```
add wave -divider tekst
```

Poza przebiegami, symulacja zwraca także porównanie wartości oczekiwanej i uzyskanej, co widać na **listingu 9**. Uzyskane błędy są konsekwencją kwantyzacji oraz zaokrągleń. Widzimy, że poszczególne wartości (zarówno dla części rzeczywistej, jak i urojonej) nie różnią się bardziej niż ±1. Uzyskany błąd średniokwadratowy to 0,9.

Rysunek 19. Wynik symulacji modułu FFT

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

```
Listing 9. Porównanie wartości oczekiwanych i otrzymanych
z modułu FFT

# s: 10.00+0.00j h: 9.00+0.00j
# s: 20.00+0.00j h: 19.00+-1.00j
# s: 5.00+0.00j h: 4.00+-1.00j
# s: 12.50+0.00j h: 12.00+-1.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+-1.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+-1.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+-1.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+-1.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: -1.00+0.00j
# s: 0.00+0.00j h: 0.00+0.00j
# s: 12.50+0.00j h: 12.00+0.00j
# s: 5.00+0.00j h: 4.00+0.00j
# s: 20.00+0.00j h: 19.00+0.00j
# RMS of error is 0.9
```

Moduł liczby zespolonej

Dla poszczególnych częstotliwości moduł uzyskanego wyniku odpowiada amplitudzie, a kąt – fazie. Jednak gdy będziemy badać sygnał z mikrofonu, trudno będzie uzyskać synchronizację fazy. Skupmy się więc na samej amplitudzie. Musimy obliczyć moduły kolejnych wyników. Najprostszym rozwiązaniem byłoby skorzystanie bezpośrednio z definicji:

$$A = |a + jb| = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad (23)$$

Jednak to podejście wymaga wykonania dwóch mnożeń, sumy oraz pierwiastkowania. Mnożenia są operacją kosztowną, lecz już wiemy, jak możemy je zrealizować. Znacznie trudniejszy jest jednak pierwiastek. Można pokusić się o skorzystanie z któregoś z dostępnych algorytmów, aproksymować go wielomianem albo stablicować, podobnie jak funkcję sinus i cosinus. Wymyślono jednak znacznie prostsze podejście obliczania modułu. Jest to tak zwany algorytm „alfa max beta min" [2] i aproksymuje wynik za pomocą równania:

$$A' = \alpha \max(|a|,|b|) + \beta \min(|a|,|b|) \qquad (24)$$

Pierwszym krokiem jest więc obliczenie modułów części rzeczywistej i urojonej. Następnie większy z nich mnożymy razy współczynnik alfa, a mniejszy razy beta. Uzyskane iloczyny sumujemy i traktujemy je jako moduł. Zmieniając wartości współczynników, zmieniamy precyzję oraz trudność implementacji. Zanim jednak do niej przejdziemy, sprawdźmy, jakiej dokładności możemy się spodziewać.

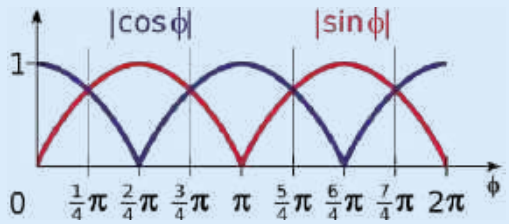
Jak pamiętamy, dowolną liczbę zespoloną możemy przedstawić także w postaci wykładniczej:

$$Ae^{j\phi} = A(\cos\phi + j\sin\phi) \qquad (25)$$

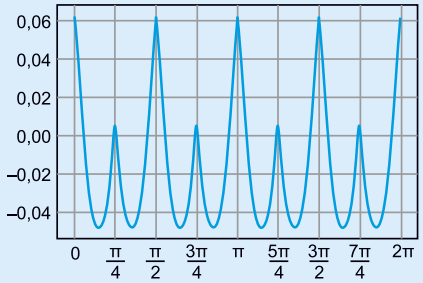
Wtedy obliczenie jej modułu jest bardzo proste:

$$\left|Ae^{j\phi}\right| = A \qquad (26)$$

Podstawmy teraz postać (25) do wzoru (24):



Rysunek 20. Funkcje |sin| i |cos|



Rysunek 21. Błąd względny przy obliczaniu modułu

$$A' = \alpha \max(|\cos\phi|,|\sin\phi|) + \beta \min(|\cos\phi|,|\sin\phi|) \qquad (27)$$

Musimy teraz ustalić, dla jakich kątów który współczynnik jest większy, a który mniejszy. Wykres interesujących nas funkcji pokazuje **rysunek 20**.

Korzystając z niego możemy w łatwy sposób rozbić nasz wzór na dwa przypadki:

$$A' = \begin{cases} A(\alpha|\cos\phi| + \beta|\sin\phi|) & \phi \in \left(0,\frac{\pi}{4}\right), \left(\frac{3\pi}{4},\frac{5\pi}{4}\right), \left(\frac{7\pi}{4},2\pi\right) \\ A(\alpha|\sin\phi| + \beta|\cos\phi|) & \phi \in \left(\frac{\pi}{4},\frac{3\pi}{4}\right), \left(\frac{5\pi}{4},\frac{7\pi}{4}\right) \end{cases} \qquad (28)$$

Teraz możemy już obliczyć względny błąd naszej aproksymacji:

$$\frac{Err}{A} = \frac{(A - A')}{A} = \begin{cases} 1 - (\alpha|\cos\phi| + \beta|\sin\phi|) & \phi \in \left(0,\frac{\pi}{4}\right), \left(\frac{3\pi}{4},\frac{5\pi}{4}\right), \left(\frac{7\pi}{4},2\pi\right) \\ 1 - (\alpha|\sin\phi| + \beta|\cos\phi|) & \phi \in \left(\frac{\pi}{4},\frac{3\pi}{4}\right), \left(\frac{5\pi}{4},\frac{7\pi}{4}\right) \end{cases} \qquad (29)$$

Widzimy, że nie zależy on od amplitudy sygnału. Zmienia się jedynie z fazą. W naszej implementacji przyjmiemy współczynniki:

$$\alpha = \frac{30}{32} \quad \beta = \frac{15}{32}$$

Wartość błędu w zależności od kąta pokazuje **rysunek 21**. Widzimy, że uzyskany wynik będzie miał błąd około ±6%. Nie jest to zły wynik, biorąc pod uwagę prostotę algorytmu.

Na **rysunku 22** pokazano implementację. Wejścia a i b to odpowiednio część rzeczywista i urojona, które trafiają na blok ABS, obliczający jej wartość bezwzględną. Możemy go podzielić na dwa etapy. W pierwszym realizujemy obliczenia i wyliczamy obie możliwe opcje. W tym przypadku są to: a i –a. Musimy także rozstrzygnąć, która z nich jest poprawna. W przypadku modułu decydujący jest znak. Można go łatwo sprawdzić, ponieważ w kodzie uzupełnienia do dwóch decyduje o nim najstarszy bit (MSB). Kiedy jest równy 1, mamy do czynienia z liczbą ujemną, a jeśli 0 – z dodatnią. Teraz na podstawie obliczonego już warunku multiplekser wybierze, którą wersję powinien przepuścić na wyjście. Wartości modułów są zatrzaskiwanie w rejestrach.

Aby zrozumieć kolejną część obliczeń, musimy zauważyć, że możemy wyciągnąć współczynnik α za nawias:

$$A' = \frac{30}{32}\max(|a|,|b|) + \frac{15}{32}\min(|a|,|b|) = \left(\max(|a|,|b|) + \frac{1}{2}\min(|a|,|b|)\right)\frac{15}{16} \qquad (30)$$

Otrzymujemy dwie możliwe wartości wyrażenia w nawiasie: $|a| + 0.5|b|$ albo $0.5|a| + |b|$. Przy okazji oba z nich są łatwe do obliczenia: wystarczy nam przesunięcie bitowe oraz suma. Musimy jeszcze zbadać, która wartość jest większa. Zastosujemy tu bardzo proste przekształcenie:

$$|a| \geq |b|$$
$$|a| - |b| \geq 0$$

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

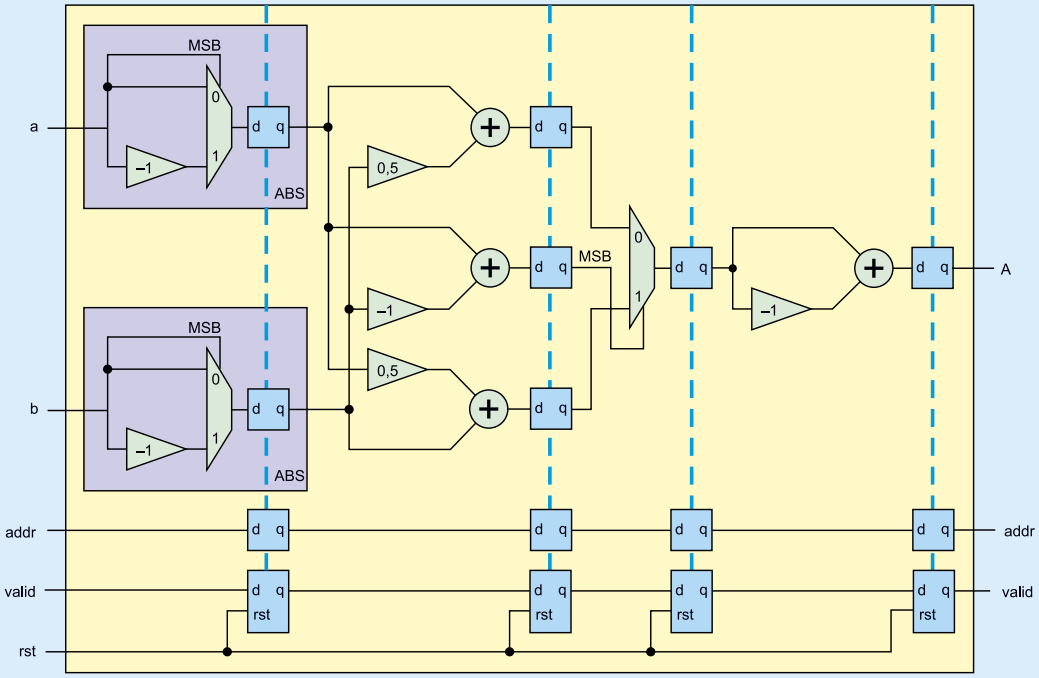
eprasa.pl 7fe4c01756

W ten sposób sprowadziliśmy porównanie dwóch liczb do porównania różnicy do zera. A porównanie do zera sprowadza się do sprawdzenia znaku. A to już umiemy zrobić. Możemy teraz wrócić do rysunku 22. W drugim takcie zegara zatrzaskujemy w rejestrach trzy wartości: $|a|+0.5|b|$, $0.5|a|+|b|$ oraz bit znaku różnicy $|a|-|b|$. W kolejnym kroku dopiero podejmujemy decyzję, który z możliwych wyników cząstkowych zostanie przepisany na wyjście.

Na sam koniec zostanie mnożenie przez $\frac{15}{16}$. Tutaj jednak skorzystaliśmy z kolejnego „triku”:

$$\frac{15}{16}x = x - \frac{1}{16}x \qquad (31)$$

W ten sposób otrzymujemy proste dzielenie przez potęgę 2, które sprowadzi się do przesunięcia bitów, oraz odejmowanie.



