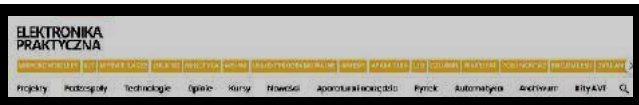
OBWODY DRUKOWANE • TRANSFORMATORY

www.ep.com.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA +FTP

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Październik ● 10/2020 ●



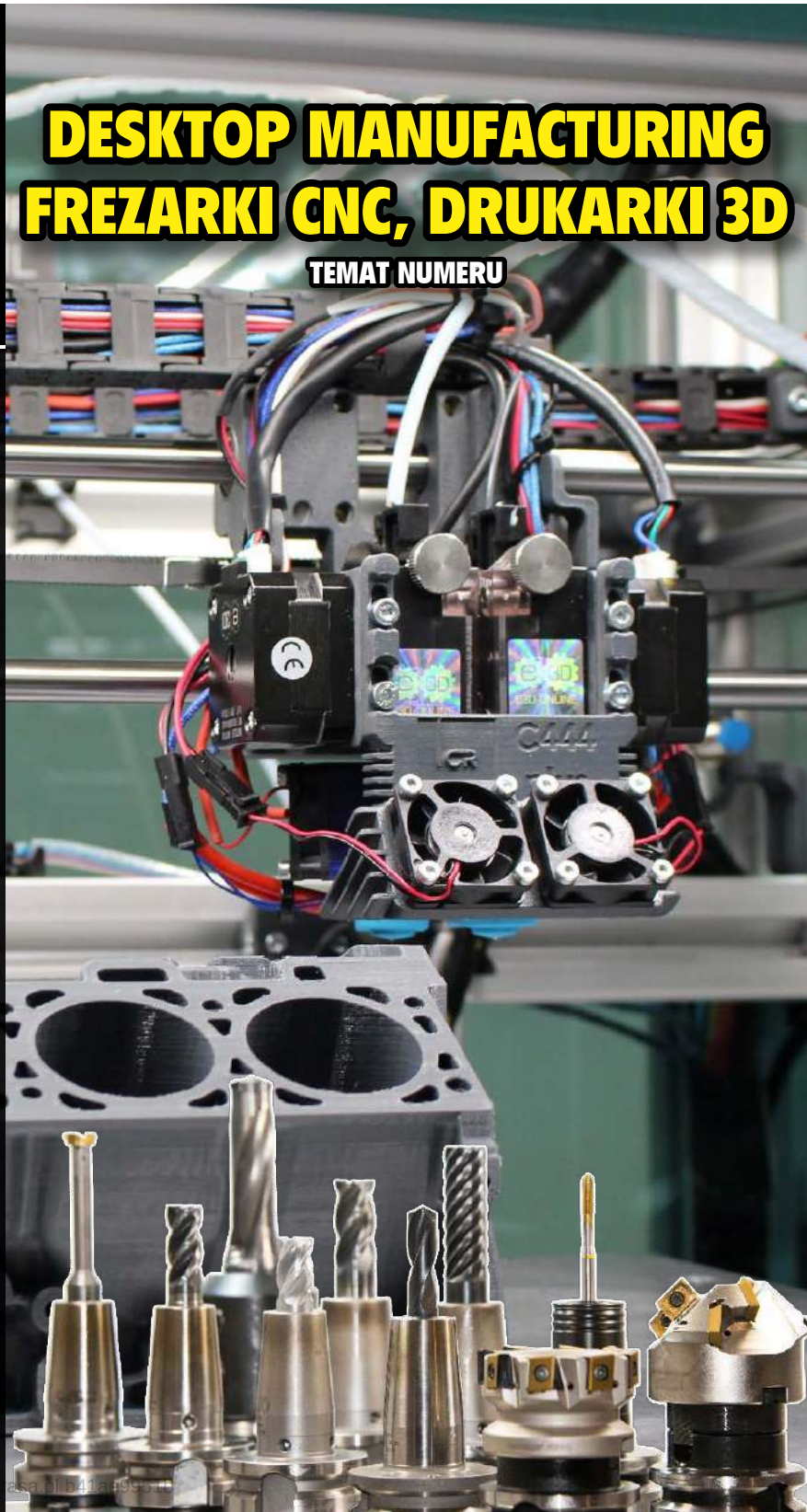
EP W TOKU NA EP.COM.PL

tylko Prenumeratorzy

mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP

DESKTOP MANUFACTURING FREZARKI CNC, DRUKARKI 3D

TEMAT NUMERU



inspirujące, użyteczne projekty

WetRuler – układ do pomiaru poziomu oceanu • Nawiedzona książka na Halloween • Asystent cyfrowy ZW-1 • Zegar Nixie • Miniaturowy odbiornik FM • Odtwarzacz audio z Raspberry Pi • Hybrydowy harvester z superkondensatorem • Zasilacz liniowy do Raspberry Pi • Ładowarka kondensatorów LiCAP • Radiowy port szeregowy z modułem Thyone-I • Sterowanie taśmą LED przez DMX • Regulator balansu tonów • Generator symulujący impulsy przyśpieszenia

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Digilent USB104 A7. Komputer z FPGA Xilinx w formacie PC/104 • Transformatory i elementy indukcyjne • Obwody drukowane. Płytki PCB o zwykłych i niezwykłych zastosowaniach • Ewolucja systemów napędowych

tutoriale

Symulacja i pomiar, czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora. Problem stabilności • System komunikacji bezprzewodowej z użyciem modułów ESP32 oraz protokołu ESP-MESH • Desktop manufacturing • Kontraktowa produkcja elektroniki. Jak efektywnie współpracować z dostawcą usług i zmniejszyć koszty?

kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Pozyskiwanie energii z fal radiowych • Eksperymenty z FPGA. Operacje mnożenia liczb

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

ISSN 1230-3526 Indeks 357677

10 >

9 771230 352207

TRADYCYJNA
JESIENNA PROMOCJA
PRENUMERATY

10 = 12 + 2

Jeśli do 31.10.2020 roku zamówisz prenumeratę „Elektroniki Praktycznej" na rok 2021, to zapłacisz za **10** numerów (prenumerata drukowana w cenie 189 zł, prenumerata elektroniczna w cenie 151 zł) i otrzymasz w przyszłym roku 12 numerów oraz bezpłatnie 2 ostatnie wydania tegoroczne (listopadowe i grudniowe).

Prenumerujesz aktualnie „Elektronikę Praktyczną" i chcesz skorzystać z Tradycyjnej Promocji Jesiennej? Zamów prenumeratę do 31.10.2020, płacąc za **10** numerów (prenumerata drukowana w cenie 189 zł, prenumerata elektroniczna w cenie 151 zł), a otrzymasz przedłużenie bieżącej prenumeraty o 14 kolejnych numerów.

Zamów prenumeratę w Promocji Jesiennej:

- drukowaną w cenie 189 zł na www.avt.pl/prenumerata/drukowane
- elektroniczną w cenie 151 zł na www.avt.pl/prenumerata/elektroniczne

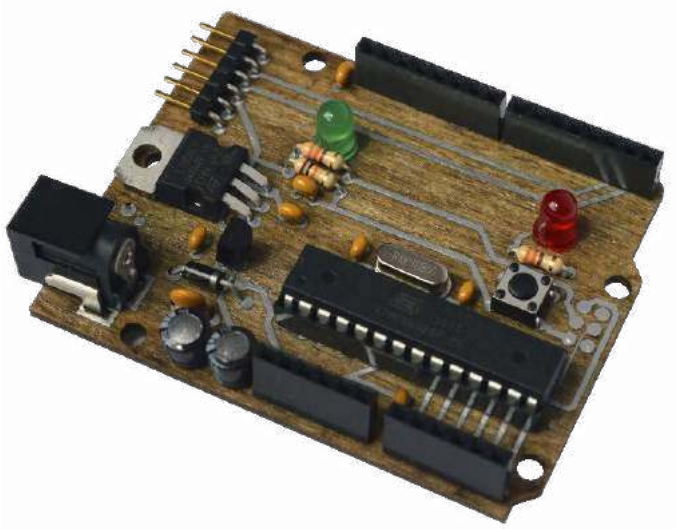
albo wpłać odpowiednią kwotę na konto:
AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa,
ING Bank Śląski 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013
tytułem: EP w Promocji Jesiennej

eprasa.pl b41ae9951b

„Zielone” płytki PCB

Płytki drukowane są podstawowym elementem niemal każdego modułu elektronicznego. Stanowią podłoże do rozmieszczenia elementów oraz realizują połączenia elektryczne pomiędzy tymi elementami. Zapewne każdy elektronik przynajmniej raz zmierzył się z zadaniem zaprojektowania i wykonania obwodu PCB. Nigdy nie zapomnę moich pierwszych prób z wytrawianiem płytek. Schematy obwodów nanosiłem metodą termotransferu, a jako wytrawiacza używałem roztworu chlorku żelaza. Po kilku próbach, mających na celu dopracowanie parametrów procesu, udało mi się osiągnąć zaskakująco dobre efekty. Przy okazji przekonałem się, jak destrukcyjnie wytrawiacz działa na tkaniny...

Dziś jest wiele firm oferujących usługi produkcji płytek PCB, zarówno dużych serii, jak i pojedynczych prototypów. Za naprawdę przystępne kwoty otrzymamy profesjonalnie wykonane płytki, z opisem i najpewniej najpopularniejszą zieloną soldermaską. Jednak branża ta ma na sumieniu ciężki grzech, któremu zielony kolor płytek jakby zaprzecza, a chodzi o utylizację i recykling płytek PCB. Biorąc pod uwagę fakt, że nawyki konsumentów stały się nieco przesadzone i nowe urządzenia mają krótszy cykl życia niż kiedykolwiek wcześniej, a systemy recyklingu e-odpadów znajdują się w opłakanym stanie, problem staje się naprawdę poważny. Aktualnie dostępne technologie recyklingu i utylizacji płytek PCB można podzielić na dwie zasadnicze grupy: technologie termiczne w rodzaju pirolizy, hydrometalurgii i metalurgii oraz technologie nietermiczne, jak demontaż, rozdrabnianie i obróbka chemiczna. Obecnie stosowane metody nastawione są głównie na odzyskiwanie metali, które stanowią tylko ok. 28% wagi PCB. Pozostały materiał nie podlega recyklingowi, ponieważ wymagałby skomplikowanych, nieefektywnych i kosztowych procesów.



Fotografia 1. Działający moduł elektroniczny zbudowany na bazie płytki Soluboard (źródło: https://bit.ly/3ibj6iA)

Nadzieją na poprawę sytuacji są biodegradowalne płytki PCB. Prace nad odpowiednimi materiałami już trwają. Ciekawe rezultaty zaprezentowały firmy Jiva i Eco-Technilin, które wspólnie opracowały rewolucyjny biokompozyt wytwarzany z taśmy lnianej, nazwany soluboard (https://bit.ly/3kRElIc). Ma on zastąpić obecny standardowy materiał używany w przemyśle – laminat FR-4. Głównym składnikiem materiału jest taśma składająca się z jednokierunkowych włókien lnianych o gęstości mniejszej niż alternatywne włókna węglowe i szklane. Jednokierunkowa orientacja włókien powoduje, że można je ułożyć w wielowarstwowy biokompozyt o dobrych właściwościach mechanicznych i elektrycznych. Nowy materiał jest konkurencyjny cenowo i w pełni biodegradowalny. W połączeniu z innymi biodegradowalnymi składnikami pozwala wytwarzać gotowe płytki z zamontowanymi elementami elektronicznymi i połączeniami przewodzącymi. Po zanurzeniu w gorącej wodzie elementy elektroniczne można łatwo usunąć, a materiał kompozytowy ulega rozwarstwieniu (https://bit.ly/34kOQ0b). Powstały roztwór podlega utylizacji w standardowych systemach oczyszczania ścieków komunalnych.

Fotografia 2. Po zanurzeniu modułu w gorącej wodzie elementy elektroniczne można łatwo usunąć z płytki (źródło: https://bit.ly/3ibj6iA)

Jak każda nowa technologia zapewne wymaga dopracowania. Zanim stanie się bardziej opłacalna finansowo i dostępna u większości producentów, dokładajmy starań, aby nasze płytki i urządzenia były użyteczne jak najdłużej.

Damian Soskowski

eprasa.pl b41ae9951b

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 10 (333) • Październik 2020

Nie przeocz

Nowe podzespoły ... 6
Koktajl niusów ... 12
Konkurs „Elektronika – by żyło się łatwiej” ... 16
Rejestracja zawodników na Mistrzostwa Polski w Lutowaniu RENEX Soldering Championship 2020 ... 17
Warsaw Industry Week 2020 ... 17
Dodaj do obserwowanych ... 18

Projekty soft

WetRuler – układ do pomiaru poziomu oceanu ... 23
Nawiedzona książka na Halloween ... 27

Projekty

Asystent cyfrowy ZW-1 ... 30
Zegar Nixie ... 34
Miniaturowy odbiornik FM ... 43
Odtwarzacz audio z Raspberry Pi (1) ... 48
Hybrydowy harvester z superkondensatorem ... 54

Miniprojekty

Zasilacz liniowy do Raspberry Pi ... 56
Ładowarka kondensatorów LiCAP ... 57
Radiowy port szeregowy z modułem Thyone-I ... 60
Sterowanie taśmą LED przez DMX ... 61
Regulator balansu tonów ... 63

Moduły w aplikacjach

Generator symulujący impulsy przyśpieszenia ... 66

Temat numeru: desktop manufacturig

Desktop manufacturing ... 68

Prezentacje

Ewolucja systemów napędowych ... 76
Kontraktowa produkcja elektroniki. Jak efektywnie współpracować z dostawcą usług i zmniejszyć koszty? ... 78
Digilent USB104 A7. Komputer z FPGA Xilinx w formacie PC/104 ... 80

Nawiedzona książka na Halloween

Halloween nie jest może typowym świętem, obchodzonym w naszym kraju, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby zorganizować dla znajomych imprezę w strasznym klimacie. Doskonałym uzupełnieniem wystroju imprezy może być przedstawiony w poniższym artykule rekwizyt – elektroniczna nawiedzona księga.

Wybór konstruktora:

Transformatory i elementy indukcyjne ... 92
Obwody drukowane. Płytki PCB o zwykłych i niezwykłych zastosowaniach ... 97

Notatnik konstruktora

Symulacja i pomiar, czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora (15). Problem stabilności ... 82
System komunikacji bezprzewodowej z użyciem modułów ESP32 oraz protokołu ESP-MESH (3) ... 89

Kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy (42). Pozyskiwanie energii z fal radiowych ... 103
Eksperymenty z FPGA (11). Operacje mnożenia liczb ... 109

Prenumerata ... 2
Od wydawcy ... 3
KAP ... 65
KAP ... 75
Kramik i rynek ... 102
Hity następnego numeru ... 115

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

Szczegóły na stronie 90

eprasa.pl b41ae9951b

Podzespoły NFC: kompletny świat nowych możliwości

ST25
NFC Readers

ST33 / ST54
Secure NFC

ST25
NFC / RFID Tag

ST21NFC
NFC Controller

ST25
Dynamic NFC Tag

Oferujemy 5 rodzin układów do aplikacji NFC

- tagi NFC/RFID
- dynamiczne tagi NFC
- zintegrowane czytniki NFC
- kontrolery NFC
- podzespoły do chronionych transmisji NFC

Zaawansowane możliwości

- obsługa trybu Very High Bit Rate do 6.8 Mb/s
- zintegrowany interfejs Automatic Antenna Tuning
- modulator AWS (Active Wave Shaping)
- wzmacniacz z Dynamic Power Output

Certyfikowane rozwiązania

- certyfikaty NFC Forum
- certyfikaty EMVCo i PBOC
- wybrane podzespoły zgodne z AEC-Q100

Kompletny ekosystem narzędziowy

- zestawy narzędziowe X-NUCLEO
- pakiety bibliotek X-CUBE
- bezpłatne środowisko programistyczne STM32Cube
- konfigurator anten NFC http://www.st.com/edesignsuite
- support dla Linuksa, Androida, iOS

Near Field Communication
CERTIFIED

KAMAMI
DEVELOPMENT BOARD

www.st.com/nfc

life.augmented

eprasa.pl b41ae9951b

nowe podzespoły

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

Tranzystory CoolSiC MOSFET o napięciu 1700 V

Infineon Technologies uzupełnia ofertę tranzystorów CoolSiC MOSFET o kolejną klasę napięciową. Po wprowadzonych w tym roku tranzystorach o napięciu V_{DS} wynoszącym 650 V, do oferty firmy wchodzą trzy nowe wersje o napięciu znamionowym 1700 V: IMBF170R1K0M1, IMBF170R650M1 i IMBF170R450M1. Tranzystory te różnią się między sobą rezystancją RDS(on), wynoszącą odpowiednio 1000, 650 i 450 mΩ oraz maksymalnym prądem drenu, odpowiednio 5,2 A, 7,4 A i 9,8 A. Pracują z napięciem progowym bramki 4,5 V. Są produkowane w 7-wyprowadzeniowych obudowach TO-263 o drodze upływu i odstępie izolacyjnym powyżej 7 mm. Ich najważniejszymi zaletami są: duża niezawodność oraz małe straty przy przewodzeniu i przełączaniu, wynikające z małej rezystancji kanału i małej pojemności wewnętrznej, typowej dla tranzystorów o strukturze Trench. Nowe tranzystory są polecane do zastosowań w falownikach systemów solarnych oraz zasilaczach i ładowarkach przemysłowych. Mogą pracować przy maksymalnej temperaturze złącza +175°C.

http://bit.ly/2lN71bU

Czytnik RFID nowej generacji do samochodowych systemów zdalnego dostępu

STMicroelectronics powiększa rodzinę czytników NFC ST25R o nowy układ oznaczony symbolem ST25R3920, zaprojektowany do zastosowań w samochodowych systemach zdalnego dostępu. Zastosowano w nim unikalne technologie, takie jak DPO (*Dynamic Power Output*) i NSR (*Noise-Suppression Receiver*), zapewniające skrócenie czasu nawiązywania połączenia i wydłużenie zasięgu transmisji. Dzięki DPO układ może wygenerować moc ciągłą sygnału w.cz. wynoszącą

1,6 W (do 2,5 W w impulsie), zapewniającą stabilne połączenie NGC na długim dystansie, nawet przy korzystaniu z miniaturowej anteny. Z kolei NSR zwiększa odporność na interferencje emitowane przez zewnętrzne źródła, ułatwiając certyfikację produktów. Funkcja automatycznego strojenia obwodu antenowego zapewnia optymalne parametry połączenia ze smartfonem użytkownika, a obwód wykrywania sygnału klucza z wybudzeniem indukcyjnym ogranicza do minimum pobór mocy przy braku komunikacji.

ST25R3920 nadaje się idealnie do zastosowań w ciasnych przestrzeniach, ograniczających maksymalne rozmiary anteny, np. w klamkach drzwi, słupkach nadwozia i centralnej konsoli. Obsługuje standard CCC Digital Key Standardization Release 2.0 wspierany przez czołowych producentów aut, smartfonów i komponentów elektronicznych. Uzyskał też certyfikację NFC Forum oraz jest zgodny ze standardami EMVCo 3.0, co pozwala na zastosowania w bezkontaktowych terminalach płatniczych, wykorzystywanych np. w systemach ładowania samochodów o napędzie elektrycznym. ST25R3920 może pracować w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +105°C. Uzyskał kwalifikację AEC-Q100. Jest produkowany w obudowie VFQFPN o wymiarach 5×5×1 mm.

https://bit.ly/33yXTKg

REKLAMA

OBWODY DRUKOWANE

- płytki jednostronne i dwustronne
- płytki na podłożu aluminiowym
- testy elektryczne płytek
- pokrycia płytek: cyna, cyna/ołów, złoto

SYSTEM ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ FALDRUK

Faldruk s.c.

Faldruk s.c., 05-462 Emów, ul. Wiązowska 2E
tel. +48 22 872 43 01, 612 67 76, +48 698 468 850
biuro@faldruk.pl, www.faldruk.pl

SPRAWDŹ NOWY KALKULATOR CENY ONLINE

Złącza dużej niezawodności Gecko-SL z kontaktami sygnałowymi i zasilania

Popularne złącza o dużej niezawodności Gecko-SL firmy Harwin są obecnie dostępne w wersji mixed-layout. Dzięki dodaniu do linii

eprasa.pl b41ae9951b

Chmura bez ograniczeń

Najprostszy sposób na bezpieczne połączenie z AWS

Aby umożliwić tworzenie inteligentnych, połączonych i bezpiecznych aplikacji, firma Microchip rozszerzyła współpracę z Amazon Web Services (AWS), zapewniając możliwość korzystania z chmury przez systemy embedded. Nasze rozwiązanie umożliwia łatwą integrację i bezpieczne tworzenie węzłów brzegowych małej mocy korzystających z serwisów w chmurze, nawet jeśli dopiero zaczynasz korzystać z takich możliwości.

Skalowalne płytki projektowe PIC-IoT WA i AVR-IoT WA zawierają łatwe w użyciu, ale wydajne mikrokontrolery PIC24FJ128GA705 i ATmega4808, wstępnie skonfigurowany bezpieczny chip ATECC608A CryptoAuthentication™ oraz w pełni certyfikowany kontroler ATWINC1510 Wi-Fi®. Zapewnia to najprostszy i najskuteczniejszy sposób połączenia aplikacji embedded z AWS.

Charakterystyka

- Gotowe rozwiązanie komunikacji do chmury w 30 sekund
- Solidny ekosystem zapewniający szybkie generowanie kodu i rozwój aplikacji
- Bezpieczne uwierzytelnianie ze sprzętowym magazynem kluczy prywatnych

SMART | CONNECTED | SECURE

www.microchip.com/IoTWA

MICROCHIP

Nazwa Microchip i logo oraz logo Microchip są zastrzeżonymi znakami towarowymi, a CryptoAuthentication jest znakiem towarowym firmy Microchip Technology Incorporated w USA i innych krajach. Amazon Web Services i logo „Powered by AWS" są znakami towarowymi firmy Amazon.com Inc. lub jej podmiotów zależnych w Stanach Zjednoczonych i/lub innych krajach. Wszystkie inne znaki towarowe są własnością ich zarejestrowanych właścicieli.
© 2020 Microchip Technology Inc. Wszystkie prawa zastrzeżone. DS00003585A. MEC2329-POL-09-20
eprasa.pr b41ae9951b

sygnałowych 2 lub 4 linii zasilających (w konfiguracjach 1+8+1 lub 2+8+2) pozwalają znacznie ograniczyć wymiary i masę urządzeń elektronicznych. Nadają się idealnie do zastosowań w lotnictwie, pojazdach o zasilaniu elektrycznym, robotyce, dronach oraz w instalacjach wojskowych. Są odporne na udary do 100 g, wibracje do 20 g i temperaturę otoczenia od –65 do +150°C. Producent deklaruje ich niezawodność na poziomie 1000 cykli łączenia/rozłączania. Złącza Gecko-SL umożliwiają przesyłanie prądów o natężeniu do 2 A dla linii sygnałowych i do 10 A dla linii zasilania. Obecnie w ramach tej serii dostępne są wtyki męskie i żeńskie oraz gniazda żeńskie do montażu pionowego i męskie do montażu kątowego. Mogą one pracować z maksymalnym napięciem 600 VAC/DC. Charakteryzują się rezystancją kontaktu nieprzekraczającą 25 mΩ i rezystancją izolacji minimum 1 GΩ.

http://bit.ly/2toeAKt

Konwertery DC-DC buck-boost o mocy 300 W

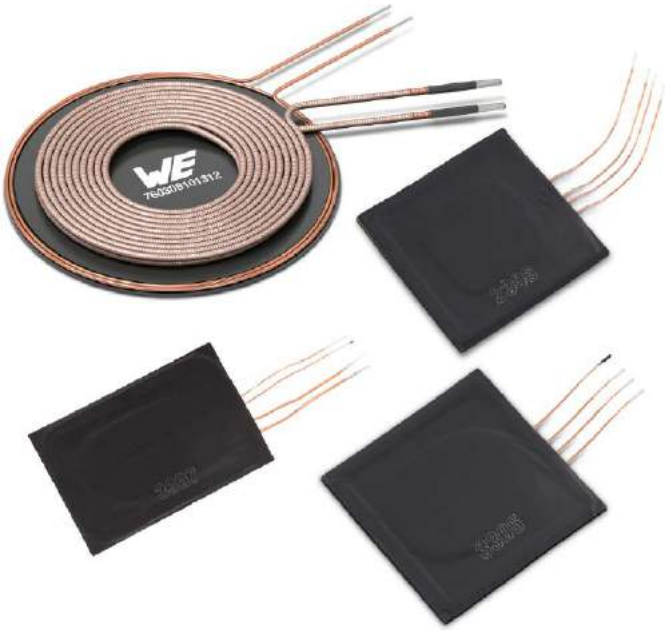
Do oferty firmy TDK wchodzi seria 300-watowych nieizolowanych konwerterów DC-DC buck-boost, przekształcających napięcie wejściowe 9…53 V do dowolnego napięcia wyjściowego z zakresu 9,6…48 V. Konwertery i7C wyróżniają się bardzo dużą sprawnością, sięgającą nawet 97%. Wiąże się to z małą emisją ciepła, pozwalającą na zastosowania w aplikacjach o ograniczonych możliwościach chłodzenia. Znacznie obniżono w nich pobór prądu w zakresie małych obciążeń. Wynosi on typowo 5 mA przy braku obciążenia i może zostać zredukowany do 0,25 mA po przełączeniu konwertera w tryb standby za pomocą wejścia *Remote On/Off*. Do standardowego wyposażenia konwerterów i7C należy wejście do dostrajania napięcia wyjściowego, funkcja pomiaru napięcia na obciążeniu (*Remote Sense*) oraz zabezpieczenie podnapięciowe, nadprądowe i termiczne. Konwertery w wersji *full-featured* oferują dodatkowo wyjście sygnalizacyjne *Power Good* i funkcję monitorowania prądu wyjściowego oraz umożliwiają synchronizowanie częstotliwości pracy, pozwalające na minimalizowanie poziomu zaburzeń elektromagnetycznych.

Produkowane są w obudowach o wymiarach 36,8×34 mm i rozkładzie wyprowadzeń standardowym dla modułów 1/16th brick. Występują w trzech konfiguracjach mechanicznych: open-frame o wysokości 12,2 mm, baseplate z chłodzeniem przez przewodzenie oraz z wbudowanym radiatorem, umożliwiającą chłodzenie przez naturalną konwekcję lub wymuszony obieg powietrza. Wszystkie warianty uzyskały certyfikaty IEC/UL/EN 62368-1, 60950-1 i zawierają oznaczenie CE.

https://bit.ly/35CxRZb

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



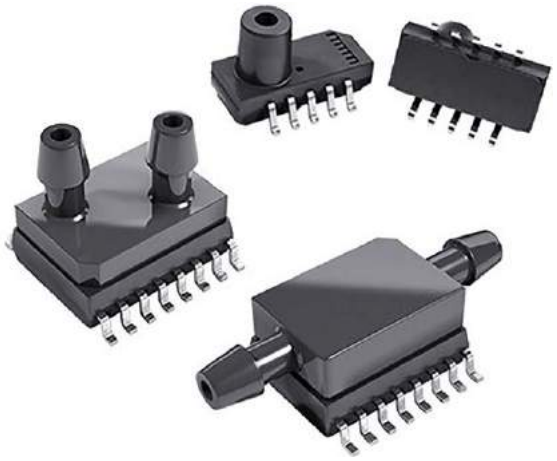
Cewki do równoczesnej komunikacji NFC i transmisji zasilania

Wurth Elektronik powiększa ofertę cewek indukcyjnych do bezprzewodowych systemów transmisji zasilania. Cewki serii WE-WPCC, łączące możliwość komunikacji w standardzie NFC i bezprzewodowej transmisji zasilania, doskonale nadają się do zastosowań w stacjach ładowania smartfonów z funkcjami identyfikacji i płatności. Do oferty firmy wchodzi obecnie nowy model dużej mocy WE-WPCC 760308101311 o prądzie nasycenia 30 A i napięciu znamionowym 20 V, umożliwiający transmisję mocy do 400 W. Z kolei nowe cewki WE-WPCC 760308101411 i 760308101410 wyróżniają się dwukrotnie mniejszą grubością od innych cewek nadawczych, wynoszącą odpowiednio 2,8 mm i 3,1 mm. Mogą być produkowane w powłokach z tworzywa PET z powierzchnią samoprzylepną. Umożliwiają transmisję danych z szybkością do 848 kbps i równoczesną transmisję mocy do 100 W. Zgodność ze specyfikacjami Qi (5 W, 15 W) oraz standardami AirFuel Alliance oznacza możliwość zastosowania w elektronice konsumenckiej i aplikacjach przemysłowych. Zastosowanie przewodów plecionych i wysokiej jakości materiału ferrytowego zapewnia dużą sprawność energetyczną. Z kolei duża przenikalność magnetyczna ekranu zapewnia ochronę wrażliwych podzespołów elektronicznych i akumulatorów przed interferencjami.

Aby ułatwić projektantom dobór optymalnych cewek nadawczych i odbiorczych, firma Wurth Elektronik oferuje narzędzie online „Mix and Match" oraz zestawy projektowe Wireless Power Development Kit.

http://bit.ly/38pwtYH

eprasa.pl b41ae9951b



Czujniki niskiego ciśnienia o zakresie pomiarowym od 1,25 mbar

Na rynku przemysłowym i medycznym rośnie zapotrzebowanie na czujniki niskiego ciśnienia. W instalacjach HVAC, aparaturze do monitorowania pacjentów i systemach wspomagania oddychania CPAP (*continuous positive airway pressure*) wykrywanie małych zmian ciśnienia jest kluczowe. Wymagane są tu czujniki małogabarytowe, charakteryzujące się dużą dokładnością i bardzo dobrą stabilnością długoterminową. Do tego typu zastosowań firma TE Connectivity zaprojektowała serię czujników SMI produkowanych w technologii MEMS. Występują one w wersjach do pomiaru ultraniskiego ciśnienia manometrycznego i różnicowego z zakresu:

- 1,25…6 mbar (seria SM9000),
- 5…98 mbar (SM7000/6000/5000),
- 345…2070 mbar (SM4000/1000).

Czujniki SMI zawierają sensor piezorezystancyjny oraz układ kompensacji sygnału wyjściowego. Ich całkowity błąd pomiaru wynosi ok. 1% FS. Występują w wersjach z wyjściem cyfrowym oraz w wersjach redundantnych z wyjściem cyfrowym i analogowym. Wyjście cyfrowe I²C, zapewniające 16-bitową rozdzielczość, umożliwia sygnalizowanie zmian ciśnienia już na poziomie 0,0038 Pa. Z kolei wyjście analogowe zapewnia bardzo krótki czas odpowiedzi. Czujniki SMI są produkowane w obudowach SOIC-16 i SOIC-10 z portami procesowymi wyprowadzonymi pionowo lub poziomo.

http://bit.ly/2uJx0G5

Precyzyjne rezystory chipowe z azotku tantalu o dużej odporności na wilgoć

Precyzyjne rezystory o tolerancji 0,1% i współczynniku TCR 25 ppm/°C lub mniejszym nie są niczym niezwykłym w dzisiejszych urządzeniach elektronicznych. Jednak w niektórych aplikacjach wymagana jest dodatkowo praca w warunkach wysokiej wilgotności, co może stwarzać problemy w przypadku niektórych cienkowarstwowych rezystorów nichromowych, gdyż jest to materiał podatny na korozję. Wady tej nie wykazują rezystory z azotku tantalu z warstwą samopasywacyjną. Do oferty firmy Stackpole wchodzi właśnie nowa seria precyzyjnych rezystorów RTAN z azotku tantalu, przeznaczonych do pracy w środowiskach o dużej wilgotności. Zapewniają one dużą odporność na wilgoć, potwierdzoną wynikami testów 85°C/85% RH, a ich dodatkową zaletą jest również odporność na działanie siarki – w tym zakresie rezystory RTAN przeszły rygorystyczne testy ANSI/EIA-977 (method A). Nadają się one do zastosowań w aplikacjach wymagających dużej niezawodności oraz zapewnienia długoterminowej stabilności rezystancji w ciężkich warunkach środowiskowych. Przykładem może być aparatura pomiarowa, elektronika samochodowa i przenośne urządzenia medyczne. Produkowane są w obudowach chipowych rozmiaru od 0402 do 1206.

http://bit.ly/2Xue2xm

REKLAMA

Cześć Polsko!

Jako wiodący dystrybutor złączy wtykowych, czujników i podzespołów elektromechanicznych prowadzimy **współpracę z ponad 40 producentami,** oferując szerokie portfolio produktów. Dzięki aktualizowanemu na bieżąco podglądowi stanów magazynowych możesz od razu zweryfikować dostępność produktów i producentów, a także złożyć **zamówienie już od jednej sztuki**. W przypadku pytań nasz dział sprzedaży jest przez cały czas do dyspozycji i wspiera klientów osobiście na miejscu, udzielając merytorycznej pomocy.

Skorzystaj z szybkiej dostępności produktów, wsparcia technicznego i wysokiego poziomu obsługi.
Jesteśmy zadowoleni dopiero wtedy, gdy nasi klienci są zadowoleni.

Sprawdź teraz!

DISTRIBUTION AS IT SHOULD BE.

HEILIND
Performance. Trust. Innovation.

info@heilind.pl
www.heilind.pl

eprasa.pl b41ae9951b

Termoelektryczne ogniwa chłodzące o zwiększonej wydajności

Termoelektryczne ogniwa chłodzące nowej serii UltraTEC UTX firmy Laird Thermal Systems zostały zrealizowane na bazie nowo opracowanych materiałów, pozwalających uzyskać większą o 10% wydajność chłodzenia, większą różnicę temperatury i większą sprawność od standardowych ogniw. Znajdują one zastosowanie m.in. w laserach przemysłowych, projektorach laserowych i medycznych systemach diagnostyki. Mogą chłodzić elektronikę do temperatury znacznie poniżej temperatury otoczenia i wymagają minimalnych kosztów konserwacyjnych. Całość oferty ogniw UltraTEC UTX obejmuje obecnie kilkadziesiąt modeli o mocy znamionowej do około 300 W i maksymalnej różnicy temperatury 72°C. Ich wymiary wynoszą od 27×24×2 mm do 56×53×3,3 mm.

https://bit.ly/3hzw7SZ

4-kanałowy wzmacniacz audio klasy D do elektroniki samochodowej

TPA6304-Q1 to 4-kanałowy wzmacniacz audio klasy D, zaprojektowany do zastosowań w elektronice samochodowej, mogący pracować z napięciem zasilania z zakresu 4,5...18 V. Wyróżnia się on dużą częstotliwością taktowania, wynoszącą 2,1 MHz, pozwalającą na realizację kompletnego obwodu na małej powierzchni płytki drukowanej, już od 2,7 cm². Maksymalna moc wyjściowa układu wynosi 27 W/kanał przy obciążeniu 4 Ω i napięciu zasilania 14,4 V.

Układ ma zabezpieczenie przed wyładowaniami ESD oraz zestaw wbudowanych obwodów diagnostycznych, m.in. wykrywających rozwarcie lub zwarcie wyjścia oraz zwarcie wyjścia do zasilania lub masy. Zastosowany tu tryb rozpraszania widma (*spread spectrum*) pozwolił uzyskać zgodność ze specyfikacją CISPR25-L5 w zakresie kompatybilności EMC. TPA6304-Q1 jest zamykany w obudowie HTSSOP-44 o powierzchni 14,0×6,1 mm. Może pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia –40...125°C. Producent oferuje do niego płytkę referencyjną.

Pozostałe parametry układu:

- sprawność: >80%,
- THD+N: <0,1%,
- PSRR: 75 dB,
- wyjściowe napięcie szumu: 42 V rms,
- wzmocnienie: 10, 16 lub 28 dB,
- asymetryczne wejście analogowe,
- możliwość równoległego łączenia wyjść (PBTL).

http://bit.ly/2kuoTZ9

Kondensatory elektrolityczne o żywotności zwiększonej do 5000 h

Niskoprofilowe kondensatory elektrolityczne o dużej gęstości energii THA/THAS firmy Cornell Dubilier są obecnie produkowane w nowych wersjach o zwiększonej żywotności (5000 h v. 3000 h) w stosunku do kondensatorów z wcześniejszej oferty. To pozwala rozszerzyć ich zakres zastosowań na aplikacje lotnicze i militarne. W odróżnieniu od tradycyjnych elektrolitycznych kondensatorów cylindrycznych są one zamykane w szczelnych, spawanych laserowo obudowach aluminiowych niewymagających dodatkowych uszczelek zajmujących dużą objętość wewnątrz obudowy, dzięki czemu charakteryzują się mniejszą nawet o 60% objętością. Zawierają zaworki do uwalniania wodoru i obniżania ciśnienia wewnętrznego. Występują w 72 wersjach o różnej kombinacji pojemności i napięcia od 140 μF/450 VDC do 18000 μF/10 VDC. Kondensatory serii THA i THAS różnią się maksymalną dopuszczalną temperaturą otoczenia, wynoszącą odpowiednio +85°C i +105°C.

http://bit.ly/2sGgW6U

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

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

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

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

Ultraniezawodny mikrokontroler ARM Cortex-M4F o ultraniskim poborze mocy

W wielu zastosowaniach przemysłowych i aplikacjach IoT poważnym zagrożeniem może być bombardowanie struktury układów scalonych cząstkami wysokoenergetycznymi, mogącymi powodować zmiany zawartości komórek pamięci podczas normalnej pracy – dotyczy

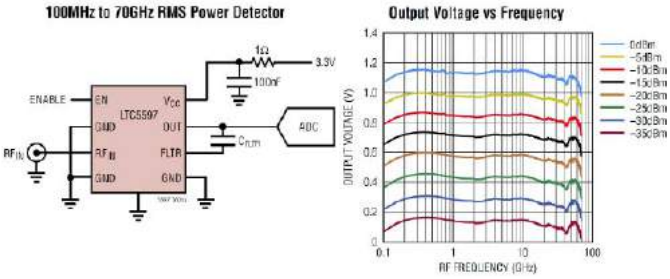
eprasa.pl b41ae9951b

to zwłaszcza układów wykonywanych w procesie technologicznym o szerokości bramki 40 nm i mniejszych. Aby temu zapobiec, w nowym mikrokontrolerze MAX32670 firmy Maxim cała pamięć wewnętrzna, tj. 384 KB Flash i 128 KB SRAM, jest chroniona mechanizmem ECC, wykrywającym błędy na pojedynczych bitach i zapewniającym ich korekcję sprzętową. Do zalet tego układu należą też małe gabaryty i mały pobór mocy, wynoszący 40 μW/MHz w stanie aktywnym. W stosunku do najbliższego odpowiednika MAX32670 pobiera mniejszą o 40% moc i charakteryzuje się mniejszą o 50% powierzchnią.

Mikrokontroler MAX32670 jest układem 32-bitowym, bazującym na rdzeniu ARM Cortex-M4 z jednostką obliczeń zmiennoprzecinkowych. Zawiera 8-kanałowy kontroler DMA, 4 timery 32-bitowe, 2 energooszczędne timery 32-bitowe (LPTMR), port audio I²S Slave oraz porty komunikacyjne 3×SPI Master/Slave, 3×UART, Low Power UART i 3×I²C Master/Slave. Niezawodną pracę systemu zapewniają dwa timery watchdog z niezależnymi układami zegarowymi oraz detektor brownout, monitorujący wartość napięcia zasilającego. Za bezpieczeństwo danych odpowiada funkcja Secure Boot i akcelerator sprzętowy AES 128/192/256 z generatorem rzeczywistych liczb losowych.

Układ może pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia –40...+105°C. Jest produkowany w dwóch wariantach obudów: TQFN-EP-40 (5×5 mm) i WLP-24 (2,2×1,7 mm). Firma Maxim oferuje też zestaw ewaluacyjny MAX32670EVKIT# w cenie 25 USD.

http://bit.ly/2PgfSj6



Detektor mocy w.cz. na pasmo 100 MHz...70 GHz o zakresie dynamicznym 35 dB

LTC5597 to precyzyjny detektor mocy w.cz. na pasmo 100 MHz… 70 GHz, mogący znaleźć zastosowanie w systemach komunikacyjnych i aparaturze pomiarowej. Producent poleca go do zastosowań w szczególności przy pomiarze mocy sygnałów o dużym współczynniku szczytu, sięgającym 12 dB oraz sygnałów, których współczynnik szczytu znacząco zmienia się w trakcie pomiaru. LTC5597 zawiera wyjście napięciowe reprezentujące średnią moc sygnału na wejściu pomiarowym, charakteryzujące się liniową odpowiedzią w skali decybelowej (28,5 mV/dB). Zapewnia szerokość zakresu dynamicznego równą 35 dB i dokładność pomiaru ±1 dB. Może być przełączany w tryb oszczędnościowy, w którym pobór prądu zmniejsza się z typowych 33,5 mA do zaledwie 50 nA.

Układ występuje w wariantach o dwóch zakresach dopuszczalnej temperatury pracy: –40…+105°C (wersja I) i –40…+125°C (wersja H). Jest zamykany w obudowie DFN o powierzchni 2×2 mm.

http://bit.ly/2kFCHzZ

Kontrolery maXTouch do samochodowych interfejsów dotykowych

Aby zwiększyć komfort kierowcy i pasażerów, producenci aut często oprócz centralnej konsoli stosują dodatkowe interfejsy dotykowe np. na kierownicy, drzwiach, podłokietnikach lub między siedzeniami. Do sterowania takimi elementami firma Microchip zaprojektowała nową serię kontrolerów MXT288UD

stanowiących rozszerzenie rodziny maXTouch, wyróżniających się na tle innych tego typu układów bardzo małymi wymiarami. Zapewniają one także duży stosunek sygnału do szumu, co umożliwia obsługę ekranu również w rękawiczkach o grubości do 5 mm oraz przez pokrycie z różnego rodzaju materiałów, stanowiące ekwiwalent warstwy szkła o grubości do 10 mm.

Kontrolery MXT288UD nadają się do współpracy z wyświetlaczami o przekątnej do 6,5". Obsługują do 10 równoczesnych dotknięć ekranu w czasie rzeczywistym. Uzyskały kwalifikację AEC-Q100 oraz spełniają wymogi normy CISPR 25 w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej. Mogą się komunikować przez interfejs I²C (do 1 MHz) lub SPI (do 8 MHz). Wprowadzony w nich energooszczędny tryb *wait-for-touch* pozwala zmniejszyć pobór prądu do wartości poniżej 50 μA, zapewniając równocześnie krótki czas reakcji na dotyk, nawet gdy wyświetlacz zostanie wyłączony w trybie oszczędnościowym lub przełączy się w tryb nocny.