Rysunek 22. Schemat blokowy obliczania modułu

Moduł ma jeszcze trzy dodatkowe wejścia i dwa wyjścia. Są to wejście i wyjście sygnałów `valid` i `addr`. Są one opóźniane o cztery takty zegara, dzięki czemu dane płyną razem z sygnałami kontrolnymi. Jak zwykle resetowany jest jedynie sygnał valid. Implementację pokazuje **listing 10**. Moduł przyjmuje dwa parametry. K to liczba bitów przypadająca na reprezentację liczb, a N to liczba bitów adresu. Następnie w liniach 14…23 znajdziemy wejścia i wyjścia.

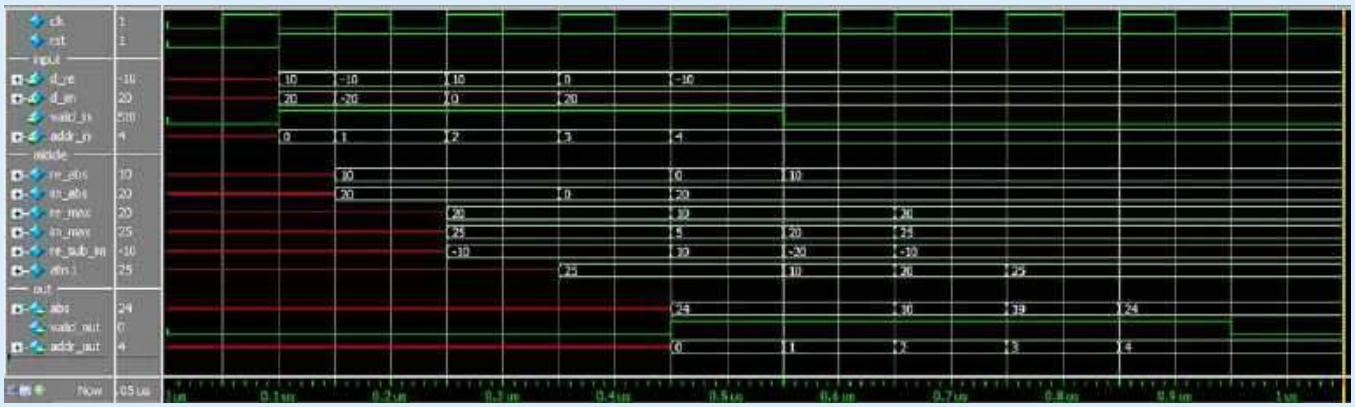
Pierwszy blok `always_ff` realizuje obliczanie modułu części rzeczywistej i ułamkowej. Dzięki zastosowaniu operatora `?:`, implementacja całej funkcji mieści się w pojedynczej linii. Drugi blok (37…41) oblicza oba warianty nawiasu z równania (30). Następnie w wierszach 43…44 zrealizowany jest multiplekser, wybierający jedną z dwóch obliczonych wartości. Ostatni blok (46…47) to mnożenie przez $\frac{15}{16}$.

Na samym końcu znajdziemy jeszcze dwie instancje linii opóźniającej. Pierwsza z nich, z resetem, obsługuje sygnał `valid`, a druga (bez resetu) adres.

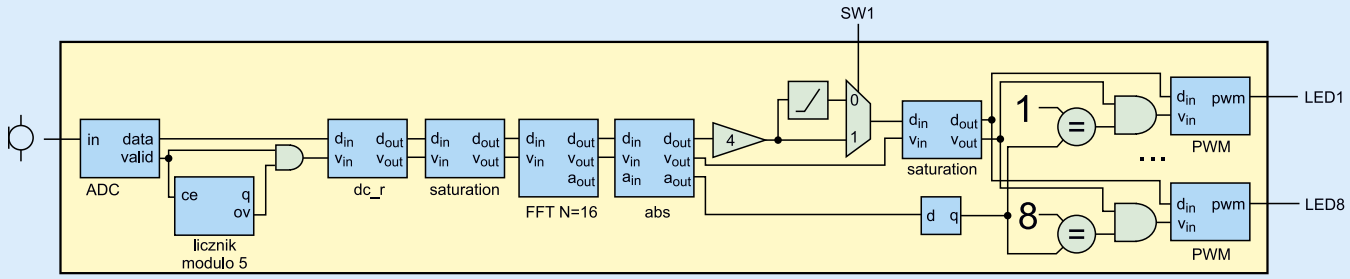
Znamy już implementację, teraz przejdźmy do jej sprawdzenia. Kod testów znajduje się na **listingu 11**. Symulacje uruchamiamy, wywołując w programie ModelSim polecenie:

```
do abs_sim.do
```

Uzyskane przebiegi pokazuje **rysunek 23**. Na końcowy błąd składa się zarówno niedokładność algorytmu „alfa max beta min”, jak i błąd kwantyzacji (**listing 12**).



Rysunek 23. Wynik symulacji modułu abs



Rysunek 24. Schemat analizatora widma

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

Listing. 10. Implementacja modułu liczby zespolonej (13_fft/abs.sv)

```
10 module abs #(
11  parameter K = 8,
12  parameter N = 2
13 ) (
14  input wire clk,
15  input wire rst,
16  input wire signed [K-1:0]d_re,
17  input wire signed [K-1:0]d_im,
18  input wire valid_in,
19  input wire [N-1:0]addr_in,
20  output logic signed [K-1:0]abs,
21  output logic [N-1:0]addr_out,
22  output logic valid_out
23 );
24  parameter LATENCY = 4;
25  logic unsigned [K-1:0]re_abs;
26  logic unsigned [K-1:0]im_abs;
27  logic unsigned [K:0]re_max;
28  logic unsigned [K:0]im_max;
29  logic signed [K:0]re_sub_im;
30  logic unsigned [K:0]abs1;
31
32 always_ff @(posedge clk) begin
33  re_abs <= d_re[K-1] ? -d_re : d_re;
34  im_abs <= d_im[K-1] ? -d_im : d_im;
35 end
36
37 always_ff @(posedge clk) begin
38  re_max <= re_abs + (im_abs >> 1);
39  im_max <= (re_abs >> 1) + im_abs;
40  re_sub_im <= re_abs - im_abs;
41 end
42
43  always_ff @(posedge clk)
44      abs1 <= re_sub_im[K] ? im_max : re_max;
45
46  always_ff @(posedge clk)
47      abs <= abs1 - (abs1 >> 4);
48
49  delay #(.N(LATENCY), .L(1)) valid (
50  .clk(clk),
51  .rst(rst),
52  .ce(1'b1),
53  .in(valid_in),
54  .out(valid_out));
55
56  delay #(.N(LATENCY), .L(N)) dut (
57  .clk(clk),
58  .rst(1'b1),
59  .ce(1'b1),
60  .in(addr_in),
61  .out(addr_out));
62
63 endmodule
```

Listing 11. Testy dla obliczania modułu liczby zespolonej (13_fft/abs_tb.sv)

```
40 initial begin
41  valid_in = 1'b0;
42  rst = 1'b0;
43  #100ns @(negedge clk);
44  rst <= 1'b1;
45  valid_in = 1'b1;
46  for (int i = 0; i < C; i++) begin
47      d_re = in_re[i];
48      d_im = in_im[i];
49      addr_in = i;
50      @(posedge clk);
51  end
52  valid_in = 1'b0;
53 end

66 always_ff @(posedge clk) begin
67  if (!rst) begin
68      rms = 0;
69      i = 0;
70  end
71  if (valid_out) begin
72      abs_sim = $sqrt(in_re[i]**2 + in_im[i]**2);
73      $display("s: %.2f, h: %.2f, diff: %.2f", abs_sim, abs, abs_sim - abs);
74      rms += $sqrt((abs_sim - abs)**2);
75      i <= i + 1;
76  end
77  if (i == C) begin
78      rms = $sqrt(rms/N);
79      $display("RMS of error is %.1f", rms);
80      $stop;
81  end
82 end
```

Listing 12. Błąd pomiędzy dokładną wartością modułu a uzyskanym wynikiem

```
# s: 22.36, h: 24.00, diff: -1.64
# s: 22.36, h: 24.00, diff: -1.64
# s: 10.00, h: 10.00, diff: 0.00
# s: 20.00, h: 19.00, diff: 1.00
# s: 22.36, h: 24.00, diff: -1.64
# RMS of error is 1.4
```

Listing 13. Obliczanie FFT dla kolejnych grup próbek (13_fft/scripts/fft.ipynb)

```
01 def fft_time(N, xn):
02  N_2 = int(N / 2)
03  k = int(len(xn)/N)
04  X = np.zeros([N_2, k])
05  for i in range(k):
06      X[:,i] = (np.abs(np.fft.fft(xn[N*i:N*(i+1)])))[0:N_2] / N
07  return X
08
09 X_16 = FFT_TIME(16, XN)
10 plt.imshow(X_16, aspect='auto', cmap=matplotlib.cm.jet)
11 plt.colorbar()
```

Analizator widma – łączymy bloki

Mamy już wszystkie bloki, które pozwolą nam zbudować analizator widma dźwięku, którego schemat został pokazany na **rysunku 24**. Na początku widzimy tor składający się z przetwornika, decymacji oraz usuwania składowej stałej. Został on już wcześniej wykorzystany do zbierania próbek dźwięku i przesyłania ich poprzez port szeregowy. Tym razem trafiają one na 16-punktową transformatę Fouriera. Jej wyjście jest następnie mnożone przez 4. Jest to wartość dobrana empirycznie, tak aby uzyskane wartości były widoczne na diodach. Dodany jest także moduł obcinający wszystkie wartości mniejsze niż 10 (znowu dobrane eksperymentalnie). Można go włączać za pomocą przełącznika na płytce. Dalej znajdziemy kolejny blok saturacji (na wszelki wypadek) oraz 8 generatorów sygnału PWM. Każdy z nich steruje jasnością pojedynczej diody LED. Aby generatory przyjmowały tylko odpowiednie wartości, sygnał `valid` będzie dodatni jedynie, gdy adres próbki jest zgodny z „adresem diody".

Zastanówmy się teraz, co zobaczymy na diodach. Częstotliwość próbkowania naszego ADC jest ustawiona na f_p=10 kHz. Oznacza to, że rozdzielczość naszej transformaty to:

$$\Delta f = \frac{f_p}{N} = \frac{10\ kHz}{16} = 625\ Hz \qquad (32)$$

Próbka o adresie zero odpowiada częstotliwości 0 Hz (tak zwane DC). Ponieważ na wejściu mamy filtr usuwający składową stałą, jej wartość nie jest interesująca. Na diodach będzie prezentowana amplituda próbek od 1 do 8. Odpowiadają one częstotliwością: 625 Hz, 1250 Hz, …, 5 kHz. Próbki o adresach od 9 do 15 odpowiadają częstotliwościom ujemnym. Ponieważ nasz wejściowy sygnał jest rzeczywisty, ich wartość będzie równa sprzężeniu wartości otrzymanej dla częstotliwości dodatniej.

Jako sygnał testowy możemy wykorzystać wygenerowany już przez nas świergot (*11_dc_r\parse\chirp_0_5.mp3*). Aby dowiedzieć się, czego możemy się spodziewać, najpierw możemy policzyć transformatę Fouriera dla zebranych wcześniej danych.