Kontrolery MXT288UD są zamykane w obudowach VQFN-56 o wymiarach 7×7×0,9 mm. Mogą pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia –40...+105°C. Nadają się do współpracy również z interfejsami pojemnościowymi montowanymi na zewnątrz pojazdów, zapewniając kompensację wilgoci i kropel wody o średnicy do 22 mm.

http://bit.ly/2lKmsBN

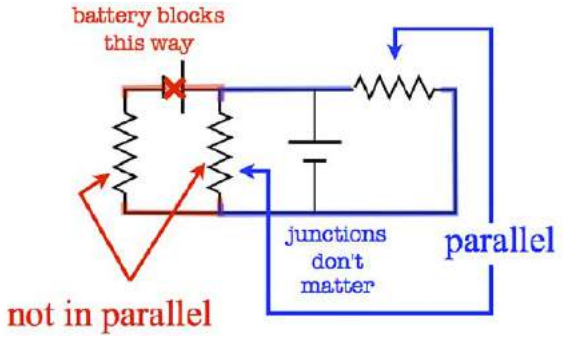
Nowy typ obudowy tranzystorów MOSFET odpornych na promieniowanie jonizujące

Niezawodne mocowanie hermetycznych obudów tranzystorów dużej mocy do płytek PCB jest sporym wyzwaniem dla projektantów systemów przeznaczonych do pracy w przestrzeni kosmicznej. Często w tego typu aplikacjach mogą pojawiać się naprężenia związane ze znaczną różnicą współczynników rozszerzalności termicznej zastosowanych materiałów. Problem ten rozwiązano w nowo zaprojektowanej przez Infineona obudowie SupIR-SMD z kwalifikacją JANS MIL-PRF-19500. Jest to innowacyjna obudowa *direct-to-PCB*, zapewniająca większą o ponad 30% gęstość prądu i znacznie szybsze odprowadzanie ciepła do płytki drukowanej dzięki odwróconej konstrukcji w stosunku do struktur typu *dead bug*, w której wyeliminowano druciki połączeniowe pomiędzy strukturą półprzewodnikową i terminalami lutowniczymi. Ponadto pozwala zredukować o 37% powierzchnię montażową oraz o 34% masę w porównaniu z konstrukcjami stosowanymi wcześniej. Obecnie w obudowie SupIR-SMD produkowanych jest 14 typów tranzystorów n- i p-kanałowych o napięciu przebicia do 250 V i maksymalnym prądzie drenu 75 A. Znajdują się one na liście QPL (*Qualified Products List*) podzespołów zatwierdzonych do pracy w przestrzeni kosmicznej.

http://bit.ly/2lN71bU

eprasa.pl b41ae9951b

koktajl niusów



O połączeniu równoległym słów parę

Na rysunku został pokazany przykładowy obwód elektryczny. Fragment zaznaczony na czerwono zawiera ogniwo oraz dwa rezystory, które są umieszczone w taki sposób, że sugerują połączenie równoległe. W rzeczywistości mają tylko jeden potencjał wspólny – pozioma dolna linia. Drugi potencjał jest inny dla każdego rezystora, ponieważ oddziela je element o niezerowej sile elektromotorycznej, tj. niezerowej różnicy potencjałów. Natomiast fragment schematu zaznaczony na niebiesko zawiera rezystory umieszczone w taki sposób, że sugerują połączenie szeregowe, co oczywiście jest nieprawdą.

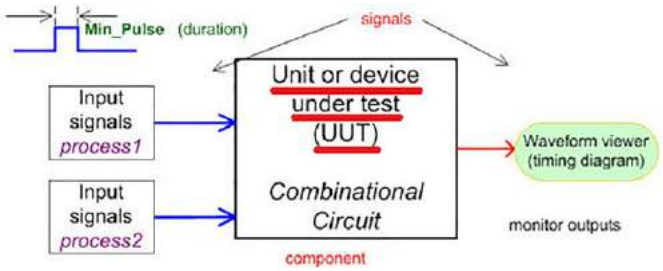
Prawidłowo narysowany schemat powinien być czytelny i łatwy w analizie. Nieuporządkowane i chaotyczne rozmieszczenie elementów jest pierwszym krokiem do popełnienia błędu.

$$AM \qquad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ m/s}{1230\times10^{3}\ Hz} = \boxed{244\,m}$$

$$FM \qquad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ m/s}{91.9\times10^{6}\ Hz} = \boxed{3.26\,m}$$

Fale krótkie czy długie?

Obliczanie długości fal radiowych dokonywane jest za pomocą znanego w fizyce wzoru, z którego wynika odwrotna proporcjonalność częstotliwości do długości fali. Dla radiostacji FM, nadającej na wyższej częstotliwości, długość fali jest mniejsza niż dla radiostacji AM, o niższej wartości częstotliwości. Oczywiście przy założeniu tej samej prędkości rozchodzenia fali (przyjmujemy $3\cdot10^{8}$ m/s w próżni). Wyniki przykładowych obliczeń różnią się niemal 100-krotnie, dlatego pasmo FM to fale krótkie, a pasmo AM to fale długie.



Fachowe określenie „jednostki pod testem"

Stosowane są trzy określenia: UUT (*Unit Under Test*), DUT (*Device Under Test*) oraz EUT (*Equipment Under Test*). Wszystkie dotyczą egzemplarza testowanego i są używane zamiennie w elektronice. Znajdziemy je wśród układów cyfrowych, w szczególności tych kombinacyjnych oraz w partiach płytek PCB. Pośród gotowych urządzeń, jak smartfony, oraz w językach programowania jako tzw. *testbench* (VHDL, Verilog).

COMMON PASSIVE SMD PACKAGE DETAILS

SMD PACKAGE TYPE	DIMENSIONS MM	DIMENSIONS INCHES
2920	7.4 x 5.1	0.29 x 0.20
2725	6.9 x 6.3	0.27 x 0.25
2512	6.3 x 3.2	0.25 x 0.125
2010	5.0 x 2.5	0.20 x 0.10
1825	4.5 x 6.4	0.18 x 0.25
1812	4.6 x 3.0	0.18 x 0.125
1806	4.5 x 1.6	0.18 x 0.06
1210	3.2 x 2.5	0.125 x 0.10
1206	3.0 x 1.5	0.12 x 0.06
1008	2.5 x 2.0	0.10 x 0.08
0805	2.0 x 1.3	0.08 x 0.05
0603	1.5 x 0.8	0.06 x 0.03
0402	1.0 x 0.5	0.04 x 0.02
0201	0.6 x 0.3	0.02 x 0.01
01005	0.4 x 0.2	0.016 x 0.008

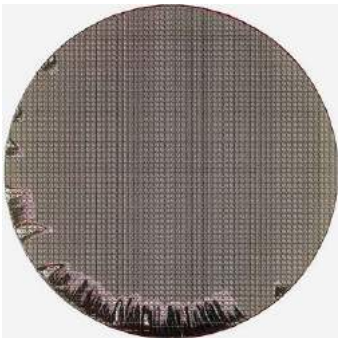
Rozmiary komponentów SMD

Dla elementów pasywnych, czyli rezystorów, kondensatorów i cewek, a właściwie dla ich opakowań, stosowany jest system 4-cyfrowych kodów. Dwie pary cyfr odpowiadają kolejno długości i szerokości tych opakowań, wyrażonych jako dwie pierwsze cyfry po przecinku dla danego wymiaru podanego w calach. Zasada jest bardzo prosta, należy tylko pamiętać, że to przybliżone wartości. Dla przykładu: obudowa 2920 – długość 0,29 cala, szerokość 0,20 cala, natomiast 0201 to długość 0,02 cala i szerokości 0,01 cala (nie pomijamy zer). Wszystko dzięki standardowi EIA, stąd oznaczenia nazywane są też kodami EIA. Wyjątek stanowi pięciocyfrowy kod z końca listy, czyli 01005 wyrażający długość 0,016 cala i szerokość 0,008 cala.

Kodów jest więcej, na liście znajdują się tylko niektóre z nich. W związku z tym zachęcamy do poszukiwań. W szczególności polecamy przyjrzeć się rzeczywistym rozmiarom, skrywającym się pod tymi kodami, oraz równoważnym kodom IEC (standard IEC), wyrażającym rozmiary w systemie metrycznym.

Co ma wspólnego wafel krzemowy z kożuchem?

Kożuchem jest nazywany defekt powstający w czasie rozprowadzania warstwy fotorezystu na powierzchni obracającego się wafla krzemowego (zabieg będący standardową procedurą produkcyjną). Jakie są tego przyczyny? Najczęściej chodzi o nierównomierne rozprowadzenie przytoczonego materiału lub za duże przyspieszenie odśrodkowe, spowodowane ruchem obrotowym. Mogą się do tego przyczynić także cząsteczki zanieczyszczeń na waflu lub w fotorezyście, a nawet molekuły powietrza. Czasami także kombinacje wskazanych czynników.

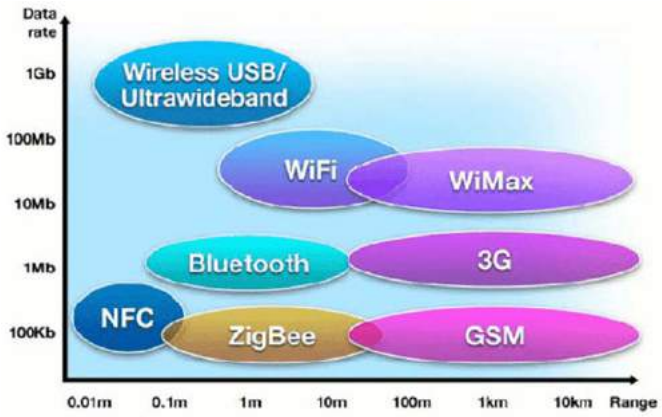


Niepoprawne nałożenie fotorezystu powoduje niepoprawne wytworzenie układu scalonego,

eprasa.pl b41ae9951b

a dokładniej, jego ścieżek, tranzystorów itd. Ma to istotne znaczenie w dobie coraz mniejszego procesu technologicznego zbliżającego się do granicy 1 nm. Wymaga to bardzo precyzyjnych procesów i nie ma miejsca nawet na najmniejszą pomyłkę.

Pokazany rysunek to tylko jedna z możliwych postaci kożucha. Inne są nie mniej interesujące, sami się przekonajcie. Dla ułatwienia – podpowiedź: po angielsku jest to tzw. *spin defect* bądź *coating defect* (ostatnie określenie najlepiej oddaje istotę problemu). Więcej informacji można znaleźć na: https://bit.ly/32vzjL1 (prezentacja po angielsku – brak polskojęzycznej literatury).



Który standard bezprzewodowy wybrać?

Czy istnieje taki standard komunikacji bezprzewodowej, który pozwala osiągnąć jak największą przepustowość i jednocześnie jak największy zasięg? Taki, który nie jest przy tym wyłącznie rozważaniem teoretycznym? Ale nie bierzemy pod uwagę sieci komórkowych. Odpowiedź jest pokazana na rysunku – standard o nazwie WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access* – Światowa Interoperacyjność na rzecz Dostępu Mikrofalowego), zwany fachowo 802.16. Oferuje przepustowość do 100 Mb/s, przy zasięgu do nieco ponad 10 km. I tak jest zwykle w praktyce. Lecz nie w teorii, która mówi o 75 Mb/s (starsze wersje standardu) czy nawet o 1 Gb/s (najnowsza wersja standardu), przy zasięgu do 50 km! Omawiany standard był projektowany jako konkurencyjny rodzaj dostępu do internetu obok sieci komórkowych i dostępu przewodowego. Niestety zadecydowała ekonomia, która okazała się łaskawsza dla sieci Wi-Fi i telefonii komórkowej.

Istnieją standardy lepsze od WiMax, tj. 802.20 (MBWA – *Mobile Broadband Wireless Access* – Mobilny Szerokopasmowy Bezprzewodowy Dostęp) i 802.22 (WRAN – *Wireless Regional Area Network* – Bezprzewodowe Regionalne Sieci Lokalne), ale nadal nie są wdrażane. Ich przewaga to po prostu większy zasięg, przy zbliżonej przepustowości (relacja w tym względzie to: WiMax < 802.20 < 802.22).

Mysz opiszesz wymiarami

Wymiary 63 wybranych myszek gamingowych zobrazowano na rysunku. Wynika z niego, że urządzenia te mają długość w przedziale 10,75...14 cm i szerokość 5,8...8,2 cm (grupa główna wykresu). Dokładniejsza wersja rysunku, wraz z tabelką uzupełniającą, jest dostępna pod adresem: https://bit.ly/35zFCze/.

Rozmiary myszy komputerowych to nie rozmiary dłoni – przynajmniej w sensie długości. Dłoń ugina się na myszce, stając się łukiem wymagającym podparcia. Natomiast podparcie musi obejmować dłoń na całej szerokości oraz dostatecznej wysokości. Zatem dłoń można zgiąć do danej długości, ale bez dostatecznie szerokiego i wysokiego podparcia utrzymanie jej w takiej pozycji jest męczące. Dlatego liczy się jeszcze wysokość myszki, często pomijana przez użytkowników,

REKLAMA

® registered trademark of VACUUMSCHMELZE GmbH & Co. KG

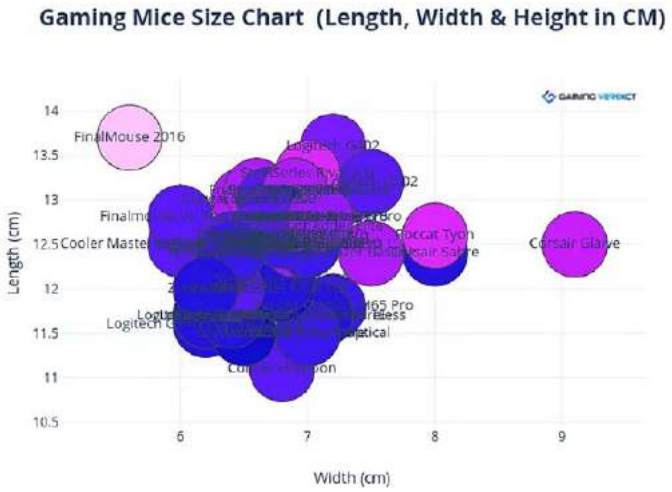
presto CONTRANS TI

www.contrans.pl wejdź i kup on-line

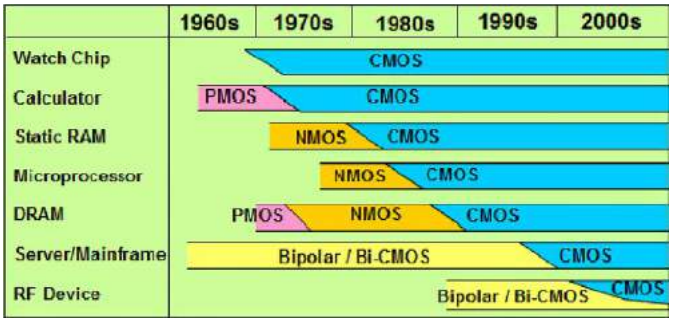
CONTRANS TI Sp. z o.o. ul. Polanowicka 66, 51-180 Wrocław
contrans@contrans.pl +48 71 325 26 21...24 FAX +48 71 325 44 39

CONTRANS TI

eprasa.pl b41ae9951b

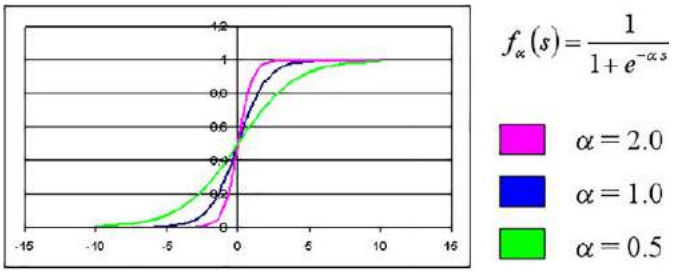


w tym graczy. Dla wyjaśnienia: szerokość dłoni jest rozumiana jako odległość w linii prostej między palcem serdecznym a palcem małym, u ich podstawy odpowiadającej miejscu łączenia się paliczków bliższych z kośćmi śródręcza, od strony wewnętrznej (pomijamy kciuk). Z kolei wysokość jako odległość w linii prostej od środka podstawy dłoni zgiętej, tworzącej wtedy łuk, do najdalszego punktu tego łuku na górze (jego środek), również po stronie wewnętrznej. Zatem rysunek daje tylko przybliżoną informację o przeciętnej szerokości dłoni graczy.



Technologie półprzewodnikowe w czasie

Oto krótkie podsumowanie, co i kiedy było używane w określonych układach/urządzeniach elektronicznych w latach 1960...2010. Od góry: chipy zegarków/zegarów elektronicznych, kalkulatory, pamięci statyczne RAM, mikroprocesory, pamięci dynamiczne RAM, serwery i komputery klasy mainframe oraz urządzenia radiowe. Dla wyjaśnienia: określenie Bipolar oznacza technologię tranzystorów bipolarnych, bez względu na to, czy to TTL, czy ECL. Natomiast Bi-CMOS (BiCMOS) oznacza połączenie technologii tranzystorów bipolarnych z technologią CMOS.



$$\lim_{\alpha \to 0} f_\alpha(s) = 0.5 \qquad \lim_{\alpha \to +\infty} f_\alpha(s) = \begin{cases} 1 & \Leftrightarrow \quad s > 0 \\ 0.5 & \Leftrightarrow \quad s = 0 \\ 0 & \Leftrightarrow \quad s < 0 \end{cases}$$

Funkcja przydatna w sieciach neuronowych

Dla osób doświadczonych to żadna nowość, lecz dla początkujących jak najbardziej. Funkcja sigmoidalna często stosowana jest jako funkcja aktywacji perceptronów wspomnianych w tytule sieci. Jest to funkcja sigmoidalna unipolarna – dla odróżnienia od funkcji sigmoidalnej bipolarnej, różniącej się tyko mianownikiem wzoru w górnym prawym rogu rysunku (w miejscu jedynki występuje dwójka). Jak widać, jest to odwrotność sumy jedynki i funkcji eksponencjalnej z ujemnym współczynnikiem w potędze. Niemniej to współczynnik jest ważniejszy – decyduje o jej szerokości przez odwrotną proporcjonalność. Im jest bliższy zera, tym zbieganie funkcji do 0 i 1 następuje później, tj. dla coraz mniejszych i coraz większych wartości s. A im większy, tym szybciej, czyli dla coraz mniejszych wartości s, dążących z obu stron wykresu do zera. Z kolei dla s=0 poruszana funkcja jest równa 0,5.

Na tym można by zakończyć, gdyby nie jeszcze jedna własność wyrażająca sens omawianej funkcji w sieciach neuronowych. To różniczkowalność, tak bardzo pożądana dla algorytmu propagacji wstecznej błędów, będącego podstawą dla nauki sieci neuronowych. Jednak nie o nią samą chodzi, lecz o łatwe jej wykonanie, prowadzące do nieskomplikowanego wyrażenia równie prostego w implementacji. Jakie to wyrażenie – pozostawiamy Wam do odnalezienia. W każdym razie to ono przesądziło o popularności funkcji wśród innych funkcji aktywacji perceptronów. Dodajmy przy tym, że to modyfikacja funkcji skoku (używanej w początkach sieci neuronowych) o „rozmytą granicę" między wartościami skrajnymi (0 i 1).

Światła samochodowe

Na rysunku pokazano zestawienie świateł samochodowych, od góry: halogenowych, HID, elektroluminescencyjnych (diodowych, LED) i laserowych. Wszystkie pod względem zasięgu (oś pozioma rysunku), mocy pobieranej (oś pionowa rysunku) i wartości strumienia świetlnego (przestrzeń między osiami). Jak widać, światła są uporządkowane od najgorszego (halogenowe) do najlepszego (laserowe).

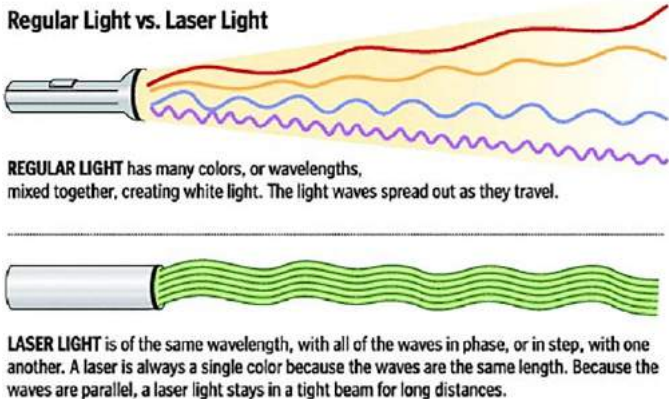
Kierowcy coraz częściej skarżą się na oślepianie światłami innych aut. Najbardziej przyczyniają się do tego dwa ostatnie typy oświetlenia. Firma Audi jest w tej dziedzinie pionierem, w 2009 roku zaprezentowała model R8 V10 ze światłami elektroluminescencyjnymi, a w 2014 model R8 LMX ze światłami laserowymi. Niektóre kraje dostrzegły problem oślepiania i próbują mu zaradzić, na razie jednak bezskutecznie.

Co to znaczy, że światło jest koherentne?

To znaczy, że jest spójne. A co to znaczy, że jest spójne? To znaczy, że jego fale są identyczne pod względem amplitudy, długości (częstotliwości), fazy (jej stała różnica w czasie) i polaryzacji (ta sama jej powierzchnia). W innym razie światło jest niespójne, tzn. niekoherentne (wystarczy, że nie jest spełniony choć jeden ze wspomnianych wymogów).

Rysunek obrazuje porównanie światła latarki i lasera. Drugie jest uporządkowane, czyli spójne, natomiast pierwsze to jego całkowite

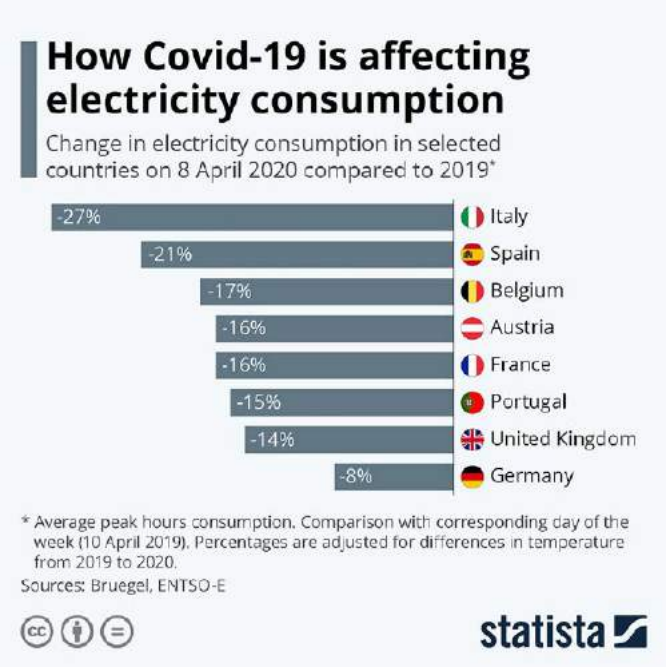
eprasa.pl b41ae9951b



przeciwieństwo, w dodatku światło białe to mieszanina fal wielu kolorów (różnych częstotliwości). Dalej tym tropem, również światło słoneczne nie jest koherentne (również jest białe). Co ciekawe, światło diody elektroluminescencyjnej (LED), także jest niespójne – wystarczy spojrzeć na jego widmo, by spostrzec udział innych fal, inaczej niż dla światła lasera. Zatem światło monochromatyczne nie musi być światłem spójnym, staje się nim dopiero po spełnieniu omówionych warunków.

I pandemii (koronawirusa) potrzebna moc do działania

Na rysunku pokazano spadki zużycia energii elektrycznej w kwietniu bieżącego roku. Przemysł zwolnił, restauracje zostały zamknięte, sklepy, szkoły oraz inne miejsca i instytucje czy urzędy również, nie mówiąc o odwołanych lotach samolotowych. Jednak wydawałoby się, że wymuszony pandemią pobyt w domu spowoduje wzrost konsumpcji energii. Nic bardziej mylnego – taki pobyt nie oznacza bowiem nagłego rozpoczęcia używania dotychczas nieużywanych



sprzętów. Co więcej, współczesne urządzenia elektryczne (i elektroniczne) są na tyle energooszczędne, że gospodarstwa domowe zużywają znacznie mniej energii niż fabryki. Do tego zwolnienia z pracy i wynikające stąd problemy z opłatami i opustoszałe biura. Można zauważyć prawidłowość, że tam gdzie najwięcej zachorowań na koronawirusa, tam największe spadki zużycia energii (Włochy i Hiszpania).

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@wat.edu.pl

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

Autoryzowany dystrybutor Altium w Polsce

ALTIUM 365

Altium 365
Jedyna na świecie platforma w chmurze, wspomagająca projektowanie i wymianę danych projektów PCB. Bezproblemowo dostępna z Altium Designer lub dowolnego urządzenia podłączonego do internetu.

Bezpłatna dla posiadaczy Subskrypcji Altium.

SUPER CENY
SUPER RABATY

Altium 365 dla posiadaczy Altium Designer GRATIS AD20 + A365

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 b41ae9951b

Konkurs „Elektronika – by żyło się łatwiej”

Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej wraz z partnerami – firmami SIEMENS Polska oraz KAMAMI, ogłasza konkurs na najciekawszy projekt z dziedziny elektroniki, informatyki lub automatyki pod hasłem: Elektronika – by żyło się łatwiej.

W konkursie mogą brać udział zarówno projekty oryginalne, jak również projekty już prezentowane w innych konkursach. Wyjątek stanowią prace prezentowane już w poprzednich edycjach konkursu „Elektronika – by żyło się łatwiej”. Dopuszczalne są zarówno projekty indywidualne, jak i tworzone w zespołach dwuosobowych – np. będące efektem działalności kół zainteresowań.

Zasady konkursu

Osoby zamierzające wziąć udział powinny zarejestrować się na stronie konkursu, podając proponowany temat projektu, swoje dane, a także dane nauczycielaopiekuna. Termin rejestracji upływa z dniem 15 grudnia 2020, zachęcamy jednak do wcześniejszej rejestracji, co usprawni prace organizacyjne. Opis zrealizowanego projektu w postaci dokumentu PDF o objętości nieprzekraczającej 6 stron należy przesłać do organizatora, do dnia 4 stycznia 2021. Szczegóły dotyczące formy dokumentu określono w Regulaminie, który można znaleźć na stronie Konkursu. Szablon projektu udostępniono dla zarejestrowanych uczestników.

Spośród autorów przesłanych projektów jury wyłoni grono finalistów, którzy wezmą udział w drugim etapie. Odbędzie się on w marcu 2021 na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej. Dokładny termin organizator poda wkrótce. W związku z epidemią COVID-19 dopuszcza się zdalne przeprowadzenie finału w formie telekonferencji. Uczestnicy finału przedstawią swoje projekty w formie 10-minutowej prezentacji. Spośród finalistów wyłonieni zostaną laureaci, którzy otrzymają roczne stypendium fundowane przez dziekana Wydziału Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej (pod warunkiem, że podejmą studia na kierunku elektronika i telekomunikacja na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki), a także nagrody rzeczowe ufundowane przez sponsorów. Organizator przewiduje również nagrody dla szkół, z których wywodzą się laureaci.

Konkurs odbywa się pod patronatem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji Polskiej Akademii Nauk, Prezydenta Miasta Żory, Katowickiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej S.A., a także Fundacji TEANO. Patronami medialnymi konkursu są radio eM oraz wydawnictwo AVT.

Ważne daty:

- 15 grudnia 2020 – termin rejestracji uczestników,
- 4 stycznia 2021 – termin nadsyłania projektów konkursowych,
- marzec 2021 – uroczysty finał konkursu.

Szczegółowe zasady określone są w Regulaminie dostępnym na stronie konkursu: konkurs.aei.polsl.pl.

Kontakt z organizatorem pod adresem e-mail: konkurs_aei@polsl.pl.

eprasa.pl b41ae9951b

Rejestracja zawodników na Mistrzostwa Polski w Lutowaniu RENEX Soldering Championship 2020

Mistrzostwa Polski w Lutowaniu – RENEX Soldering Championship są dorocznym wydarzeniem branżowym, które uzyskało ogromne uznanie i zainteresowanie wśród polskich specjalistów produkcji i naprawy pakietów elektronicznych i wpisało się na stałe w kalendarz wydarzeń branży elektronicznej.

Piąta Edycja Mistrzostw Polski w Lutowaniu zostanie zorganizowana w dniach 3...5 listopada 2020, wspólnie z targami Warsaw Industry Week w Nadarzynie. Rejestracja zawodników rozpoczęła się 15 września. Organizator – Grupa RENEX, zaplanował zawody w dwóch kategoriach:

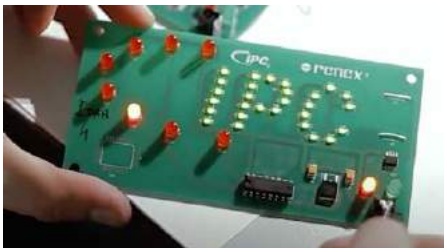
1. Młodzieżowy Mistrz Polski w Lutowaniu – kategoria dla uczniów i studentów szkół;
2. Mistrz Polski w Lutowaniu – kategoria kierowana do przedstawicieli firm przemysłu elektronicznego.

Wkrótce dowiemy się, która z firm może szczycić się Mistrzem Polski w Lutowaniu oraz być może przyszłym Mistrzem Europy czy Świata. W tej dziedzinie Mistrz Polski z 2017 roku – pan Grzegorz Szymańczuk zdobył tytuł Mistrza Europy.

Organizatorem wydarzenia od samego początku jego istnienia jest RENEX Group – jedna z największych i najdłużej działających polskich firm z branży elektronicznej, która w tym roku połączyła siły z PTAK Warsaw Expo – jedną z najprężniej działających polskich spółek wyspecjalizowanych w organizacji wydarzeń targowych. Jak zapowiadają organizatorzy – nawiązanie tej współpracy oznacza jeszcze więcej emocji i atrakcji w jednym miejscu dla wszystkich uczestników – zarówno zawodników, jak i widzów.

Oprócz nagród pieniężnych Grupa RENEX, będąca sponsorem i organizatorem reprezentacji Polski w Lutowaniu, zapewni dodatkowo przygotowania do zawodów oraz pokrycie kosztów wyjazdu i pobytu na Mistrzostwach Europy i Świata w Lutowaniu.

Więcej informacji oraz rejestracja dostępna na: www.rsc.zone.



Warsaw Industry Week 2020

Międzynarodowe targi innowacyjnych rozwiązań przemysłowych – Warsaw Industry Week, odbędą się w dniach 3...5 listopada w nadarzyńskim kompleksie Ptak Warsaw Expo. Ogromna przestrzeń i szerokie spektrum tematyczne pozwoli poznać nowości i rozwiązania ze wszystkich kluczowych sektorów przemysłu, rozwijających się w Polsce.

Podczas wydarzenia prezentowana jest oferta producentów i dystrybutorów z branży maszyn do obróbki metali i drewna, obrabiarek CNC, obrabiarek do obróbki plastycznej, maszyn do cięcia laserem i wodą, narzędzi do obróbki, drukarek 3D, systemów CAD/CAM, oprogramowania dla przemysłu, automatyki i robotyki w zakładach przemysłowych i produkcyjnych, narzędzi pomiarowych i metrologii przemysłowej, inżynierii utrzymania ruchu, osprzętu spawalniczego oraz innych rozwiązań dla szeroko pojętego przemysłu.

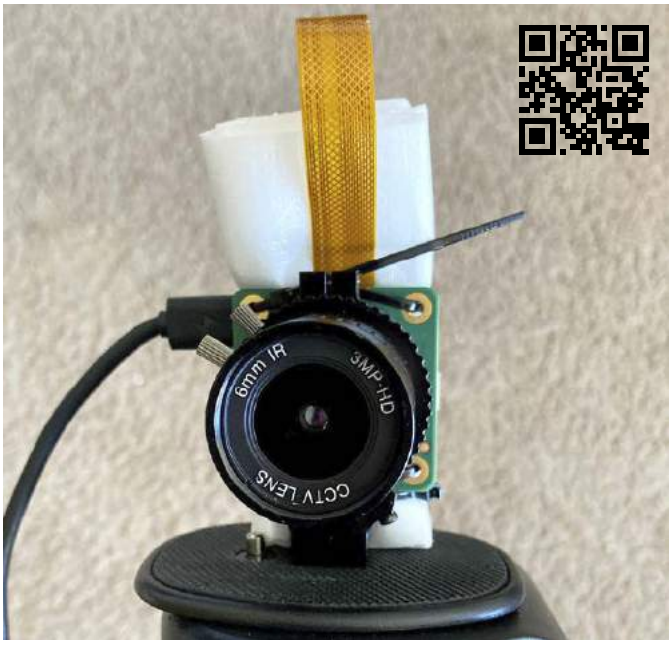
Grupa RENEX zapowiedziała wydarzenie specjalne w ramach targów Warsaw Industry Week – pojedynki w lutowaniu pomiędzy czołowymi polskimi specjalistami w lutowaniu, reprezentantami kadry Polski a najwyższej klasy robotem lutowniczym REECO. Jest to już drugie tego rodzaju wydarzenie. Pierwsze odbyło się w trakcie tegorocznych Mistrzostw Polski w Lutowaniu, kiedy to z czasem lepszym o 3 sekundy nad robotem zwyciężył Michał Czerwiec – Mistrz Polski w Lutowaniu z 2018 roku.

Więcej informacji o targach oraz rejestracji: https://industryweek.pl.

eprasa.pl b41ae9951b

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.



Wysokiej klasy kamera internetowa do Raspberry Pi Zero

Prezentowany projekt to wysokiej klasy kamera internetowa zbudowana z użyciem Raspberry Pi Zero W. Szybko się uruchamia i prezentuje wysokiej jakości obraz z minimalnymi opóźnieniami. Oprogramowanie systemu jest w pełni otwarte i bazuje na projekcie buildroot. Współpracuje z dowolnymi obiektywami i sensorami, jeśli tylko są kompatybilne z Raspberry Pi.

„Koniec z majstrowaniem przy drogich lustrzankach cyfrowych i kartach przechwytujących obraz!", zapowiada autor projektu, Huan Truong. „Myślałem o kamerach przez jakiś czas po tym, jak przeczytałem w wielu artykułach, jak strasznej jakości są kamery internetowe wbudowane w laptopy i to teraz, w czasach telekonferencji z domu". Autor zidentyfikował podstawowe aspekty, z którmi kamery internetowe w laptopach mają największy problem:

- bardzo niska rozdzielczość i słaba jakość obrazu,
- słabe zabezpieczenia, istnieje możliwość podsłuchiwania nas przez Internet.

Ludzie radzą sobie z tymi problemami na kilka sposobów:

- stosują zewnętrzne kamerki, niestety zwykle mają one podobnie słabą jakość obrazu,
- używają smartfona, który ma lepszą jakość kamery, do telekonferencji. Niestety uniemożliwia to udostępnianie ekranu, itp. Ponadto, skonfigurowanie smartfona do pracy w roli kamery internetowej do komputera to dość złożone,
- stosują profesjonalne kamery i karty przechwytujące sygnał HDMI. To rozwiązanie zapewnia wysoką jakość obrazu, ale niestety nie jest tanie.

Wielu profesjonalnych streamerów wybiera to ostatnie rozwiązanie, niestety jest ono uciążliwe w konfiguracji, wymaga specjalnej karty do przechwytywania HDMI oraz urządzenia, które jest w stanie wyprowadzić czysty obraz w czasie rzeczywistym na port HDMI. Dodatkowo konfiguracja ta w zasadzie nie jest przenośna.

„Postanowiłem zbudować własną kamerę internetową. Niedawno zauważyłem, że Fundacja Raspberry Pi udostępniła wysokiej jakości kamerę HD, która jest fantastycznym kandydatem. To profesjonalny aparat z bardzo dużym sensorem i asortymentem wymiennych obiektywów. We właściwych rękach może być bardzo potężnym narzędziem", napisał autor. Możliwe jest przesyłanie strumieniowe z kamery Raspberry Pi przez sieć, a następnie użycie komputera do zmiany strumienia na wirtualną kamerę internetową. Jednak ta konfiguracja zależy od systemu operacyjnego i nie jest przenośna. Wprowadza również opóźnienia, które powodują, że obraz nie nadąża za głosem. Dlatego autor postanowił stworzyć kamerę bazującą na RPi, która będzie wykrywana w systemie jak zwykła kamera internetowa USB.

https://bit.ly/2FAoPB6

OpenEEW – otwarty system wczesnego ostrzegania przed trzęsieniami ziemi

Jedynie kilka krajów na świecie posiada systemy wczesnego ostrzegania przed wystąpieniem trzęsienia ziemi (EEW). Wynika to głównie z wysokiego kosztu infrastruktury i konieczności tworzenia dedykowanego oprogramowania. Opisywany projekt to system Internetu Rzeczy (IoT), przeznaczony do wczesnego wykrywania trzęsień ziemi. Od 2017 roku jest testowany w Meksyku, gdzie pokazano,

eprasa.pl b41ae9951b

że zastosowane algorytmy i metody przesyłania danych w czasie rzeczywistym sprawdzają się.

System jest obecnie wspierany przez Linux Foundation i jest w pełni otwarty i darmowy dla wszystkich. Stronę projektu, wraz z opisem zastosowanej technologii i oprogramowania, znaleźć można na: openeew.com. Repozytorium Github projektu ze sprzętem i oprogramowaniem znaleźć można na: github.com/openeew. „Od 2017 roku wdrażamy czujniki na obszarach wiejskich w Meksyku do wykrywania trzęsień ziemi. Czujniki te znajdują się w budynkach i rejestrują przyspieszenia. Dzięki nowej generacji niskoszumowych akcelerometrów MEMS jesteśmy w stanie zmierzyć bardzo małe drgania… Wszystkie te dane są wysyłane do chmury, gdzie uruchamiamy algorytmy wykrywające, czy ma miejsce trzęsienie ziemi, czy coś innego, jak przejeżdżająca ciężarówka”, opisują system autorzy. Informacje na temat wykrytych trzęsień ziemi są wysyłane do pobliskiej ludności za pośrednictwem aplikacji mobilnej. Cały projekt jest wdrażany również w Nepalu, Nowej Zelandii i Chile.

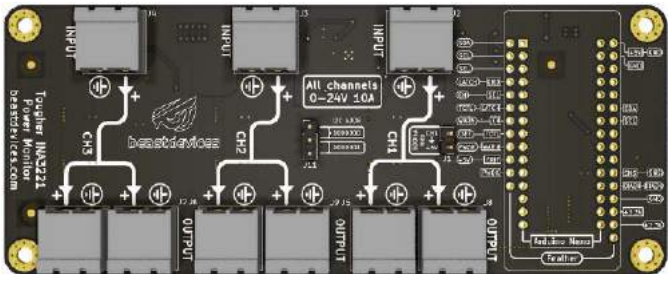
https://bit.ly/32tXp8Y

Robot kołowy sterowany przez Arduino

Robotin-6 to zdalnie sterowany pojazd terenowy wyposażony w sześć kół z niezależnym zawieszeniem i elektroniczne sterowanie, które realizuje wbudowany moduł Arduino Pro Mini. Za napęd robota odpowiada sześć niezależnie sterowanych wysokoobrotowych (do 17000 RPM) silników DC, połączonych z przekładniami 1:34. Dzięki temu robot może osiągać imponującą prędkość w terenie. Do sterowania silnikami użyto sterowników VNH2SP30.

Na stronie źródłowej można znaleźć kompletną instrukcję montażu takiego pojazdu, razem z informacjami, jakie moduły zostały użyte do jego budowy.

https://bit.ly/35Jk2rU



Monitor poboru prądu na INA3221

Prezentowany projekt to monitor zasilania z trzema kanałami, z których każdy może pracować w sposób ciągły z prądem do 10 A i napięciem do 24 V. Jest kompatybilny zarówno z Arduino, jak i modułami Feather. Moduł bazuje na popularnym układzie scalonym INA3221 firmy Burr Brown. Jest bardziej wytrzymały w porównaniu z innymi modułami z tym układem scalonym, jakie są dostępne na rynku. Każdy kanał jest wyposażony w odpowiedni filtr RC z transilami, aby zapobiec zniszczeniu INA3221 przez przepięcia oraz wyeliminować zakłócenia z pomiaru. Do układu można podłączyć przewody 12...30 AWG poprzez konektory śrubowe dla prądu do 15 A. Trzeci z kanałów układu ma wbudowany wyłącznik sieciowy TPS1HB08A, dzięki czemu może działać jak zabezpieczenie nadprądowe i może odłączyć obciążenie. Płytka dostarcza zasilanie do modułu Feather lub Arduino z pierwszego kanału pomiarowego poprzez wbudowaną przetwornicę typu buck.

Pliki projektowe, stworzone w programie KiCAD, są dostępne na Githubie. Link do repozytorium autora znaleźć można na stronie z projektem na portalu Hackaday.

https://bit.ly/3hu6ym7

Numitron – zegar z lampami Nixie IV-16

Autor zakupił zestaw starych lamp Nixie z cyframi, typu IV-16. Naturalnym pomysłem do ich zastosowania był zegar cyfrowy. Lampy zostały osadzone na płytce wraz z układami sterującymi. Wszystkie są sterowane niezależnie – bez multipleksacji. Każda z lamp ma własny szeregowy rejestr przesuwny 74HC595, dzięki czemu wszystkie sześć lamp można kontrolować za pomocą tylko 4 pinów (jeden z nich jest regulatorem jasności PWM). Cały wyświetlacz sterowany jest cyfrowo przez mikrokontroler. Autor umieścił kompletną dokumentację modułu z lampami na stronie z projektem. Dzięki temu można samodzielnie skonstruować podobny wyświetlacz i zastosować go we własnym projekcie. Ponadto, autor planuje umieścić kolejne filmy pokazujące działanie lamp oraz kolejną płytkę z kontrolerem zegara i interfejsem Bluetooth.

https://bit.ly/35Gl5Jh

Moduł z interfejsami przemysłowymi na ESP32

ESP32 to dobrze znany, szczególnie wśród hobbystów, moduł SoM (*System on Module*) wyposażony w łączność z wykorzystaniem interfejsów Wi-Fi oraz Bluetooth Low Energy (BLE). Może on pełnić funkcję sterownika przemysłowego – na takim założeniu opiera się prezentowany projekt. Zaprojektowany system oferuje szerokie możliwości

eprasa.pl b41ae9951b

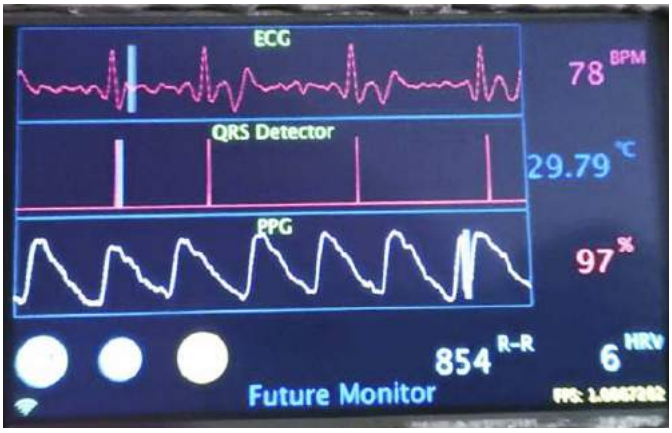
komunikacyjne. Oprócz interfejsów Wi-Fi oraz BLE, układ wyposażono w możliwość komunikowania się poprzez LAN, do połączenia z Internetem, jak i korzystania z Modbus TCP/IP. System ma także pojedynczy port RS485 realizujący interfejs Modbus RTU. Oprócz tego zawiera szereg typowo przemysłowych wejść i wyjść:

- dwa porty 4...20 mA z 16-bitowym przetwornikiem ADC,
- dwa porty 0...10 V z 16-bitowym przetwornikiem ADC,
- cztery izolowane wejścia cyfrowe,
- cztery wyjścia przekaźnikowe (do 10 A).

Moduł programowany jest przez USB. Wymaga dołączenia zasilania o napięciu z przedziału 4...35 V. Płytka jest kompatybilna z obudowami uniwersalnymi na szynę DIN.

Oprócz projektu elektroniki autor stworzył też firmware dla systemu, który współpracuje między innymi z MQTT i Blink i pozwala na odczyt wejść, wyjść i komunikację poprzez Modbus.

https://bit.ly/2ZzuNt6



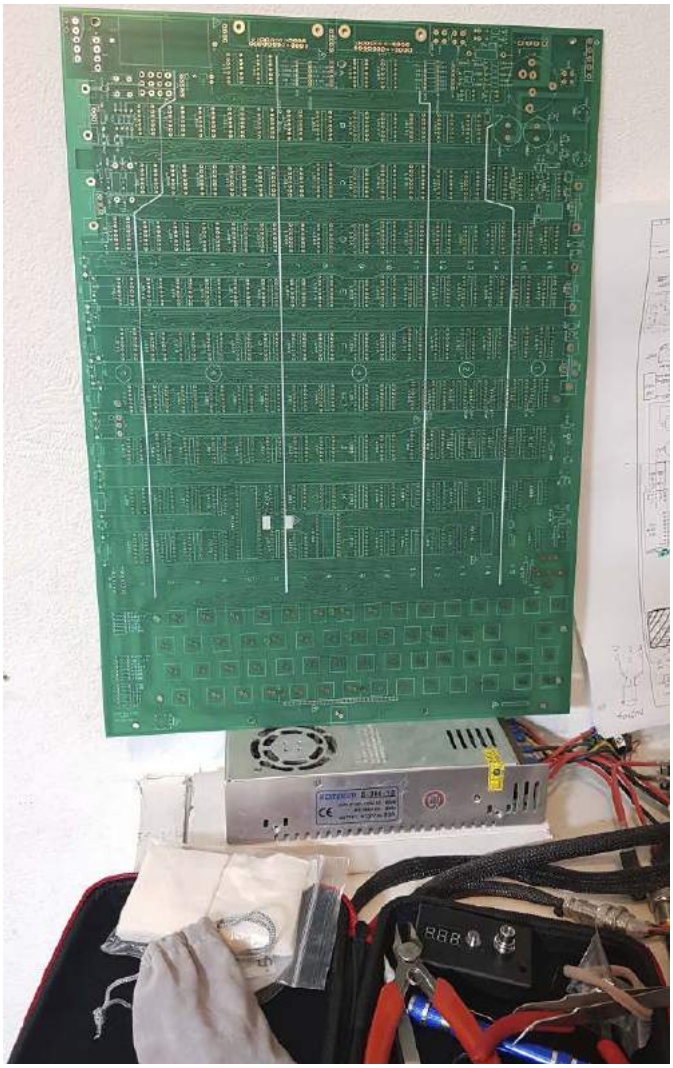
Zdalny monitor stanu pacjenta

Obecnie niemal każde urządzenie elektroniczne jest podłączone do Internetu. Internet Rzeczy (IoT) popularyzuje się w domach, ale także w firmach – niektóre branże bardzo chętnie korzystają z tych rozwiązań, inne są bardziej komercyjne.

Monitor stanu pacjenta to urządzenie, które stale mierzy parametry życiowe i pozwala na szybkie wykrywanie nieoczekiwanych stanów zagrażających życiu, ocenę odpowiedzi choroby na leczenie oraz identyfikuje niepożądane reakcje na leki. Prezentowany projekt jest systemem umożliwiającym zdalne monitorowanie stanu pacjenta. Wykorzystuje przy tym możliwości Internetu Rzeczy i rozwija telemedycynę. Jest to otwarty projekt, bazujący na Raspberry Pi Zero, W, który zapewnia wymaganą moc obliczeniową oraz połączenie Wi-Fi i Bluetooth. Niestety układ ten nie zawiera przetwornika ADC, więc konieczne było użycie Arduino Nano do pobrania danych z czujników i przesłania ich do Raspberry Pi poprzez port szeregowy. Raspberry Pi przetwarza dane za pomocą odpowiedniego programu i wyświetla informacje na 5-calowym ekranie oraz przesyła informacje do serwera.

Serwer odbiera dane z Raspberry Pi i wysyła je do podłączonego do sieci smartfona. Każdy telefon z Androidem, na którym działa aplikacja stworzona w ramach projektu, może połączyć się z serwerem i uzyskać dostęp do zebranych informacji. Monitor obsługuje EKG, wykrywanie zespołów QRS serca, wykres fotopletyzmogramu (PPG), SPO_2 (nasycenie krwi tlenem), pomiar temperatury ciała, a także wylicza tętno (z EKG) i mierzy jego zmienność oraz odstęp R-R. Urządzenie wyposażone jest w port microUSB do zasilania i ładowania baterii, złącza jack 3,5 mm dla sygnałów EKG i dla czujnika temperatury (LM35) oraz pełny port USB dla modułu MAX30100. Oprogramowanie i schematy systemu dostępne są na stronie projektu (patrz niżej).

https://bit.ly/3bWXdSX



Kopia terminalu ADM-3A

ADM-3A był wczesnym terminalem wideo, wprowadzonym do sprzedaży w 1976 roku. Został wyprodukowany przez firmę Lear Siegler. Był wyposażony w 12-calowy ekran wyświetlający 12 lub 24 linie po 80 znaków. Ustalił on nowy poziom odniesienia w tym sektorze, głównie swoją niską, jak na ówczesne czasy, ceną – 995 dolarów. Szybko odniósł sukces komercyjny dzięki szybkiemu wzrostowi prędkości komunikacji oraz wprowadzeniu na rynek nowych systemów komputerowych, które wymagały niedrogich konsol operatorskich.

Maszyny te od wielu lat nie są już w produkcji, a technika poszła do przodu. Jednak na świecie jest wielu fascynatów starym sprzętem komputerowym, którzy kolekcjonują takie urządzenia bądź budują ich funkcjonalne kopie. Zaprezentowany projekt należy do tej drugiej kategorii. Alistair z Wielkiej Brytanii projektuje właśnie kopię tego legendarnego terminalu. Na portalu Hackaday.io można śledzić jego postępy.

https://bit.ly/2ZD5I0h

Ed1NR – ekosystem do nauczania zdalnego dla dzieci ociemniałych i słabowidzących

Prezentowany projekt ma na celu pomóc nauczycielom szkół specjalnych w prowadzeniu zdalnych zajęć z matematyki dla dzieci niedowidzących. Wszystko przy użyciu niedrogiej platformy IoT, wykorzystującej dotyk jako sposób komunikacji z uczniem. System ma przynieść możliwość takiej edukacji milionom dzieci w trudno dostępnych miejscach, takich jak kraj, z którego pochodzi autor systemu – Gwatemala.

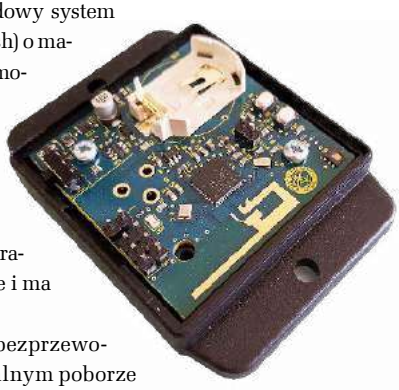
eprasa.pl b41ae9951b

Edukacja matematyczna jest trudna. Spróbujmy wyobrazić sobie prostą operację matematyczną, na przykład dziesięć plus pięć równa się pięć. Zamknijmy oczy i powtórzmy tę samą operację. Czy możemy wyobrazić sobie coś innego niż zapis liczbowy tego działania: 10+5=15. Jest to bardzo trudne, a osoby niewidzące są do tego zmuszone. Według WHO, „Na całym świecie co najmniej 2,2 miliarda ludzi ma jakieś upośledzenie wzroku lub w ogóle nie widzi". Uczenie matematyki dzieci z niepełnosprawnością wzroku już samo w sobie jest trudne. Jeszcze trudniejsze w tym przypadku jest nauczanie zdalne. Nie ma platform, które łączą odpowiednie narzędzia, aby umożliwić masową i opłacalną naukę na odległość dzieciom w obszarach miejskich, nie wspominając o tych z odległych lub trudno dostępnych miejsc.

Autorzy prezentowanego projektu chcą to zmienić. Ed1NR jest pierwszym, z zestawu niedrogich narzędzi open source, które mają na celu wypełnienie luki w edukacji na odległość. Został zaprojektowany z uwzględnieniem doświadczenia nauczycieli edukacji specjalnej. Jednym z podstawowych założeń jest uzyskanie dowolnego zasięgu dzięki niesamowitej sile Internetu Rzeczy. „Chcemy stworzyć system oparty na otwartych źródłach, mający na celu wypełnienie luki w edukacji milionów, jeśli nie miliardów dzieci na całym świecie", mówią autorzy. Ich rozwiązanie składa się z pary rękawiczek dotykowych z wbudowanym układem ESP32 oraz aplikacją działającą na komputerze jednopłytkowym Raspberry Pi, która może służyć jako brama IoT, punkt dostępu Wi-Fi i platforma rozwiązań chmurowych.

https://bit.ly/32x0khc

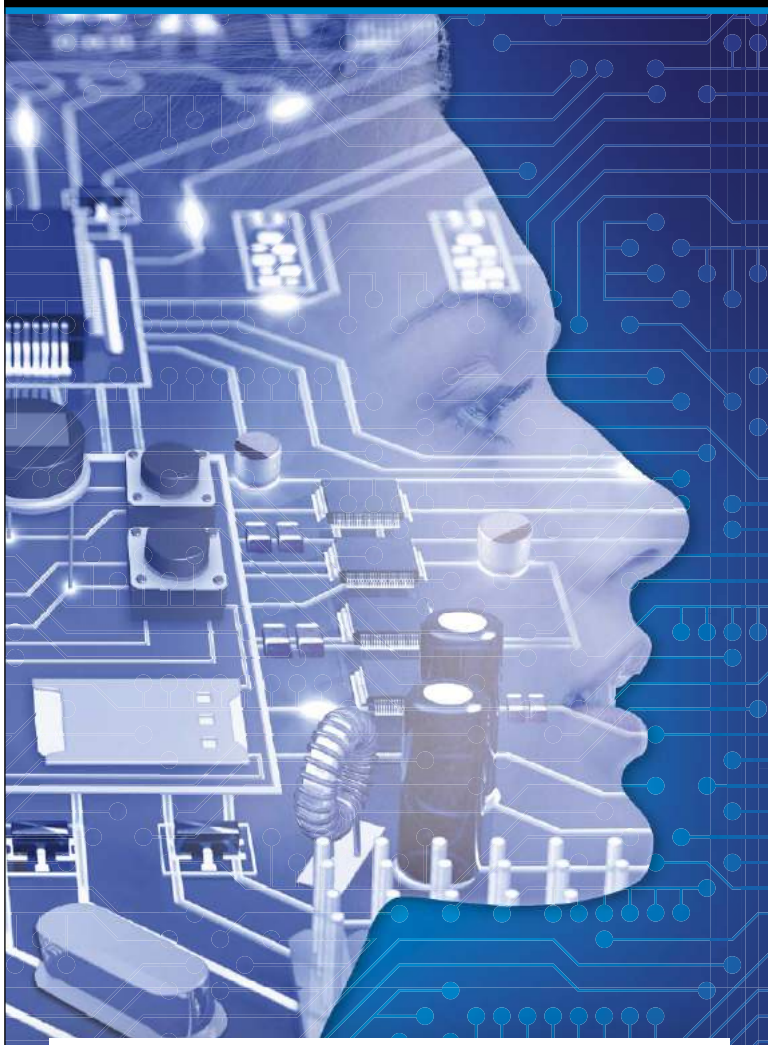
Bezprzewodowe czujniki jakości powietrza działające w sieci topologii Mesh



Zaprezentowany bezprzewodowy system czujników sieci kratowej (Mesh) o małej mocy przeznaczony jest do monitorowania zawartości CO_2 w powietrzu, a także jego temperatury i wilgotności. Pierwowzór systemu miał być zastosowany w winiarni, gdzie monitorowanie tych parametrów jest niezwykle istotne i ma wpływ na gotowy produkt.

System powstał na bazie bezprzewodowych sensorów o minimalnym poborze

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

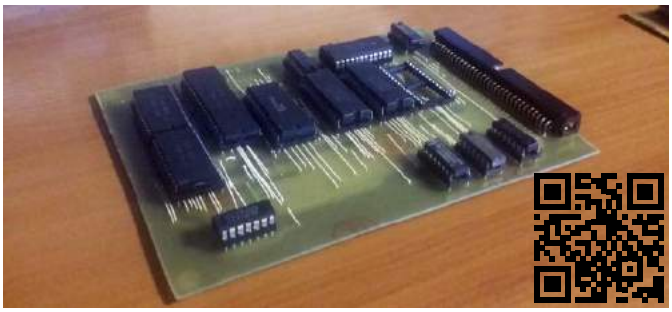
COMMITTED TO EXCELLENCE
Consult | Components | Logistics | Quality

REKLAMA

mocy. W celu wydłużenia żywotności baterii następuje jej całkowite odłączenie od mikrokontrolera i czujników w stanie nieaktywnym. Zaprojektowano i wdrożono obwód drukowany ze zintegrowaną anteną, aby obniżyć koszty produkcji sensorów. Do przesyłania informacji do bazy danych, w celu ich wizualizacji, wykorzystano bezpieczną bramę.

Podczas fermentacji soku cukier zmienia się w alkohol, powoduje wytwarzanie dwutlenku węgla (CO_2) – z jednego litra sfermentowanego soku około 64 litrów czystego dwutlenku węgla. Dopuszczalna wartość graniczna ekspozycji człowieka, na CO_2 wynosi 5000 ppm przy 8-godzinnej ekspozycji, około 10 razy więcej niż średnia zawartość CO_2 w atmosferze. Rozcieńczenie jednego litra czystego CO_2 do dopuszczalnego poziomu wymaga 200 litrów świeżego powietrza. Biorąc pod uwagę, że typowy zbiornik fermentacyjny może pomieścić około 5000 litrów soku, a fermentacja będzie przebiegała w wielu zbiornikach jednocześnie, poziom wytwarzanego CO_2 stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa pracowników i musi być kontrolowany. Ponieważ CO_2 jest gęstszy od powietrza, poza zmiennością dystrybucji go w pomieszczeniu, będzie istniała także separacja pionowa jego stężenia. Istniejące urządzenia monitorujące stężenie CO_2 zazwyczaj składają się z pojedynczego czujnika zamontowanego na ścianie, zapewniającego jedynie pomiar punktowy. Jest to za małoby w realny sposób ocenić jakość powietrza i jego zgodność z normami. Rozwiązaniem tego problemu jest zaproponowana sieć czujników. Składają się one z sensora wilgotności, temperatury i stężenia CO_2 oraz mikrokontrolera CC1352, wyposażonego w interfejs do komunikacji bezprzewodowej. Sensory rozmieszczane są na terenie całej winiarni i przesyłają do centralnego serwera dane w czasie zbliżonym do rzeczywistego.

https://bit.ly/3hyisvi



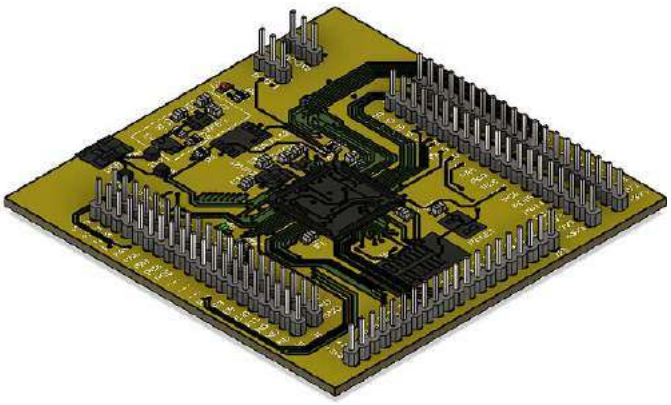
POLON 7881 – komputer na układach-retro z Polski

Nie tylko Brytyjczycy fascynują się starymi komputerami. Marek Więcek fascynuje się elektroniką- retro i tworzy wiele projektów z użyciem starych układów scalonych i innych elementów. POLON 7881 jest najnowszą konstrukcją tego autora. Jest to minikomputer zbudowany na starych układach, które kiedyś produkowane były w naszym kraju. Warto śledzić postępy prac oraz przejrzeć jego inne projekty.

https://bit.ly/2ZD5I0h

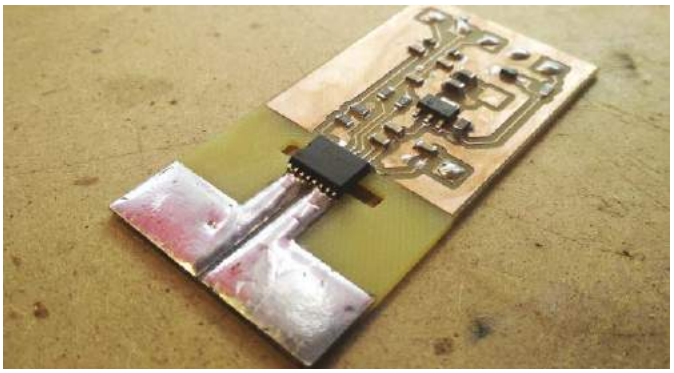
Płytka prototypowa dla STM32F446

Jest to minimalistyczna płytka rozwojowa z mikrokontrolerem STM32F446, którą można wykorzystać do budowy prototypów i testowania różnych rozwiązań. Większość pinów tego mikrokontrolera jest wyprowadzona na listwach kołkowych, co ułatwia dostęp



do GPIO i interfejsów cyfrowych czy analogowych układu. Cały system jest zasilany przez złącze USB i może również działać jako urządzenie USB, zależnie od wgranego do układu programu. Zawiera na pokładzie pamięć Flash dołączoną przez interfejs SPI. Mikrokontroler może być programowany przez interfejs SWD, wyprowadzony na odpowiednim złączu. Projekt jest w pełni otwarty i udostępniony na stronie na licencji GNU GPL.

https://bit.ly/2ZCZNbO



Izolowany sensor do pomiaru prądu do 50 A

Zaprezentowany projekt to bardzo prosty, izolowany sensor do pomiaru prądu o natężeniu ±50 A. Szerokość pasma pomiarowego układu wynosi aż 1,5 MHz. Sensor bazuje na układzie korzystającym z pomiaru anizotropowego efektu magnetooporowego – MCA1101-50-3. W sensorze tym zrealizowano zalecane połączenie z karty katalogowej z dodatkowym zasilaczem liniowym 3,3 V, warystorami do ochrony przed wyładowaniami elektrostatycznymi i kondensatorami dla zwiększonej odporności na zakłócenia elektromagnetyczne, które mogą występować w docelowym środowisku pracy, przy monitorowaniu pracy dużych silników elektrycznych.

Jednym z celów tego projektu było uzyskanie bardzo wysokiego napięcia izolacji, a także zmniejszenie przenikania magnetycznego pomiędzy kanałami, aby możliwe było zbudowanie kompaktowego, 3-kanałowego układu pomiarowego. Schemat jest bardzo prosty – prawdziwym wyzwaniem w tym projekcie jest zaprojektowanie płytki PCB oferującej niski poziom szumów i błędów. Ten rodzaj czujników jest bardzo wrażliwy na zewnętrzne pola magnetyczne, które penetrują układ scalony prostopadle do jego górnej płaszczyzny. Mogą powodować duży offset czy nawet nasycenie wyjścia.

W stanie statycznym (np. gdy w pobliżu znajduje się magnes) to przesunięcie może zostać skompensowane, ale zazwyczaj problem ten występuje przy dużym obciążeniu z powodu dynamicznych pól magnetycznych na PCB spowodowanych przez elementy magnetyczne (cewki indukcyjne, transformatory) lub wysokie prądy płynące w pobliskich ścieżkach. Autor dokładnie opisuje rozwiązania, jakie zastosował, by zminimalizować wpływ tych czynników na pomiar.

https://bit.ly/3hsfWGV

eprasa.pl b41ae9951b

WetRuler

– układ do pomiaru poziomu oceanu

Tsunami – fala oceaniczna wywołana podwodnym trzęsieniem ziemi, wybuchem wulkanu, osuwaniem się ziemi lub dzieleniem się lodowców, rzadziej w wyniku upadku meteorytu. Rozchodzi się po oceanie z dużą prędkością i ulega spiętrzeniu przy brzegu, uzyskując wysokość nawet kilkudziesięciu metrów. Szybkie wykrywanie takich fal realizuje się za pomocą sejsmometrów, rozmieszczonych na dnie oceanu lub mierników poziomu wody umieszczonych przy brzegu.

Fale tsunami rozchodzą się pierścieniowo od miejsca wzbudzenia. Na pełnym morzu poruszają się z wielką prędkością (do 900 km/h), przez co łatwo je przeoczyć, ponieważ ich długość dochodzi do kilkuset kilometrów, ale wysokość nie przekracza kilkudziesięciu centymetrów. Dopiero w strefie brzegowej fala ulega spiętrzeniu i może osiągnąć wysokość kilkudziesięciu metrów, niszcząc nadbrzeżne miejscowości. Najczęściej występują na Pacyfiku.

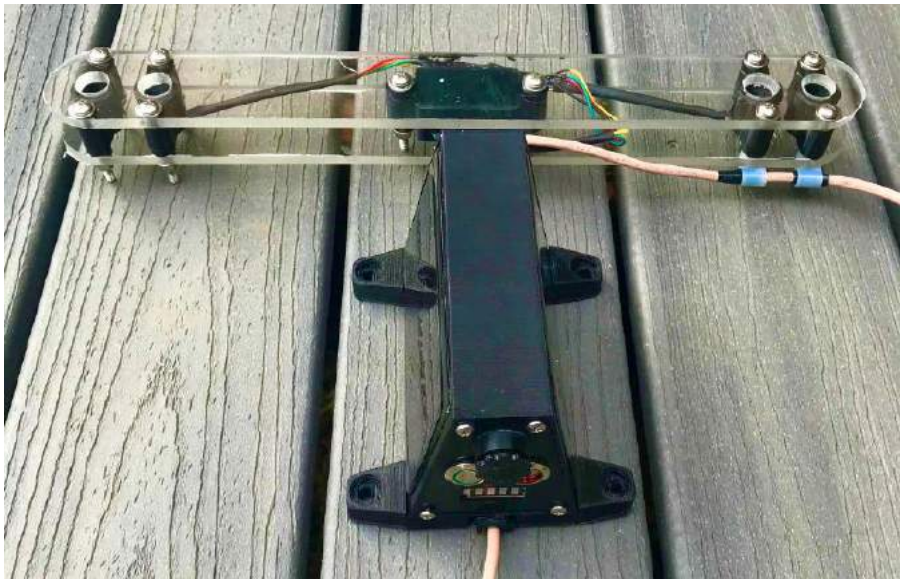
Na początku lata tego roku ogłoszono, że obszar na Alasce, zwany Prince William Sound, zostanie nieoczekiwanie dotknięty tsunami, zainicjowanym przez globalne ocieplenie. Naukowcy, którzy dokonali odkrycia, wskazali na obszar szybko cofającego się lodu. Pozostawił po sobie górę ułomków skalnych, które zsunęły się do fiordu i zainicjowały falę o wysokości 10 metrów, która ostatecznie uderzyła w miasto Whittier. Nie jest to pierwsze tsunami nawiedzające Alaskę. Obecnie region jest stale monitorowany przez podwodne sensory, wykrywające anomalie i duże fale, zbliżające się do brzegu.

WetRuler (Mokra Linijka) to układ przeznaczony do zdalnego monitorowania poziomu wody. Wygląd takiego systemu pokazuje **fotografia 1**. Jest w stanie mierzyć poziom oceanu i wysyłać dane do odbiornika poprzez sieć LoRa lub bezpośrednio przez GSM. Jednostki są kompaktowe i odporne na warunki środowiskowe. Są wyposażone w baterie i zasilane energią słoneczną. System stworzono z myślą o zastosowaniu jako narzędzie wczesnego ostrzegania przed wystąpieniem tsunami. Jednakże autor miał okazję przetestować go tylko jako monitor wysokości pływów morskich.

Ze względu na długość listingów, są one dostępne na stronie artykułu: https://ep.com.pl – dla prenumeratorów, jeszcze przed ukazaniem się wydania papierowego. Równolegle do pobrania ze strony http://media.avt.pl.

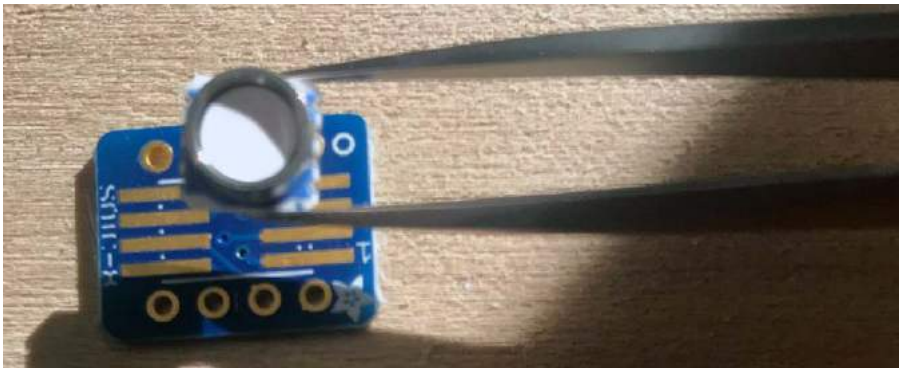
Potrzebne komponenty

Autor skonstruował dwie wersje urządzenia – jedna obejmuje wysyłanie danych poprzez GSM (sieć komórkową), a druga przez LoRa. We własnej konstrukcji można rozważyć również połączenie z radiolatarnią satelitarną, ponieważ wiele obszarów nadbrzeżnych nie ma zasięgu telefonii komórkowej. Sensorem jest MS580314BA, czyli specjalistyczny czujnik ciśnienia firmy TE Connectivity. Często stosuje się go w systemach monitorowania danych w środowisku morskim. Więcej informacji na jego temat i różnych jego aplikacji znaleźć można w [1], [2].

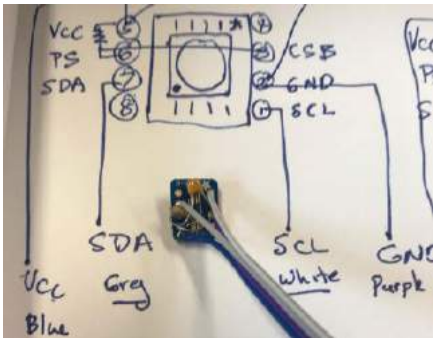


Fotografia 1. Gotowy moduł do pomiaru wysokości wody w oceanie

eprasa.pl b41ae9951b



Fotografia 2. Sensor ciśnienia i płytka drukowana, na której jest montowany



Fotografia 3. Schemat ideowy podłączenia sensora

Do budowy systemu potrzebne będą:

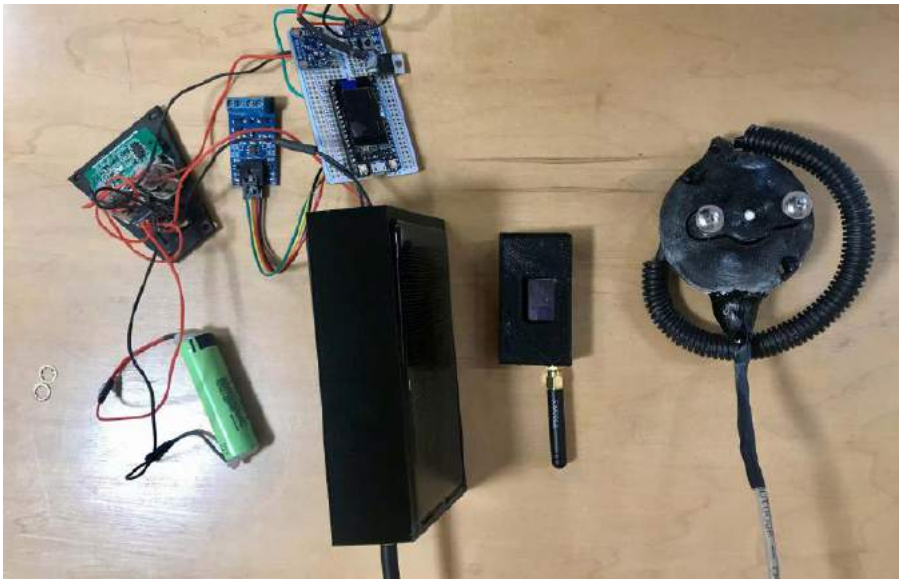
- Sensor ciśnienia MS580314BA. Można kupić sam czujnik za około 13 dolarów lub przylutowany na płytce, w formie modułu SparkFun, za ok. 60 dolarów. Wystarczy dobra lutownica i odpowiednia płyta uniwersalna, aby samodzielnie sobie z tym poradzić;
- Moduły LoRa – autor zastosował TTGO LORA32 firmy LILYGO. Są to moduły radiowe, pracujące przy częstotliwości 868 lub 915 MHz, zintegrowane z SoC ESP32. Moduł taki kosztuje około 27 dolarów;
- Płytka Arduino MKR GSM 1400 – to świetna płytka Arduino z komunikacją GSM, kosztuje ok. 55 dolarów;
- Ogniwa słoneczne Uxcell, 2 szt. na urządzenie. Ogniwo takie daje napięcie 6 V przy prądzie do około 180 mA, ma wymiary 133×73 mm i kosztuje ok. 8 dolarów;
- Akumulator 18650;
- Ładowarka na układzie TP4056;
- Włącznik zewnętrzny, wodoodporny. Autor użył w tym celu przycisku w wykonaniu wandaloodpornym z wbudowanym podświetleniem LED;
- Tester poziomu naładowania akumulatora – Icstation 1S z niebieskim wyświetlaczem LED;
- Scalony timer Adafruit TPL5111 – prosty, mały układ do pomiaru czasu, zamontowany na płytce drukowanej;
- Tranzystor MOSFET z kanałem typu N – autor wybrał element o napięciu maksymalnym 30 V i prądzie drenu do 60 A;
- Różnicowy przedłużacz I²C typu PCA9600, pozwalający na wydłużenie odległości pomiędzy sensorem a mikrokontrolerem. Potrzebne są dwa takie moduły. Autor umieścił sensor w odległości około 8 metrów od mikrokontrolera. Do połączenia użyto zwykłego kabla o czterech parach przewodów przeznaczonego do użytku zewnętrznego;
- Moduł Adafruit BMP388 do precyzyjnego pomiaru ciśnienia barometrycznego i szacowania wysokości nad poziomem morza.

Budowa sensora

Czujniki MS580314BA należy przylutować do małych płytek drukowanych, jak pokazano na **fotografii 2**. Dwie wcześniejsze prace (patrz linki we wcześniejszej części artykułu) dają kilka wskazówek, jak to zrobić. Podczas lutowania dobrze jest skorzystać z niskotemperaturowego lutowia, by nie przegrzać sensora, a na koniec sprawdzić multimetrem poprawność montażu i wyeliminować ewentualne zwarcia. Pozostała część okablowania sensora jest łatwa do wykonania. Należy rozpocząć od umieszczenia małego kondensatora (0,1 nF) między przewodami zasilania i masy. Następnie należy podciągnąć linie CS i PSB, aby zainicjować I²C i ustalić adres czujnika (**fotografia 3**). Istnieją dwie możliwości adresowania, zależne od stanu wyprowadzenia konfigurującego: adres 0x76 odpowiada stanowi wysokiemu, natomiast 0x77 niskiemu. Autor w swojej konstrukcji użył obydwu, aby zbudować „różdżkę" z dwoma czujnikami, rozstawionymi o stopę (ok. 30 cm) i uzyskać różnicę ciśnień w pomiarze.

Dla czujnika została zaprojektowana i wykonana na drukarce 3D obudowa, która umożliwia jego całkowite zamknięcie (zalanie) w przezroczystej żywicy epoksydowej (**fotografia 4**). Otwór w obudowie idealnie pasuje do malutkiej, nierdzewnej szyjki czujnika. Połączenie to należy uszczelnić np. za pomocą superglue, który będzie nie tylko zamykał obudowę, ale utrzymywał na miejscu sensor. Projekt obudowy dla MS580314BA można znaleźć na stronie projektu, na witrynie instructables.com, w postaci pliku STL.

Fotografia 4. Sensor zalany żywicą w obudowie



Fotografia 5. Wszystkie elementy układu przygotowane do montażu

eprasa.pl b41ae9951b

Obudowa

Obudowy modułów z GSM i LoRa są takie same. Obie wykonano w technologii druku 3D z bocznymi wstawkami dla paneli słonecznych. Jedyną modyfikacją dla modułu z interfejsem LoRa było dodanie otworu na antenę, który należy wywiercić tak, aby pasował do posiadanej przez nas anteny. Antena GSM w całości mieści się w obudowie, więc nie ma potrzeby wykonywania dodatkowych otworów.

Środek obu modułów jest identyczny, z otworami na włącznik i przyciskiem do włączania ekranu, pokazującego poziom baterii. Stopki obudowy są drukowane oddzielnie i przyklejane do skrzynek w rogach, aby zapewnić możliwość montażu urządzenia w terenie. Mała wieżyczka z gwintem, i pasująca pokrywka są przyklejone wokół otworu na port microUSB, aby chronić go przed wnikaniem wody. Urządzenie jest w zasadzie wodoodporne. Do wydruków należy użyć tworzywa PETG, aby zminimalizować odkształcenia cieplne.

Elementy wewnętrzne umieszczone są za pomocą mosiężnych mocowań z gwintem M3, wtapianych w obudowę. W plikach do pobrania można znaleźć dwa mocowania czujników, ponieważ w systemie są dwa czujniki, rozstawione na głowicy pomiarowej, którą wykonano ze szkła akrylowego. Oprócz dwóch sensorów na głowicy znajduje się również szczelna puszka, w której zamknięty jest konwerter interfejsu I²C na sygnał różnicowy, co pozwala przesłać go na większą odległość. Puszka z konwerterem także zalana jest żywicą epoksydową w celu zapewnienia szczelności.

Odbiornik LoRa jest w gotowej obudowie, wyposażonej w okienko na wyświetlacz OLED. Obudowę tę można znaleźć w [3]. Wszystkie komponenty systemu przygotowane do połączenia pokazuje **fotografia 5**.

Połączenia elektryczne

Czujniki ciśnienia są połączone równolegle z liniami SDA, SCL oraz liniami zasilania, w pojedynczym kablu, wykorzystującym skręcone pary. Po drodze, przy samych sensorach, dołączone są wzmacniacze I²C. Są one bardzo łatwe w instalacji – wystarczy podłączenie obu czujników do linii wejściowych i pośredni długi kabel (o długości do 60 metrów), który podłączony jest do drugiego wzmacniacza – odbiornika. Jeśli potrzebne jest wydłużenie połączenia, konieczna może być zmiana rezystorów, podciągających linie SDA i SCL na płytach. Schematy połączenia poszczególnych modułów i elementów pokazano na **rysunku 1.**

System działa na bardzo prostej zasadzie – włącznik doprowadza zasilanie do modułu czasowego Adafruit TPL5111, który ustawia wysoki poziom na wyprowadzeniu Enable co 10 minut (można oczywiście ustawić mniejszą lub większą częstotliwość transmisji danych). Moduł steruje tranzystorem MOSFET zasilającym główny moduł LoRa lub Arduino 400 GSM. Tranzystor to konieczność, ponieważ moduł TPL5111 nie jest w stanie dostarczyć dostatecznie dużego prądu do działania modułu GSM.

Zasilanie czujników i BMP388 pochodzi z płytki głównej, gdy jest ona włączona. Rezystory podciągające są we wzmacniaczach I²C i nie ma konieczności dodawania ich do interfejsu. Moduł ładowarki TP4056 działa świetnie z dwoma panelami słonecznymi i dołączoną baterią 18650 lub podobną. Przycisk łączy wyjście baterii z małym ekranem poziomu baterii. Dwa czujniki dołączone do zanurzonego sensora wykorzystują dwa dostępne adresy, w tym adres układu BMP388 (0x77), więc jeśli stosuje się dwa czujniki, to układ BMP388 musi być podłączony do układu poprzez SPI.

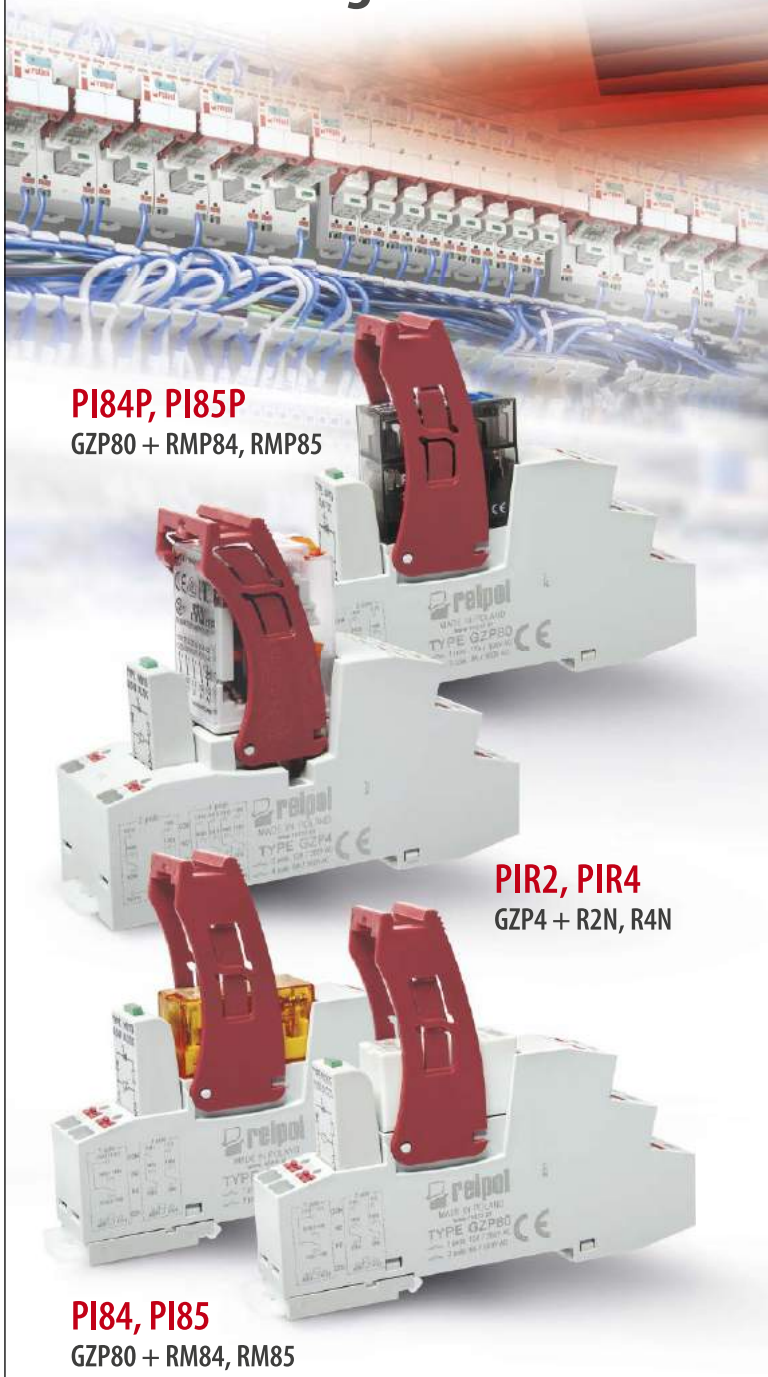
Oprogramowanie

Oprogramowanie systemu jest naprawdę proste. Bazuje na bibliotekach przewidzianych dla czujników, które działają doskonale bez żadnej ingerencji, oraz na bibliotekach GSM Blynk dla Arduino, które doskonale współpracują z chmurą Hologram (usługa może

REKLAMA

relpol® S.A.

Przekaźniki interfejsowe w technologii Push-in



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

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

eprasa.pl b41ae9951b

być niedostępna w Polsce). Wystarczy zarejestrować się, aby założyć konto Hologram i otrzymać kartę SIM, którą należy następnie umieścić w płytce Arduino 400 GSM. Cały proces logowania do sieci i chmury jest obsługiwany przez bibliotekę GSM Blynk dla Arduino. Szkic Arduino IDE zastosowany do kontroli systemu, z wykorzystaniem GSM, umieszczono na **listingu 1** (wszystkie listingi dostępne są na stronie internetowej https://bit.ly/2ZHxPeW i w materiałach dodatkowych na http://media.avt.pl).

Adafruit udostępnia bibliotekę dla sensorów BMP, a do obsługi sensora MS5803, autor użył biblioteki udostępnionej przez SparkFun.