Pomoże nam w tym kod Pythonowy z **lisitngu 13**. Zdefiniowaliśmy funkcję `fft_time`, która przyjmuje rozmiar transformaty oraz wektor próbek. Zostaje on podzielony na nienachodzące na siebie fragmenty o długości N. Dla każdego z nich zostaje policzone FFT. Jako wyjście dostajemy dwuwymiarową tablicę kolejnych transformat. Następnie możemy ją wyrysować za pomocą funkcji `imshow`.

Na **rysunku 25** zostały pokazane wartości uzyskane dla zarejestrowanego sygnału typu chirp. Widzimy, że wyraźny prążek otrzymujemy, gdy chwilowa częstotliwość jest bliska którejś z naszych częstotliwości bazowych. W przeciwnym przypadku jest on rozmyty. Zjawisko to nosi nazwę „wycieku widma". Jest ono największe, gdy wejściowy sygnał ma częstotliwość, znajdującą się dokładnie w połowie pomiędzy częstotliwościami bazowymi.

Naiwną metodą rozwiązania tego problemu jest wyzerowanie wartości niższych niż przyjęty próg. Po to jest właśnie funkcja, którą będziemy uruchamiali za pomocą przełącznika SW1.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

Listing 14. Główny moduł analizatora widma (13_fft/fft_top.sv)

```
010 module fft_top #(
011     parameter F = 8000000,
012     parameter LED = 8
013 ) (
014     input wire clk,
015     input wire rst,
016     input wire sw1,
017     output logic [LED-1:0]led
018 );

043     always_ff @(posedge clk)
044         sw1_r <= sw1;

080     saturation #(.N_IN(N_ADC), .N_OUT(K)) sat (
081     .in(bus_dcr),
082     .out(bus_fft));
083
084     fft #(.K(K), .N(N)) fft_inst (
085     .clk(clk),
086     .rst(rst),
087     .d_in_re(bus_fft.data),
088     .d_in_im('0),
089     .valid_in(bus_fft.valid),
090     .d_out_re(fft_re),
091     .d_out_im(fft_im),
092     .addr(fft_addr),
093     .valid_out(fft_valid));
094
095     abs #(.K(K), .N(LOG_N)) abs_inst (
096     .clk(clk),
097     .rst(rst),
098     .d_re(fft_re),
099     .d_im(fft_im),
100     .valid_in(fft_valid),
101     .addr_in(fft_addr),
102     .abs(abs),
103     .addr_out(abs_addr),
104     .valid_out(abs_valid));
105
106     assign bus_abs.valid = abs_valid;
107     assign bus_abs.data = (sw1 || abs > 10) ? 4 * abs : '0;
108     always_ff @(posedge clk)
109     sat_addr <= abs_addr;
110
111     saturation #(.N_IN(K+2), .N_OUT(K)) sat1 (
112     .in(bus_abs),
113     .out(bus_sat));
114
115     generate
116         genvar i;
117         for (i = 0; i < LED; i++) begin : PWM
118             StreamBus pwm_bus(clk, rst);
119         assign pwm_bus.valid = bus_sat.valid & (sat_addr == (i + 1));
120         assign pwm_bus.data = bus_sat.data;
121          pwm #(.MAX(2**K-1)) pwm_inst (
122         .bus(pwm_bus),
123         .ce(1'b1),
124         .pwm(led[i]));
125         end
126     endgenerate
```

Listing 15. Fragment testbenchu dla analizatora widma (13_fft/fft_top_tb.sv)

```
always_ff @(posedge clk) begin
 if (dut.adc_valid_out)
     adc_data_out <= dut.adc_data_out;
 if (dut.bus_dcr.valid)
     data_dc <= dut.bus_dcr.data;
 if (dut.bus_fft.valid)
     data_fft_in <= dut.bus_fft.data;
 if (dut.fft_valid) begin
     fft_re <= dut.fft_re;
     fft_im <= dut.fft_im;
     fft_addr <= dut.fft_addr;
 end
 if (dut.abs_valid)
     abs[dut.abs_addr] <= dut.abs;
end
```

Eksperymentalnie dobrałem próg równy 10. Uzyskany efekt pokazuje **rysunek 26**. Znacznie lepszą metodą radzenia sobie z wyciekiem widma jest zastosowanie tak zwanego okienkowania, ale jest bardziej skomplikowana. Implementacja została pokazana na **listingu 14**. Nasz moduł ma trzy wejścia: zegar, reset, przełącznik sw1 oraz jeden wektor wyjściowy. Steruje on wszystkimi ośmioma diodami, dostępnymi na płytce Rysino. Kod jest stosunkowo prosty. Większość miejsca zajmują instancje kolejnych bloków. Należy jedynie uważać, aby zmienne użyte do ich połączenia miały odpowiednią długość.

Progowanie zrealizowane jest w linii 107 za pomocą operatora `?:`. Osiem instancji generatora sygnału PWM zostało umieszczonych w bloku `generate` (wiersze 115…126). Do ich **zbudowania** wykorzystujemy pętle `for`.

Testbench jest bardzo podobny jak w przypadku projektu z modułem `dc_r`. Używamy tutaj symulacyjnej wersji bloku ADC, z tym samym plikiem z danymi. Ponieważ przerwy między kolejnymi odczytanymi danymi są dosyć długie, stworzono dodatkowe zmienne, do których wartości są zapisywanie jedynie, gdy odpowiadające im sygnały `valid` są ustawione. Odpowiedzialny za to fragment kodu pokazuje **listing 15**. Symulację uruchamiamy poleceniem:

```
do fft_top_sim.do
```

Zachęcam do prześledzenia uzyskanych wyników.

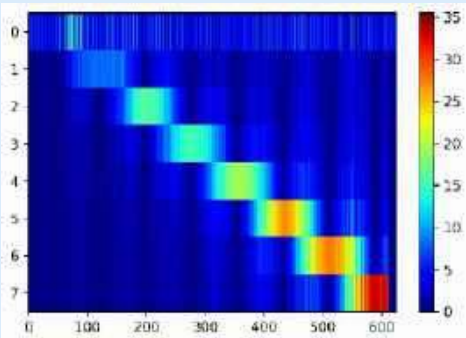
Teraz możemy (w końcu) przystąpić do testów w sprzęcie. Otwieramy środowisko Quartus, ładujemy projekt *13_fft/fft.qpf* i uruchamiamy jego budowę. Projekt zajmuje 10 z 40 dostępnych mnożarek oraz 1074 (czyli nieco ponad jedną czwartą) z dostępnych elementów logicznych. Zużycie pamięci jest mniejsze niż 1%.

Kiedy mamy gotowy wsad, możemy przejść do testów w sprzęcie. Podłączamy mikrofon (dokładnie tak samo jak przy testowaniu bloku `dc_r`) i wgrywamy wygenerowany bitstream. W ramach testu możemy przyłożyć mikrofon do głośnika i generować z niego sygnały sinusoidalne o różnej częstotliwości. Zmieniając pozycję suwaka SW1, możemy włączać i wyłączać pogowanie. Efekt uzyskany dla kilku tonów oraz świergotu od 0 do 5 kHz pokazuje film [3].

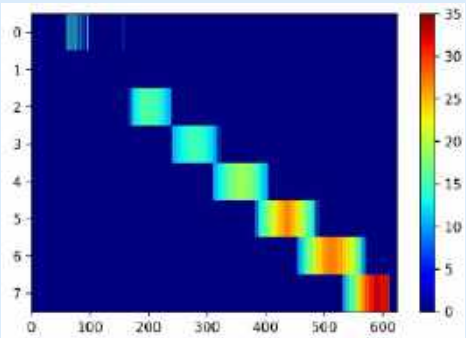
Podsumowanie

Rozpoczęliśmy od teoretycznych podstaw dyskretnej transformaty Fouriera. Następnie poznaliśmy sprytny sposób jej obliczania, który pozwala zmniejszyć złożoność obliczeniową z poziomu N^2 na $N\log_2 N$. Po wyprowadzeniu algorytmu przygotowaliśmy jego sprzętową implementację. Następnie zapoznaliśmy się z algorytmem „alfa max beta min" pozwalającym aproksymować wartość modułu liczby zespolonej. Na końcu połączyliśmy wszystkie stworzone bloki w analizator widma dźwięku.

Rafał Kozik
rafkozik@gmail.com



Rysunek 25. FFT sygnału chirp



Rysunek 26. FFT sygnału chirp z dolnym progiem ustawionym na 10

Przypisy:

[1] Repozytorium z przykładami, http://bit.ly/33uYPxs
[2] Lyons r.G., *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010
[3] Film prezentujący działanie FFT, https://bit.ly/35H0yTp

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

Systemy dla Internetu Rzeczy (44)

Technika UWB – bardzo szerokiego widma emisji radiowej

FTP
WSZYSTKIE POPRZEDNIE ODCINKI KURSU SĄ DOSTĘPNE NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

Nowością w dziedzinie komunikacji radiowej jest częstsze zastosowanie techniki bardzo szerokiego widma emisji UWB (Ultra WideBand). Pozwala ona na realizację w przestrzeni 4D dokładnego systemu lokalizacji urządzeń w czasie rzeczywistym. Umożliwia też szybkie przesyłanie plików pomiędzy urządzeniami. Bluetooth LE i UWB to technologie wzajemnie uzupełniające się, dostosowane do szerokiej gamy konsumenckich i przemysłowych aplikacji IoT, szczególnie tych wymagających precyzyjnego pomiaru lokalizacji. UWB został zaprojektowany z myślą o dokładności mikropozycjonowania w produktach, w tym smartfonach, inteligentnym domu, śledzeniu zasobów przemysłowych i motoryzacji. Wszystko to przy dosyć małym poborze mocy i braku interferencji z innymi systemami radiokomunikacyjnymi.

Systemy realizujące funkcjonalność lokalizacji wewnątrz budynków stosują różne algorytmy, techniki, częstotliwości i architektury, aby osiągnąć podstawową funkcjonalność lokalizacji wewnętrznej, czyli zapewnić lokalizację statycznego lub mobilnego zasobu lub osoby w bliskiej odległości. Mogą gromadzić dane o lokalizacji przy użyciu jednej lub więcej częstotliwości radiowych, w tym 125 kHz, 13,56 MHz, 433 MHz, 900 MHz, 2,4 GHz, 5 GHz lub UWB, które są zintegrowane z układem pasywnym, pasywnym wspomaganym bateryjnie lub aktywnym. Gromadzenie danych o lokalizacji w pomieszczeniach może wykorzystywać komunikację w świetle widzialnym (*visible light communication, VLC*), nawigację dźwiękową i namierzanie odległości (sonar) lub wykrywanie i określanie odległości z zastosowaniem lasera (lidar). Ponadto coraz większa liczba dostawców dodaje takie czujniki do kamer, aby uzupełnić wykrywanie, zwłaszcza w przypadku liczenia osób i kontroli dostępu.

Funkcjonalność UWB szybko wzrasta wraz z milionami dostaw chipów. Ludzie w Europie i USA już wchodzą w interakcję z UWB, nawet o tym nie wiedząc. Jeśli są właścicielami niektórych luksusowych samochodów, ich breloki już używają UWB do bezpiecznego odblokowania pojazdu. Jeśli pracują w produkcji, ich fabryki coraz częściej używają UWB do śledzenia części, narzędzi i ludzi. Jeśli idą do muzeum, ich przewodniki elektroniczne mogą korzystać z UWB, aby umożliwić precyzyjne wskazówki i komentarze. Te i inne zastosowania pokazują użyteczność UWB. Technika została już wdrożona przez Apple w iPhonie 11, przez Samsunga w Galaxy Note 20 Ultra, a przez Xiaomi w systemach inteligentnego domu.

Metody lokalizacji w pomieszczeniach w czasie rzeczywistym RTLS (*Real-Time Locating System*) z użyciem sygnału radiowego osiągnęły już stabilność i znane są eksperymentalne i komercyjne systemy lokalizacji. Zwykle ich opisy nie są łatwo dostępne. Porównanie różnych sposobów lokalizacji w pomieszczeniach z użyciem sygnału radiowego pokazuje **tabela 1**. Każdy z nich ma swoje zalety i wady dotyczące dokładności, ceny, zasięgu sygnału, skalowalności i tak dalej.

Istnieją trzy sposoby pomiaru odległości między dwoma urządzeniami z zastosowaniem sygnału radiowego. Pierwsza opiera się na RSSI (*Received Signal Strength Indication*), czyli wskazaniu poziomu odbieranego sygnału. Wiadomo, że siła sygnału spada wraz ze wzrostem odległości od nadajnika w sposób deterministyczny, oparty na formułach teoretycznych. Przy takim założeniu można oszacować odległość między odbiornikiem a nadajnikiem. Jednak takie podejście ma kilka wad. Ponieważ otoczenie, a tym samym

	Quuppa BLE/AoA	UWB (ToF)	UWB (TDoA)	WiFi/ Active RFID (RSS)	Beaconing (RSSI)
Developed for positioning	Yes	Yes	Yes	No	Some profiles
Accuracy	0,1–1 m	0,1–1 m	0,1–1 m	5–20 m	5–20 m
Real-time	Yes	Yes	Yes	No	No
Tag power consumption	Very low	Very High	Low	High	High
Smartphone compatible	Yes	No	No	Yes	Yes
IoT Gateway	Yes	No	No	Yes	No
Cost of setup	Medium	Medium	Very High	Medium	Low
Cost of ownership	Low	Medium	Very High	Medium	Low

Tabela1. Porównanie metod radiowej lokalizacji w pomieszczeniach [12]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

kanał radiowy, stale się zmieniają, zmienia się również parametr RSSI, co z kolei wprowadza niedokładność systemu. Parametr RSSI może być również degradowany przez propagację wielościeżkową i inne zjawiska, które są dość powszechne dla kanału radiowego.

Drugie rozwiązanie polega na wykrywaniu kierunku, z którego fala radiowa jest nadawana [S25]. W specyfikacji Bluetooth 5.1 zostały określone dwie metody dokładnej lokalizacji:

- Angle of Arrival (AoA), kąt odbioru – określany jest względny kierunek, z którego fala radiowa nadawana przez pojedynczą antenę dociera do matrycy anten;
- Angle of Departure (AoD), kąt nadawania – określany jest względny kierunek, z którego fala radiowa nadawana przez matrycę anten dociera do pojedynczej anteny.

Stosunkowo nową opcją jest użycie czasu lotu (propagacji) sygnału radiowego ToF (*Time of Flight*). Daje to dokładne wyniki w przypadku bezpośredniej widoczności nadajnika oraz odbiornika i może prowadzić do dokładności na poziomie centymetrów, w zależności od częstotliwości i charakteru sygnału. Jest to podejście stosowane w technologii Ultra WideBand (UWB). Łącząc pomiary ToF z kilku urządzeń, możemy uzyskać pozycję z dokładnością do kilku centymetrów. Charakter sygnałów UWB sprawia, że jest to idealny kandydat do zastosowania w procesie szacowania odległości. Wydajność może zostać obniżona, na przykład przez zasłonięcie pola widzenia między urządzeniami UWB.

Technika UWB

UWB (Ultra WideBand) to technika radiokomunikacji bazująca na wysyłaniu krótkotrwałych impulsów, gdzie czas trwania pojedynczego impulsu jest rzędu kilkudziesięciu pikosekund, a to pozwala uzyskać bardzo szerokie widmo emisji. System wykorzystuje pasma 3,1÷4,85 GHz oraz 6,2÷9,7 GHz (Direct Spread UWB) lub 3,1÷10,6 GHz (Mutli Band OFDM). Charakteryzuje się wysoką szybkością przesyłania danych (do 2 Gb/s) na niewielkich odległościach, rzędu 10 metrów. Pracuje na niskim poziomie mocy, co eliminuje interferencje z innymi systemami radiokomunikacyjnymi oraz pozwala budować urządzenia o niskim poborze mocy. Pomimo, że prędkość transmisji szybko spada w funkcji odległości, UWB ma spore szanse zastąpić w niedalekiej przyszłości połączenia kablowe między urządzeniami w domu czy w biurze [1].

Technika UWB jest oparta o IEEE 802.15.4a – międzynarodowy standard definiujący warstwę fizyczną łącza radiowego UWB. Został on opracowany, aby umożliwić bardzo dużą dokładność lokalizacji, zapewniając jednocześnie dwukierunkową komunikację do 27 Mb/s, w celu gromadzenia danych z czujników i sterowania elementami wykonawczymi. Standard zapoczątkowano w 2005 r. i ratyfikowano w 2007 r. W 2018 r. został ponownie zmodyfikowany do wersji 802.15.4z. Celem jest zwiększenie bezpieczeństwa warstwy fizycznej, ponieważ oczekuje się, że UWB będzie używana jako bezpieczna technologia bezprzewodowa transakcji, w branży motoryzacyjnej i mobilnej [2]. Kluczowe zmiany w standardzie 4z obejmują: całkowicie bezpieczny schemat określania odległości, dzięki zaszyfrowanej preambule i ramce danych; dodanie wyższych trybów szybkości transmisji danych do 27 Mb/s, z możliwością dużego zasięgu. Nowy standard zapewnia wsteczną kompatybilność z dotychczasowym standardem IEEE 802.15.4-2015.

Michael McLaughlin, współzałożyciel firmy Decawave, był członkiem zespołu inżynierów, który stworzył pierwszy standard. Zespół ten miał wizję, aby każdy połączony obiekt był „świadomy lokalizacji", ponieważ wierzyli, że „odpowiedź na pytanie – gdzie?" wniesie ogromną wartość do aplikacji, takich jak Internet Rzeczy [3].

Jak działa UWB

Technika UWB umożliwia bardzo dokładny pomiar czasu lotu sygnału radiowego ToF, co pozwala określić odległość/lokalizację z dokładnością do centymetrów. Oprócz tej wyjątkowej własności UWB oferuje możliwość przesyłania danych przy bardzo małym zużyciu energii – umożliwiając działanie baterii pastylkowej przez lata, bez konieczności ładowania lub wymiany. Łącząc dokładną lokalizację i komunikację, UWB oferuje również nowy sposób bezpiecznej komunikacji bezprzewodowej, otwierając drzwi dla nowych form bezpiecznych transakcji.

W przeciwieństwie do innych technologii, takich jak Bluetooth czy Wi-Fi, które są ponownie wykorzystywane do nowego celu, fizyczne właściwości sygnału radiowego UWB zostały od samego początku szczegółowo zdefiniowane, aby uzyskać ultradokładną i niezawodną lokalizację oraz komunikację w czasie rzeczywistym.

Wszystkie systemy oparte na czasie lotu ToF działają na podstawie określenia czasu, potrzebnego na propagację sygnału radiowego z nadajnika do odbiornika. Po dokładnym określeniu tego czasu można obliczyć odległość między nadajnikiem a odbiornikiem, ponieważ znana jest prędkość propagacji fal radiowych w powietrzu. UWB wykorzystuje czas lotu ToF jako metodę pomiaru odległości między dwoma nadajnikami/odbiornikami radiowymi, poprzez pomnożenie czasu lotu sygnału przez prędkość światła.

Istnieją trzy główne metody określania położenia znacznika obiektu w obszarze z zastosowaniem technologii UWB:

- TWR (*Two Way Ranging*) – metoda dwukierunkowej odległości,
- TDoA (*Time Difference of Arrival*) – metoda różnicy czasu odbioru,
- PDoA (*Phase Difference of Arrival*) – metoda różnicy faz odbioru.

W każdym systemie pozycjonowania z technologią UWB występują trzy urządzenia:

1. Znaczniki UWB (*tag*) – nazywane też transponderami

Są mocowane na osobach lub montowane na śledzonych przedmiotach, robotach, pojazdach itp. Przesyłają sygnał radiowy w określonych odstępach czasu. Mogą być również wyposażone w interfejsy danych i przesyłać szczegóły lokalizacji bezpośrednio do lokalnego systemu sterowania lub udostępniać je systemom wyższego poziomu.

2. Kotwice UWB (*anchor*) – nazywane też bramami

Są to urządzenia (punkty odniesienia) na stałe umieszczone w lokalnej infrastrukturze do lokalizowania w czasie rzeczywistym, z dokładnością mierzoną w centymetrach. Zapisują sygnały transpondera i nadają im stempel o ustalonej pozycji. Dane dotyczące pozycji są łączone i przesyłane do serwera lokalizacyjnego.

3. Menedżer lokalizacji – nazywany też serwerem RTLS

Jest to oprogramowanie, które oblicza w czasie rzeczywistym pozycję poszczególnych znaczników. Sygnały znaczników są grupowane przez bramki i odbierane przez menedżer (kontroler). Obliczona pozycja jest następnie przekazywana do inteligentnych systemów automatyki i jednostek produkcyjnych.

Określanie położenia z pomiarem czasu lotu ToF

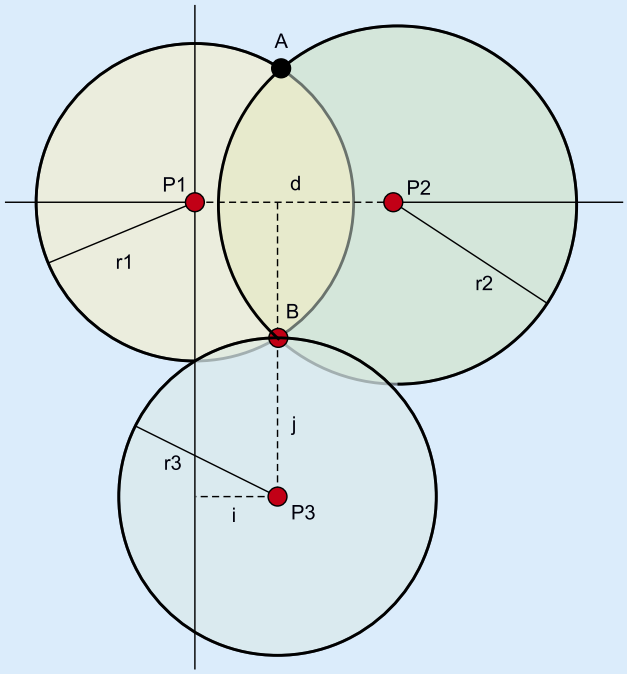
Zaimplementowanie pełnego RTLS wymaga zmierzenia odległości między oznaczonym obiektem a kilkoma kotwicami umieszczonymi w znanych miejscach. Na **rysunku 1** kotwica P1 oblicza odległość do znacznika B jako r1. To lokalizuje znacznik na okręgu o promieniu r1 od P1. Podobnie P2 oblicza odległość jako r2, umieszczając znacznik B na okręgu o promieniu r2 od P2, a ostatecznie P3 oblicza odległość jako r3, umieszczając znacznik na okręgu o promieniu r3 od P3. Obliczenie punktu przecięcia tych trzech okręgów (tri-lateracja) daje położenie znacznika B. Jeśli bezwzględne położenie kotwic jest znane w przestrzeni 2D lub 3D, wówczas znane jest również bezwzględne położenie oznaczonego obiektu.