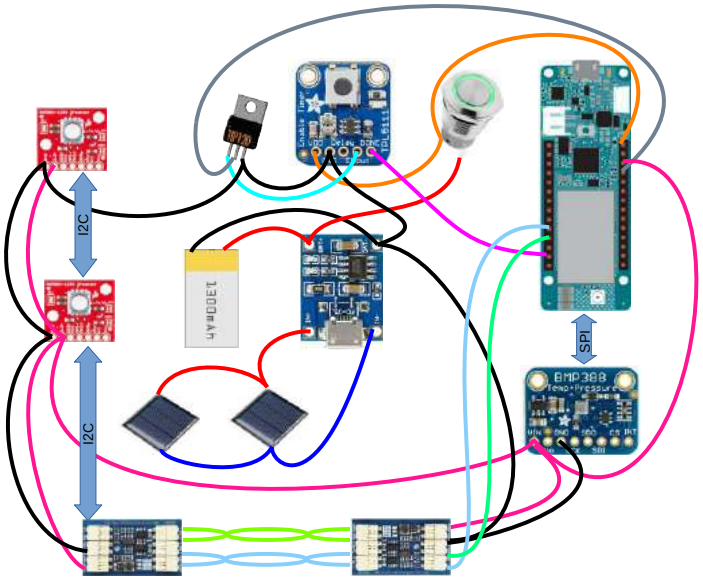
Do sterowania częstotliwością przesyłania danych zastosowano timer Blynk, aby zminimalizować ilość przesyłanych danych i nie narażać się na wysokie koszty przesyłu danych przez GSM. Autor przesyłał około 3 MB tygodniowo, co kosztowało go ok. 40 centów za ten okres.

Jednostka z interfejsem LoRa korzysta z tych samych bibliotek do obsługi sensorów. Wyłączono programowo ekran OLED, aby oszczędzać energię w systemie. Biblioteka obsługująca moduł LoRa automatycznie konfiguruje częstotliwość pracy interfejsu zależnie od kraju, w jakim pracuje. Następnie tworzy ciąg danych z separatorami, które umożliwiają wysyłanie odczytów czujnika w jednym podejściu, minimalizując obciążenie interfejsu. Następnie aktywuje pin, aby odłączyć zasilanie od mikrokontrolera, w celu oszczędzania energii. Na **listingu 2** znajdują się fragmenty szkicu Arduino IDE do obsługi transceivera LoRa.

Na **listingu 3** zaprezentowano kod programu, odpowiedzialnego za działanie odbiornika LoRa. Rozbija on odebrane słowo i wysyła zdekodowane informacje do aplikacji Blynk przez zawsze dostępne łącze Wi-Fi. Analogicznie do przypadku GSM, aplikacja Blynk służy do zbierania i prezentacji danych. Odbiornik jest niewiarygodnie mały – mieści się w obudowie zasilacza wtyczkowego, wraz z systemem zasilania z 230 VAC.

Przykładowe pomiary

Malutka powierzchnia czujnika MS5803 wychwytuje ciśnienie z dużą dokładnością – całą siłę nacisku z góry. Obejmuje to ciśnienie powietrza i wody, znajdującej się nad sensorem. Okresowe zmiany wysokości oceanu – takie jak fale – oraz zmiany ciśnienia powietrza, spowodowane burzami nad oceanem, mają wpływ na odczyt ciśnienia. Dlatego nad poziomem wody znajduje się dodatkowy czujnik ciśnienia barometrycznego w obudowie układu (dlatego nie może być ona w 100% szczelna). Sensor ten służy do korekcji pomiarów względem ciśnienia atmosferycznego, aby



Rysunek 1. Schemat połączenia poszczególnych modułów w urządzeniu

możliwy był pomiar tylko ciśnienia wody, znajdującej się nad sensorami.

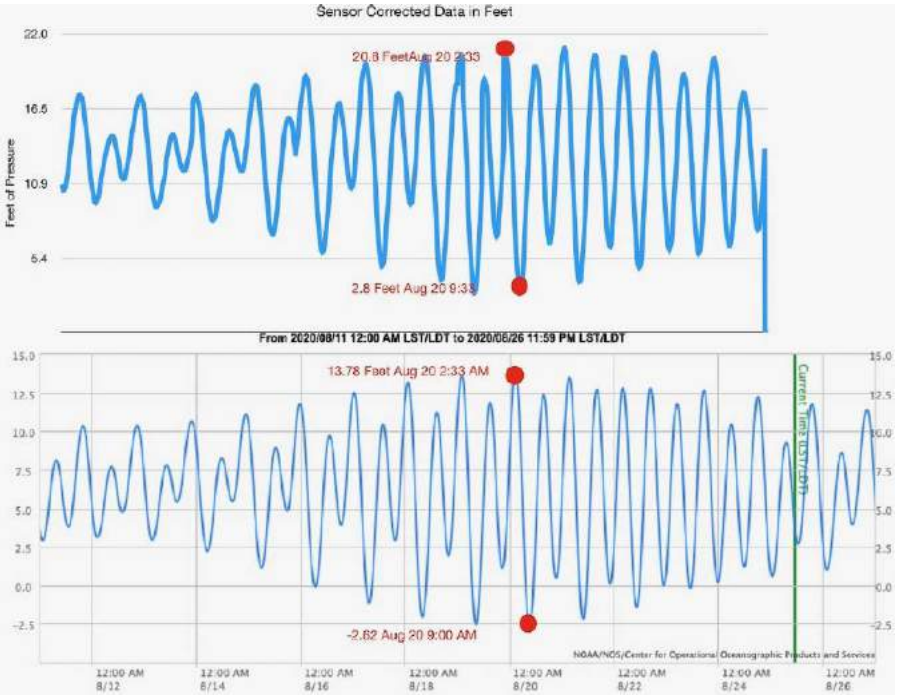
Sensory poziomu wody są zakotwiczone w oceanie na pewnej głębokości, na której będą cały czas pokryte wodą – nawet podczas odpływu. Głębokość umieszczenia czujników jest dowolna, ponieważ będą mierzyć tylko zmianę wysokości słupa wody, a nie wysokość bezwzględną. Autor użył obciążnika z zamocowaną liną i pływakiem, aby zamontować sensor na ustalonej, stałej głębokości – około kilku metrów. Nadajnik GSM/LoRa zainstalowany został na pobliskiej łodzi, ale można umieścić go na pomoście, czy innym elemencie nabrzeża.

Wykres z **rysunku 2** pokazuje porównanie zmierzonych danych z wykresem udostępnianym przez NOAA (Narodowa Służba Oceaniczna i Atmosferyczna USA) dla tego samego okresu. Zgodność danych jest bardzo dua. Układ bez problemu działał przez cały miesiąc na zasilaniu bateryjnym. Nawet bardzo energochłonny moduł GSM nie rozładował do końca akumulatora, dzięki ciągłemu doładowywaniu z ogniw fotowoltaicznych.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło:
https://bit.ly/3kqsyjE

Linki
[1] https://bit.ly/33Oi735
[2] https://bit.ly/2FKrk3H
[3] https://bit.ly/3iHDAAY



Rysunek 2. Porównanie zmierzonych danych (u góry) z danymi zebranymi przez amerykańską Narodową Służbę Oceaniczną i Atmosferyczną (NOAA) dla tego samego okresu

eprasa.pl b41ae9951b

Nawiedzona książka na Halloween

Halloween nie jest może typowym świętem, obchodzonym w naszym kraju, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby zorganizować dla znajomych imprezę w strasznym klimacie. Doskonałym uzupełnieniem wystroju imprezy może być przedstawiony w poniższym artykule rekwizyt – elektroniczna nawiedzona księga.

Fotografia 1. Efekty świetlne widoczne w trakcie działania układu

Poniższy projekt to książka dość nietypowa. Dzięki zastosowaniu prostego układu elektronicznego w jej wnętrzu, wydaje się... nawiedzona. Będzie się trzęsła, śmiała i świeciła na zielono, będzie próbowała rozchylać strony i lśnić tajemniczym, błękitnym blaskiem ze środka. Wszystko to sterowane z poziomu prostego mikrokontrolera w module Arduino.

Potrzebne elementy

Do budowy tej nietypowej konstrukcji potrzebujemy zwykłych, niemagicznych elementów. W pierwszej kolejności musimy odnaleźć odpowiednią książkę, która jednocześnie posłuży nam za obudowę systemu. Wybierzmy do tego jakąś niepotrzebną książkę, najlepiej już i tak zniszczoną, ponieważ po przekształceniu jej w rekwizyt będzie się nadawała wyłącznie do straszenia.

Z modułów elektronicznych potrzebne są:

- Arduino Nano,
- moduł z układem ISD1820,
- niewielki głośnik o impedancji 8 Ω,
- serwomotor (może być modelarski),
- przekaźnik,

eprasa.pl b41ae9951b

- silnik DC (na 5 lub 10 V),
- odważnik – do zamontowania na osi silnika, by wywołać wibracje (nada się każdy ciężki element, umieszczony niesymetrycznie na osi silnika),
- trzy diody LED – dwie zielone i jedna niebieska,
- trzy oporniki 220 Ω i jeden rezystor 1 MΩ,
- głośnik piezoelektryczny,
- mały przełącznik bistabilny,
- drobne śrubki, przewody i cienkie listewki drewniane (można w tym celu wykorzystać patyczki po lodach i podobne)
- pleksi lub podobny przezroczysty plastik o grubości 2 mm,
- taśma izolacyjna lub rurki termokurczliwe,
- klej.

Przygotowanie książki

Konstruowanie rozpoczniemy od wydrążenia książki. Należy pozostawić około 25 stron u góry i u dołu – muszą pozostać niewycięte i niesklejone z resztą. Pozostałą część wycinamy w środku, zostawiając ścianki o grubości około 16 mm. Do wycięcia prostokątnego otworu można wykorzystać nóż introligatorski/tapicerski i linijkę. Jeśli nasza książka nie ma zbyt sztywnej okładki, możemy dolną jej część wzmocnić kawałkiem drewna, wklejonym w wycięty otwór. We wzmocnieniu wiercimy otwór wielkości silnika i wklejamy razem z nim.

Zielony blask uzyskuje się dzięki przezroczystemu plastikowi. Należy pociąć go na paski szersze lub równe bokom książki (**fotografia 1**). Następnie trzeba przykleić je w różnych miejscach między stronami. Pamiętajmy aby plastik licował ze stronami książki i wszystko było na zewnątrz równe oraz nie rzucało się w oczy. Przed montażem musimy skonfigurować moduł z układem ISD1820. Autor użył odgłosu śmiechu, który znalazł w Internecie, ale można nagrać dowolny dźwięk, jaki podpowiada nam fantazja.

Zastosowany serwomotor jest wyposażony w ramiona z otworami do sterowania elementami, np. w samolotach RC. Należy wywiercić dwa otwory w patyczku do lodów i przykręcić go do jednego z ramion. Najlepiej jest wykorzystać ramię, które wystaje tylko w jednym kierunku. Następnie ustawiamy serwomechanizm na 0 stopni, na czas montażu. Umieszczamy go w książce tak, aby poruszający się patyczek do lodów otwierał lekko górną część książki. Przekaźnik jest przeznaczony do sterowania silnikiem prądu stałego. Należy podłączyć główny przewód zasilający do wspólnego złącza, a dodatni przewód silnika prądu stałego do normalnie otwartego pinu przekaźnika. Za sterowanie przekaźnikiem odpowiedzialny jest moduł Arduino. Silnik musi być mocno przyklejony do podstawy książki, aby całość razem się poruszała.

Diody LED należy zlutować z opornikami 220 Ω i kablami, a następnie zaizolować wszystkie wyprowadzenia w ten sposób, aby móc podłączyć kable do Arduino. Diody LED umieszczamy tak, aby zielone LED-y oświetlały plastikowe przekładki stron – ich blask będzie widoczny z zewnątrz. Niebieską diodą oświetlamy wnętrze książki. Staramy się podczas montażu diod LED, aby świeciły one do przodu książki.

Głośnik piezoelektryczny działa jako czujnik, aktywujący książkę. Należy przylutować do niego przewody – jeden podłączany jest do masy, a drugi do wejścia analogowego Arduino. Przewody muszą być wystarczająco długie, aby przejść przez strony do wewnętrznej strony okładki książki. Ponadto należy dodać opornik 1 MΩ, równolegle z piezoelementem pomiędzy przewodami, najlepiej wzdłuż przewodów (może być przy głośniku lub przy Arduino). Piezoelement wklejamy zaraz pod górną okładką książki.

Listing 1. Fragment szkicu dla Arduino IDE

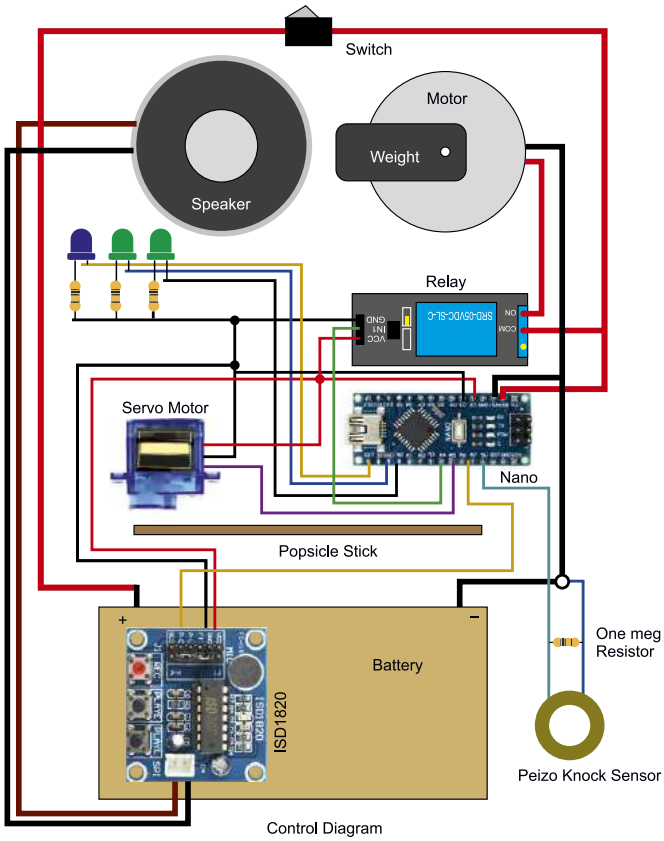
```
#include <Servo.h>                      // Biblioteka obsługi serwa
Servo servo;                            // deklaracja obiektu serwa
int pos = 0;                            // zmienna pozycji
int i = 0;                              // zmienna licznika
int val = 0;                            // wartość dla sensora
const int KnockSensor = A0;             // sensor pukania
const int THRESHOLD = 350;              // Próg aktywacji sensora
int pwmLED = 5;                         // PWM dla zielonych diod LED
int pwmLED2 = 6;

void setup() {
    pinMode(A0, INPUT);                 // Pin sensora pukania
    pinMode(3, OUTPUT);                 // Otwarcie książki
    pinMode(4, OUTPUT);                 // Silnik poruszania
    pinMode(7, OUTPUT);                 // Niebieskie światło
    pinMode(8, OUTPUT);                 // Złowrogi śmiech
    pinMode(pwmLED, OUTPUT);            // Zielona dioda 1
    pinMode(pwmLED2, OUTPUT);           // Zielona dioda 1
}

void loop() {
    sensor();                           // sprawdzenie sensora
    haunt();                            // uruchomienie programu
}

void sensor() {
    val = analogRead(KnockSensor);      // odczyt sensora pukania
    if (val < THRESHOLD) {              // jeśli sensor nie jest
        sensor();                       // aktywowany, program czeka
    } else {                            // jeśli sensor jest aktywowany
        haunt();                        // zaczynamy straszenie
    }
}

void haunt() {                          // straszenie
    delay(5000);                        // odczekaj 5 sekund
    digitalWrite(4, HIGH);              // załączenie silnika
    delay(700);                         // odczekaj 0,7 s
    digitalWrite(4, LOW);               // zatrzymanie silnika

    delay(20000);                       // odczekaj 20 sekund

    digitalWrite(8, HIGH);              // odtwarzanie nagrania
    delay(3000);                        // oczekiwanie na zakończenie nagrania
    digitalWrite(8, LOW);               // zakończenie odtwarzania

    delay(17000);                       // odczekaj 17 sekund

    for (int i = 0; i < 255; i++) {     // PWM diody LED od 0 do 255
        analogWrite(pwmLED, i);         // zapisz PWM na pin 5
        analogWrite(pwmLED2, i);        // oraz na pin 6
        delay(5);                       // czas pomiędzy iteracjami - 5 ms
        analogWrite (pwmLED,  HIGH);    // po 255 ustaw stan wysoki
        analogWrite (pwmLED2,  HIGH);
    }

    //pominięte na tym listingu kolejne efekty straszenia

    servo.detach();

    delay(140000);

    haunt();                            // powrót na początek pętli straszenia
}
```

Schemat połączeń

Na **rysunku 1** zaprezentowano diagram połączeń elektronicznych w książce. Dla wygody dobrze jest w pierwszej kolejności wykonać połączenia zasilania, a następnie przyłączyć sygnały sterujące. Moduł Arduino Nano ma 5-woltowy stabilizator, który pobiera napięcie z pinu V_{IN}

http://forum.ep.com.pl

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 1. Schemat połączeń elektrycznych w systemie

i stabilizuje je do zasilania mikrokontrolera oraz innych, podłączonych do układu elementów. Moduł Arduino i silnik prądu stałego zasilane są bezpośrednio z akumulatora przez włącznik. Wszystkie pozostałe komponenty pobierają napięcie 5 V z pinu 5 V na Arduino Nano i są podłączone do pinu masy w module Arduino.

Oprogramowanie

Kod programu dla modułu Arduino jest dosyć prosty, jego istotne fragmenty pokazuje **listing 1**. System czeka na aktywację poprzez puknięcie w książkę. W momencie gdy mierzony na wejściu analogowym sygnał przekroczy zaprogramowany próg, system wywołuje funkcję, w której zawarte jest całe straszenie.

Funkcja straszenia uruchamia kolejno różne efekty w różnym połączeniu i w różnych odstępach czasowych (które można zmienić, by dopasować do swoich preferencji). Bloki różnych efektów także można dowolnie przestawiać, aby zmieniać ich kolejność. Dobrze jest zaprogramować Arduino docelowym szkicem, zanim zostanie on na stałe umieszczony we wnętrzu książki. Po jego umocowaniu dostęp do portu USB może być utrudniony.

Uruchomienie i konfiguracja

Przy pierwszym uruchomieniu książka powinna od razu działać w pożądany sposób. Po dotknięciu książki po kilku sekundach (zależnie od ustawionych opóźnień) układ uruchomi poszczególne efekty. Na tym etapie można dostosować czasy oczekiwania pomiędzy różnymi efektami – prędkości mrugania diodami LED, otwierania książki, itd.

Podczas konfiguracji warto sprawdzić kąt ruchu serwomechanizmu – czy nie jest on za duży. Zbyt szerokie otwarcie książki może spowodować, że widoczna będzie elektronika w jej środku. Można zmniejszyć kąt zapisany w szkicu lub też umieścić pod innym kątem drewniany element na serwomechanizmie.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło: https://bit.ly/3cm7atg

REKLAMA

FAULHABER

Przekładnie precyzyjne FAULHABER

Rozwiń swoje możliwości

Nowa rodzina przekładni planetarnych FAULHABER GPT. Wrzuć wyższe przełożenie tam, gdzie inni zawodzą.

faulhaber.com/GPT/en

WE CREATE MOTION

eprasa.pl b41ae9951b

Asystent cyfrowy ZW-1

Prezentowane urządzenie łączy moc obliczeniową komputerka Raspberry Pi Zero W z kilkoma komponentami umożliwiającymi interakcje z otoczeniem. Całość programowana jest za pomocą języka Python, dzięki czemu ma naprawdę niebagatelne możliwości.

Urządzenie przypomina nietypową płytkę ewaluacyjną. Oferuje zasoby sprzętowe ukierunkowane na realizację interfejsu użytkownika i monitorowanie otoczenia oraz program inicjujący te zasoby i pokazujący, jak z nich korzystać we własnych programach. Natomiast docelowa funkcja urządzenia zależy od kreatywności konstruktora/programisty. Najważniejsze funkcje i możliwości asystenta cyfrowego to:

- odtwarzanie komunikatów głosowych,
- sygnalizacja dźwiękowa za pomocą buzzera,
- wyświetlanie krótkich treści na wyświetlaczu LCD 2×16,
- oświetlanie otoczenia za pomocą diod LED,
- pomiar temperatury otoczenia,
- odczytywanie stanu 3 przycisków,
- wykrywanie ruchu za pomocą czujnika PIR,
- możliwość połączenia z siecią Wi-Fi,
- pozwala obserwować otoczenie za pomocą kamery.

Budowa urządzenia

Budowę Asystenta cyfrowego ZW-1 można podzielić na dwie części. Pierwsza część to komputer Raspberry Pi Zero W oraz komponenty niezbędne do jego działania i rozszerzające jego funkcje multimedialne:

- kamera dla Raspberry Pi 8 Mpx + taśma połączeniowa do kamery o długości 150 mm,
- karta dźwiękowa USB + przewód OTG microUSB ↔USB o długości 120 mm,
- karta pamięci mikroSD o pojemności 16 GB,
- zasilacz mikroUSB 5 V o wydajności prądowej 2 A.

Połączone komponenty pierwszej części urządzenia pokazuje **fotografia 1.**

Druga część to płytka drukowana, na której znajdują się elementy elektroniczne, dzięki którym asystent cyfrowy ZW-1 komunikuje się z użytkownikiem oraz pobiera dane z otoczenia. Schemat ideowy części elektronicznej został pokazany na **rysunku 1**. Złącze J1 służy do podłączenia komputera Raspberry Pi Zero W. Układ scalony oznaczony U1 oraz współpracujące z nim elementy dyskretne C1, C2, C3 oraz R1 mają za zadanie wzmacniać sygnał audio pochodzący z karty dźwiękowej. Wzmocniony sygnał trafia na złącze J2

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

W ofercie AVT* AVT-----

Podstawowe parametry:
- bazuje na komputerku Raspberry Pi Zero W,
- zawiera komponenty niezbędne do monitorowania otoczenia i realizacji interfejsu użytkownika,
- umożliwia łączność za pomocą Wi-Fi,
- programowany za pomocą języka Python.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

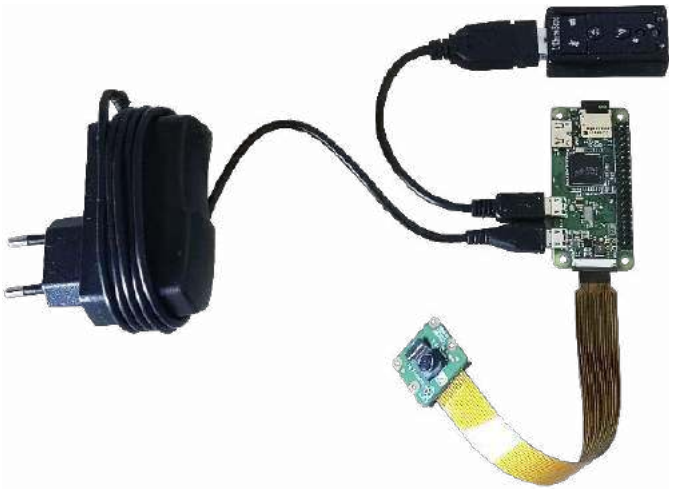
----	Kieszonkowy Linux (EP 9/2020)
AVT-5776	Miniaturowa czujka ruchu dla Raspberry Pi, Arduino i nie tylko (EP 6/2020)
AVT-5770	Arduino i nie tylko (EP 5/2020)
AVT-5761	Czterokanałowy moduł przekaźnikowy sterowany I²C (EP 4/2020)
Projekt 249	Karta muzyczna dla Raspberry Pi (EP 3/2020)
AVT-5739	Zasilacz buforowy z superkondensatorami dla Raspberry Pi (EP 1/2020)
----	Instalacja zegara czasu rzeczywistego w Raspberry Pi (EP 9/2019)
----	Domowy serwer Network Attached Storage na Raspberry Pi (EP 9/2019)
AVT-5689	Budżetowy interfejs USB-I²S (EP 7/2019)
AVT-5680	Sensor smogu z technologią Bluetooth Low Energy (EP 4/2019)

*** 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 b41ae9951b



Fotografia 1. Komputer Raspberry Pi Zero W oraz komponenty niezbędne do jego działania i rozszerzające jego funkcje multimedialne

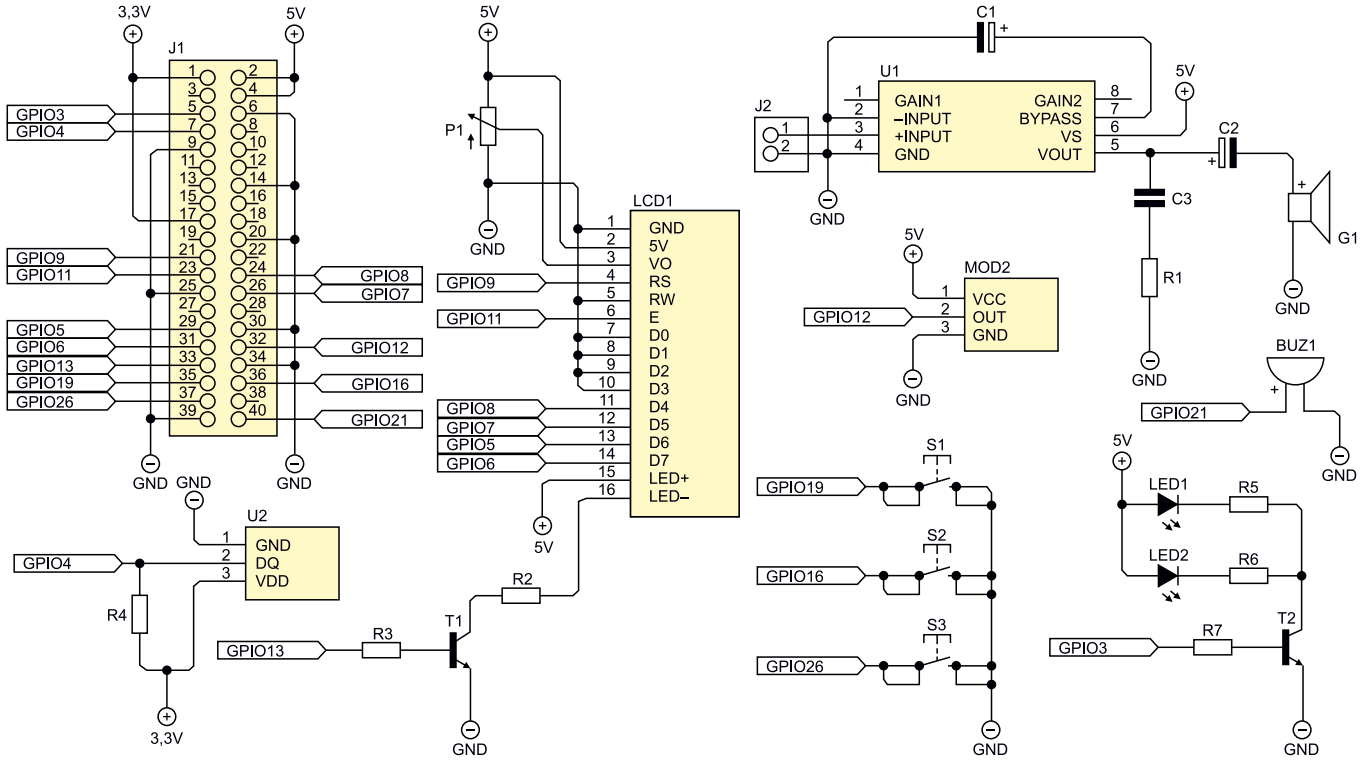
Fotografia 2. Wygląd zmontowanej płytki drukowanej z wyprowadzonymi przewodami do podłączenia komputera Raspberry Pi Zero W oraz karty dźwiękowej

i jest następnie odtwarzany w głośniku G1. Za pomocą potencjometru montażowego P1 jest ustawiany kontrast wyświetlacza LCD1, a elementy elektroniczne T1, R2 oraz R3 są odpowiedzialne za sterowanie jego podświetlaniem. Przyciski S1, S2 i S3 są dołączone do wyprowadzeń GPIO komputerka, ich funkcję można dowolnie zaprogramować. Czujnik U2 typu DS18B20 umożliwia pomiar temperatury otoczenia. Rezystor R4 dołączony do wyjścia czujnika, magistrali 1-Wire, realizuje podciąganie do potencjału dodatniego. Złącze oznaczone MOD2 służy dołączeniu gotowego modułu czujnika ruchu. Moduł ten ma dwa potencjometry, dzięki którym można ustawić czas trwania stanu wysokiego na jego wyjściu po wykryciu ruchu, oraz zasięg jego działania. Elementy R7 i T2 sterują diodami LED1 i LED2. Prąd płynący przez diody ograniczają rezystory R5 i R6. Element BUZ1 to sygnalizator dźwiękowy z generatorem, sterowany jest bezpośrednio z wyprowadzenia GPIO21 komputerka.

Montaż i uruchomienie

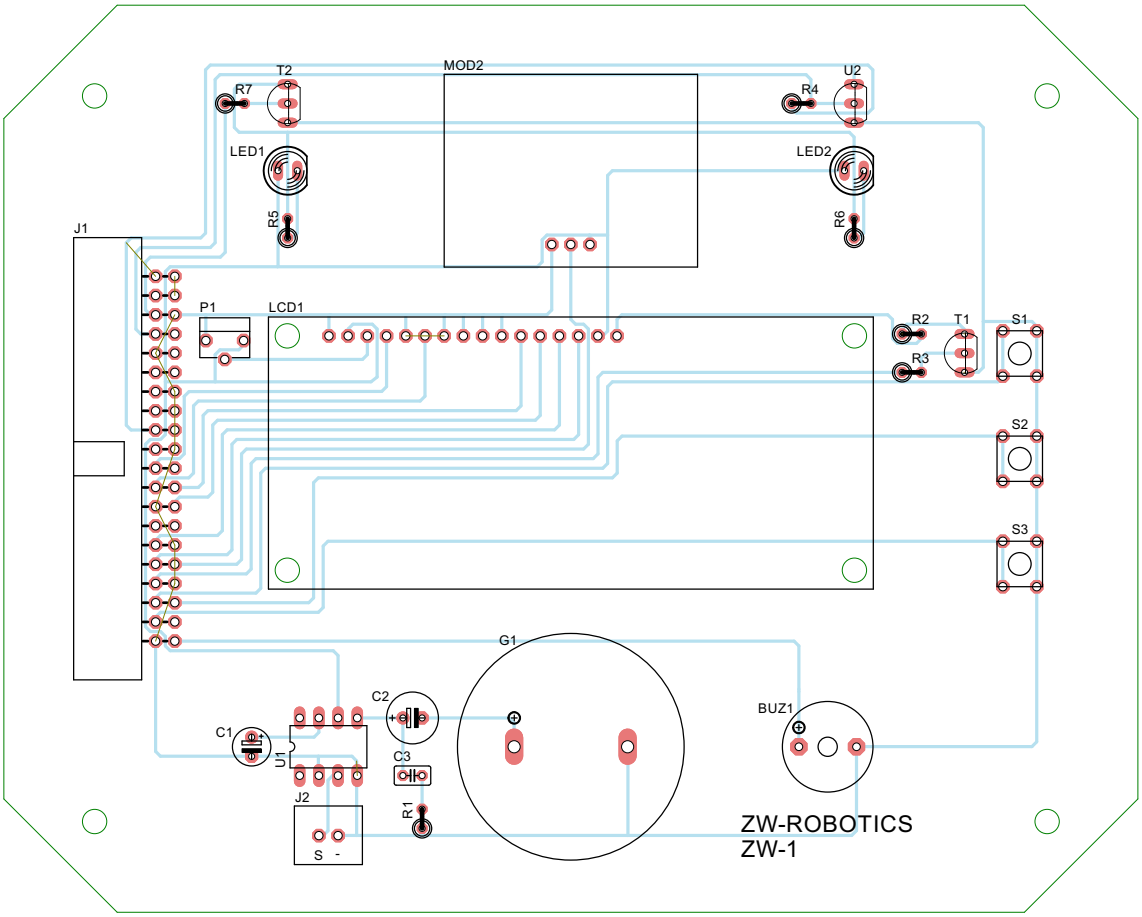
Na **rysunku 2** został pokazany schemat płytki drukowanej wraz z rozmieszczeniem elementów. Zmontowana płytka z wyprowadzonymi przewodami do podłączenia komputerka Raspberry Pi Zero W oraz karty dźwiękowej została pokazana na **fotografii 2**.

Konstrukcja mechaniczna asystenta cyfrowego ZW-1 jest wykonana z czarnego szkła akrylowego oraz niewielkiej liczby elementów montażowych. Do tylnej ścianki obudowy przymocowano komputerek Raspberry Pi Zero W za pomocą tulei dystansowych M3×6 mm o gwincie obustronnie wewnętrznym. Do zewnętrznych otworów przykręcono dłuższe tuleje dystansowe M3×30 mm o gwincie obustronnie wewnętrznym, będą one potrzebne do montażu płytki drukowanej. Kartę dźwiękową przyklejono z wykorzystaniem rzepa samoprzylepnego o wymiarach ok. 25×25 mm (**fotografia 3**). Za pomocą tulei dystansowych M3×15 mm o gwincie obustronnie wewnętrznym połączono wyświetlacz LCD z płytką, a następnie płytkę przykręcono za pomocą tulei dystansowych M3×20 mm o gwincie wewnętrznym oraz zewnętrznym do przygotowanej wcześniej ścianki tylnej obudowy. Do górnej części obudowy przykręcono czujnik ruchu



Rysunek 1. Schemat ideowy układu elektronicznego

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 2. Schemat płytki drukowanej z rozmieszczeniem elementów

i kamerę za pomocą śrub oraz nakrętek M2 (**fotografia 4**). Na zakończenie montażu konstrukcji mechanicznej asystenta cyfrowego ZW-1, uchwytami LED RTC51 stabilnie przymocowano diody LED oraz przykręcono górną część obudowy.

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1: 10 Ω
R2: 33 Ω
R3, R4, R7: 4,7 kΩ
R5, R6: 220 Ω
P1: potencjometr montażowy 10 kΩ

Kondensatory:
C1: 10 μF/25 V
C2: 220 μF/25 V
C3: 47 nF ceramiczny

Półprzewodniki:
LED1, LED2: dioda LED 5 mm biała
T1, T2: BC337
U1: LM386L DIP8
U2: DS18B20

Pozostałe:
S1…S3: przycisk 6×6 mm o długości 22,5 mm
G1: głośnik 8 Ω, 0,5 W, o średnicy 30 mm
BUZ1: buzzer z generatorem 3 V
J1: gniazdo IDC 40 pin + wtyk IDC kątowy 40 pin + przewód taśmowy o długości 140 mm
LCD1: wyświetlacz LCD 2×16 HD44780
MOD2: czujnik ruchu PIR HC-SR501
wtyk jack 3,5 z przewodem o długości 240 mm
Raspberry Pi Zero W + osprzęt (wykaz w tekście)
elementy mocujące – tuleje, śruby, nakrętki, itd.

Listing 1. Kod programu prezentującego możliwości urządzenia

```
import os
from time import sleep
import Adafruit_CharLCD as LCD
import w1thermsensor
from picamera import PiCamera
import RPi.GPIO as GPIO

GPIO.setmode(GPIO.BCM)

GPIO.setup(3, GPIO.OUT)
GPIO.setup(13, GPIO.OUT)
GPIO.setup(21, GPIO.OUT)
GPIO.setup(12, GPIO.IN)
GPIO.setup(16, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(19, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(26, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)

lcd = LCD.Adafruit_CharLCD(9, 11, 8, 7, 5, 6, 16, 2)
lcd.create_char(1,[7, 5, 7, 32, 32, 32, 32, 32])
lcd.clear()

def Komunikat_głosowy(tekst):
    os.system( 'espeak "'+tekst+'" --stdout -a 200 -s 180 -p 40 | aplay 2>/dev/null'  )

Zmienna_pomocnicza1 = True
Zmienna_pomocnicza2 = True

Komunikat_głosowy("Witaj, Nazywam się ZW-1,
jestem asystentem cyfrowym,
stworzył mnie Zygmunt Wypich.
Posiadam wiele umiejętności.")

sleep(2)
Komunikat_głosowy("Informuję o zdarzeniach za pomocą buzzera.")
sleep(2)
GPIO.output(21, GPIO.HIGH)
sleep(2)
GPIO.output(21, GPIO.LOW)

sleep(2)
Komunikat_głosowy("Wyświetlam dane na wyświetlaczu LCD.")
sleep(2)
GPIO.output(13, GPIO.HIGH)
lcd.message('Witaj!')
sleep(7)
lcd.clear()
GPIO.output(13, GPIO.LOW)

sleep(2)
Komunikat_głosowy("Oświetlam otoczenie za pomocą diod LED.")
sleep(2)
GPIO.output(3, GPIO.HIGH)
sleep(7)
```


eprasa.pl b41ae9951b

Fotografia 3. Przygotowanie tylnej ścianki obudowy

Oprogramowanie

Przed rozpoczęciem programowania asystenta cyfrowego ZW-1 konieczne jest zainstalowanie bibliotek języka Python do obsługi wyświetlacza LCD, czujnika temperatury oraz syntezatora mowy. W tym celu łączymy się z komputerkiem np. za pomocą PuTTY i wpisujemy następujące polecenia:

```
pi@raspberrypi:~ $ git
clone https://github.com/adafruit/
Adafruit_Python_CharLCD.git
pi@raspberrypi:~ $ cd
Adafruit_Python_CharLCD
pi@raspberrypi:~ / Adafruit_
Python_CharLCD  $ sudo python3
setup.py install
pi@raspberrypi:~ $ pip3 install
w1thermsensor
```

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get
install espeak
```

Aby syntezator mowy prawidłowo wymawiał polskie litery, należy otworzyć plik, w którym zapisane są odpowiednie ustawienia, poleceniem

```
pi@raspberrypi:~ $  sudo nano /
ust/lib/arm-linux-gnueabihf/
espeak-data/voices/default
```

a następnie zmodyfikować treść otwartego pliku:

```
name default
language pl
gender male
intonation 2
```

Teraz można uruchomić program prezentujący umiejętności urządzenia, którego kod został pokazany na **listingu 1**. Więcej informacji na temat asystenta cyfrowego ZW-1 oraz film prezentujący jego umiejętności znajduje się na stronie internetowej www.zw-robotics.pl.

Zygmunt Wypich
zygmunt.wypich@zw-robotics.pl

Listing 1. cd.