Metoda różnicy czasu odbioru (TDoA)

Metoda TDoA (*Time Difference of Arrival*) jest bardzo podobna do GPS. Opiera się na precyzyjnym pomiarze różnicy czasu między sygnałami docierającymi do kotwic. W tym schemacie kotwice

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 1. Schemat triangulacji z pomiarem ToF [6]

muszą być dokładnie zsynchronizowane, muszą używać tego samego zegara. Wiele punktów odniesienia, zwanych kotwicami, jest rozmieszczonych w miejscu i zsynchronizowanych w czasie.

Znaczniki przesyłają w regularnych odstępach czasu (częstotliwość odświeżania) krótki komunikat Blink. Taka wiadomość jest przetwarzana przez wszystkie kotwice w zasięgu komunikacji. Niezależnie od statusu synchronizacji, kotwice wysyłają wszystkie znaczniki czasu do serwera RTLS, przez sieć Ethernet. Aby obliczyć pozycję znacznika, serwer RTLS bierze pod uwagę tylko znaczniki czasu, pochodzące z co najmniej trzech kotwic o tej samej podstawie zegara. Na tej podstawie serwer RTLS wykonuje obliczenia współrzędnych X, Y, Z znaczników. Synchronizacja odbywa się bezprzewodowo, automatycznie wybierane są kotwice o optymalnym zasięgu, zwane kotwicami głównymi. Wysyłają one w regularnych odstępach czasu sygnał synchronizacji transmisji. Kotwice w zakresie komunikacyjnym kotwicy głównej definiują komórki, w których wszystkie kotwice pracują na tej samej podstawie zegara przez określony czas. Często zdarza się, że niektóre kotwice są synchronizowane przez więcej kotwic głównych, jak pokazano na **rysunku 2**.

Metoda TDoA wykazuje wiele zalet:

- Znacznik nie komunikuje się z kotwicami indywidualnie, nie zna ich zakresu adresowania. Prowadzi to do znacznego wydłużenia żywotności baterii, ponieważ znacznik musi wysłać tylko jeden komunikat Blink, aby być zlokalizowanym w przestrzeni (w metodzie TWR do lokalizacji znacznika wymagana jest wymiana wielu komunikatów). Dlatego żywotność baterii znaczników może zostać odpowiednio wydłużona, np. do 7 lat (CR2032 – częstotliwość aktualizacji 0,1 Hz);
- Ponieważ nie ma wcześniejszego powiązania adresu między znacznikami i kotwicami, liczba kotwic działających w systemie jest w pełni skalowalna. Dodanie większej liczby kotwic do systemu nie wymaga żadnej rekonfiguracji znaczników, nawet serwera RTLS;
- Znaczniki używają tylko krótkiego czasu do wysłania komunikatu Blink, dlatego duża liczba znaczników (nawet tysiące) może przesyłać sygnał w ramach jednej częstotliwości odświeżania. RTLS, oparty na metodzie TDoA, jest więc w pełni skalowalny pod względem liczby obsługiwanych znaczników przez system.

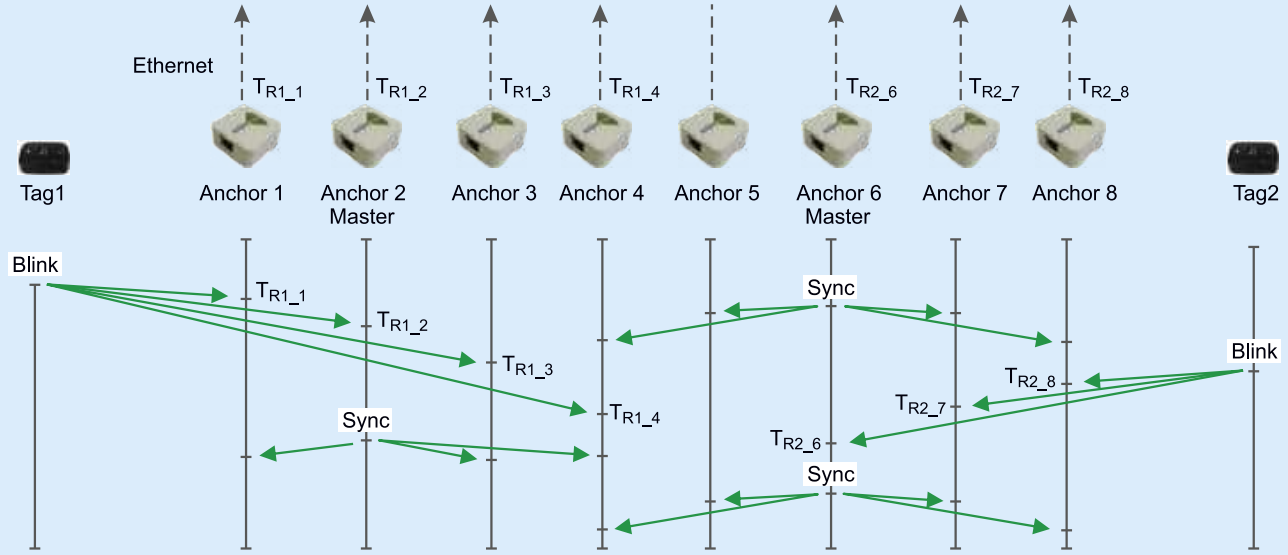
Metoda dwukierunkowej odległości (TWR)

Metoda TWR (*Two Way Ranging*) polega na dwukierunkowej komunikacji między dwoma urządzeniami. Podczas komunikacji urządzenia mierzą również czas przelotu sygnału radiowego UWB między nimi. Następnie obliczana jest odległość między węzłami mnożeniem czasu przez prędkość światła. Proces TWR jest stosowany między znacznikiem a odpowiednią kotwicą. Tylko jedna kotwica może być zaangażowana w TWR w danym przedziale czasowym.

Aby zmierzyć odległość, należy wymienić trzy komunikaty (**rysunek 3**). Znacznik inicjuje TWR, wysyłając wiadomość Poll na znany adres kotwicy, w czasie określonym w TSP (*Time of Sending Poll*). Kotwica rejestruje czas odbioru synału Poll (TRP) i odpowiada komunikatem odpowiedzi w czasie TSR. Znacznik, po odebraniu komunikatu odpowiedzi, rejestruje czas TRR i tworzy komunikat końcowy, w którym zawarte są jego informacje ID, TSP, TRR, TSR. Na podstawie czasu odbioru komunikatu końcowego TRF i informacji zawartych w komunikacie końcowym kotwica może określić TOF sygnału UWB.

```
ToF=[(TRR-TSP)-(TSR-TRP)+(TRF-TSR)-(TSF-TRR)]/4
Odległość = ToF × (speed of light)
```

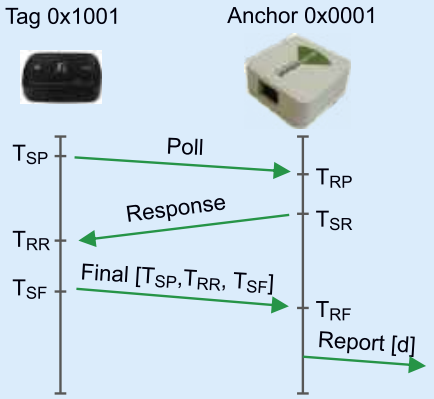
Opcjonalnie wynikowa odległość może zostać wysłana w wiadomości raportu, z powrotem do znacznika lub dowolnego urządzenia UWB w sąsiedztwie. Eksperyment wykazał, że optymalna



Rysunek 2. Działanie systemu RTLS z metodą różnicy czasu odbioru (TDoA) [4]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 3. Schemat pomiaru odległości w metodzie TWR [5]

odległość między znacznikiem a kotwicą do procesu TWR jest w zasięgu 20…30 metrów [5].

Lokalizacja oparta na TWR

Systemy RTLS oparte na metodzie TWR wykorzystują fakt, że nie jest potrzebna synchronizacja czasu między urządzeniami UWB. Z drugiej strony taka cecha ogranicza skalowalność systemu RTLS, ponieważ proces TWR jest stosowany stopniowo ze wszystkimi kotwicami w systemie. Ponadto znaczniki muszą znać adresy kotwic, aby stopniowo sondować wszystkie dostępne kotwice. Sytuację tę ilustruje **rysunek 4**.

Opierając się na schemacie TWR, można zaimplementować lokalizację 2D lub nawet 3D metodą triangulacji. Aby obliczyć lokalizację jednego znacznika, trzeba uruchomić proces TWR, ze wszystkimi kotwicami w systemie. Dlatego długość przedziału czasowego niezbędnego do zakończenia wszystkich procedur TWR zależy odpowiednio od liczby kotwic w systemie RTLS. W zależności od liczby znaczników działających w systemie RTLS, w ramach jednej częstotliwości odświeżania, należy zarezerwować odpowiednią liczbę przedziałów czasowych. Zgodnie z tym założeniem, liczba działających znaczników (setki) i żywotność baterii są ograniczone przez wymaganą częstotliwość odświeżania i liczbę kotwic w systemie. Odległość komunikacyjna kotwic może wynosić od 20 do 40 metrów, w zależności od środowiska wewnętrznego.

Metoda różnicy faz odbioru (PDoA)

Metoda PDoA (*Phase Difference of Arrival*) polega na połączeniu schematu TWR, który podaje odległość między dwoma urządzeniami z określeniem namiaru/kierunku (bearing) między dwoma urządzeniami (**rysunek 5**). W tym celu jedno z urządzeń (zwykle kotwica) ma dwie anteny (lub więcej) i jest w stanie zmierzyć różnicę faz odbioru sygnału RF. Na tej podstawie obliczany jest kierunek (kątowy) lokalizacji drugiego urządzenia. Podobnie działa metoda kąta odbioru (AoA) w standardzie Bluetooth 5.1 [S25].

Połączenie odległości i namiaru umożliwia obliczenie względnego położenia dwóch urządzeń bez żadnej innej infrastruktury.

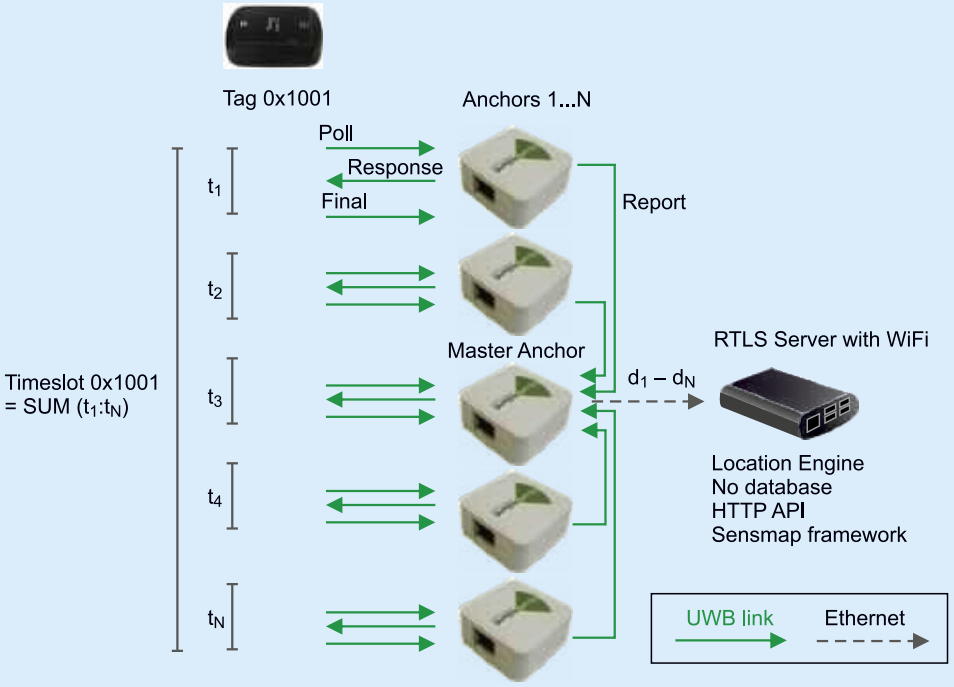
Zaletą metody jest zredukowany schemat lokalizacji infrastruktury. Jednak błąd lokalizacji jest zależny od odległości między dwoma urządzeniami. Schematy PDoA nie radzą sobie dobrze z propagacją wielodrogową między nadajnikiem, a układem anten odbiornika.

Układy scalone i moduły firmy Decawave (Qorvo)

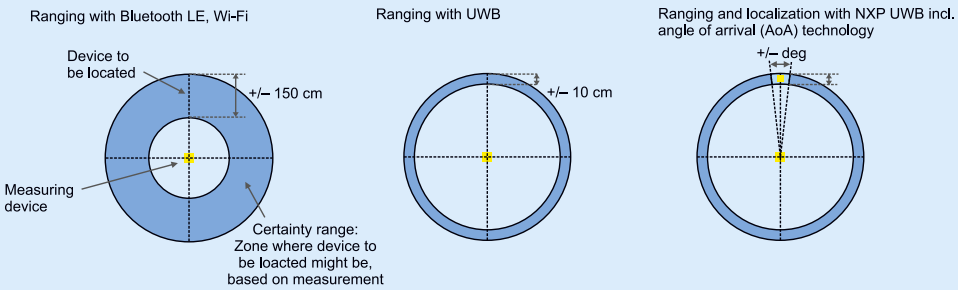
Firma Qorvo, wiodący dostawca innowacyjnych rozwiązań RF, ogłosiła 24 lutego 2020 r., że sfinalizowała przejęcie firmy Decawave, pioniera w technologii ultraszerokopasmowej (UWB) i dostawcy rozwiązań UWB dla aplikacji mobilnych, motoryzacyjnych i IoT. Firma Decawave z siedzibą w Dublinie w Irlandii została założona w 2007 roku i wdrożyła ponad 8 milionów chipsetów, w ponad 40 różnych branżach – od smartfonów po drony.

Układ DW1000 firmy Decawave (Qorvo) to pierwszy na świecie jednoukładowy, bezprzewodowy nadajnik-odbiornik, oparty na technice UWB [6]. Układ umożliwia opracowywanie opłacalnych rozwiązań RTLS, z precyzyjnym pozycjonowaniem wewnątrz i na zewnątrz, z dokładnością do 10 cm. Jest to nowe podejście do systemów lokalizacji w czasie rzeczywistym i systemów pozycjonowania w pomieszczeniach, usług opartych na lokalizacji, bezprzewodowych sieci czujników oraz Internetu Rzeczy, zapewniające dokładną informację o lokalizacji oraz komunikację.

DW1000 składa się z analogowego interfejsu zawierającego odbiornik i nadajnik oraz cyfrowej logiki, która jest łączona z zewnętrznym



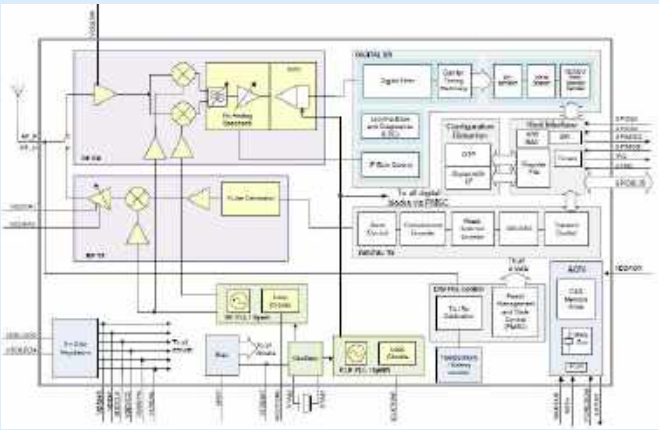
Rysunek 4. Lokalizacja z zastosowaniem metody TWR [5]



Rysunek 5. Pozycjonowanie z zastosowaniem: a) Bluetooth, Wi-Fi; b) metody TWR; c) metody PDoA [9]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756



Rysunek 6. Schemat blokowy układu DW100 firmy Decawave (Qorvo) [6]

procesorem. Przełącznik TX/RX służy do podłączenia odbiornika lub nadajnika do portu anteny. W chipie znajdują się monitory temperatury i napięcia (**rysunek 6**).

Odbiornik składa się z interfejsu radiowego, który wzmacnia odbierany sygnał we wzmacniaczu o niskim poziomie szumów, a następnie konwertuje go bezpośrednio na pasmo podstawowe. Zoptymalizowany jest pod kątem szerokiego pasma, liniowości i współczynnika szumów. Umożliwia to konwersję w dół każdego z obsługiwanych kanałów UWB, przy minimalnym dodatkowym szumie i zniekształceniach. Sygnał pasma podstawowego jest demodulowany, a otrzymane dane są udostępniane zewnętrznemu kontrolerowi za pośrednictwem interfejsu SPI.

Ciąg nadawanych impulsów jest generowany poprzez zakodowane cyfrowo dane transmisji do analogowego generatora impulsów. Jest następnie konwertowany w górę, przez podwójnie zbalansowany mikser, na nośną, generowaną przez syntezator i wyśrodkowany na jednym z dozwolonych kanałów UWB. Zmodulowany sygnał radiowy jest wzmacniany przed transmisją do anteny zewnętrznej.

Układ scalony ma wbudowaną pamięć jednorazowego programowania (OTP), która może być używana do przechowywania danych kalibracyjnych, takich jak poziom mocy TX, regulacja początkowego błędu częstotliwości kwarcu i regulacja dokładności zakresu (mogą być automatycznie pobierane w razie potrzeby). Pamięć Always-On (AON) może być używana do przechowywania danych konfiguracyjnych DW1000, w stanach operacyjnych najniższej mocy, gdy regulatory napięcia układu są wyłączone. Dane te są przesyłane i pobierane automatycznie. Korzystanie z pamięci AON jest konfigurowalne.

Schemat taktowania DW1000 oparty jest na 3 obwodach głównych: oscylator kwarcowy, zegar PLL i RF PLL. Oscylator na chipie jest przeznaczony do pracy z częstotliwością 38,4 MHz, przy użyciu zewnętrznego kwarcu. Zegar PLL (oznaczony jako CLKPLL) generuje sygnał, wymagany przez układy cyfrowe do przetwarzania sygnału. RF PLL generuje lokalny oscylator konwersji w dół (LO), dla łańcucha odbiorczego, i konwersji w górę, dla łańcucha nadawczego. Dostępny jest wewnętrzny oscylator 13 kHz, do użytku w stanie SLEEP.

Interfejs hosta zawiera interfejs SPI 20 MHz (tylko slave) do komunikacji i konfiguracji układu. Zaimplementowano szereg funkcji stosu MAC, w tym generowanie CRC, sprawdzanie CRC i filtrowanie ramek odbiorczych.

Układ DW1000 jest wykonany w technologii CMOS 90 nm i ma następujące cechy [6] (rysunek 6):

- zgodność ze standardem IEEE802.15.4-2011,
- komunikacja 110 kb/s, 850 kb/s, 6,8 Mb/s,
- 6 kanałów FDMA częstotliwości w zakresie 3,5…6,5 GHz,
- moc nadawania programowana –14…–10 dBm,
- dokładność lokalizacji: do 10 cm,
- do 11000 znaczników w promieniu 20 m,
- zasięg do 290 m (110 kbps, 10% PER),
- zasilanie 2,8…3,6 V,
- pobór mocy: nadawanie 31 mA, odbiór 64 mA, tylko watchdog 2 μA, stan głębokiego uśpienia 100 nA.

Platforma RTLS firmy Sewio jest oparta na układzie scalonym DW1000 firmy Decawave [4].

Moduł DWM1000 firmy Decawave integruje układ scalony DW1000, antenę, moduł zarządzania energią i sterowania zegarem, co upraszcza integrację projektu.

Moduł DWM1001C firmy Decawave łączy natomiast układy scalone DW1000 i nRF52832 firmy Nordic Semiconductor oraz 3-osiowy akcelerometr (zdjęcie tytułowe). Każdy moduł można skonfigurować jako kotwicę lub znacznik RTLS, a dodatkowo może działać jako urządzenie bramy sieciowej.

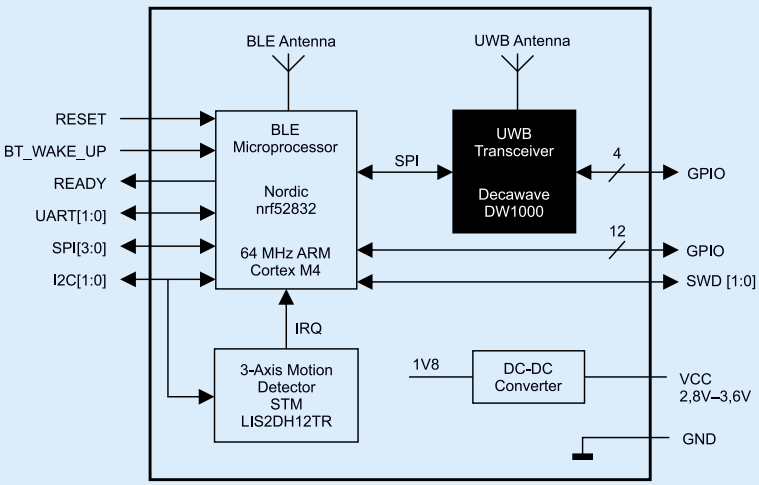
Bluetooth LE oferuje dojrzałą i wyrafinowaną bazę oprogramowania, gwarantującą współdziałanie UWB, a także bardzo niskie zużycie energii TX i RX. Układ SoC firmy Nordic Semico zastosowano w celu zminimalizowania zużycia energii i „wybudzenia" transceivera UWB w razie potrzeby, oszczędzając moc w krytycznych scenariuszach asynchronicznego wykrywania/łączenia.