```
GPIO.output(3, GPIO.LOW)

sleep(2)
Komunikat_głosowy("Mierzę aktualną temperaturę otoczenia.")
sleep(2)
GPIO.output(13, GPIO.HIGH)
lcd.clear()
sensor = w1thermsensor.W1ThermSensor()
temp = sensor.get_temperature()
temp = round(temp, 1)
temperatura = str(temp)
lcd.message('Temperatura:')
lcd.set_cursor(0,1)
lcd.message(temperatura + '\x01' + 'C')
sleep(7)
lcd.clear()
GPIO.output(13, GPIO.LOW)

sleep(2)
Komunikat_głosowy("Odczytuję stan trzech przycisków ogólnego przeznaczenia.")
sleep(1)
while (Zmienna_pomocnicza1 == True):
    if GPIO.input(19) == False and Zmienna_pomocnicza2 == True:
        sleep(0.2)
        Komunikat_głosowy("Został naciśnięty górny przycisk.")
        Zmienna_pomocnicza1 = False
        Zmienna_pomocnicza2 = GPIO.input(19)
sleep(1)
Zmienna_pomocnicza1 = True
Zmienna_pomocnicza2 = True
while (Zmienna_pomocnicza1 ==True):
    if GPIO.input(16) == False and Zmienna_pomocnicza2 == True:
        sleep(0.2)
        Komunikat_głosowy("Został naciśnięty środkowy przycisk.")
        Zmienna_pomocnicza1 = False
        Zmienna_pomocnicza2 = GPIO.input(16)
sleep(1)
Zmienna_pomocnicza1 = True
Zmienna_pomocnicza2 = True
while (Zmienna_pomocnicza1 ==True):
    if GPIO.input(26) == False and Zmienna_pomocnicza2 == True:
        sleep(0.2)
        Komunikat_głosowy("Został naciśnięty dolny przycisk.")
        Zmienna_pomocnicza1 = False
        Zmienna_pomocnicza2 = GPIO.input(26)

sleep(2)
Zmienna_pomocnicza1 = True
Komunikat_głosowy("Wykrywam ruch w swoim otoczeniu.")
sleep(2)
Komunikat_głosowy("Proszę opuść pomieszczenie na dziesięć sekund, a następnie ponownie się
w nim pojaw. Kiedy wykryję  twój ruch,  poinformuję cię o tym.")
sleep(10)
while (Zmienna_pomocnicza1 == True):
    if GPIO.input(12) == True:
        Komunikat_głosowy("Twój ruch został wykryty.")
        Zmienna_pomocnicza1 = False

sleep(2)
Komunikat_głosowy("Obserwuję otoczenie za pomocą kamery.")
sleep(2)
Komunikat_głosowy("Za pięć sekund zaświecę diody LED, a następnie zrobię zdjęcie, które
zapiszę na pulpicie.")
sleep(5)
GPIO.output(3, GPIO.HIGH)
Kamera = PiCamera()
Kamera.start_preview()
Kamera.capture('/home/pi/Desktop/Zdjęcie.jpg')
Kamera.stop_preview()
sleep(5)
GPIO.output(3, GPIO.LOW)