Cechy modułu [6] (**rysunek 7**):

- umożliwia budowanie skalowalnych systemów TWR RTLS do tysięcy tagów (ten sam moduł służy do projektowania kotwic, tagów i bram sieciowych),
- wbudowane oprogramowanie wewnętrzne DRTLS ogranicza/ułatwia tworzenie oprogramowania,
- wbudowany Bluetooth,
- wbudowany czujnik ruchu,
- szybkość transmisji danych kanału 5 (6,5 GHz)/6,8 Mb/s,
- zasilanie 2,8…3,6 V,
- pobór mocy: głębokie uśpienie 4 μA, RTC + akcelerometr 12 μA; oczekiwanie (oba układy) 13 mA, TX (średni) 82 mA/111 mA (max), RX (średni) 134 mA/154 mA (max.), BLE 6 mA;
- rozmiar 19×26×2,6 mm, 34-pinowe wyprowadzenia boczne.

Dostępna jest też fabryczna płytka rozwojowa DWM1001-DEV oraz zestaw uruchomieniowy MDEK1001 Development Kit.

Firmy Nordic Semiconductor i Qorvo ogłosiły 25 czerwca 2020 r., że rozszerzają swoje partnerstwo o podwójne rozwiązania łączności UWB i Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE). Przyszłe produkty UWB/Bluetooth LE zaprojektowane wspólnie przez Nordic i Qorvo będą łączyć transceiver UWB firmy Qorvo z układem nRF52833 firmy Nordic Semiconductor, obsługującym Bluetooth 5.2 LE, wyszukiwanie kierunku i siatkę Bluetooth.



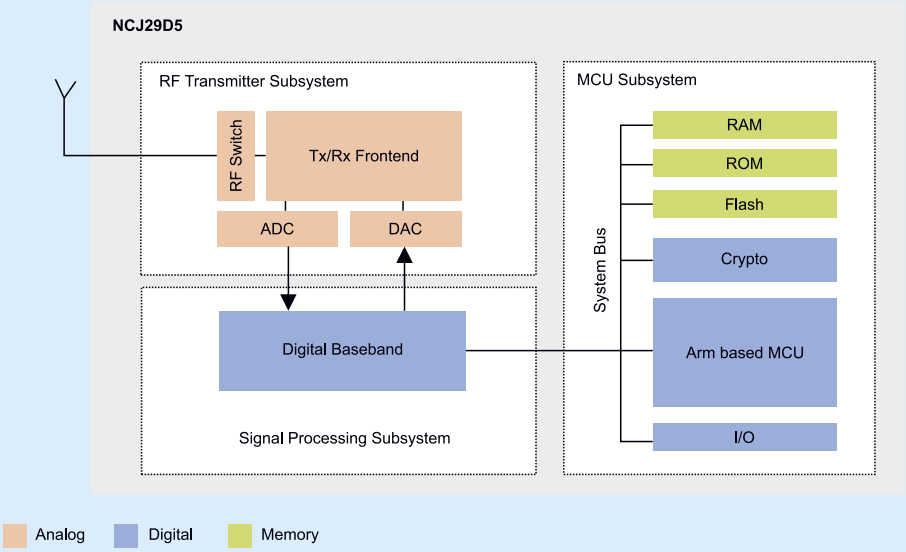
Rysunek 7. Schemat blokowy modułu DWM1001C firmy Decawave [6]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

Moduł DWM1004C łączy w sobie układ scalony DW1000 oraz STM32L (ARM Cortex-M0+, 32 kB Flash) firmy ST Microelectronics. Obsługuje kanały CH 2 (4 GHz) oraz CH 5 (6,5 GHz) i zapewnia kryptografię AES.

Moduł DWM3000 zawiera układ scalony DW3110 z obsługą standardu IEEE802.15.4z-2020 (tryb BPRF), antenę i zarządzanie energią. Zapewnia globalną obsługę UWB z kanałami UWB 5 (6,5 GHz) i CH9 (8 GHz). Obsługuje schematy lokalizacji ToF, TWR i TDoA. Jest dostępna płytka Arduino DWS3000 z tym modułem.



Rysunek 8. Schemat blokowy układu scalonego Trimension NCJ29D5 firmy NXP [9]

Układy scalone firmy NXP

Na corocznej konferencji deweloperów NXP Connects 20 października 2020 r., firma NXP Semiconductors ogłosiła przełom w ustanowieniu bezpiecznej technologii ultraszerokopasmowej (UWB) jako światowego standardu precyzyjnego wykrywania. Po wprowadzeniu mobilnych i samochodowych rozwiązań UWB firma NXP rozszerzyła swoją ofertę o nowe układy scalone UWB.

Układy scalone Trimension SR040 i SR150 są zoptymalizowane pod kątem nowych zastosowań IoT, takich jak inteligentne zamki i znaczniki systemu lokalizacji w czasie rzeczywistym (RTLS), zapewniając „położenie względne", z bardzo wysokim poziomem dokładności. Trimension to nowa nazwa marki sprawdzonej platformy UWB NXP – obejmującej rozwiązania zaprojektowane z myślą o specyficznych potrzebach rynków motoryzacyjnych, mobilnych i IoT. Trimension SR150 i SR040 umożliwiają pozycjonowanie i wykrywanie, zoptymalizowane pod kątem przypadków użycia Internetu Rzeczy. Zaprojektowano je z myślą o zgodności z certyfikacją konsorcjum FiRa.

Układ scalony Trimension SR150, zaprojektowany z myślą o specyficznych potrzebach urządzeń IoT, obsługuje technologię UWB, zgodnie ze standardem IEEE 802.15.4z, z dokładnością do 10 m oraz detekcję kąta odbioru (AoA), z dokładnością do 3 stopni, dla dodatkowego wzmocnienia poziomu precyzji. Trimension SR150 idealnie nadaje się do obsługi UWB wszelkiego rodzaju większych infrastruktur, takich jak instalacje kontroli dostępu, konfiguracje lokalizacji w pomieszczeniach i schematy płatności, a także elektronika użytkowa. Kilka urządzeń IC SR150 można umieścić w pomieszczeniu jako kotwice UWB, aby pomóc w lokalizowaniu poruszających się ludzi i obiektów.

Układ scalony Trimension SR040, zoptymalizowany do pracy przy niskim poborze mocy, jest przeznaczony do użytku w zasilanych bateryjnie urządzeniach IoT, w tym znacznikach lokalizacji i śledzenia UWB. Zawiera zintegrowany stos firmowy MAC, zgodny z przyszłą certyfikacją konsorcjum FiRa. Używany jako znacznik TDoA, może wysyłać tylko pakiety Blink. Układ może być zintegrowany z układami Bluetooth Low Energy lub innymi kontrolerami łączności w jednym urządzeniu.

Układ scalony Trimension OL23D0 uzupełnia gamę rozwiązań IoT jako otwarty, w pełni programowalny kontroler UWB, zgodny z IEEE 802.15.4z. Zawiera zintegrowany mikrokontroler ARM Coetrex oraz pamięć Flash. Jest zoptymalizowany do pracy z niskim poborem mocy, do zastosowań baterynych.

Układ scalony Trimension SR100T zapewnia niezwykle precyzyjne pozycjonowanie, dostosowane do urządzeń mobilnych nowej generacji z obsługą UWB.

Układ scalony Trimension NCJ29D5 to pierwszy z nowej generacji układów scalonych UWB, zaprojektowanych specjalnie celem spełnienia wymagań w zakresie łączności i bezpieczeństwa w przemyśle motoryzacyjnym.

Po raz pierwszy dostęp do samochodu za pomocą smartfona daje ten sam poziom wygody, co najnowocześniejsze breloki do kluczy. Użytkownicy mogą otwierać i uruchamiać samochody, pozostawiając telefony w kieszeniach lub torbach i korzystać z bezpiecznego zdalnego parkowania za pomocą smartfona. Ponadto, nowy układ scalony UWB zapewnia maksymalny poziom ochrony przed kradzieżą samochodu poprzez ataki przekaźnikowe.

Układ Trimension NCJ29D5 ma następujące cechy (**rysunek 8**) [XX]:

- zgodny ze standardem IEEE 802.15.4z oraz wstecznie z poprzednim standardem IEEE802.15.4-2011,
- komunikacja 110 kb/s, 850 kb/s, 6,8 Mb/s,
- praca w zakresie częstotliwości 6,0…8,5 GHz,
- rdzeń ARM Cortex,
- dokładność lokalizacji: do 10 cm w środowisku z zakłóceniami,
- pobór mocy: nadawanie 31 mA, odbiór 64 mA, tylko watchdog 2 μA, stan głębokiego uśpienia 100 nA.

Moduły z układami Trimension firmy NXP

Moduł ASMOP1BO0R1 firmy Amotech, bazujący na układzie Trimension SR150 UWB firmy NXP, jest wyposażony w gniazdko antenowe oraz antenę. Zintegrowany układ scalony nadajnika-odbiornika

Wybrane pozostałe artykuły kursu Systemy dla Internetu Rzeczy

[S25] Dokładna lokalizacja w pomieszczeniach w standardzie Bluetooth v5.1, EP 4/2019

Literatura

[1] UWB (ang. Ultra WideBand), Wikipedia, http://bit.ly/3r7rTYJ
[2] IEEE 802.15.4z-2020 – IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks-Amendment 1: Enhanced Ultra WideBand (UWB) Physical Layers (PHYs) and Associated Ranging Techniques, 2020-08-25, http://bit.ly/3apE8dq
[3] Decaware, Our technology, http://bit.ly/2WpjGkF
[4] Time Difference of Arrival, Sewio, http://bit.ly/37uzpoI
[5] Two Way Ranging, Sewio, http://bit.ly/3nKnk4J
[6] DW1000 Radio IC, Decawave (Qorvo), http://bit.ly/34qRK4b
[7] FiRa Consortium, http://bit.ly/2LG6eGK
[8] UWB Alliance, http://bit.ly/3p5qoZj
[9] Ultra WideBand (UWB), NXP, http://bit.ly/2WtgkNC
[10] Secure Ultra WideBand (UWB), http://bit.ly/3p4VLTU
[11] SIMATIC RTLS – Real-time locating system, http://sie.ag/38kDtar
[12] How to compare different RTLS technologies?, 26 November 2018, Quuppa, http://bit.ly/2CIBNbD

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl 7fe4c01756

bezprzewodowego, zarządzanie energią oraz sterowanie zegarem, upraszczają integrację projektu i eliminują wymagania projektowania układów RF. Niski pobór mocy modułu pozwala na długotrwałą pracę z baterii.

Moduł ASMOP1CO0R1 firmy Amotech, bazujący na układzie Trimension SR040 UWB firmy NXP, jest wyposażony w gniazdko antenowe. Może pracować w układach RTLS, z dokładnością do 10 cm oraz transmisją danych do 7,8 Mb/s.

Moduł ASMOP1CO0A1 firmy Amotech, bazujący na układzie Trimension SR040 UWB firmy NXP, jest wyposażony we wbudowaną antenę.

Siemens

Siemens przejął w roku 2018 niemiecką firmę Agilion, producenta bezprzewodowych rozwiązań lokalizacyjnych. Dzięki temu rozszerzył własną ofertę w zakresie systemów lokalizacji, działających w czasie rzeczywistym (RTLS), które wykorzystują komunikację UWB i są używane w automatycznych pojazdach, pracujących w zakładach przemysłowych (*automated guided vehicles*, AGVs). Pojazdy takie są częścią działającego płynnie zaopatrzenia produkcyjnego i elementem systemów magazynowych. Systemy lokalizacji pojazdów, działające z centymetrową dokładnością i ciągłym odczytem pozycji (*real time*), oraz modele 3D otoczenia i sprzętu w hali produkcyjnej, są niezbędne w tego typu zastosowaniach. Wykorzystuje się je także w robotach współpracujących z ludźmi [11]. Firmowy system SIMATIC RTLS składa się z transponderów dołączonych do śledzonych obiektów, bramek zainstalowanych w pomieszczeniach oraz wspólnego systemu oprogramowania, który oblicza w czasie rzeczywistym pozycję poszczególnych transponderów.

Standaryzacja

W roku 2018 została założona globalna organizacja non–profit UWB Alliance, której celem jest zrzeszenie dostawców technologii, programistów i klientów tworzących branżę UWB [8]. Firma Decawave była członkiem założycielem sojuszu, wraz z firmami takimi jak Hyundai, Kia, Zebra, Alteros, Novelda i Ubisense. UWB Alliance promuje wdrażanie technologii UWB na dużą skalę, wspierając ochronę i rozwój środowiska regulacyjnego dla technologii UWB, zapewniając centrum doskonałości w zakresie edukacji i współistnienia UWB, jednocześnie wspierając współpracę z interoperacyjnymi specyfikacjami i standardami.

Konsorcjum FiRa jest organizacją non–profit, która promuje wykorzystanie technologii ultraszerokopasmowej w zastosowaniach takich jak: kontrola dostępu, usługi oparte na lokalizacji i usługi typu urządzenie-urządzenie [7].

Zostało założone w roku 2019 przez firmy Allegion (Schlage), ASSA ABLOY (HID Global), Bosch, NXP Semiconductors, Qorvo (Decawave) oraz Samsung. Konsorcjum FiRa, z siedzibą w Beaverton w stanie Oregon, jest organizacją, zajmującą się opracowywaniem i powszechnym wdrażaniem bezproblemowych doświadczeń użytkowników przy użyciu zabezpieczonych możliwości precyzyjnego określania zasięgu i pozycjonowania technologii UWB.

W maju 2020 roku konsorcjum opublikowało swoje pierwsze specyfikacje wymagań technicznych dla warstw UWB PHY i MAC. Specyfikacje posłużą jako podstawa nadchodzącego programu certyfikacji konsorcjum, aby zapewnić zgodność operacyjną między chipsetami, urządzeniami i rozwiązaniami.

Organizacje UWB Alliance i FiRa Consortium ogłosiły 30 czerwca 2020 r. formalne porozumienie w celu przyspieszenia rozwoju i przyjęcia technologii UWB.

Podsumowanie

W Europie i USA użytkownicy niektórych luksusowych samochodów już wchodzą w interakcję z UWB, nawet o tym nie wiedząc. Ich inteligentne kluczyki używają UWB do bezpiecznego odblokowania pojazdu. Nowe funkcje techniczne udostępniane przez UWB, w połączeniu ze smartfonem, mogą zapewnić nie tylko bezpieczniejszy dostęp, ale także nowe usługi, takie jak zlokalizowanie pojazdu na parkingu.

Systemy RTLS z techniką UWB mogą być bardzo pomocne w czasach pandemii COVID-19. Na przykład, system SIMATIC RTLS firmy Siemens umożliwia pomiar, monitorowanie i utrzymywanie bezpiecznej odległości pomiędzy poszczególnymi pracownikami. Korzystając z przenośnych transponderów, które współdziałają z urządzeniami infrastruktury, można również monitorować ruchy pracowników. Nowa aplikacja SieTrace pomaga też w zachowaniu dystansu między pracownikami. Przetwarza dane o lokalizacji transponderów za pomocą algorytmu, rozpoznaje odległości między pracownikami i wyzwala sygnał alarmowy do wszystkich zaangażowanych grup osób, jeśli odległość jest mniejsza niż 1,5 metra. Pozwala również na śledzenie kontaktów za pomocą oprogramowania monitorującego RTLS, które przechowuje historię ruchów pracowników [11]. I tu pojawia się obawa dotycząca zachowania prywatności śledzonych pracowników. Kto ma dostęp do takich danych i w jakim celu?

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, faks 22 257 84 00

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 60
faks 22 257 84 00
e-mail: redakcja@ep.com.pl
www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Zastępca Redaktora Naczelnego, Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker

Redakcja strony internetowej *www.ep.com.pl*
MAD Sp. z o.o.

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

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Stali Współpracownicy:
Nikodem Czechowski, Jakub Tyburski, Lucjan Bryndza, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Michał Kurzela, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.avt.pl/prenumerata
lub tel. 22 257 84 22
e-mail: prenumerata@avt.pl
www.sklep.avt.pl, tel. 22 257 84 66

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11

Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

eprasa.pl 7fe4c01756

Ogłoszenia i reklamy hurtowni, sklepów, importerów, producentów, dealerów, itp. są płatne. Cena podstawowego modułu (35×20 mm) wynosi 66 zł + VAT. Koszt minimalnej ramki dla ogłoszeń o wielkości 3 modułów wynosi 198 zł + VAT. Moduły można łączyć zarówno w pionie jak i w poziomie. Maksymalna szerokość ogłoszenia to 5 modułów, wysokość 12 modułów. Rabaty stosujemy wyłącznie dla reklam powyżej 8 modułów: 4-6 emisji 10%, 7-11 emisji 15% i od 12 emisji 25%.

Oferta specjalna:

- publikacja fragmentów cennika w ramce o wielkości: 8 modułów w pionie cena 264 zł + VAT, 9 modułów w poziomie 305 zł + VAT
- rabat specjalny dla firm poszukujących pracowników wynosi 25% (wyłącznie dla dużych reklam).

Wszelkich informacji udziela **Grzegorz Krzykawski**, **tel. 22 257 84 60**, e-mail: **grzegorz.krzykawski@ep.com.pl**.

Reklamy do tej rubryki mogą być przygotowane przez Zamawiającego w CMYK, w formacie CDR (wersja do 2018), AI, EPS (tekst zmieniony na krzywe), PSD, PDF (programy Adobe w wersji do CC 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.delta.poznan.pl

Wielkość matrycy: 5 Mpx (Sony Starvis)
Obiektyw: 2.8 - 12 mm (kąt widzenia 86° - 24°)
Rozdzielczość: 2592 x 1944 (5 Mpx)
Zasięg oświetlacza IR: 40 m
Protokoły sieciowe: TCP/IP, DDNS, NTP, ONVIF 2.4
PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66
3D-DNR, WDR, DEFOG, H265+, ROI, ...
Aplikacje dla: Android, iOS
➤ **APTI-54C4-2812WP** Bardzo dobra jakość w jeszcze lepszej cenie

Wielkość matrycy: 8,3 Mpx (przetwornik 1/1.8")
Obiektyw: 3.6 - 11 mm (kąt widzenia 90° - 36°)
Rozdzielczość: 3840 x 2160 (4K UHD)
Przepływność (bitrate): 64 ... 12000 kbit/s
Protokoły sieciowe: TCP/IP, NTP, DNS, ONVIF 2.4
PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66
3D-DNR, WDR, DEFOG, ROI, H265+, ...
Aplikacje dla: Android, iOS
➤ **APTI-84C6-3611WP-Z** Wysoka rozdzielczość dostępna w atrakcyjnej cenie

Wielkość matrycy: 5 Mpx (przetwornik 1/2.8")
Obiektyw: 2,8 - 12 mm (kąt widzenia 86° - 24°)
Rozdzielczość: 2592 x 1944
Obsługa audio - mikrofon zewnętrzny
Protokoły sieciowe: TCP/IP, NTP, DDNS, FTP
PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66, H.265+
3D-DNR, DEFOG, D-WDR, ROI, detekcja ruchu, ...
Aplikacje dla: Android, iOS
➤ **APTI-54VA3-2812P** Bardzo dobry stosunek jakości do ceny

Największy wybór w Polsce

www.ep.com.pl

KITy AVT

sklep.avt.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 7fe4c01756

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 2/2021

Clap²

Urządzenia nie powstydzi się żaden z elektroników, niezależnie od poziomu zaawansowania. Nie dlatego, że jest to jakieś szczególnie ambitne przedsięwzięcie, które musi być przysłowiowym „must have”, oraz nie dlatego, że jest bardzo ciekawe układowo, a wyłącznie dlatego, że jest to fajny gadżet, o którym słyszał chyba każdy. Mowa o układzie, który umożliwia sterowanie pracą urządzeń elektrycznych za pomocą dźwięku, a dokładnie za pomocą klaśnięć w dłonie. Było już wiele takich układów, ale tego typu rozwiązanie możemy zaimplementować w zupełnie nowy, a zarazem prosty sposób, dzięki użyciu techniki mikroprocesorowej.

Niezwykle tani dekoder DCC trakcji i dźwięku do modeli kolejowych

Postęp techniki i spadek cen półprzewodników pozwolił stworzyć dekodery jazdy i dźwięku, które wraz z głośnikiem mieszczą się w modelach lokomotyw w skali H0 i mniejszej. Niestety, ze względu na dosyć małą skalę produkcji dekodery te są dość kosztowne. W Internecie można znaleźć dokumentację amatorskich dekoderów trakcji, ale jeszcze nie ma dekoderów dźwiękowych wykorzystujących samplowane dźwięki. Dzięki stosunkowo taniemu mikrokontrolerowi oraz miniaturowemu mostkowi H i wzmacniaczowi audio w klasie D udało się zbudować tani dekoder.

Bistabilny włącznik oświetlenia z bramką optoelektroniczną

Włączanie oświetlenia w pomieszczeniu może odbywać się tradycyjnie, ręcznie obsługiwanym przełącznikiem, albo automatycznie. Ten drugi sposób wymaga zarejestrowania, że ktoś właśnie wszedł i wymaga załączenia źródła światła albo, że właśnie wyszedł. Jednym z rozwiązań może być bramka optoelektroniczna.

Szybka miniładowarka Ni-MH 4S z USB

Nie we wszystkich urządzeniach akumulatory Li-Ion wyparły akumulatory Ni-MH. Akumulatory Eneloop i podobne, o niskim samorozładowaniu, mogą bezpośrednio zastąpić klasyczne baterie w urządzeniach o niewielkim poborze mocy. Nie stwarzając, przy tym problemów z bezpieczeństwem, nawet podczas ich niezbyt ostrożnej eksploatacji. Zaprezentowana ładowarka zasilana z portu USB umożliwia szybkie ładowanie pakietu czterech szeregowo połączonych akumulatorów AAA o pojemności 750 mAh.

a ponadto tematy wiodące EP 2/2021:

UKŁADY FPGA – NARZĘDZIA I ZESTAWY STARTOWE

AKUMULATORY VS SUPERKONDENSATORY

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK.....106

ARMEL.....106

BORNICO.....9

COMPUTER CONTROLS.....5

DELTA-OPTI.....106

ELMAX.....106

FERTSTER.....91

FINDER.....78, 79

GAMMA.....91

PIEKARZ.....91

RENEX.....91

RUTRONIK.....7

eprasa.pl 7fe4c01756

INTERESUJESZ SIĘ **ELEKTRONIKĄ** LUB **TECHNIKĄ?**

SIĘGNIJ PO DUŻĄ DAWKĘ SPECJALISTYCZNEJ WIEDZY

NA **WWW.ULUBIONYKIOSK.PL** - PRZESYŁKA GRATIS

eprasa.pl 7fe4c01756