sleep(2)
Komunikat_głosowy("Dziękuję za uwagę.")
```

Fotografia 4. Montaż płytki drukowanej oraz przygotowanie górnej części obudowy

REKLAMA

eprasa.pl b41ae9951b

Zegar Nixie

Listingi do projektu dostępne są na stronie www.media.avt.pl oraz w artykule na stronie www.ep.com.pl

Historia lamp Nixie sięga początku lat 50. Seryjna produkcja zaczęła się w roku 1956 i trwała do lat 90. XX w. Niegdyś stosowane w urządzeniach pomiarowych czy wojskowych lub jako wskaźniki, dziś są poszukiwane głównie do wykonania zegara cyfrowego. I chociaż w ostatnich latach powstało wiele różnych zegarów, w których czas pokazany był właśnie na tym rodzaju wyświetlacza, autor prezentowanego projektu pokusił się o skonstruowanie wersji całkowicie zautomatyzowanej.

Konstrukcja urządzenia została ukierunkowana tak, aby zegar wyświetlał bardzo dokładny czas. Po włączeniu zasilania aktualny czas zostaje pobrany z układu DS3231, który jest podtrzymywany dodatkową baterią. Co dwanaście godzin czas zapisany w układzie RTC jest synchronizowany z czasem pobranym z serwera NTP, za co odpowiada moduł ESP01.

Budowa i działanie

Schemat ideowy ma budowę modułową i składa się z czterech zasadniczych części. Pierwsza część to wyświetlacz, który wyświetla godzinę i minuty na czterech lampach Nixie IN4 (**rysunek 1a**). Drugą stanowi układ przetwornicy typu boost, podwyższającej napięcie, zbudowanej na bardzo popularnym timerze NE555 (**rysunek 1b**). Przetwornica w dużej mierze bazuje na projekcie pod tą samą nazwą, opisanym w książce pt. „100 projektów na 555", autorstwa Krzysztofa Górskiego. Trzecia część to moduł Wi-Fi ESP826601 (**rysunek 1c**), zaprogramowany w ten sposób, że jeśli jest w stanie normalnej pracy, to co jedną sekundę wysyła ramkę danych, zawierającą aktualną datę, godzinę oraz dzień tygodnia. Dane pobierane są z serwera NTP. Wreszcie czwarta część, czyli płyta główna, do której moduły są podłączone (**rysunek 1d i 1e**). Na płycie umieszczony jest procesor ATmega128 z popularnej rodziny AVR, odpowiedzialny za sterowanie pozostałymi modułami. Część cyfrowa projektu zasilana jest napięciem 3,3 V, a zasilanie przechodzi przez zworkę JP1. Poza procesorem na płycie znajduje się układ zegara czasu rzeczywistego DS3231, tranzystory sterujące katodami lamp oraz transoptory sterujące anodami lamp.

Układ DS3231 to bardzo dokładny zegar czasu rzeczywistego, komunikujący

Tabela 1. Opis wyprowadzeń modułu ESP826601

Pin	Opis
Vcc	Zasilanie napięciem 3,3 V, pobór prądu do 300 mA
GND	Masa układu
Tx	Nadajnik interfejsu szeregowego UART
Rx	Odbiornik interfejsu szeregowego UART
RST	Reset układu aktywowanego stanem niskim. W czasie normalnej pracy należy podać stan wysoki 3,3 V
CH_PD	Power down – podanie stanu niskiego powoduje przejście w tryb uśpienia Do aktualizacji oprogramowania oraz komunikacji przez UART należy podać stan wysoki 3,3 V
GPIO0	Wyprowadzenie GPIO nr 0 Do aktualizacji oprogramowania należy podać stan niski
GPIO2	Wyprowadzenie GPIO nr 2

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

W ofercie AVT* AVT-5812

Podstawowe parametry:
- odmierzanie czasu za pomocą specjalizowanego układu DS3231,
- automatyczne synchronizowanie zegara z czasem pobranym z serwera NTP,
- automatyczne przełączanie pomiędzy czasem letnim i zimowym,
- wyświetlacz na lampach Nixie typu IN4.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:
AVT-3226 Minizegar Nixie (EP 8/2018)
AVT-5582 Androidowy zegar Nixie (EP 5/2017, EP 8/2017)
AVT-3141 Zegar Nixie z sekundami (EdW 6/2016)
AVT-3097 Zegar Nixie (EdW 7/2014)
Projekt 210 Termometr pokojowy z lampami Nixie (EP 10/2013)
AVT-5390 Zegar w stylu retro z lampami Nixie typu Z570M/Z573M (EP 4/2013)
AVT-5145 Zegar retro na lampach Nixie (EP 9/2008)
AVT-521 Zegar Nixie dla oszczędnych (EP 8/2003)

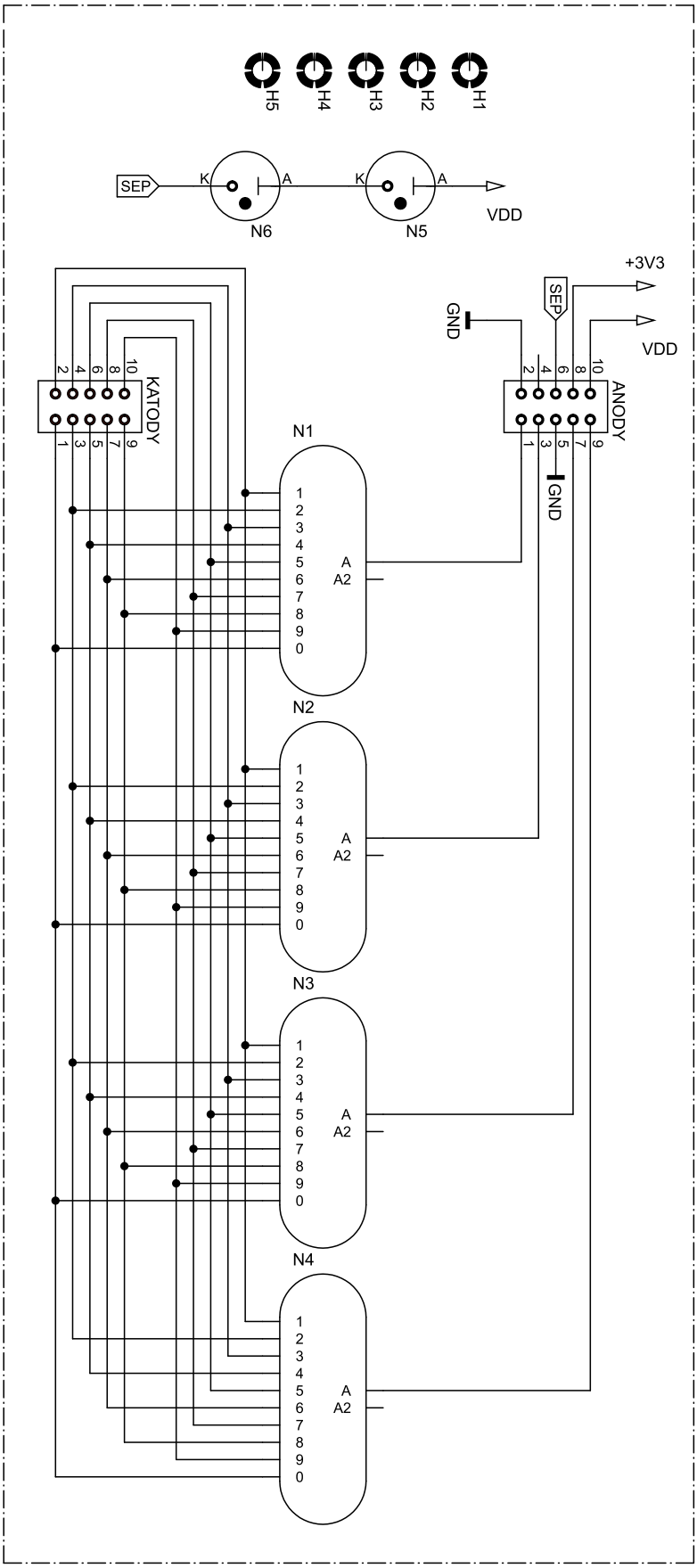
*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować 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 b41ae9951b

się z głównym procesorem poprzez magistralę I²C. W momencie braku zasilania (np. przerwa w dostawie energii elektrycznej) układ jest podtrzymywany poprzez zewnętrzną baterię lub kondensator o wysokiej pojemności. W przypadku zastosowania kondensatora dodatkowo należy przylutować diodę D2 oraz rezystor R13. Do układu może być podłączone jednocześnie tylko jedno źródło podtrzymujące napięcie. Stąd płytka zaprojektowana jest w taki sposób, że nie ma możliwości jednoczesnego przylutowania baterii i kondensatora.



Rysunek 1. Schemat elektryczny: a) moduł wyświetlacza

ESP826601 to moduł Wi-Fi działający w standardzie 802.11 b/g/n, na częstotliwości 2,4 GHz. Ma osiem wyprowadzeń w rastrze 2,54 mm oraz antenę umieszczoną na płycie PCB modułu. Jak pokazuje schemat, do wyprowadzeń modułu dołączone są rezystory R25...R28 umożliwiające wybranie odpowiedniego trybu pracy. Aby synchronizować czas co określone przedziały czasowe, należy przylutować tylko rezystory R27 oraz R28 (ustawienie domyślne). Jeżeli zamiast tych rezystorów zostaną zamontowane rezystory R25 i R26, moduł będzie na stałe połączony z siecią Wi-Fi. Nie ma konieczności montowania diody LED2. Warto nadmienić, że w czasie regularnej pracy pobór prądu przez ESP01 może wynosić nawet 300 mA. Procesor IC2 (ATmega128) komunikuje się z tym modułem poprzez interfejs UART, czyli sygnałami RX i TX (parametry komunikacji 115200, 8, n, 1). Opis wyprowadzeń modułu został pokazany w **tabeli 1** oraz na **rysunku 2**.

Przetwornica typu boost wytwarza wysokie napięcie odpowiednie dla anod lamp. Kluczowymi elementami są: tranzystor MOSFET, cewka o wartości 100 μH i prądzie co najmniej 1 A oraz dioda prostownicza. Działanie układu podwyższającego napięcie polega na cyklicznym załączaniu tranzystora. W momencie kiedy tranzystor jest włączony (**rysunek 3a**), na cewce L odkłada się napięcie stałe, uzyskane z napięcia wejściowego, a prąd płynący przez cewkę zaczyna narastać. Dioda jest spolaryzowana w kierunku zaporowym i nie przewodzi – jej anoda jest podłączona do masy układu. W chwili gdy tranzystor zostaje wyłączony (**rysunek 3b**), prąd cewki jest większy od zera. Strumień magnetyczny indukuje w cewce napięcie o takiej wartości, aby umożliwić dalszy przepływ prądu do obciążenia. Kiedy wartość prądu płynącego przez cewkę będzie równa zeru, dioda przestaje przewodzić, więc energia zgromadzona w cewce nie będzie przekazywana

REKLAMA

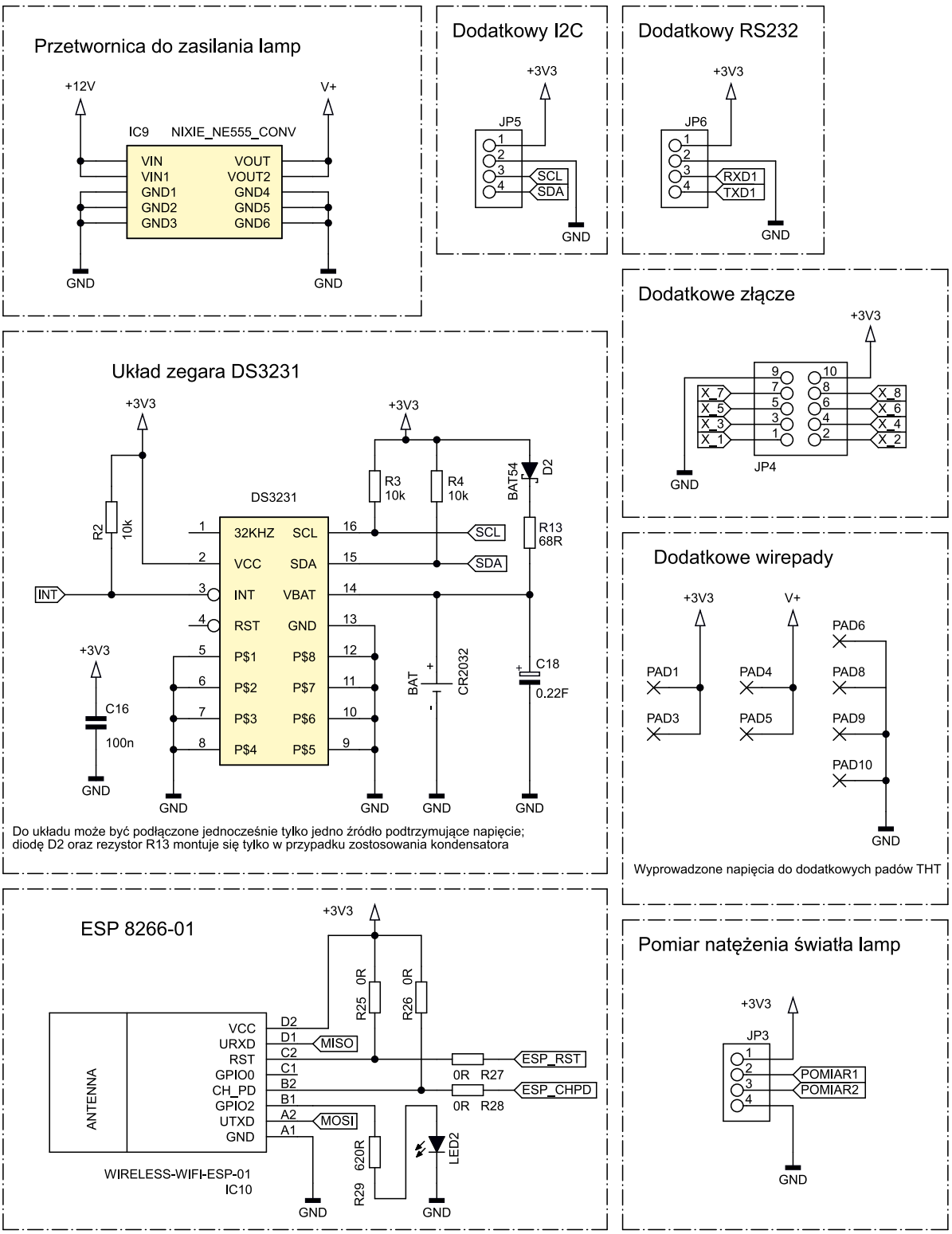
eprasa.pl b41ae9951b

do obciążenia. Ten stan potrwa do czasu ponownego załączenia tranzystora.

Oprogramowanie modułu ESP

Kod odpowiedzialny za pobieranie danych z serwera NTP (*Network Time Protocol*) i wysłanie ich na port szeregowy został pokazany na **listingu 1**. Program napisano w języku C, w środowisku Arduino. W dużej mierze przemawiała za tym łatwość w dostępie do bibliotek oraz szybki sposób przygotowania środowiska do programowania konkretnego modułu. Na samym początku należy podać nazwę sieci Wi-Fi oraz hasło do niej. W zależności od obecnie obowiązującego czasu (letni/zimowy) należy odkomentować odpowiednią linię ze zmienną *time_zone*. Wartość 3600 (czas zimowy) lub 7200 (czas letni) oznacza różnicę w milisekundach od czasu wzorcowego UTC. Kolejnym elementem kodu są deklaracje zmiennych przechowujących czas i datę. Są to zmienne typu string oraz int. Potem ustawiana jest odpowiednia prędkość interfejsu UART i połączenie z siecią Wi-Fi.

W pętli głównej programu już w pierwszych liniach kodu uzyskujemy interesujące nas informacje, tj. datę oraz godzinę. W tak podstawowej formie można by już to zostawić, ale chcąc w pełni zautomatyzować urządzenie, trzeba uwzględnić zmianę czasu z zimowego na letni w marcu i letniego na zimowy w październiku. Zmiana czasu odbywa się w niedzielę, więc trzeba uwzględnić także dzień tygodnia. Zostanie on obliczony, ale w pierwszej kolejności z odebranego łańcucha tekstowego należy wyselekcjonować interesujące nas



Rysunek 1. Schemat elektryczny cd.: c) moduł Wi-Fi ESP826601 oraz układ RTC

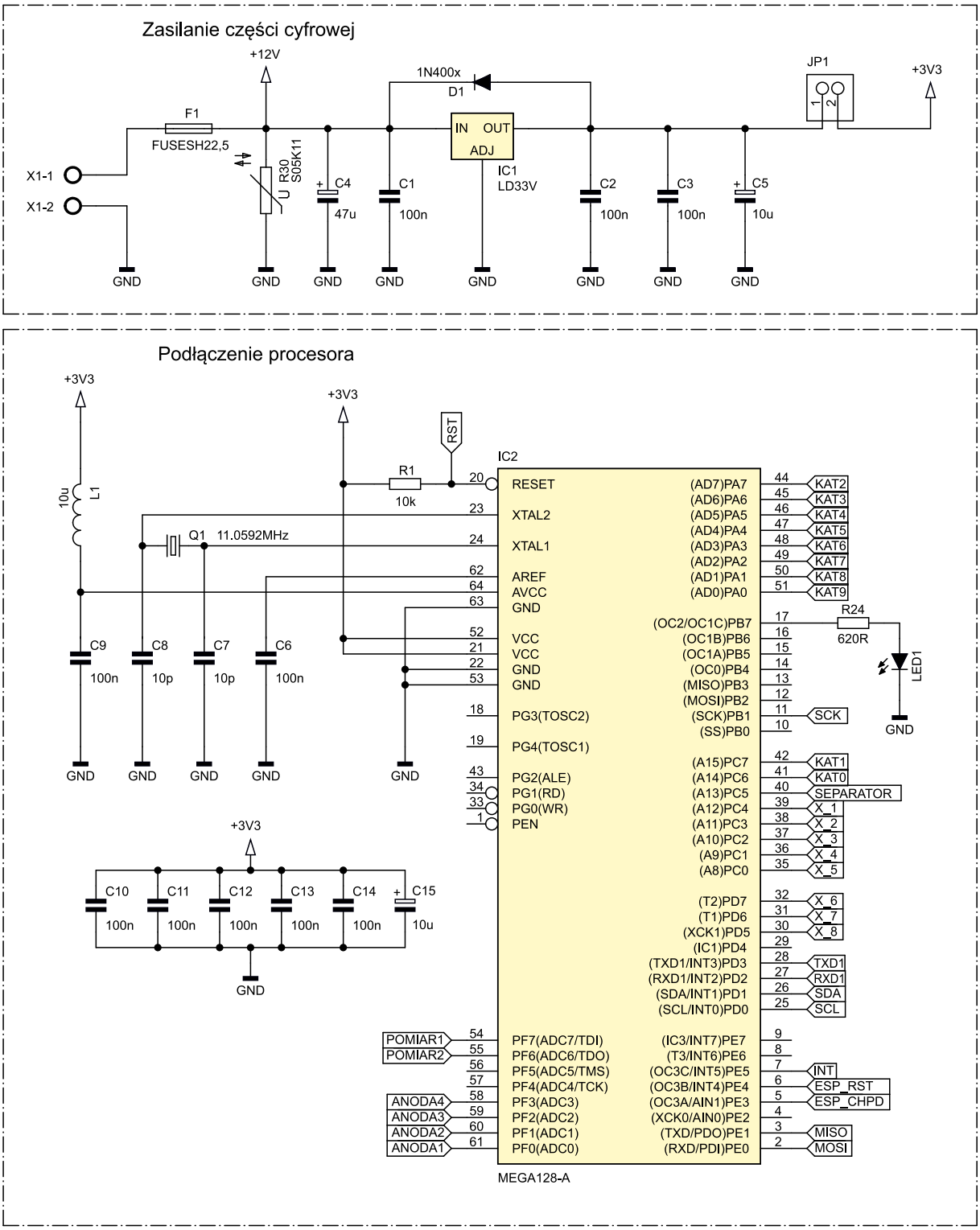
eprasa.pl b41ae9951b

dane, czyli: dzień, miesiąc, rok oraz godzinę i zamienić je na typ całkowity int. Na podstawie dnia, miesiąca oraz roku, korzystając z tzw. algorytmu Zellera, można obliczyć numer dnia tygodnia. Po wywołaniu funkcji *zeller()* otrzymuje się dzień tygodnia w formie: 0 – niedziela, 1 – poniedziałek, …, 6 – sobota.

W dalszej części programu, w funkcji *ChangeTime()*, sprawdzana jest aktualna data wraz z dniem tygodnia. Na tej podstawie ustawia się obowiązującą strefę czasową. W miesiącach styczeń, luty, kwiecień… wrzesień oraz grudzień sprawa jest prosta. Nie ma wtedy zmiany czasu, dlatego strefa czasowa pozostaje ta sama. Sposób sprawdzania i zmiany czasu w marcu i październiku jest bardzo podobny, więc omówiona zostanie tylko zmiana czasu z zimowego na letni. Zmiana czasu nie odbywa się tego samego dnia co roku. Dla wyznaczenia właściwego dnia należy spełnić kilka warunków: miesiącem musi być marzec; dzień miesiąca musi być większy od 24; dniem tygodnia musi być niedziela, a godzina, w jakiej nastąpi zmiana, to 2.00. Wydaje się, że należy postawić warunek:

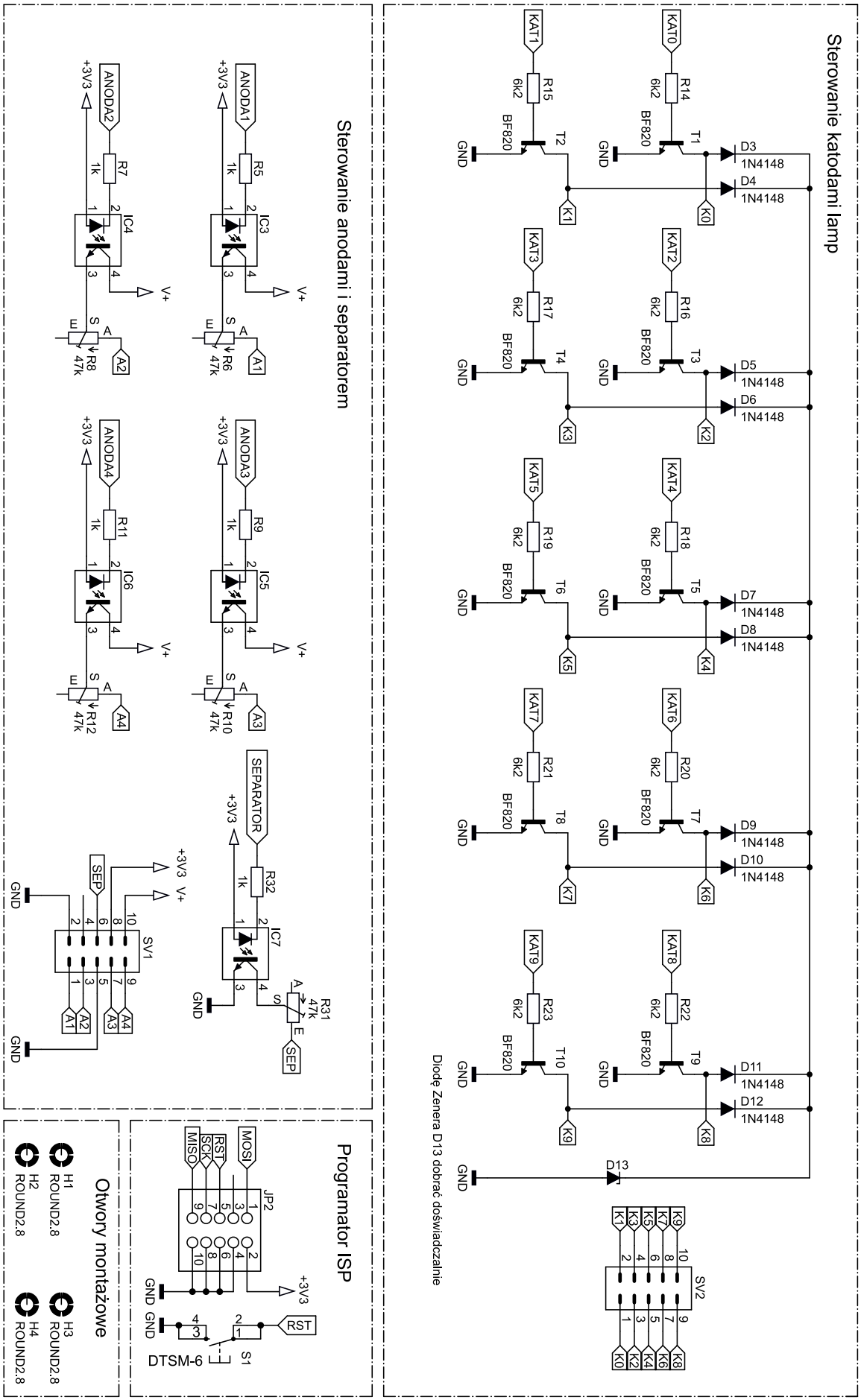
```
if(month==3 && day_of_month>24 &&
day_of_week==0 && hour>=2) time-
zone = 7200
```

Nastąpiła zmiana czasu i wszystko jest w porządku. Tylko do rozważenia zostaje jedna rzecz: zakładając, że 20 marca uruchomiono moduł, zmiana czasu nastąpiła w niedzielę, 26 marca, z godziny 2.00 na 3.00, a 27 marca nastąpiła chwilowa przerwa w dostawie energii elektrycznej na jedną minutę i po jej



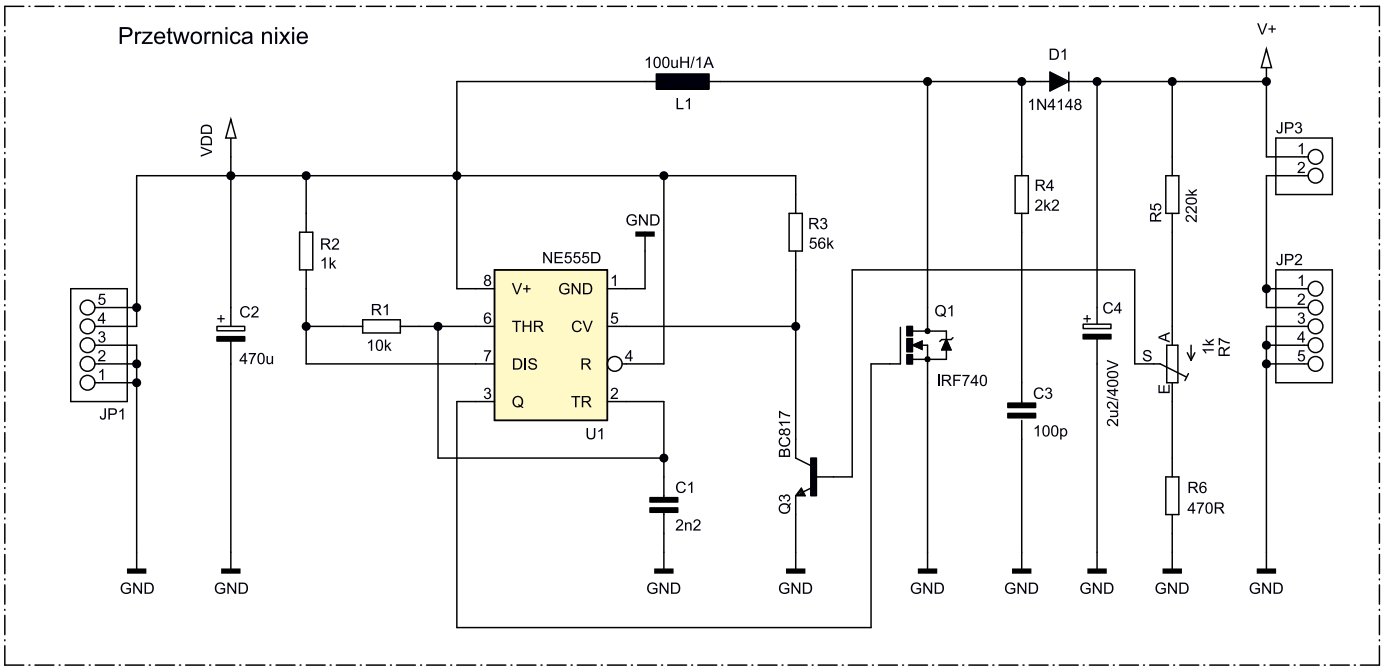
Rysunek 1. Schemat elektryczny cd.: d) moduł mikrokontrolera

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 1. Schemat elektryczny cd.: e) moduł drivera wyświetlaczy

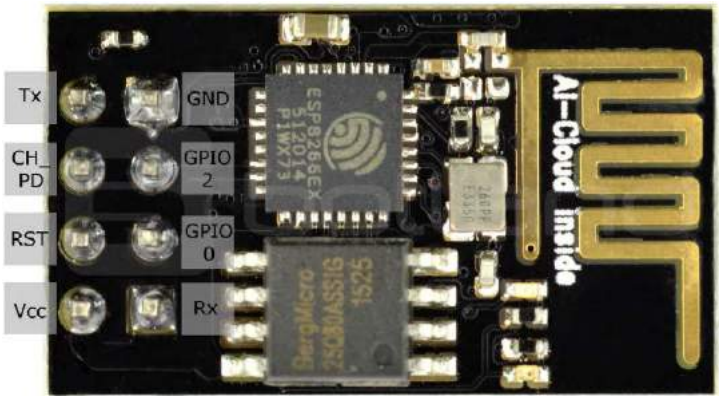
eprasa.pl b41ae9951b



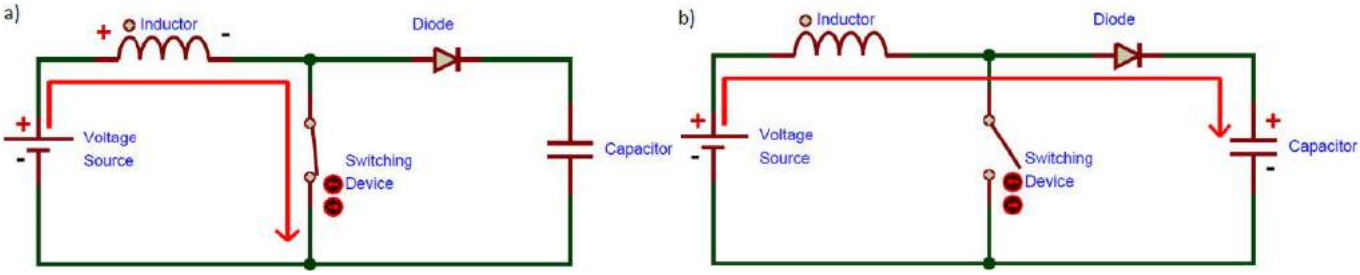
Rysunek 1. Schemat elektryczny cd.: b) moduł przetwornicy podwyższającej napięcie

upływie moduł się włącza. Co pojawi się na terminalu w takim przypadku? Po włączeniu, na terminalu, mimo obowiązującego już czasu letniego, pojawi się czas zimowy. Kiedy skończy się marzec i miną 4 dni, wszystko wróci do normy, czas zmieni się na właściwy.

W celu zapobieżenia tej sytuacji awaryjnej użyto pętli *do…while*. W pętli tej następuje sprawdzanie, czy nie nastąpiła przerwa w dostępie do Internetu, w dostawie energii lub inny przypadek. W pierwszej iteracji pętli sprawdza się, czy dzień miesiąca jest większy od 25 oraz czy nastąpił poniedziałek, po ostatniej niedzieli marca. W kolejnej iteracji sprawdza się,



Rysunek 2. Moduł ESP826601 z podpisanymi wyprowadzeniami



Rysunek 3. Schemat obrazujący zasadę działania przetwornicy boost: a) przy załączonym kluczu; b) przy otwartym kluczu

czy dzień miesiąca jest większy od 26 oraz czy nastąpił wtorek po ostatniej niedzieli marca. W kolejnych iteracjach pętli wykonywane jest analogicznie dalsze sprawdzanie, aż do końca miesiąca. Jeśli warunek, który jest sprawdzany w pętli, jest prawdziwy, to następuje zmiana czasu, czyli czas zmienia się z zimowego na letni. Wygląd odebranych ramek danych w terminalu pokazuje **rysunek 4**.

Oprogramowanie procesora ATmega128

Mikrokontroler jest taktowany zewnętrznym rezonatorem 11,0592 MHz. Program sterujący jego pracą został napisany w języku C, w środowisku Eclipse. Ustawiając fusebity, oprócz wyboru taktowania procesora i wyłączenia interfejsu JTAG, należy także wyłączyć fusebit *m103c* (*m103=1*), ponieważ domyślnie jest kompatybilny z procesorem ATmega103. Działanie programu jest oparte na przerwaniach. Częstotliwość taktowania została tak dobrana, aby uzyskać małą ilość błędów transmisji interfejsu UART, przy prędkości dopasowanej do modułu Wi-Fi. Do obsługi interfejsów I²C (komunikacja z układem RTC DS3231) oraz UART (komunikacja z modułem Wi-Fi ESP8266-01) zastosowano biblioteki z książki Mirosława Kardasia pt. „Język C. Pasja programowania mikrokontrolerów 8-bitowych”.

REKLAMA

eprasa.pl b41ae9951b

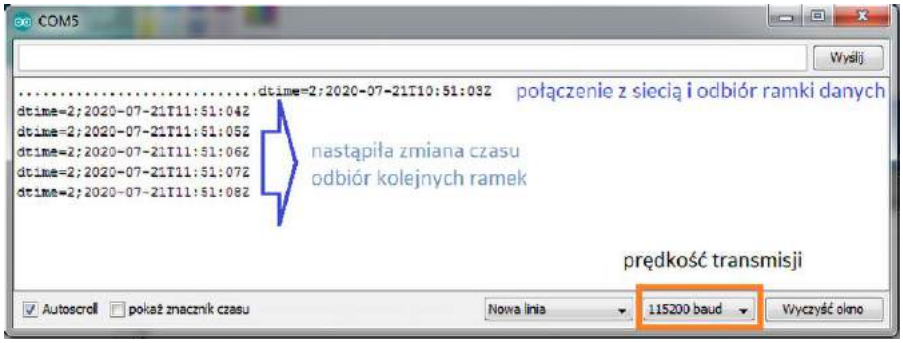
Funkcję konfigurującą układ DS3231 do pracy pokazuje **listing 2**. Po ustawieniu częstotliwości magistrali na 100 kHz należy wyzerować bit INTCN w rejestrze *Register Control* układu RTC. Ponieważ pozostałe bity tego rejestru także są równe zero, można wyzerować cały rejestr. Po wyzerowaniu rejestru na wyjściu INT/SQW pojawi się przebieg o częstotliwości 1 Hz, co zostało wykorzystane przy konfiguracji układu czasowego Timer0, który będzie zgłaszał przerwanie od układu RTC co jedną sekundę. Dane przedstawiające czas wpisuje się do układu poprzez wysłanie ich do odpowiednich rejestrów w kodzie BCD przez magistralę I²C.

Biblioteka do obsługi UART została nieco zmodyfikowana w celu obsługi procesora ATmega128. Zmiany, jakie wykonano w pliku *mkuart.c*, to m.in. modyfikacja przerwania nadawczego i odbiorczego. Wszystkie modyfikacje zostały uwzględnione w kodach źródłowych dołączonych do materiałów dodatkowych do tego projektu. Funkcja inicjująca interfejs UART, gdzie ustawione są parametry ramki danych oraz włączony nadajnik i odbiornik poprzez ustawienie odpowiednich bitów w rejestrach mikrokontrolera, została pokazana na **listingu 3.** Samego modułu ESP nie trzeba konfigurować do pracy. Zostaje on wybudzony, gdy na jego wejściu CH_PD pojawi się stan wysoki. W przeciwnym razie układ jest w stanie uśpienia.

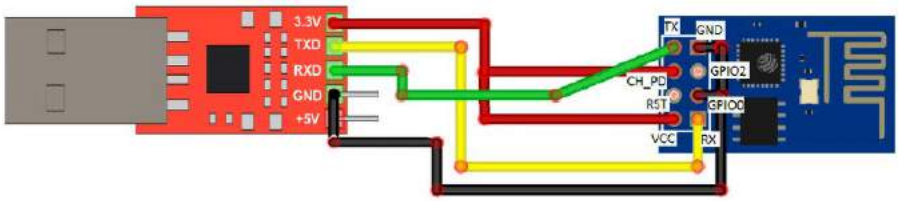
Kolejna funkcjonalność to konfiguracja i przygotowanie do pracy wyświetlacza lampowego. Wyświetlanie czasu na wyświetlaczu odbywa się poprzez multipleksowanie lamp z odpowiednią częstotliwością dobraną tak, aby pozbyć się efektu migotania i efektu duchów. Procedura obsługi przerwania od Timer2 korzysta z instrukcji *switch…case*, jej kod został pokazany na **listingu 4.** Anody lamp są cyklicznie załączane, a czas jest wyświetlany poprzez wysterowanie katod. Na samym początku, w pierwszym przerwaniu wszystkie anody są wyłączone. W kolejnym przerwaniu załącza się pierwszą anodę i wynik prezentowany jest na katodach. W następnym kroku pierwsza anoda jest wyłączona. Kiedy nadejdzie następne przerwanie, załączana jest druga anoda, a czas wyświetlany jest na katodach. Potem anodę się wyłącza i przy kolejnych lampach proces wygląda analogicznie do opisanego. Lampy więc załączane są de facto co drugie przerwanie.

Odbiór danych z modułu Wi-Fi odbywa się przez tzw. zdarzenia. Oznacza to, że przerwanie nastąpi w momencie nadejścia ramki danych. Ramka danych (zapisywana w zmiennej *buf*) ma postać taką jak na rysunku 4 i jest to zmienna typu string. W celu użycia tych danych należy przychodzący string rozbić na tzw. tokeny i wyodrębnić z niego zmienne, a następnie wysłać je do układu RTC. Odpowiedni kod zawarty jest na listingu 1. Dla otrzymania dni tygodnia z ramki danych należy uzyskać string bez frazy *dtime=*. Wykonujemy to poprzez zastosowanie funkcji *strncasecmp()*. Otrzymujemy wtedy zmienną bez pierwszych sześciu znaków. Następnie wyodrębniamy dzień tygodnia do osobnej zmiennej (nadal typ string) poprzez użycie funkcji *strtok()*, która wyszukuje znak wpisany do drugiego argumentu funkcji, ze zmiennej podanej jako pierwszy argument, i w to miejsce wstawia zero (NULL). Po kolejnym wywołaniu funkcji, do zmiennej *esp_dayofweek* zapisuje się dzień tygodnia. Dalsze instrukcje pokazują wyodrębnienie zmiennych wyrażających godzinę, minutę i sekundę. Funkcja *atoi()* zamienia dane typu ASCII na INT. Uzyskane zmienne, jako typ liczbowy, zapisuje się w pamięci układu RTC.

Główna funkcja programu nie zawiera wielu linii kodu. Na samym początku ustawia się przedział czasu, co jaki ma być synchronizowany układ DS3231. Dokładnie co jedną sekundę, na podstawie przerwania od układu DS3231, odczytuje się dane i wyświetla na wyświetlaczu, za co odpowiada funkcja *show_time()*.



Rysunek 4. Odbierane ramki danych z modułu ESP826601, widok w oknie terminalu



Rysunek 5. Sposób podłączenia modułu ESP826601 na czas programowania

Montaż i uruchomienie

Schematy płytek drukowanych zostały pokazane na **rysunkach 6, 7, 8**. Lutowanie komponentów zaczyna się w sposób standardowy,

Wykaz elementów:

Płyta główna

Rezystory:
R1…R4: 10 kΩ SMD0603
R24, R29: 620 Ω SMD0603 (nie montować)
R13: 68 Ω SMD0603 (montować w przypadku montażu kondensatora C18)
R25, R26, R27, R28: 0 Ω SMD0603 (montować tylko R27 i R28)
R14…R23: 6,2 kΩ SMD0603
R5, R7, R9, R11, R32: 1 kΩ SMD0603
R6, R8, R10, R12, R31: 47 kΩ potencjometry

Kondensatory:
C1…C3, C6, C9…C14, C16: 100 nF SMD0603
C4: 47 μF/16 V
C5, C15: 10 μF/16 V
C7, C8: 10 pF SMD0603
C18: 0,22 F superkondensator (w przypadku rezygnacji z baterii)

Półprzewodniki:
LED1, LED2: SMD1206 zielona
D1, D3…D12: 1N4148 SMD
D2: BAT54 SOT23 (w przypadku montażu kondensatora C18)
D13: dioda Zenera 65 V typu C1702-15 65V
T1…T10: BF820 (SOT23)
IC1: LD1117V33 (TO220)
IC2: ATmega128 (TQFP64)
IC3…IC7 TLP627 (DIL04)
IC8: DS3231 (SO16W)
IC10: moduł Wi-Fi ESP-01

Pozostałe:
F1: 800mA SH22,5
R30: warystor
L1: 10 μH dławik L3230M
Q1: kwarc 11,0592 MHz SM49
S1: switch resetujący DTSM-6
JP1: goldpin 1×2
JP2: goldpin 2×5
JP3: goldpin 1×4
JP4: goldpin 2×5
JP5: goldpin 1×4
JP6: goldpin 1×4
SV1, SV2: goldpin 2×5

Przetwornica

Rezystory:
R1: 10 kΩ SMD0603
R2: 1 kΩ SMD0603
R3: 56 kΩ SMD0603
R4: 2,2 kΩ SMD0603
R5: 220 kΩ SMD0603
R6: 470 Ω SMD0603
R7: 1 kΩ potencjometr

Kondensatory:
C1: 470 μF 5 mm THT
C2: 2,2 nF SMD0603
C3: 100 pF SMD0603
C4: 2,2 μF/400 V 5 mm THT

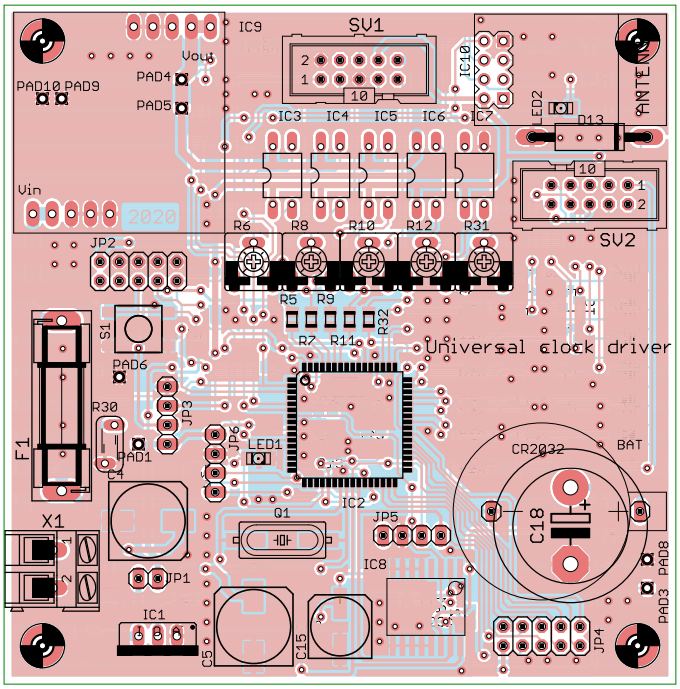
Półprzewodniki:
D1: 1N4148
Q1: IRF740 (TO220)
Q3: BC817 (TO92)
U1: NE555

Pozostałe:
L1: 100 μH/1 A 10 mm THT co najmniej 1 A
JP1, JP2: goldpin 1×5
JP3: goldpin 1×2

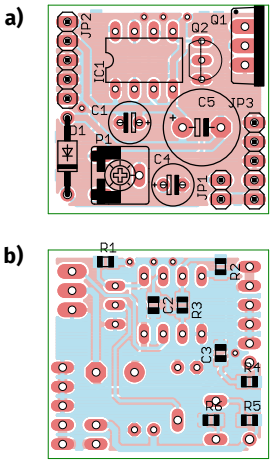
Wyświetlacz

N1…N4: lampa Nixie IN-4 + podstawki pod lampy
N5, N6: separator INS-1
J1, J2: goldpin 2×5

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 6. Schemat płyty głównej zegara wraz z rozmieszczeniem elementów



Rysunek 8. Schemat płytki przetwornicy boost wraz z rozmieszczeniem elementów: a) strona TOP; b) strona BOTTOM

zaczynając od tych najmniejszych, czyli rezystorów i kondensatorów SMD. W następnej kolejności należy zamontować układy scalone (IC2, IC8), a na koniec potencjometry, transoptory i złącza THT. Mimo że na płytce jest wiele padów na komponenty, to nie ma konieczności montowania ich wszystkich. Elementy niezbędne do działania znajdują się w wykazie elementów.

Na płycie wyświetlacza, pod lampami, zastosowano piny montażowe, ale równie dobrze można zastosować piny z różnego rodzaju złączy, np. LPT DB25.

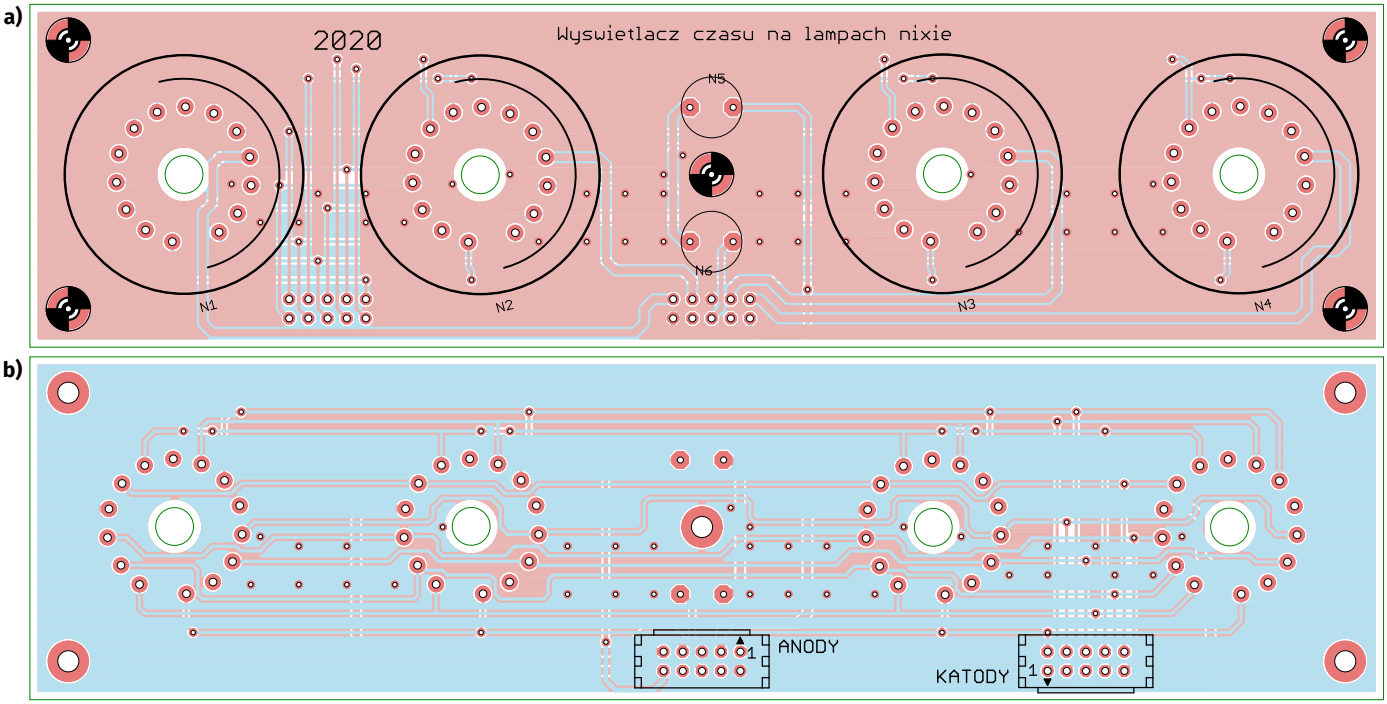
Szczególną ostrożność należy zachować przy lutowaniu elementów przetwornicy, a jej uruchamianie najlepiej przeprowadzić poza układem, ponieważ wyprostowane napięcie wyjściowe, w zależności od ustawień potencjometru, może wynieść nawet 300 V.

Przed programowaniem modułu ESP826601 należy zainstalować sterowniki USBUART oraz zmontować układ, umożliwiający zaprogramowanie modułu (**rysunek 5**), albo użyć gotowej przejściówki. Na czas programowania modułu trzeba zewrzeć wyjście GPIO0 z masą modułu. Poprawność wgrania programu można zobaczyć poprzez podgląd odbieranych ramek danych w dowolnym terminalu (np. terminal Arduino, PuTTY, itp.)

Kolejnym krokiem jest zaprogramowanie procesora AVR. Potrzebny będzie programator ISP, który należy podłączyć do złącza JP2. Do procesu programowania używa się tych samych wyjść procesora, których używa on przy komunikacji z modułem ESP01. Dlatego na czas programowania procesora moduł Wi-Fi powinien znajdować się poza płytką główną.

Nie ma konieczności lutowania diody LED1. Została ona umieszczona na płytce w celu sprawdzania odbierania danych z interfejsu I²C. Miga co jedną sekundę z każdym nadchodzącym przerwaniem.

Diody D3...D13 zostały zamontowane w celu sprzętowej eliminacji efektu duchów lamp. Dioda Zenera D13, w docelowym układzie, pracuje przy napięciu 65 V, ale w zależności od typu lamp można ją dobrać doświadczalnie. Przy pierwszym uruchomieniu pomocne będą zworki, przez które podaje się napięcia zasilające.



Rysunek 7. Schemat płytki wyświetlacza wraz z rozmieszczeniem elementów: a) strona TOP; b) strona BOTTOM

eprasa.pl b41ae9951b

Fotografia 1. Zmontowane komponenty układu umieszczone w obudowie

Fotografia 2. Zmontowane komponenty układu, widok na płytkę wyświetlacza

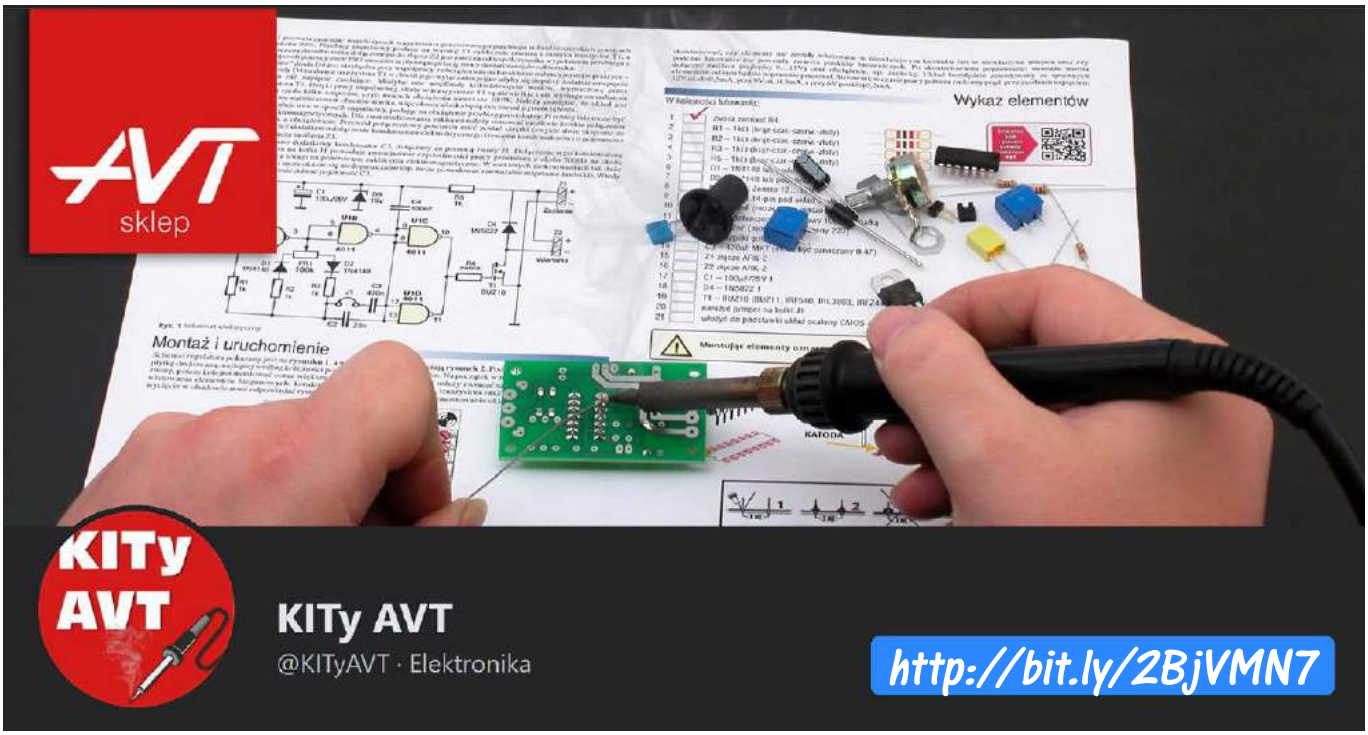
Podczas uruchamiania prototypu zdarzało się, że po kilku godzinach działania występowało dziwne zjawisko – cyfra wyświetlająca na lampie godziny przeskakiwała godzinę do przodu lub do tyłu. Rozwiązaniem problemu było dolutowanie kondensatora ceramicznego przy wyprowadzeniach zasilających procesora. Początkowa wersja projektu nie zapewniała odpowiedniej filtracji zasilania. Wersja docelowa jest wolna od tej wady. Zmontowane płytki umieszczone w stylowej drewnianej obudowie pokazują **fotografie 1 i 2**.

Podsumowanie

Płytka główna zegara została zaprojektowana z myślą o różnych rozwiązaniach rozwojowych. Po zmianach w programie można zastosować inny typ wyświetlacza (TFT, OLED), łącząc go przez wyprowadzone piny. Dzięki zastosowaniu dołączanej przetwornicy można użyć wyświetlacza zasilanego z innego napięcia. Poprzez wyprowadzenia z przetwornika analogowo-cyfrowego, umieszczone na płycie, można mierzyć natężenie światła wyświetlacza i na tej podstawie programowo regulować jasność jego świecenia. Można także wykorzystać sam moduł Wi-Fi, wysyłający komplet danych z godziną, datą oraz dniem tygodnia do własnego projektu, który będzie potrzebował tych danych. Niekoniecznie musi to być zegar.

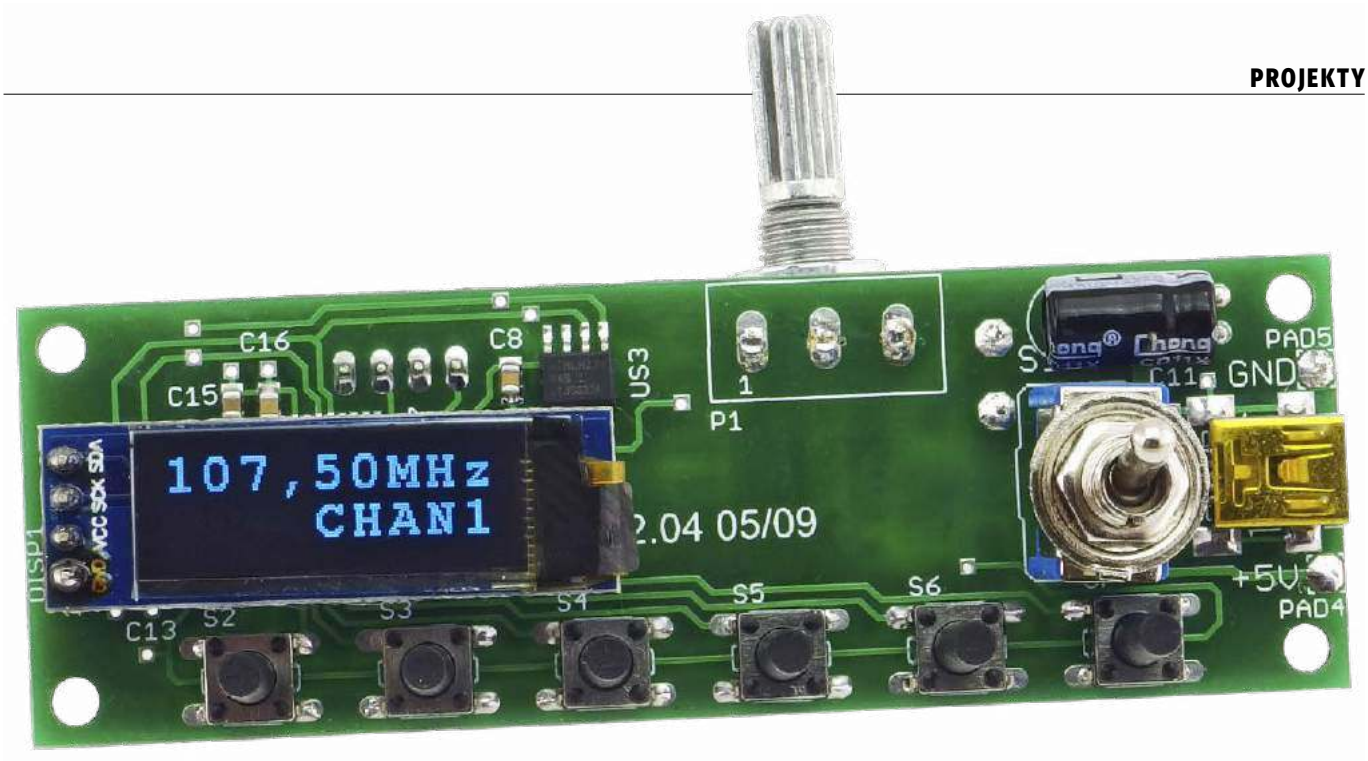
Mateusz Kuliński
mateuszkulinskio1@gmail.com

REKLAMA



http://forum.ep.com.pl

eprasa.pl b41ae9951b



Miniaturowy odbiornik FM

Odbiorniki UKF-FM kojarzą się wielu elektronikom z trudnymi do strojenia obwodami rezonansowymi, kłopotliwym montażem lub niewygodną obsługą. Współcześnie mamy do dyspozycji wygodne rozwiązania, które całkowicie eliminują potrzebę samodzielnego zajmowania się obwodami wysokiej częstotliwości.

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

W ofercie AVT* AVT-5810

Podstawowe parametry:
- odbiór monofoniczny analogowych stacji radiowych nadających w paśmie CCIR UKF FM (87,5…108 MHz),
- cyfrowe wskazywanie aktualnej częstotliwości,
- krok regulacji częstotliwości: 10 kHz,
- możliwość ręcznego i automatycznego wyszukiwania stacji,
- możliwość zapamiętania dwóch częstotliwości,
- automatyczne przywracanie poprzednio ustawionej częstotliwości, po zaniku zasilania,
- wskaźnik siły sygnału,
- wyjście na głośnik (moc ok. 1,2 W),
- wyświetlacz OLED,
- zasilanie 5 V przez złącze Mini USB lub oddzielne pola lutownicze.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

Projekt 242	Moduł tunera radiowego FM (EP 4/2019)
AVT-5627	radioBox – miniaturowy odbiornik radiowy dla aktywnych (EP 5/2018)

*** 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.

Gotowe odbiorniki radiowe, jakie można znaleźć w handlu, oferują małe możliwości, jeżeli chodzi o zintegrowanie z już istniejącymi systemami czy urządzeniami. Nasz moduł, mający niewielkie rozmiary, można bez trudu zabudować np. w witrynce w salonie. Można też wyposażyć go we własną obudowę, aby móc zabierać takie radyjko na wyjazdy i zasilać je z powerbanku lub ze zwykłej ładowarki USB. Prosta obsługa i niewielki, ale czytelny wyświetlacz o dużym kontraście sprawią, że spodoba się nawet osobom starszym. Budowa tego radioodbiornika nie wymaga jakiejkolwiek znajomości układów wielkiej częstotliwości. Nie trzeba mieć wobuloskopu ani specjalnego generatora. Wystarczą lutownica oraz programator SWD do układów z rodziny STM32.

Budowa

Najistotniejszym dla projektu układem jest moduł zawierający TEA5767 – gotowy, scalony odbiornik UKF-FM, ze sterowaniem cyfrowym. Zawiera w swojej strukturze wszystkie bloki niezbędne do realizacji w pełni działającego odbiornika, wymagając przy tym niewielu elementów zewnętrznych. Schemat blokowy układu został pokazany na **rysunku 1**.

Na wejściu sygnału pochodzącego z anteny znajduje się szerokopasmowy wzmacniacz wielkiej częstotliwości, którego wzmocnienie jest strojone automatycznie (AGC). Cyfrowy system strojenia, będący niczym innym jak generatorem PLL, wytwarza sygnał heterodyny, do czego służy oscylator przestrajany napięciowo (VCO). Częstotliwość wzorcowa dla tego generatora jest ustalona przez dołączony z zewnątrz rezonator kwarcowy o częstotliwości 32768 Hz lub 13 MHz.

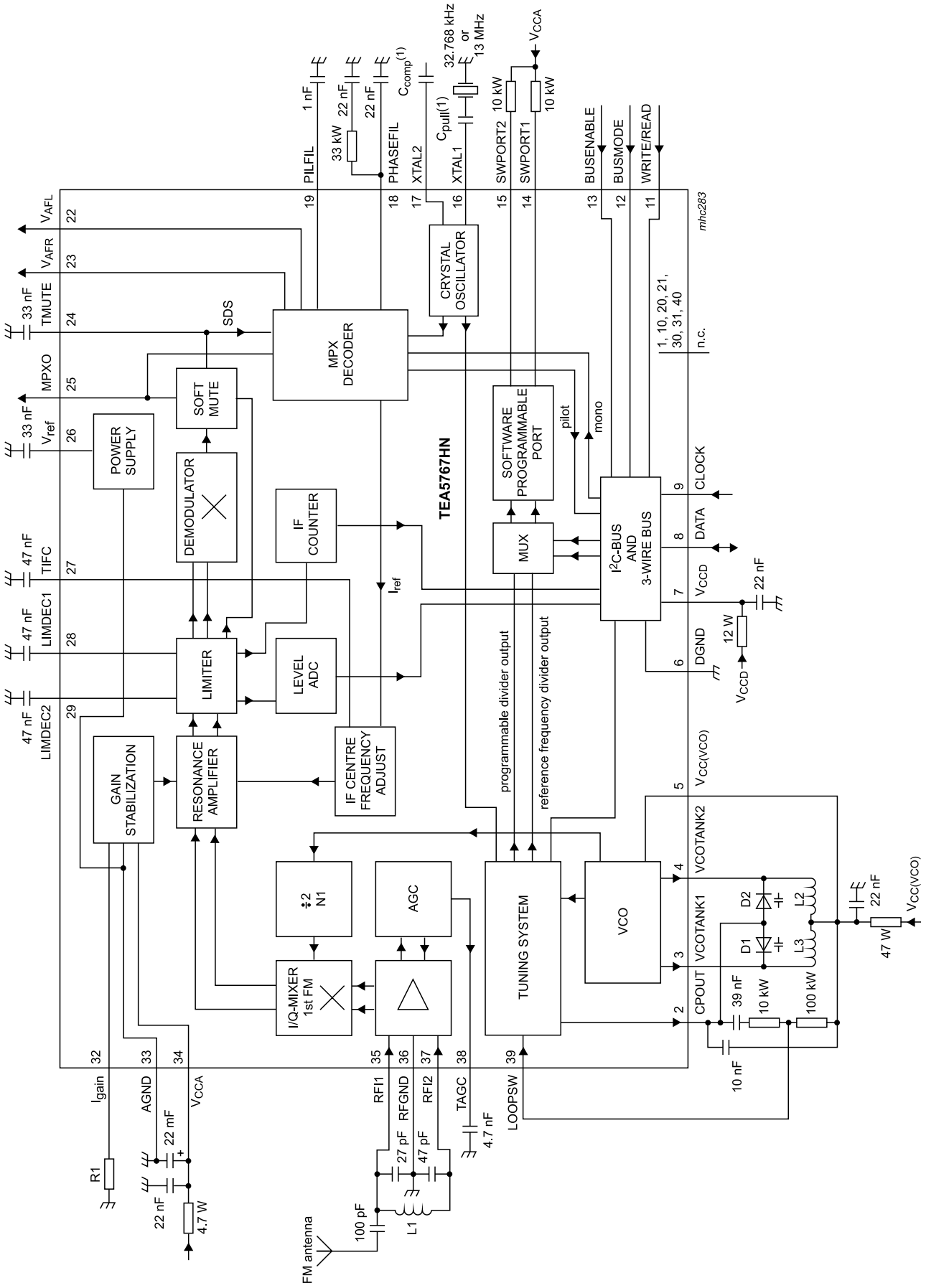
Wzmocniony sygnał wielkiej częstotliwości oraz wytworzony przez VCO sygnał heterodyny trafiają do mieszacza kwadraturowego (I/Q). Obie powstałe w nim składowe (synfazowa i kwadraturowa) są wzmacniane przez wzmacniacz rezonansowy, który jest niczym innym jak znanym z typowego układu superheterodyny wzmacniaczem pośredniej częstotliwości. Ze wzmacniaczem pośredniej częstotliwości współpracuje ogranicznik amplitudy, eliminujący niepożądaną modulację amplitudy. Przy nim znajduje się

REKLAMA

eprasa.pl b41ae9951b

również przetwornik A/C, mierzący aktualną siłę sygnału radiowego, co czyni poprzez określenie jego średniej amplitudy.

Sygnał, po opuszczeniu ogranicznika amplitudy, poddawany jest demodulacji, a następnie trafia na dekoder stereo. W zależności od ustawień zadanych cyfrowo, może pracować lub nie (obiór stereofoniczny wymaga sygnału o lepszej jakości). Cały opisany tor radiowy ma postać pojedynczego układu scalonego wielkości paznokcia o znikomej cenie.

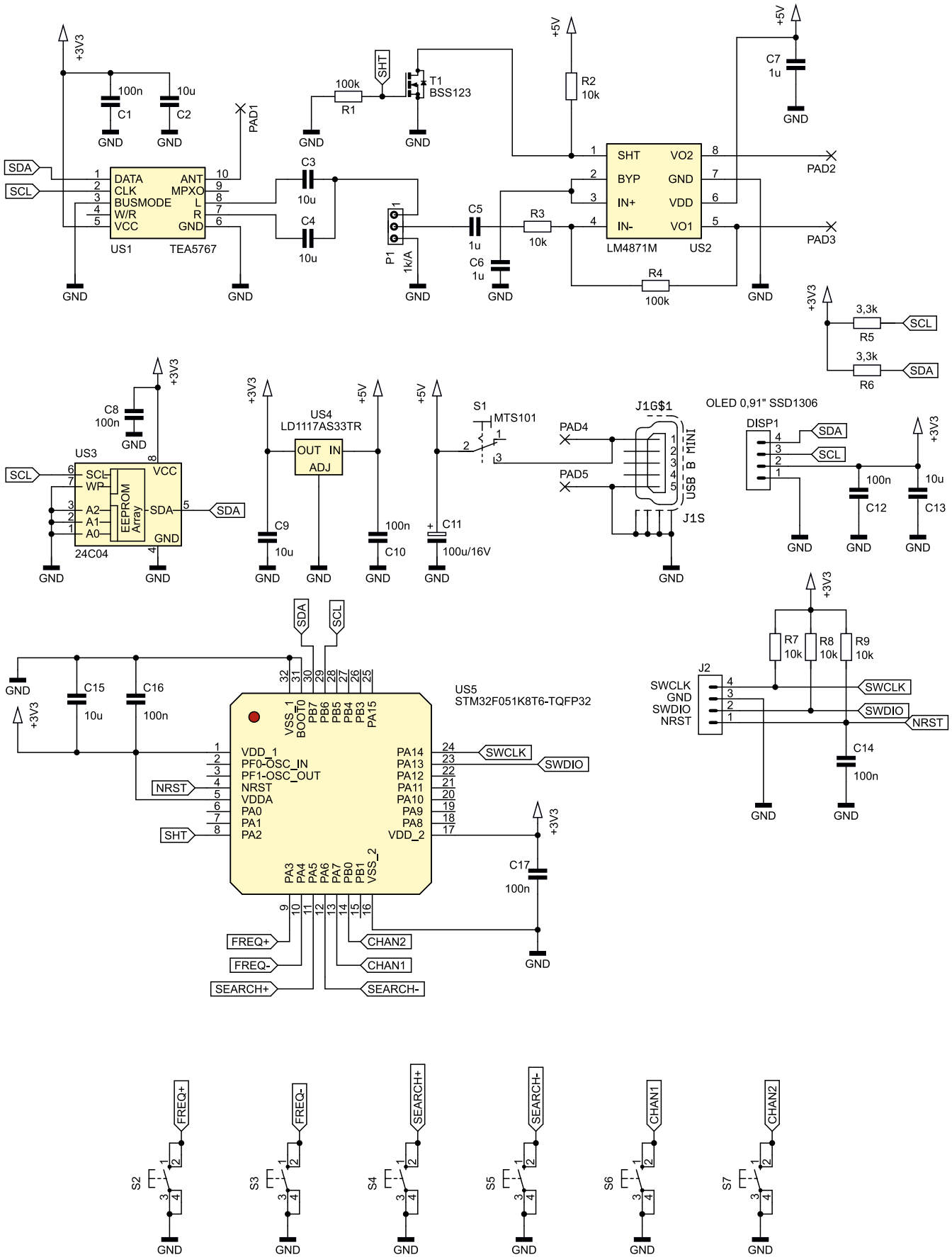


Rysunek 1. Schemat blokowy układu TEA5767

eprasa.pl b41ae9951b

Uważny czytelnik znajdzie na rysunku 1 cewkę, a nawet trzy cewki. Może się nawet poczuć oszukany – wszak miało nie być żadnych cewek! Elektronik, który podejmie się wykonania opisanego dalej odbiornika radiowego, nie będzie musiał lutować żadnej cewki. Układ TEA5767 dostępny jest w postaci małego modułu na płytce drukowanej o wymiarach 11,2×11,2 mm, który zawiera wszystkie elementy niezbędne do działania układu.

Schemat ideowy miniaturowego odbiornika można zobaczyć na **rysunku 2**.



Rysunek 2. Schemat ideowy miniaturowego odbiornika

eprasa.pl b41ae9951b

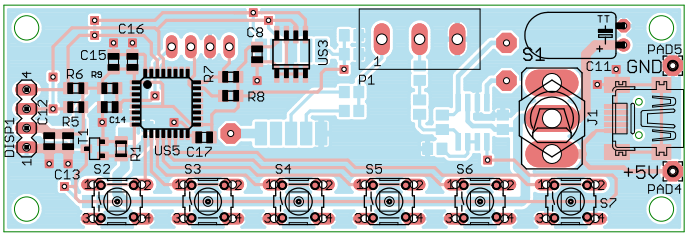
Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R4: 100 kΩ SMD0805
R2, R3, R7…R9: 10 kΩ SMD0805
R5, R6: 3,3 kΩ SMD0805
P1: 1 kΩ jednoobrotowy log. 16 mm

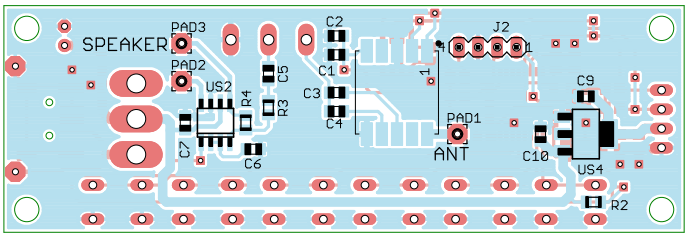
Kondensatory:
C1, C8, C10, C12, C14, C16, C17: 100 nF SMD0805
C2…C4, C9, C13, C15: 10 µF 16 V SMD0805
C5…C7: 1 µF SMD0805
C11: 100 µF 16 V raster 2,54 mm

Półprzewodniki:
DISP1: OLED 0,91" SSD1306 128×32 px
T1: BSS123
US1: TEA5767 moduł (kod: 03547)
US2: LM4871M (SO8)
US3: 24C04 (SO8)
US4: LD1117S33TR (SOT223)
US5: STM32F051K8T6 (TQFP32)

Pozostałe:
J1: USB B MINI
J2: goldpin 4 pin męski 2,54 mm THT
S1: MTS101 lub podobny
S2…S7: microswitch 6×6 17 mm THT
goldpin 4 pin męski+żeński 2,54 mm THT (do wyświetlacza)
antena (opis w tekście)
głośnik (opis w tekście)



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów, strona TOP



Rysunek 4. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów, strona BOTTOM

Komunikacja modułu TEA5767 z mikrokontrolerem, nadzorującym jego pracę, odbywa się poprzez magistralę I²C. Do poprawnej pracy modułu potrzebne są tylko kondensatory odsprzęgające zasilanie i blokujące składową stałą na wyjściu audio oraz antena. Odbiór jest monofoniczny, więc sygnał z obu kanałów jest sumowany i trafia na potencjometr regulujący siłę głosu P1. Rezystancja wyjściowa układu TEA5767 wynosi nie więcej niż 50 Ω, więc dolna częstotliwość graniczna takiego układu RC wynosi niecałe 8 Hz. To pasmo wystarczające do poprawnego odtwarzania audycji, nadawanych analogowo w paśmie UKF.

Sygnał audio, o ustalonym przez użytkownika poziomie, jest wzmacniany przez układ LM4871M. Ten mały i relatywnie prosty wzmacniacz pozwala na dostarczenie mocy rzędu 1,5 W, do obciążenia 8 Ω, przy zasilaniu napięciem 5 V. Zdecydowałem się na zastosowanie tego układu zamiast dobrze znanego i znacznie starszego LM386, ponieważ ten drugi cechuje się bardziej złożonym układem elementów wspomagających jego pracę, a także subiektywnie gorszym brzmieniem, zwłaszcza w zakresie niskich tonów. Układ US2 pracuje w typowej aplikacji. Tranzystor T1, poprzez spolaryzowanie wejścia SHT potencjałem masy, załącza wzmacniacz. Odbywa się to po całkowitym załączeniu odbiornika, aby nie było słychać zgrzytów wynikających z niedostrojenia układu radiowego.

Wartość aktualnie odbieranej częstotliwości, a także zapamiętane przez użytkownika dwie stacje radiowe są zapamiętywane w nieulotnej pamięci EEPROM typu 24C04, dołączonej również po magistrali I²C. Bez niej, po każdorazowym włączeniu zasilania, konieczne byłoby wyszukiwanie stacji od nowa.

Stabilizowanego napięcia zasilania o wartości 3,3 V dostarcza stabilizator liniowy US4. Nie emituje on tylu zakłóceń co przetwornica impulsowa. Ponadto użycie do tego celu przetwornicy impulsowej mijałoby się z celem, ponieważ największe zapotrzebowanie na prąd w tym układzie ma wzmacniacz głośnikowy, zasilany wprost z napięcia 5 V. Źródłem zasilania może być ładowarka lub powerbank, podłączony do złącza Mini USB, albo inny zasilacz o napięciu wyjściowym 5 V, dolutowany bezpośrednio do pól lutowniczych PAD4 i PAD5. Wyłączanie zasilania odbywa się wyłącznikiem S1, przerywającym dopływ prądu do poszczególnych obwodów.

Do wyświetlania częstotliwości nośnej aktualnie odbieranej stacji oraz siły sygnału służy miniaturowy wyświetlacz OLED o przekątnej 0,91" i rozdzielczości 128×32 piksele. Ma wbudowany kontroler typu SSD1306, który otrzymuje polecenia od mikrokontrolera, w tym całą zawartość ekranu, za pośrednictwem magistrali I²C. Obsługa wszystkich trzech urządzeń, dołączonych do jednej magistrali, nie byłaby możliwa, gdyby nie miały one różnych adresów. Rezystory R5 i R6 podciągają linie SCL i SDA do potencjału 3,3 V, co jest wymagane do prawidłowego działania.

Wszystkim zarządza mikrokontroler STM32F051. Pracuje bez zewnętrznego rezonatora kwarcowego, ponieważ jego zadania nie są krytyczne pod względem czasowym. Podłączone przyciski monostabilne nie mają dodanych rezystorów podciągających – użyto tych, które są zawarte w strukturze mikrokontrolera. Do programowania pamięci Flash zostało przewidziane złącze J2. Wyprowadzono na nie wszystkie trzy sygnały (oraz masę), niezbędne do komunikacji przy użyciu protokołu SWD. Aby na tych wyprowadzeniach nie gromadziły się ładunki elektrostatyczne, dodano zewnętrzne rezystory podciągające o wartości 10 kΩ.

Montaż i uruchomienie

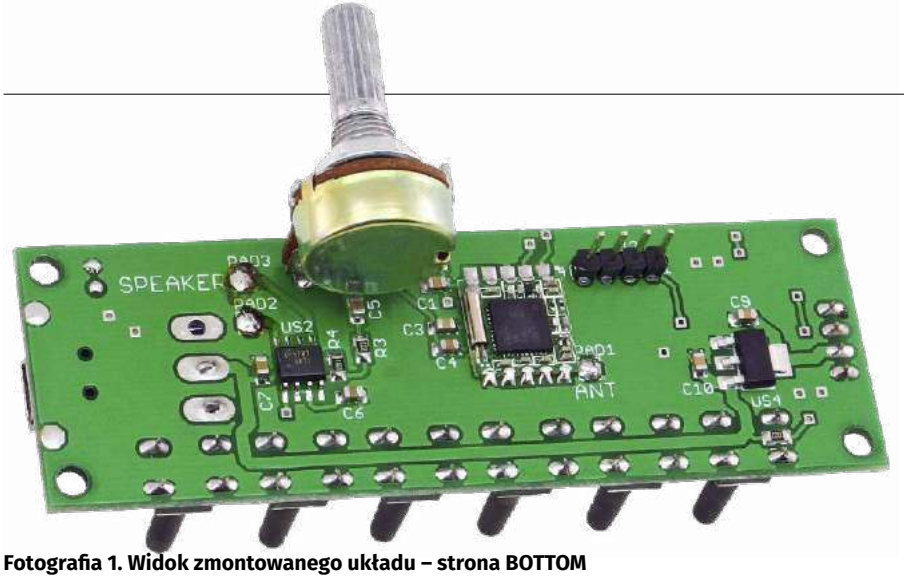
Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 90×30 mm, a jej schemat ścieżek oraz schemat montażowy zostały pokazane na **rysunku 3** i **rysunku 4**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe o średnicy 3,2 mm.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów lutowanych powierzchniowo, które znajdują się po obu stronach płytki. Montując elementy THT, należy pamiętać, że:

Tabela 1. Funkcje przycisków umieszczonych pod wyświetlaczem

Numer przycisku	Funkcja
S2	Zwiększanie częstotliwości o 0,01 MHz.
S3	Zmniejszanie częstotliwości o 0,01 MHz.
S4	Rozpoczęcie przeszukiwania od aktualnej częstotliwości w górę pasma (do 108 MHz).
S5	Rozpoczęcie przeszukiwania od aktualnej częstotliwości w dół pasma (do 87,5 MHz).
S6	Chwilowe wciśnięcie: ustawienie aktualne odbieranej częstotliwości zapamiętanej pod tym przyciskiem jako CHAN1. Dłuższe wciśnięcie, minimum 2 s: zapamiętanie aktualnej częstotliwości jako CHAN1.
S7	Chwilowe wciśnięcie: ustawienie aktualne odbieranej częstotliwości zapamiętanej pod tym przyciskiem jako CHAN2. Dłuższe wciśnięcie, minimum 2 s: zapamiętanie aktualnej częstotliwości jako CHAN2.

eprasa.pl b41ae9951b



Fotografia 1. Widok zmontowanego układu – strona BOTTOM

- na płytce przewidziano miejsce na poziome ułożenie kondensatora C11,
- złącze J2 powinno być wlutowane od strony tylnej, aby nie przeszkadzało wyświetlaczowi,
- pod wyświetlacz DISP1 należy wlutować złącze typu goldpin, a wyświetlacz należy umieścić w złączu na samym końcu,
- w układzie prototypowym potencjometr wlutowano od tyłu płytki, aby pokrętło regulacji głośności było dostępne od góry.

Prawidłowo zmontowany układ można zobaczyć na fotografii tytułowej oraz na **fotografii 1**. Głośnik o znamionowej impedancji 8 Ω podłącza się do pól lutowniczych PAD2 i PAD3. Jego moc powinna wynosić minimum 2 W, aby nie uległ uszkodzeniu przy pełnym wysterowaniu. Anteną, podłączoną do pola lutowniczego PAD1, może być odcinek izolowanego przewodu. Po podłączeniu zasilania o wartości 5 V (stabilizowanego i dobrze filtrowanego) należy zaprogramować pamięć Flash mikrokontrolera. Potencjometr regulacji głośności polecam uprzednio ustawić w położenie bliskie minimum.

Eksploatacja

Na wyświetlaczu (**fotografia 2**) znajdują się następujące elementy:

- na górze: częstotliwość, do której dostrojony jest aktualnie odbiornik;
- na dole, po lewej: siła odbieranego sygnału. Im szerszy jest ten prostokąt, tym lepszej jakości jest odbiór. Maksymalnie może on mieć 16 pikseli szerokości;
- na dole, pośrodku: kierunek przeszukiwania w postaci strzałeczki (jeżeli jest aktualnie włączony);
- na dole, po prawej: numer zapamiętanego kanału.

Funkcje przycisków szczegółowo opisuje **tabela 1**. Przyciski S2 i S3 mają zaimplementowane przyspieszanie przewijania, przy dłuższym ich wciśnięciu. Jeżeli ustawiona ręcznie częstotliwość pokryje się z tą, która jest zapamiętana jako CHAN1 lub CHAN2, na wyświetlaczu pokaże się stosowny napis.

Fotografia 2. Zawartość wyświetlacza

Pobór prądu przy potencjometrze głośności skręconym na minimum to ok. 70 mA. Ponieważ użyty wzmacniacz głośnikowy pracuje w bardzo płytkiej klasie AB, natężenie pobieranego prądu będzie wzrastać wraz z chwilowym poziomem głośności. Proponuję użycie głośnika o znamionowej impedancji 8 Ω, ze względu na mniejsze zniekształcenia oraz mniejszy pobór prądu. Nie ma jednak przeciwwskazań, by był to głośnik o impedancji 6 Ω lub nawet 4 Ω.

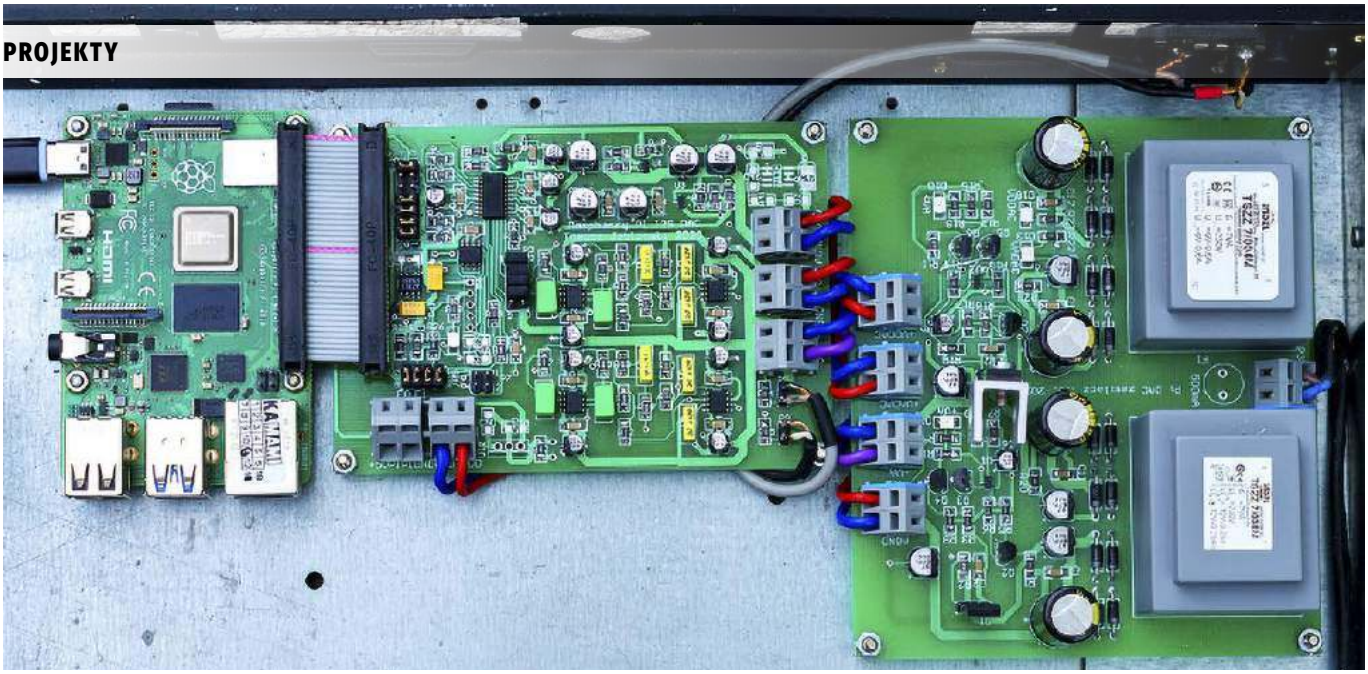
Uwaga eksploatacyjna: znalezienie stacji poprzez automatyczne wyszukiwanie może być nieskuteczne, jeżeli w jej bliskim sąsiedztwie (na widmie częstotliwościowym) znajduje się inna. Polecam wtedy spróbować szukania zarówno „w dół", jak i „w górę". Niekiedy jakaś stacja jest niemożliwa do znalezienia przy szukaniu „w dół", a innej może nie dać się znaleźć „w górę".

Przedstawiony odbiornik od kilku miesięcy działa po kilka godzin dziennie w moim warsztacie. Prosta antena, na dodatek umieszczona wewnątrz pomieszczenia, wykonanego z gęsto zbrojonego betonu, powoduje, że jest czuły na zmiany propagacji, ale wystawienie jej na zewnątrz rozwiązuje problem. Dużym plusem jest brak odstrajania się od ustawionej stacji – co jest bardzo dokuczliwą cechą prostych odbiorników superreakcyjnych lub superheterodynowych.

Michał Kurzela, EP

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

eprasa.pl b41ae9951b



Odtwarzacz audio z Raspberry Pi (1)

Komputerek Rasberry Pi stał się wygodnym źródłem cyfrowego audio. Można na nim uruchomić specjalizowane darmowe oprogramowanie odtwarzacza muzycznego, na przykład Volumio lub podobny, oraz ma interfejs I2S przeznaczony do przesyłania danych audio między innymi do przetworników cyfrowo-analogowych. Raspbbery Pi może też wysyłać dane audio przez port USB lub sygnał S/PDIF (AES3). Pozostaje dołączyć przetwornik analogowo-cyfrowy i możemy cieszyć się muzyką. Tematem prezentowanego projektu jest właśnie taki przetwornik, gwarantujący odtwarzanie dźwięku w wysokiej jakości.

Mało kto pamięta, że cyfrowy format nagrań muzycznych, o handlowej nazwie Compact Disc, na początku swojego istnienia nie miał łatwo. Czołowe amerykańskie firmy fonograficzne CBS Warner i RCA były w latach 80. XX wieku zdecydowanym przeciwnikiem nowej technologii. W firmie CBS powstał system CX (*Compatible Expansion*), będący rodzajem elektronicznego systemu reduktora szumów, znacznie zwiększającego zakres dynamiki sygnału (o około 20 dB), odtwarzanego z czarnej płyty analogowej LP. Według CBS, wszystkie typowe zakłócenia powstające przy odtwarzaniu zostały wyeliminowane i nie było potrzeby wprowadzania nowych rozwiązań. Właściciele miliardów czarnych krążków nie potrzebowali nawet nowego odtwarzacza, tylko niewielkiego urządzenia, kosztującego około 100 DEM, między odtwarzaczem a wzmacniaczem. Dzięki temu ulepszeniu, specjalnie oznaczone nowe nagrania gramofonowe byłyby prawie na poziomie płyty kompaktowej. Sama płyta CD kosztowała wtedy około 2 razy więcej niż płyta LP. Do tego dochodził koszt odtwarzacza Compact Disc, który miał wynieść ponad 1000 DEM. Z punktu widzenia konsumenta, nawet zamożnego i wymagającego bardzo wysokiej jakości, system CD mógł się wydawać fanaberią.

Pomimo starań CBS system CX okazał się klapą, również techniczną, a w połowie lat 80. rynek płyt kompaktowych eksplodował, przyczyniając się do popularyzacji zapisu cyfrowego. Ma to dzisiaj olbrzymie znaczenie, bo chociaż format CD, z zapisem materiału muzycznego na optycznej płycie, wyraźnie słabnie, to system zapisu cyfrowego zaprojektowany i wdrożony w 1982 roku przez firmy Philips i Sony jest dalej powszechnie używany. Pliki muzyczne, chociaż ciągle dostępne na płytach optycznych standardu Compact Disc, mogą być zapisywane na dowolnym nośniku: dysku HDD, pamięciach Flash (np. pendrive) czy na coraz bardziej popularnych wirtualnych dyskach,

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

W ofercie AVT* AVT-5811

Podstawowe parametry:
- współpracuje ze specjalizowanym darmowym oprogramowaniem odtwarzacza muzycznego, na przykład Volumio,
- przetwornik DAC typu PCM1794A firmy Texas Instrument,
- zakres dynamiki 127 dB dla sygnału stereo, zniekształcenia THD+N 0,0004%, rozdzielczość 24 bity,
- przesyłanie danych audio z odtwarzacza cyfrowego do przetwornika poprzez interfejs I^2S,
- układ przetwornika i komputerka z osobnymi zasilaczami liniowymi.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

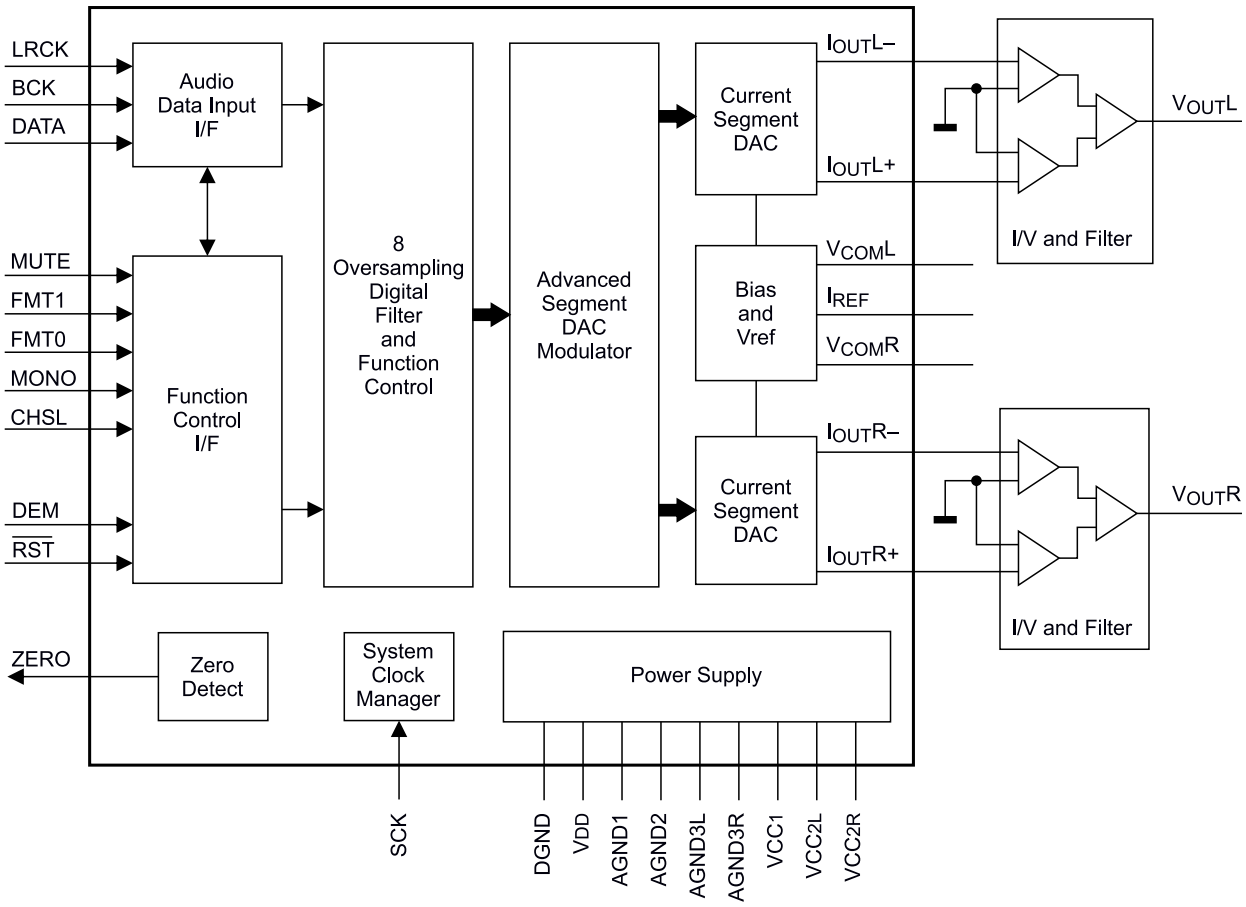
----	Kieszonkowy Linux (EP 9/2020)
AVT-5776	Miniaturowa czujka ruchu dla Raspberry Pi, Arduino i nie tylko (EP 6/2020)
AVT-5770	Arduino i nie tylko (EP 5/2020)
AVT-5761	Czterokanałowy moduł przekaźnikowy sterowany I^2C (EP 4/2020)
Projekt 249	Karta muzyczna dla Raspberry Pi (EP 3/2020)
AVT-5739	Zasilacz buforowy z superkondensatorami dla Raspberry Pi (EP 1/2020)
----	Instalacja zegara czasu rzeczywistego w Raspberry Pi (EP 9/2019)
----	Domowy serwer Network Attached Storage na Raspberry Pi (EP 9/2019)
AVT-5689	Budżetowy interfejs USB-I^2S (EP 7/2019)
AVT-5680	Sensor smogu z technologią Bluetooth Low Energy (EP 4/2019)

*** 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 b41ae9951b



Rysunek 1. Schemat blokowy przetwornika PCM1794A

umieszczanych w chmurze. Szybki rozwój Internetu umożliwił przesyłanie utworów muzycznych strumieniowo, online, bez konieczności ich zapisywania na lokalnych nośnikach. Są specjalne serwisy muzyczne, które za cenę niezbyt drogiego abonamentu oferują praktycznie niewyczerpane zasoby muzyki z całego świata. Oprócz formatu wav, coraz większą popularność zdobywa format flac, zapewniający bezstratną kompresję plików audio wysokiej jakości oraz lepsze lub gorsze formaty kompresji stratnych, w tym najbardziej popularny MP3. Dla wielu odbiorców formaty stratne oferują zupełnie wystarczającą jakość muzyki.

Chociaż nadal nie ma problemu z odtwarzaniem płyt CD, to dużo lepszym i wygodniejszym sposobem jest używanie, jako źródła danych muzycznych, smartfona, komputera lub specjalizowanych playerów, potrafiących odtwarzać muzykę z różnych źródeł, zapisaną w różnych formatach, w tym formatach stratnych typu MP3 czy OGG. Wygodnym źródłem sygnału cyfrowego stał się jeden z fenomenów świata mikroelektroniki – komputerek Rasberry Pi. Na jego temat napisano wiele. Dla nas istotne jest to, że można na nim uruchomić specjalizowane darmowe oprogramowanie odtwarzacza muzycznego, na przykład Volumio, oraz to, że ma port I/O, z możliwością wygenerowania sygnałów szeregowego interfejsu I²S, przeznaczonego do przesyłania danych audio, między innymi do przetworników cyfrowo-analogowych. Komputerek Raspbbery Pi może też wysyłać dane audio przez port USB lub sygnał S/PDIF (AES3).

Oprogramowanie pozwala na odczytywanie danych muzycznych z dysków HDD oraz pendrive, dołączonych lokalnie poprzez port USB lub połączenie z Internetem (Ethernet lub Wi-Fi), z dysków sieciowych i serwisów strumieniowych. Dostępne są też stacje radiowe, przesyłające strumieniowo swój sygnał w Internecie. Pozostaje dołączyć przetwornik analogowo-cyfrowy i możemy cieszyć się muzyką. Tematem projektu jest właśnie taki przetwornik, z założenia odtwarzający muzykę z wysoka jakością. W czasie pracy nad nim przyjęto kilka początkowych założeń:

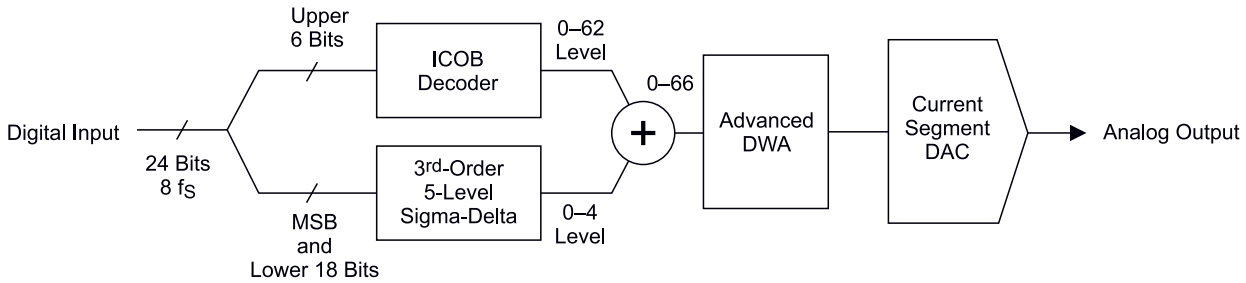
1. Do przesyłania danych audio z odtwarzacza cyfrowego do przetwornika będzie wykorzystany interfejs I²S;
2. Układ przetwornika zostanie wyposażony w układy konwertera prąd/napięcie i filtra analogowego (rekonstrukcyjnego) zbudowanego na wzmacniaczach operacyjnych. Różnicowe prądowe sygnały z wyjścia przetwornika będzie można alternatywnie dołączać do innych zewnętrznych układów analogowych, przez zworki na płytce drukowanej;
3. Układ przetwornika będzie miał swoje autonomiczne zasilanie, zbudowane z zasilaczy liniowych. Do zasilania zostanie użyty osobny moduł zasilacza sieciowego;
4. Rasberry Pi będzie zasilany z osobnego sieciowego zasilacza liniowego o wydajności 5 A.

Przetwornik cyfrowo-analogowy DAC

Na rynku jest wiele scalonych przetworników cyfrowo-analogowych różnych producentów. Konstruktorzy audiofilskich przetworników bardzo sobie cenią stare „wielobitowe" układy R2R z drabinkami rezystorów typu AD1860 czy PCM1704. To prawda, że dobrze brzmią, ale są coraz trudniejsze do zdobycia i kłopotliwe w aplikacji. Ja założyłem, że użyję nowoczesnego, obecnie produkowanego przetwornika wysokiej klasy. Ponieważ już nie produkuje się wielobitowych przetworników R2R, a jeszcze możliwy do kupienia PCM1704 osiąga zawrotne ceny, pozostały do wyboru przetworniki z konwerterami Sigma-Delta. Wybór padł na rewelacyjny według mnie układ PCM1794A firmy Texas Instruments (Burr Brown). Techniczne parametry układu są bardzo dobre:

- zakres dynamiki 127 dB dla sygnału stereo,
- zniekształcenia THD+N 0,0004%,
- rozdzielczość 24 bity,
- zaawansowany moduł konwertera cyfra/prąd,
- 8-krotne nadpróbkowanie we wbudowanym filtrze,

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 2. Konwerter cyfra/prąd

- częstotliwość próbkowania sygnału wejściowego od 10 kHz do 200 kHz,
- wyjście prądowe 7,8 mApp,
- interfejs danych wejściowych w formatach I²S, left justified,
- wydzielone wyprowadzenia masy i zasilania części cyfrowej 3,3 V (linie interfejsu akceptują poziomy 5 V) i części analogowej 5 V.

Schemat blokowy przetwornika pokazano na **rysunku 1**. Dane z interfejsu szeregowego są poddawane standardowemu 8-krotnemu nadpróbkowaniu w cyfrowym filtrze dolnoprzepustowym. Nadpróbkowanie pozwala uprościć analogowy dolnoprzepustowy filtr rekonstruujący, bo może mieć szersze pasmo przepustowe i łagodną charakterystykę opadania. Konwersja cyfra/prąd jest wykonywana w zaawansowanym modulatorze, zbudowanym z dwóch bloków: dekodera ICOB i 5-poziomowego modulatora Sigma-Delta (**rysunek 2**).

Sześć starszych bitów słowa danych jest konwertowanych przez moduł ICOB, a 18 młodszych bitów – przez modulator Sigma-Delta. Różnicowe wyjście prądowe z układu, pozwala na zastosowanie zewnętrznego konwertera prąd/napięcie I/V o lepszych parametrach niż ten, który można zaimplementować w strukturze układu scalonego. Przetworniki wyższych klas najczęściej korzystają z takiego rozwiązania. PCM1794A nie ma interfejsu pozwalającego na zapisanie ustawień i ewentualną cyfrową regulację poziomu sygnału przez mikrokontroler – host. Wszystkie możliwe konfiguracje są wykonywane przez wymuszanie stanów logicznych na wejściach konfiguracyjnych układu.

Dobre przetworniki DAC mają możliwość pracy w trybie dual mono, w którym jeden układ konwertuje sygnał z jednego kanału. Na wyjściu filtra otrzymujemy napięciowy sygnał zbalansowany. W systemach audio SE trzeba go poddawać desymetryzacji. Po kilku doświadczeniach z takim rozwiązaniem, zdecydowałem się nie stosować trybu dual-mono. Zysk w typowych niezbalansowanych torach audio jest nie do uchwycenia, a konstrukcja przetwornika zdecydowanie bardziej skomplikowana i droższa. Dlatego przetwornik będzie pracował w typowej konfiguracji stereo.

Wydawało się, że PCM1794A spełnia wszystkie założenia i można go zastosować do budowy odtwarzacza współpracującego z Raspberry Pi przez interfejs I²S. Kiedy szukałem w sieci podobnych opracowań, ze zdziwieniem stwierdziłem, że prawie nie ma podobnych konstrukcji i wiele przetworników opartych na wysokiej klasy DAC, w tym PCM1794A, współpracuje z Raspberry Pi poprzez konwerter USB/I2S. Do tego celu stosuje się, na przykład bardzo znany układ nazwany Amanero. Powszechne są konstrukcje wykorzystujące I²S, oparte na układzie PCM5122 i podobnych, ale z założenia są to przetworniki o gorszych parametrach z wyjściem napięciowym, co potwierdzają parametry układu. Założenia wstępne określają pracę przez I²S, dlatego takie konwertery nie mogły być zastosowane, choć są one nieodzowne dla przetworników współpracujących z komputerami PC, działającymi jako cyfrowe źródło sygnału audio. Po dokładnym zbadaniu sprawy okazało się, że problemem jest jeden z sygnałów potrzebnych do pracy przetwornika PCM1794A, a właściwie jego brak. Raspberry Pi generuje sygnały cyfrowe zgodne ze standardem I²S zbudowanym z trzech linii:

1. Linia danych SD (*Serial Data*), nazywana też DATA;
2. Linia zegara WS (*Word Select*), określająca, dla którego kanału (lewego czy prawego) są przesyłane bieżące dane. Sygnał WS, nazywany też LRCK, ma częstotliwość równą częstotliwości próbkowania fs;
3. Linia zegara SCK (*Serial Clock*) taktującego przesyłanie bitów danych. Częstotliwość tego sygnału jest równa 64 xfs. SCK jest również nazywana BCK.

Z nazwami sygnałów jest trochę bałaganu, bo jak widać są różnie nazywane. My przyjmiemy nomenklaturę stosowaną w danych technicznych PCM1794A: dane – DATA, identyfikacja kanałów LRCK, zegar taktujący przesyłaniem danych BCK.

Przetwornik, do prawidłowego działania, potrzebuje jeszcze jednego sygnału zegarowego, nazywanego System Clock – SCK, który taktuje układy cyfrowe filtra oversamplingu i układy cyfrowe konwertera advanced DAC. Jego częstotliwość, według danych technicznych, musi być wielokrotnością

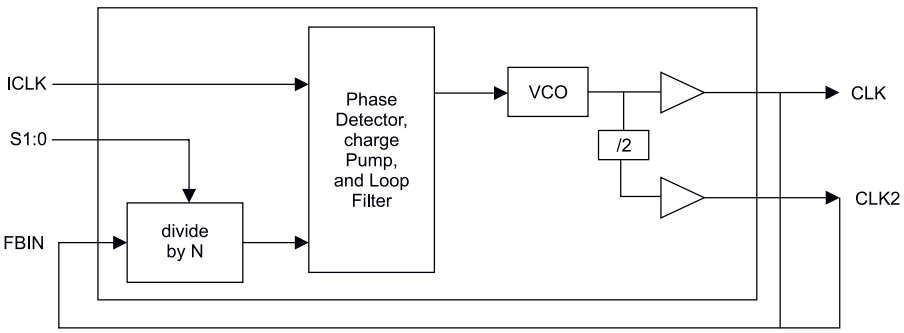
Wykaz elementów:

Rezystory: SMD1206, 1%, 0,25 W, jeżeli nie zaznaczono inaczej
R1: 60 Ω SMD1206, 0,5 W
R2, R3: 150 Ω
R4…R6, R8…R10, R19, R24…R28, R38: 1 kΩ
R7, R16, R29, R37: 820 Ω
R11, R22, R30, R40: 330 Ω
R12, R20, R31, R39: 680 Ω
R13, R15, R32, R36: 620 Ω
R14, R35: 100 Ω
R17, R18, R21, R23: 27 Ω
R42: 10 Ω

Kondensatory:
C14, C26, C33, C43: 2,2 nF/100 V polipropylenowy MKP
C16, C25, C35, C39: 2,7 nF/100 V MKT lub MKP
C23, C37: 8,2 nF/100 V MKT lub MKP
C40: 10 nF X7R SMD1206
C1…C3, C7, C8, C15, C17, C18, C22, C27, C29, C30, C34, C36, C44, C49…C51: 100 nF X7R, SMD1206
C42, C52: 10 µF/16 V tantalowy SMD3258
C4…C6, C9, C13, C19, C24, C28, C31, C32, C38, C45: 10 µF/25 V elektrolityczny SME
C10…C12, C20, C21: 47 µF/25 V elektrolityczny SME

Półprzewodniki:
D1: dioda LED czerwona SMD1206
U1…U3: TL431 (SOT23-3)
U5: PCM1794A
U7: ICS570B
U9: LT1763 3,3
U6, U10: OPA1611AID
U4, U8: OPA1612AID

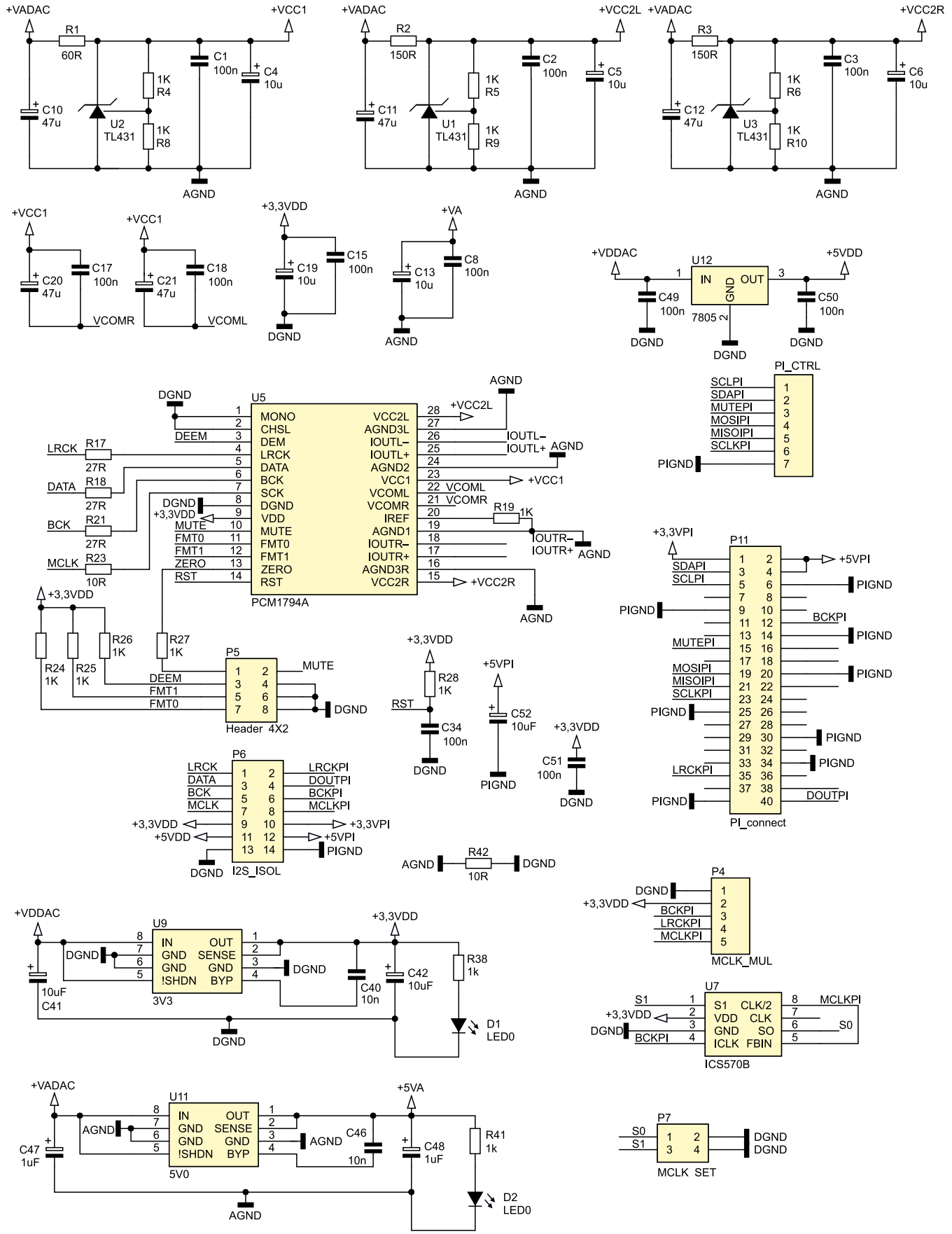
Pozostałe:
listwy goldpin podwójne raster 2,54 mm
P9, P10, P12…P14: złączki Wago sprężynowe



Rysunek 3. Schemat blokowy układu ICS570B

eprasa.pl b41ae9951b

częstotliwości próbkowania, ale nie może być mniejsza niż 128 fs. I tu się pojawia kłopot, bo Raspberry Pi nie generuje takiego sygnału. Zapewne dlatego, że nie jest to sygnał standardu. BCK ma częstotliwość równą 64 fs i jest przynajmniej dwukrotnie za niska. To nieco tłumaczy używanie konwerterów USB/I²S, bo one mają na wyjściu również odpowiedni sygnał SCK i można nim taktować DAC. Sygnał System Clock o odpowiedniej częstotliwości jest również dostępny na wyjściu każdego odbiornika S/



Rysunek 4. Schemat przetwornika dla Raspberry Pi

eprasa.pl b41ae9951b

PDIF (AES3). Są też nakładki na Raspberry Pi z odbiornikiem WM8804 i wyjściem I²S, pozwalające ominąć ten problem.

Część konstruktorów idzie na skróty, podając równolegle sygnał BCK (64 fs) na wejście SCK. Podobno przetwornik w takiej konfiguracji działa poprawnie, ale mam spore wątpliwości. Stosowanie przetwornika wysokiej klasy po to, by potem nie aplikować go zgodnie z dość wrażliwym zaleceniem producenta, według mnie mija się z celem. Mimo że taki układ działa, to trudno przewidzieć, jakie będą parametry konwersji, przy taktowaniu częstotliwością przynajmniej 2 razy niższą niż zalecana.

Pierwszym pomysłem na rozwiązanie tego problemu było taktowanie SCK z wysokiej klasy oscylatora kwarcowego. Ale to najprawdopodobniej zły pomysł. Sygnał SCK musi być zgodny fazowo z sygnałem LRCK. Nie da się tego uzyskać z niesynchronizowanym oscylatorem. Poza tym taki układ byłby właściwy tylko dla jednej częstotliwości próbkowania.

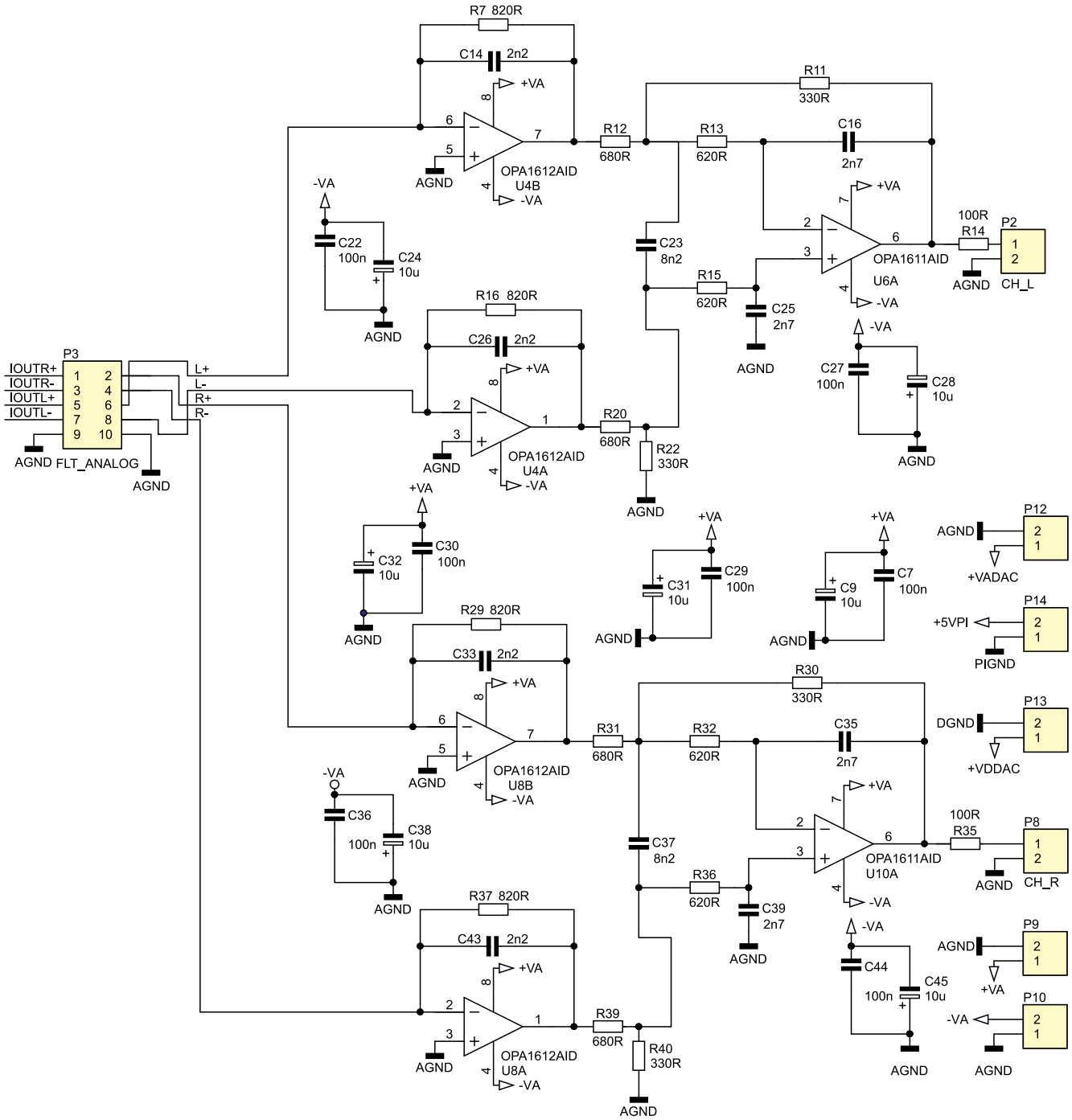
Naturalnym rozwiązaniem byłoby powielenie częstotliwości sygnału LRCK o częstotliwości fs lub sygnału BCK (64×fs) przez zewnętrzny układ PLL. Tak też zrobiłem w moim przetworniku.

Układ ICS570B

Powielenie częstotliwości i wygenerowanie sygnału SCK powierzyłem układowi ICS570B, produkowanemu przez firmę Renesas. Wybór został podyktowany jego unikalnymi właściwościami:

- Zastosowaniem rozwiązania ZDB (*Zero Delay Buffer*). Powielony sygnał wyjściowy nie jest opóźniony w fazie z sygnałem wejściowym. Inaczej mówiąc, nie ma opóźnienia pomiędzy zboczami sygnału wejściowego i wyjściowego;
- Niskim jitterem sygnału wyjściowego. Według danych katalogowych można osiągnąć jitter sygnału wyjściowego na poziomie 50 ps.

Schemat blokowy układu pokazuje **rysunek 3**. Do prawidłowego działania potrzebne jest zewnętrzne połączenie pomiędzy sygnałem wyjściowym i wejściem sprzężenia zwrotnego FBIN. Jako sygnał sprzężenia



Rysunek 4. Schemat przetwornika dla Raspberry Pi – cd.

eprasa.pl b41ae9951b

można użyć sygnału wyjściowego CLK lub sygnału wyjściowego, o częstotliwości podzielonej przez dwa CLK2. Jeżeli zakres powielanych częstotliwości na to pozwala, to należy wybrać sygnał podzielony przez dwa (CLK2), ponieważ sygnał wyjściowy CLK ma w tym przypadku lepsze parametry, na przykład dwa razy mniejszy jitter. Dlatego w naszym układzie sygnałem sprzężenia zwrotnego jest sygnał z wyjścia CLK2.

Współczynnik powielania ustawiany jest sprzętowo przez wymuszanie stanów na wejściach konfiguracyjnych S0 i S1. Możliwe jest ustawianie stanu niskiego, wysokiego i wejścia niepodłączonego (float). W naszym układzie, na wejście ICLK jest podawany sygnał BCK, o częstotliwości 64 fs. Wejścia S0 i S1 są niepodłączone, a częstotliwość wejściowa jest mnożona przez 6. Sygnał wyjściowy CLK podawany na wejście SCK przetwornika ma częstotliwość 6×64 fs=384 fs. Zegar systemowy PCM1794A akceptuje mnożniki 128 fs, 192 fs, 256 fs 384 fs, 512 fs i 768 fs. Mamy teraz wszystkie sygnały cyfrowe potrzebne do prawidłowego działania przetwornika, którego schemat pokazuje **rysunek 4**.

Sygnały magistrali I²S z Raspberry Pi są podłączane przez 40-pinowe złącze P11. Wyprowadzenia tego złącza są powieleniem wyprowadzeń złącza I/O komputerka i można je łączyć 1:1. Dalej Sygnały I²S trafiają na złącze P6, w założeniu przeznaczone dla układu izolatora galwanicznego. W części konstrukcji DAC stosowane są izolatory galwaniczne po to, by zakłócenia generowane w komputerku nie przenosiły się poprzez masę do układu przetwornika. To trochę kontrowersyjne rozwiązanie, bo bez dokładnych pomiarów trudno rozstrzygnąć, czy układ izolacji nie wprowadza zniekształceń, na przykład różnych przesunięć fazowych, pomiędzy sygnałami o różnych częstotliwościach na liniach I²S. Może się okazać, że zysk z tłumienia zakłóceń jest całkowicie niwelowany przez wprowadzane zniekształcenia sygnału cyfrowego albo nawet, że z izolatorem jest gorzej niż przy jego braku. W prototypowym rozwiązaniu nie ma izolatora – linie I²S są połączone bezpośrednio do układu przetwornika, przez zworki na złączu P6. Szeregowe rezystory 27 Ω: R17, R18, R21 i R23 mają za zadanie dopasować wyjścia I²S do wejść PCM1794A i zminimalizować zmiany kształtu sygnałów cyfrowych.

Wejścia konfiguracyjne MONO i CHSL, są na stałe podłączone do masy. Pierwsze z nich konfiguruje przetwornik do pracy w trybie STEREO, drugie – na stałe ustawia „ostrą" charakterystykę filtra cyfrowego. Złącze P5 jest przeznaczone do konfigurowania formatu cyfrowego sygnału wejściowego, deemfazy i układu wyciszania MUTE. Format danych wejściowych ustawiamy na I²S przez wymuszenie stanów niskich na wejściach konfiguracyjnych FMT0 i FMT1. Demfazę należy wyłączyć na stałe przez wymuszenie stanu niskiego na wejściu DEEM. Wejście wyciszania MUTE jest połączone z wyjściem ZERO. Kiedy układy przetwornika wykryją, że wejściowy sygnał cyfrowy jest nieprawidłowy lub zaniknie, to wyjście ZERO wymusza wyciszenie wyjść przetwornika.

Układ U7 to opisywany już układ z pętlą PLL do 6-krotnego powielania częstotliwości sygnału BCK o częstotliwości 64 fs. Wyjściowe prądowe sygnały różnicowe są doprowadzone do złącza P3. To rozwiązanie jest przewidziane do podłączenia innego układu konwertera I/U i filtra dolnoprzepustowego, niż umieszczone na płytce przetwornika. Stwarza to wiele możliwości – konstruowane są układy lampowe, tranzystorowe czy na wzmacniaczach operacyjnych. Różne rozwiązania mają swoich zagorzałych zwolenników i można je w prosty sposób dołączyć do przetwornika. Zastosowany na płytce układ analogowy konwertera U/I i filtra dolnoprzepustowego w praktyce nie daje możliwości typowych eksperymentów z różnymi wzmacniaczami operacyjnymi, bo jest zaprojektowany do obudów do montażu powierzchniowego. Nie można, tak jak w przypadku obudów DIP, stosować podstawek czy tak zwanych płytek – stolików i wymieniać wzmacniaczy operacyjnych. Jeżeli ktoś chce eksperymentować, to złącze P3 mu to ułatwi. W prototypie sygnały prądowe są dołączane do konwerterów U/I na płytce przez zworki na złączu P3.

Podsumowanie

Jest to pierwsza część opisu urządzenia audio, technicznego opisu – na tym się głównie skupiliśmy. Jednak o przydatności każdego elementu toru audio decydują jego walory brzmieniowe. Źródło sygnału audio jest bardzo ważnym elementem toru i od jego jakości w dużej mierze zależy końcowa jakość dźwięku. Oczywiście wszystkie zastosowane techniczne zabiegi, od wyboru interfejsu I²S, poprzez wybór przetwornika, układu analogowego do sposobu zasilania miały na celu uzyskanie tej dobrej jakości. Czy się udało? Dalszy opis konstrukcji oraz relację z testów przetwornika zaprezentuję w kolejnych wydaniach EP.

Tomasz Jabłoński, EP

REKLAMA

Wstąp do Klubu AVT Elektronika

będziesz miał prawo do korzystania z szeregu przywilejów:

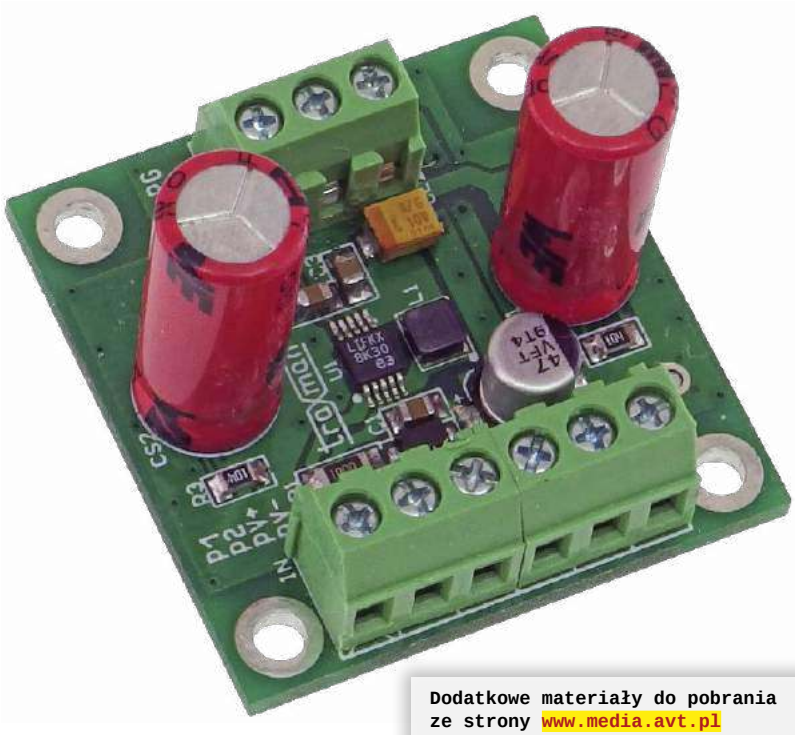
- do 50% zniżki w Sklepie AVT
- darmowe prenumeraty Wydawnictwa AVT
- do 50% zniżki w Ulubionym Kiosku
- Zapraszamy do zapoznania się z zasadami Klubu!

http://bit.ly/2GaDwtQ

eprasa.pl b41ae9951b

Hybrydowy harvester z superkondensatorem

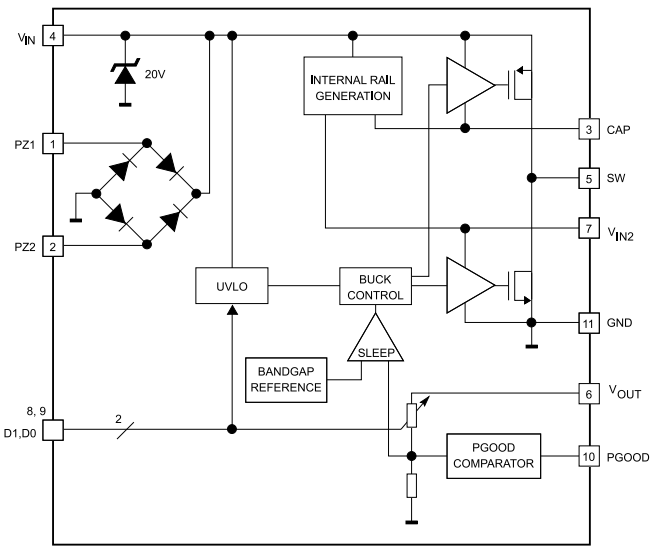
Pozyskiwanie energii z otoczenia, nawet w skali mikro, jest dzisiaj bardzo istotnym zagadnieniem. Urządzenia przenośne, szczególnie wszelkie urządzenia Internetu Rzeczy (IoT) oraz noszone (wearable), wymagają autonomicznego zasilania o niewielkiej mocy, bazującego na różnych metodach pozyskiwania energii z otoczenia.



Aby efektywnie wykorzystać energię pozyskaną z otoczenia, producenci układów scalonych oferują specjalizowane kontrolery zarządzające nie tylko samym procesem gromadzenia energii, ale zapewniające odpowiednie zabezpieczenia i rozdział pozyskanej mocy. Przykładem takiego układu jest LTC3588 firmy Analog Devices zastosowany w opisywanym harvesterze. Jego schemat wewnętrzny pokazano na **rysunku 1**. Układ przeznaczony jest do współpracy z generatorami piezoelektrycznymi lub ogniwami fotowoltaicznymi oraz ogniwem chemicznym. Pozyskana energia może zostać zgromadzona w superkondensatorze EDLC, który zapewnia ciągłe zasilanie współpracującego układu, gdy nie ma możliwości wykorzystania źródeł alternatywnych. Zastosowanie superkondensatora ułatwia zasilanie urządzeń o dużej dynamice poboru prądu, jak przykładowo części radiowe torów komunikacyjnych. Dzięki wbudowanej przetwornicy o ustalanym napięciu wyjściowym LTC3588 zapewnia kompleksową realizację zasilania urządzeń IoT.

Budowa i działanie

Schemat modelowego harvestera pokazano na **rysunku 2**. Do zacisków 1 i 2 złącza IN podłączony jest moduł generatora piezoelektrycznego o napięciu nieprzekraczającym 20 V (np. S118-J1SS-1808YB Mide). Generowane napięcie przemienne prostowane jest we wbudowanym w U1 mostku Graetza (wyprowadzenia PZ1, PZ2) i podlega ograniczeniu do 20 VDC. Po wyprostowaniu napięcie służy do zasilania szyny DC (wyprowadzenie VIN), do której podłączony jest kondensator CE1 gromadzący ładunek przetwornicy po stronie pierwotnej. Do szyny tej mogą być podłączone też chemiczne źródła zasilania (baterie) zapewniające nieprzerwane zasilanie przy braku pozyskiwania energii. Dioda D1 zabezpiecza



Rysunek 1. Budowa wewnętrzna układu LTC3588

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

W ofercie AVT* AVT-----

Podstawowe parametry:
- napięcie wyjściowe o wartości 3,3 V,
- współpraca z generatorem piezoelektrycznym i ogniwami solarnymi,
- możliwość dołączenia baterii podtrzymującej zasilanie,
- możliwość zasilania urządzeń o dużej dynamice poboru prądu, np. zawierające radiowe tory komunikacyjne.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-1994	Uniwersalna ładowarka słoneczna (EP 8/2018)
-	Słoneczna ładowarka akumulatorów żelowych 12 V (EP 5/2018)
AVT-5621	Sterownik różnicowy kolektora słonecznego (EP 3/2018)
AVT-5598	Solarna ładowarka akumulatora 12 V (EP 8/2017)
AVT-1956	S6AE101 – harvester solarny (EP 7/2017)
AVT-1904	Ładowarka akumulatora Li-Po zasilana energią słoneczną (EP 3/2016)
AVT-1892	Słoneczna ładowarka akumulatorów Li-Po (EP 12/2015)
AVT-5519	PWR_SolarCAP Power bank zasilany przez słońce (EP 11/2015)
AVT-1846	EH_ADP5090 – inteligentna przetwornica do energy harvesting (EP 2/2015)
AVT-2944	Bateria słoneczna (EdW 7/2010)

*** 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

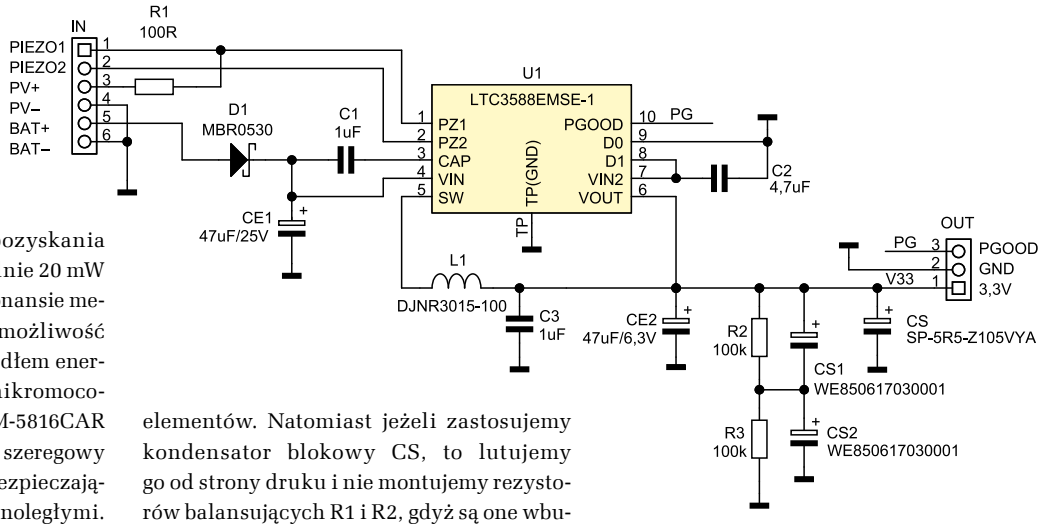
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
http://sklep.avt.pl. W przypadku braku dostępności na *http://sklep.avt.pl*, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy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

eprasa.pl b41ae9951b

baterię przed przepływem prądu wstecznego i układ przed jej odwrotnym podłączeniem. Bateria 9 V podłączona jest do zacisków BAT+, BAT– złącza IN.

Ze względu na wysoką cenę piezoharvesterów i naprawdę niewielkie moce możliwe do pozyskania (dla S118-J1SS-1808YB maksymalnie 20 mW przy idealnych warunkach w rezonansie mechanicznym), moduł ma także możliwość współpracy z alternatywnym źródłem energii. Doskonale współpracuje z mikromocowymi ogniwami solarnymi np. AM-5816CAR Panasonic połączonymi w zestaw szeregowy 2...3 ogniw z odpowiednimi, zabezpieczającymi diodami szeregowymi i równoległymi. Napięcie ogniwa powinno mieścić się w zakresie 6...15 V. Zamiast fabrycznych ogniw można zastosować zestaw fotodiod BPW34 połączonych szeregowo, dla uzyskania odpowiedniego napięcia. Także nieprodukowane, ale ciągle jeszcze osiągalne ogniwa scalone CPC1822 i CPC1824 doskonale współpracują z harvesterem. Oczywiście możliwe jest zastosowanie ogniw o większej mocy, co znacząco skróci czas ładowania superkondensatorów, przyspieszając gotowość układu do zasilania współpracujących urządzeń.

Napięcie z szyny VIN, po przekroczeniu progu ULVO (dla 3,3 V, próg wynosi ok. 5 V), uruchamia wbudowaną przetwornicę obniżającą. Napięcie wyjściowe przetwornicy ustalone wyprowadzeniami D0 i D1 wynosi 3,3 V. Wyjście PG sygnalizuje poprawność napięcia wyjściowego, próg zadziałania wynosi 92% Uwy (ok. 3 V dla 3,3 V), stan wysoki sygnalizuje poprawność zasilania.



Rysunek 2. Schemat modułu harvestera

Montaż i uruchomienie

Rozmieszczenie elementów zostało pokazane na **rysunku 3**. Montaż układu nie wymaga szczegółowego opisu, ale ważne jest, aby po lutowaniu dokładnie umyć i odtłuścić płytkę, by wyeliminować wszelkie upływności.

W zależności od zastosowanego superkondensatora zmienia się sposób montażu. W przypadku dwóch osobnych kondensatorów CS1, CS2 montujemy je od strony elementów. Natomiast jeżeli zastosujemy kondensator blokowy CS, to lutujemy go od strony druku i nie montujemy rezystorów balansujących R1 i R2, gdyż są one wbudowane w blok i niepotrzebnie obciążałyby przetwornicę. Ciężkie obudowy kondensatorów narażone na drgania należy dodatkowo zabezpieczyć elastyczną masą zalewową.

Zmontowany moduł harvestera, w wersji z dwoma kondensatorami EDLC, pokazuje fotografia tytułowa. Natomiast cały eksperymentalny system z piezoharvesterem, ogniwami solarnymi i superkondensatorem blokowym został pokazany na **fotografii 1**.

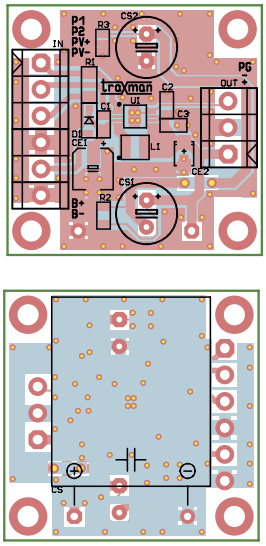
Sposób mocowania elementu piezo zależy od jego typu. Dla osiągnięcia najlepszych wyników należy stosować się do wskazówek znajdujących się w dokumentacji producenta. Jak każdy element mechaniczny pracujący w rezonansie, moduł piezo wymaga dostrojenia do częstotliwości drgań. W tym celu podłączamy oscyloskop do zacisków harvestera i zmieniając masę obciążającą, staramy się uzyskać maksymalne napięcie wyjściowe generowane z drgającego obiektu. Pewnym problemem jest zmienność częstotliwości drgań w rzeczywistych obiektach, mająca wpływ na ilość pozyskanej energii. Ustalone widmo drgań mają np. wentylatory, sprężarki, transformatory lub silniki spalinowe pracujące z określoną prędkością obrotową, tam możliwe jest optymalne pozyskiwanie energii po dostrojeniu harvestera. W pozostałych przypadkach zarówno amplituda, jak i częstotliwość podlegają nieprzewidywalnym zmianom, co zmniejsza możliwą do pozyskania energię, np. wykorzystywanie energii wstrząsów podczas jazdy samochodem (drgania mają charakter gasnący) lub drgań pralki lub wirówki pojawiających się tylko okresowo.

Pozyskiwanie energii słonecznej jest dużo łatwiejsze – o ile świeci słońce. Zależnie od mocy współpracującego ogniwa można uzyskać czas ładowania i gotowości układu w zakresie od kilku godzin do kilku minut. Podczas współpracy z baterią warto podłączać ją do harvestera dopiero po pełnym naładowaniu superkondensatorów, w przeciwnym wypadku bezpowrotnie zmarnujemy zgromadzoną w niej jej energię na ich naładowanie. Jeżeli nie mamy czasu lub ochoty na odczekanie do momentu pozyskania energii z otoczenia, to podczas pierwszego ładowania można do zacisków PV+/PV– podłączyć zasilacz zewnętrzny i w taki sposób naładować superkondensatory.

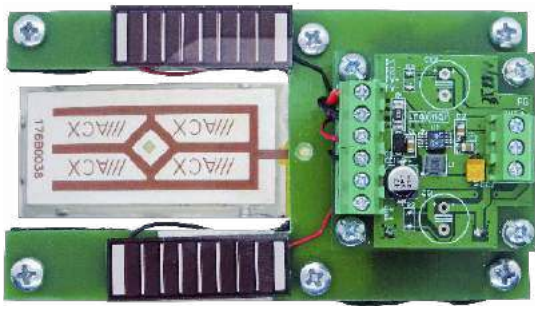
Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl

a)

b)



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów: a) strona TOP, b) strona BOTTOM



Fotografia 1. Eksperymentalny system z piezoharvesterem, ogniwami solarnymi i superkondensatorem blokowym

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1: 100 Ω SMD1206 1%
R2, R3: 100 kΩ SMD0805 1%

Kondensatory:
C1, C3: 1 µF SMD0805 ceramiczny
C2: 4,7 µF SMD0805 ceramiczny
CE1: 47 µF/25 V SMD
CE2: 47 µF/6,3 V SMD A tantalowy
CS: SP-5R5-Z105VYA blok superkondensatorów 1 F/5,5 V
CS1, CS2: WE850617030001 superkondensator 3 F/2,7 V

Półprzewodniki:
D1: dioda Schottky'ego MBR0530
U1: LTC3588EMSE-1#P MSOP10_050_TP

Pozostałe:
L1: dławik SMD DJNR3015-100
IN: złącze śrubowe DG381-3.5-6
OUT: złącze śrubowe DG381-3.5-3

eprasa.pl b41ae9951b

Zasilacz liniowy do Raspberry Pi

Na wielu forach toczy się dyskusje o wyższości zasilacza liniowego nad impulsowym do zasilania Raspberry Pi w aplikacjach audio. Czy jest to prawda, można się przekonać na własnych uszach, poświęcając czas na zmontowanie zaprezentowanego zasilacza.

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

W ofercie AVT* AVT-5813

Podstawowe parametry:
- napięcie wyjściowe 5 V z możliwością regulacji,
- maksymalne obciążenie 3 A,
- napięcie wyjściowe doprowadzone do złącza USB i złącza śrubowego DC.

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1: 0 kΩ 1% SMD0805
R2: 20 kΩ 1% SMD0805
R3: 2,2 kΩ 1% SMD0805
RV: 2,2 kΩ potencjometr wieloobrotowy

Kondensatory:
C1, C2: 1 µF/63 V foliowy
CE1…CE3: 3300 µF/16 V elektrolityczny
CE4…CE6: 39 µF/25 V polimerowy Low ESR

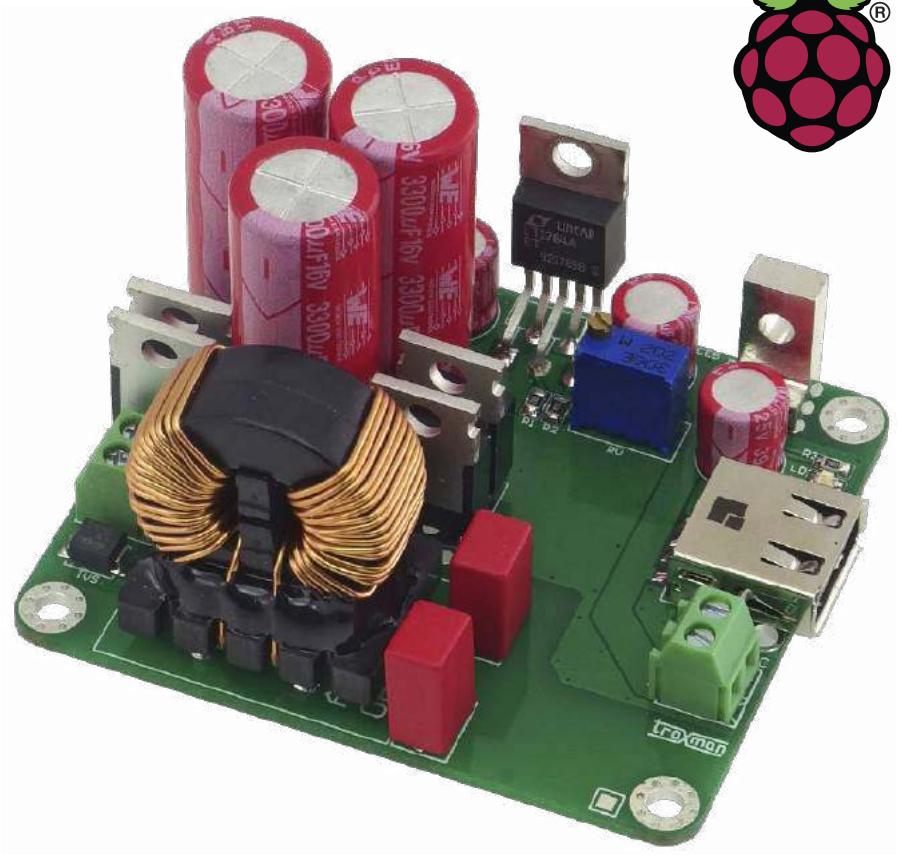
Półprzewodniki:
LD1: LED SMD0805
D1, D2, D3, D4: dioda Schottky'ego Ultra Low Loss DSB20I15PA (TO-220D)
TVS: transil dwukierunkowy 12 V SMB
U1: LT1764AET (TO-220-5)

Pozostałe:
FB: koralik ferrytowy BLM21AJ601SN1D SMD0805
CMC: dławik skompensowany WE-CMBNC-L (WE 7448040515)
USB: gniazdo USB A SMD
AC, DC: złącze DG 3,81 mm 2 pin
MA1, MA2: kątownik montażowy WE 7461062

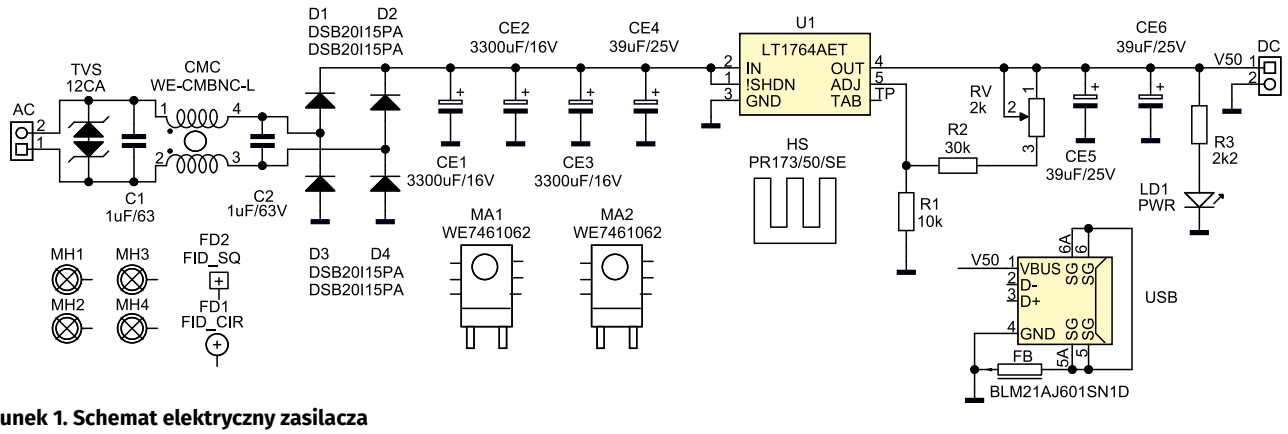
*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [**B**] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [**B**] zawiera elementy elektroniczne (w tym [**UK**] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie 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.



W układzie zastosowano liniowy stabilizator napięcia o niskim spadku typu LT1674AET (U1), o regulowanym napięciu wyjściowym. Zasilany jest z napięcia przemiennego doprowadzonego do złącza AC z transformatora toroidalnego o napięciu wyjściowym 7 V i mocy 50 VA. Dobór transformatora jest dosyć istotny. Po wyprostowaniu i odfiltrowaniu konieczne jest zapewnienie zapasu min. 400 mV w stosunku do ustalonego napięcia wyjściowego, w całym zakresie napięć sieciowych i po uwzględnieniu spadków na mostku prostowniczym i dławiku CMC. Transformator musi być „sztywny", tj. charakteryzować się małą zależnością napięcia wyjściowego od obciążenia. Zbyt wysokie napięcie wyjściowe transformatora przyczynia się do zwiększenia i tak już sporych (w końcu jest to zasilacz liniowy) strat mocy i może uniemożliwić osiągnięcie pełnego prądu wyjściowego. Za niskie napięcie lub duży spadek na uzwojeniach może zakłócić pracę stabilizatora i zwiększyć poziom zakłóceń na wyjściu przy maksymalnym obciążeniu. Warto zwrócić więc uwagę na jakość transformatora i zastosować element wysokiej jakości, spełniający deklarowane parametry.



Rysunek 1. Schemat elektryczny zasilacza

eprasa.pl b41ae9951b

Budowa i działanie

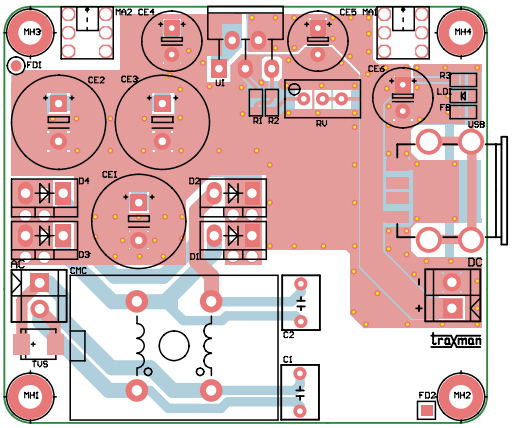
Schemat zasilacza został pokazany na **rysunku 1**. Napięcie z transformatora poprzez filtr CMC oraz elementy C1 i C2 podawane jest na mostek prostowniczy, złożony z diod Schottky'ego D1...4 typu DSB20I15PA o obniżonym spadku napięcia. Diody podczas pracy nagrzewają się do temperatury ok. 60°C, co pozwala na utrzymanie niskiego napięcia przewodzenia.

Za filtrację wyprostowanego napięcia odpowiadają kondensatory CE1, CE2 oraz CE3. Stabilizator U1 dostarcza napięcia wyjściowego ustalonego dzielnikiem RV+R2, R1. Potencjometrem wieloobrotowym RV można skorygować, w niewielkim zakresie, napięcie wyjściowe 5 V. Do zasilania Raspberry Pi warto ustawić zalecane przez producenta 5,1 V. Krytyczne do działania U1 są kondensatory odsprzęgające CE4, CE5. W modelu zrezygnowano z typowych kondensatorów ceramicznych na rzecz wysokiej jakości kondensatorów polimerowych o niewielkiej ESR typu 870025574001 Wurth Elektronik. Napięcie wyjściowe doprowadzone jest do złącza USB i złącza śrubowego DC. Dioda LED LD1 sygnalizuje pracę stabilizatora.

Montaż i uruchomienie

Zasilacz zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat i rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 2**. Układ U1 musi zostać zamontowany na radiatorze o rozmiarach minimum jak SK645-50SA lub większych, za pomocą zestawu montażowego i podkładki izolacyjnej TO-220, posmarowanej pastą termoprzewodzącą. Do montażu radiatora i płytki można wykorzystać kątowniki MA1 i MA2, pamiętając o nieobciążaniu mechanicznym wyprowadzeń U1.

Prawidłowo zmontowany zasilacz wymaga tylko ustalenia napięcia wyjściowego potencjometrem RV. Warto przed podłączeniem do Raspberry przetestować zasilacz z maksymalnym obciążeniem 5,1 V/3 A, sprawdzając jakość stabilizacji, poziom zakłóceń na wyjściu i utrzymanie marginesu napięcia przed stabilizatorem w dopuszczalnym zakresie napięcia sieciowego, no i oczywiście skuteczność odprowadzania ciepła z mostka prostowniczego i U1. Jeżeli zasilacz przejdzie próby pomyślnie, można podłączyć go do RPi i sprawdzić, czy słyszymy różnice.

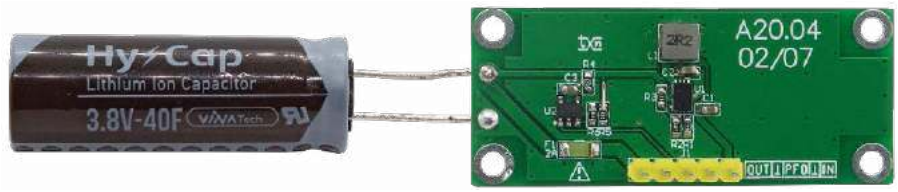


Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl

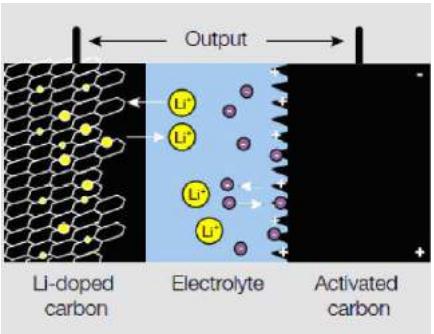
Ładowarka kondensatorów LiCAP

Zaprezentowany układ umożliwia rozpoczęcie eksperymentów z jednym z nowszych typów superkondensatorów, jakimi są superkondensatory hybrydowe wykonane w technologii LiCAP. Moduł ładowarki znajdzie zastosowanie w aplikacjach zasilania awaryjnego dla urządzeń IoT, modułów SBC itp.



Superkondensator litowy LiCAP (LiC) jest kondensatorem hybrydowym, który gromadzi ładunek nie tylko dzięki właściwościom dielektryka i elektrod, ale także dzieki reakcjom chemicznym zachodzącym podczas jego ładowania i rozładowania. Kondensator LiC zbudowany jest asymetrycznie, jedna z elektrod domieszkowana jest litem, druga tak jak w klasycznym superkondensatorze wykonana jest z węgla aktywowanego. Schematyczną budowę kondensatora hybrydowego w technologii LiCAP pokazano na **rysunku 1**. Jego budowa i właściwości sprawiają, że jest bardziej podobny do ogniwa litowego LIB (baterii) niż do klasycznego kondensatora. Hybrydowe kondensatory litowe mają wyższe dopuszczalne napięcie pracy, wynoszące 3,8 V (max. 4,2 V) i niższe samorozładowanie.

Niestety technologia ma pewną wadę, która może być istotna w niektórych zastosowaniach. Jest to minimalne napięcie na zaciskach, zawiera się ono w przedziale 2,2...2,5 V/kondensator zależnie od temperatury pracy. Obniżenie napięcia poniżej tego progu powoduje degradację kondensatora prowadzącą do jego zniszczenia. W związku z tym wszystkie kondensatory LiC dostarczane są w stanie częściowego naładowania (podobnie jak akumulatory litowe), co utrudnia ich przechowywanie i automatyczny montaż.



Rysunek 1. Budowa kondensatora hybrydowego LIC

Budowa i działanie

Schemat ładowarki superkondensatorów został pokazany na **rysunku 2**. Układ bazuje

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

W ofercie AVT* AVT-5814

Podstawowe parametry:
- współpracuje z superkondensatorem hybrydowym LiCAP,
- wymaga zasilania napięciem 3,3 V, napięcie wyjściowe w przedziale 2,5…3,6 V,
- ograniczenie prądu ładowania do 400 mA,
- ma wyjście sygnalizujące niski poziom napięcia wyjściowego.

* **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.

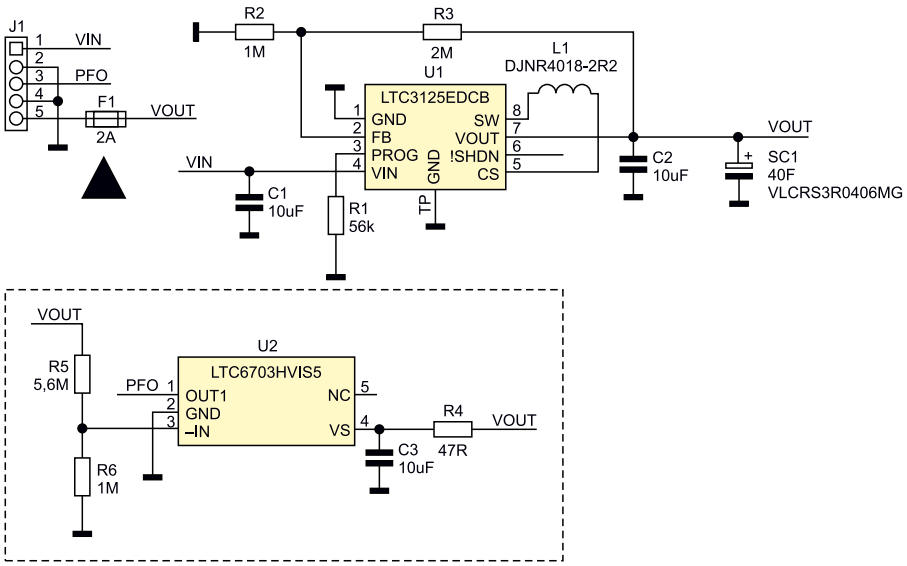
eprasa.pl b41ae9951b

Wykaz elementów:
Rezystory: (SMD0603, tolerancja 1%)
R1: 56 kΩ
R2, R6: 1 MΩ
R3: 2 MΩ
R4: 47 Ω
R5: 5,6 MΩ

Kondensatory:
C1, C2, C3: 10 µF SMD0603
SC1: 40 F VLCRS3R0406MG

Półprzewodniki:
U1: LTC3125EDCB (DFN8_045)
U2: LTC6703HVIS5-2 (SOT-23-5)

Pozostałe:
F1: bezpiecznik zwłoczny SMD 2 A
J1: złącze SIP5 2,54 mm
L1: dławik mocy DJNR4018-2R2



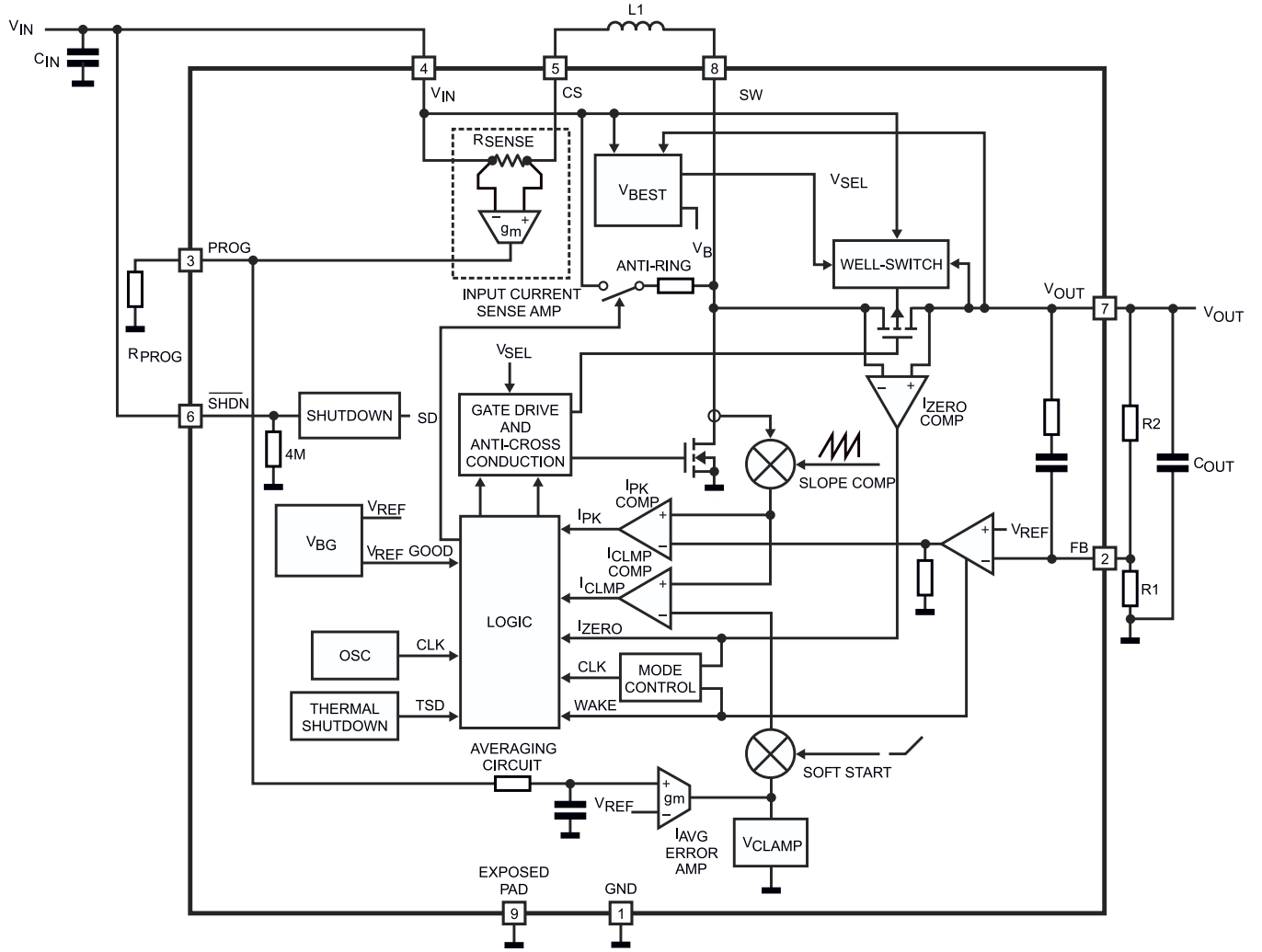
Rysunek 2. Schemat ideowy ładowarki

na sterowniku przetwornicy podwyższającej LTC3125 z ograniczeniem prądu wejściowego. Schemat wewnętrzny układu został pokazany na **rysunku 3**. Ładowarka współpracuje z kondensatorem VLCRS3R0406MG firmy VINATECH, o pojemności 40 F i maksymalnym napięciu pracy 3,8 V, napięciu rozładowania 2,2 V w zakresie temperatur –30...+70°C. Kondensator może pracować w szerszym zakresie temperatur –30...+85°C, lecz należy odpowiednio skorygować napięcia pracy na 3,6 V i rozładowania na 2,5 V. Rezystancja wewnętrzna kondensatora nie przekracza 125 mΩ, a tolerancja pojemności wynosi ±10%.

Układ ładowarki zasilany jest napięciem VIN=3,3 V doprowadzonym do złącza J1. Napięcie 3,3 V podnoszone jest w układzie przetwornicy U1 do 3,6 V, co zapewnia bezpieczny margines uwzględniający rozrzut wartości elementów, niestety kosztem mniejszej zgromadzonej energii. Wartość napięcia końcowego kondensatora ustalana jest dzielnikiem R2, R3 według wzoru:

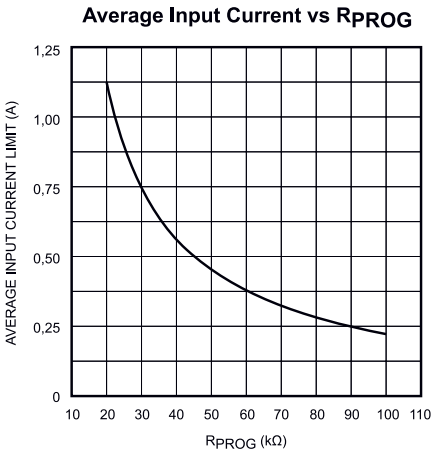
$$V_{out}=1{,}2\cdot(1+R3/R2)$$

Za ograniczenie prądu wejściowego przetwornicy, a tym samym pośrednio prądu ładowania CS1 odpowiada rezystor R1 podłączony do wyprowadzenia PROG. Wartość rezystora odpowiadająca średniemu prądowi



Rysunek 3. Schemat wewnętrzny LTC3125

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 4. Dobór wartości rezystora R1

wejściowemu dobiera się zgodnie z wykresem z **rysunku 4**. W modelu ustawiono prąd na ok. 400 mA, co odpowiada R1=56 kΩ.

Układ LTC3125 ma wbudowane zabezpieczenia przed przekroczeniem prądu klucza, temperatury oraz przepływem wstecznym przy braku Vin. Sprawność przetwornicy, w zależności od warunków, przekracza 80%. Dopuszczalna jest praca z napięciem wejściowym większym od wyjściowego Vin>Vout, w dalszym ciągu utrzymując ustalone dzielnikiem R2, R3 napięcie Vout. Tryb taki jednak nie jest zalecany, ze względu na obniżenie sprawności przetwarzania.

Bezpiecznik F1 zabezpiecza kondensator przed skutkami zwarcia wyjścia. Układ ładowarki uzupełniony jest opcjonalnym niskomocowym komparatorem U2 typu LTC6703 sygnalizującym niski poziom napięcia superkondensatora SC1. Wewnętrzne napięcie odniesienia komparatora ustalone jest na 400 mV, dzielnik R5, R6 ustala próg zadziałania na ok. 2,6 V, co sygnalizowane jest zmianą stanu sygnału PFO na złączu J1 i może zostać użyte do wprowadzenia współpracującego procesora w stan obniżonego poboru mocy. Podczas przełączania komparatora, pomimo wbudowanej niewielkiej histerezy, na wyjściu mogą pojawić się oscylacje, szczególnie gdy napięcie wejściowe VOUT zmienia się bardzo powoli. Dlatego wyjście PFO warto podłączyć do przerwania i eliminować oscylacje na drodze programowej podobnie jak drgania styków. Wyjście PFO jest zrealizowane jako otwarty dren, jego maksymalne napięcie pracy to 40 V. W modelu zastosowany jest komparator LTC6703HVIS5-2 z wejściem odwracającym, można też zastosować układ LTC6703HVIS5-3 z wejściem prostym lub ich niskonapięciowe odpowiedniki LTC6703IS5-x z ograniczonym do 18 V dopuszczalnym napięciem wyjścia OUT.

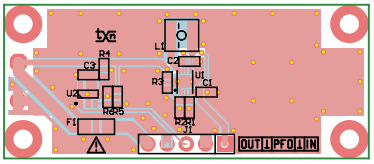
Superkondensatory LiCAP(LIC) są elementami, które wymagają szczególnej uwagi podczas użytkowania i przestrzegania kilku zasad:

- Nigdy nie należy zwierać wyprowadzeń kondensatora, także podczas przechowywania i montażu, grozi to jego uszkodzeniem i może doprowadzić do pożaru lub eksplozji;
- Należy zabezpieczyć kondensator układem ograniczania prądu rozładowania lub bezpiecznikiem o odpowiednio dobranej wartości;
- Podczas pracy lub przechowywania należy utrzymywać odpowiednią temperaturę i nie dopuszczać do spadku napięcia na zaciskach poniżej napięcia minimalnego, grozi to nieodwracalnym uszkodzeniem drogiego elementu;
- Po wycofaniu z eksploatacji superkondensatory podlegają recyklingowi.

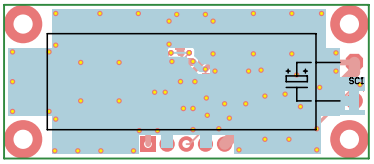
Montaż i uruchomienie

Układ ładowarki zmontowany jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej. Jej schemat, wraz z rozmieszczeniem elementów, pokazano na **rysunku 5 i rysunku 6.** Montaż układu nie wymaga opisu, po lutowaniu płytkę należy oczyścić z pozostałości topnika i wysuszyć.

Przed wlutowaniem do płytki kondensatora CS1 należy sprawdzić poprawność stabilizacji napięcia wyjściowego przetwornicy. W miejsce kondensatora CS1 lutujemy kondensator elektrolityczny o pojemności większej od 220 μF i napięciu pracy większym od 6,3 V. Jeżeli wykorzystujemy układ komparatora PFO, należy wlutować elementy wyróżnione na schemacie ramką, dobierając typ komparatora do wymogów aplikacji. Po podaniu napięcia zasilania 3,3 V na wejście VIN ładowarki kontrolujemy napięcie na zaciskach CS1, powinno wynosić ok. 3,6 V, większe rozbieżności należy skorygować rezystorem R3. Obniżając napięcie wejściowe, sprawdzamy poprawność pracy układu PFO, weryfikując ustalony próg sygnalizacji. Należy pamiętać o podwieszeniu wyjścia OD rezystorem do Vout. Jeżeli układ działa poprawnie, wyłączamy zasilanie, wylutowujemy kondensator testowy i w jego miejsce lutujemy CS1, stosując się do uwag. Ponownie podłączamy ładowarkę do zasilacza 3,3 V, w szereg wpinając amperomierz prądu stałego, dla weryfikacji ograniczenia prądu wejściowego oraz do wyprowadzeń CS1 woltomierz prądu stałego, dla weryfikacji napięcia ładowania. Po włączeniu napięcia 3,3 V należy obserwować proces ładowania, w początkowej fazie prąd wejściowy przetwornicy powinien być ograniczony do wartości ustalonej rezystorem R1, czyli ok. 400 mA, a napięcie na kondensatorze w końcowej fazie ładowania powinno osiągnąć 3,6 V. Jeżeli dysponujemy sztucznym obciążeniem, pracującym w trybie pomiaru pojemności



Rysunek 5. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów, strona TOP



Rysunek 6. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów, strona BOTTOM

baterii, możemy przeprowadzić cykl rozładowania CS1 i pomiaru zgromadzonego ładunku w zakresie dopuszczalnego napięcia kondensatora, z 3,6 V do 2,5 V (2,2 V), przy prądzie rozładowania nieprzekraczającym 500 mA (ok. 60 mV spadku na Rwew).

Ze względu na odmienne cechy superkondensatorów wykonanych w technologii LiCAP i relatywnie wysoką rezystancję wewnętrzną, należy unikać rozładowania prądem przekraczającym parametry katalogowe. Zbyt duży prąd powoduje nagrzewanie kondensatora ze względu na straty na rezystancji wewnętrznej, co znacząco zmniejsza wykorzystanie zgromadzonego ładunku, a w dłuższym czasie doprowadzi do uszkodzenia kondensatora. Podczas eksploatacji warto zwrócić uwagę nie tylko na samorozładowanie, które jest w przypadku LiCAP znacznie ograniczone, ale także na pobór prądu spoczynkowego, jakim obciążony jest kondensator. Na prąd ten składają się prądy dzielników przetwornicy, komparatora, które w układzie zmniejszone są do minimum niezbędnego dla poprawnego działania oraz prąd pobierany przez współpracujący układ. Dłuższe pozostawanie układu bez doładowania superkondensatora może doprowadzić do jego degradacji oraz zniszczenia.

Zaprezentowany eksperymentalny układ ładowania kondensatora LiCAP zdecydowanie lepiej nadaje się do pracy w układzie podtrzymania zasilania podczas częstych, ale relatywnie krótkich zaników napięcia, przejmując przykładowo nadmiar energii pozyskanej z miniharwestera solarnego, niż do długotrwałego zasilania układu pobierającego minimalny prąd, gdzie lepiej sprawdzą się inne sposoby magazynowania energii.

Podczas testowania układu czas ładowania CS1 z napięcia 2,2 V do 3,6 V wynosił ok. 180 s. Rozładowanie stałym prądem z przedziału 5...500 mA wykazało pojemność ok. 15 mAh. Czas ograniczony samorozładowaniem to kilkadziesiąt godzin.

Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl

eprasa.pl b41ae9951b

Radiowy port szeregowy z modułem Thyone-I

Nie każde rozwiązanie radiowej komunikacji bezprzewodowej musi korzystać ze standardu Wi-Fi lub Bluetooth. W prostszych aplikacjach w zupełności wystarcza wymiana danych oparta na porcie szeregowym przeniesionym w fale eteru. Zaprezentowany układ został zbudowany z użyciem minimodułu radiowego Thyone-I firmy Wurth Elektronik pracującym w paśmie 2,4 GHz.

Zastosowany moduł radiowy Thyone-I jest jednym z najmniejszych i najłatwiejszych w aplikacji rozwiązań komunikacyjnych. Jego wygląd pokazuje **fotografia 1**. Moduł bazuje na kontrolerze nRF52840 i dzięki niewielkim rozmiarom (8×12×2 mm), małej liczbie niezbędnych elementów zewnętrznych oraz prostej konfiguracji jest ciekawą alternatywą dla innych rozwiązań komunikacji radiowej. W zależności od warunków, konfiguracji i aplikacji możliwe jest uzyskanie zasięgu do 750 m przy transferze do 400 kbps.

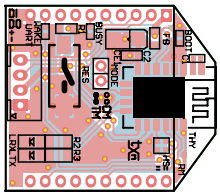
Opisany układ rozszerza zestaw rozwiązań komunikacyjnych zachowujących zgodność z podstawką XBee. Domyślnie, bez dodatkowej konfiguracji, Thyone-I obsługuje post szeregowy o parametrach 115200,8,N,1.

Fotografia 1. Moduł Thyone-I (za notą Wurth Elektronik)

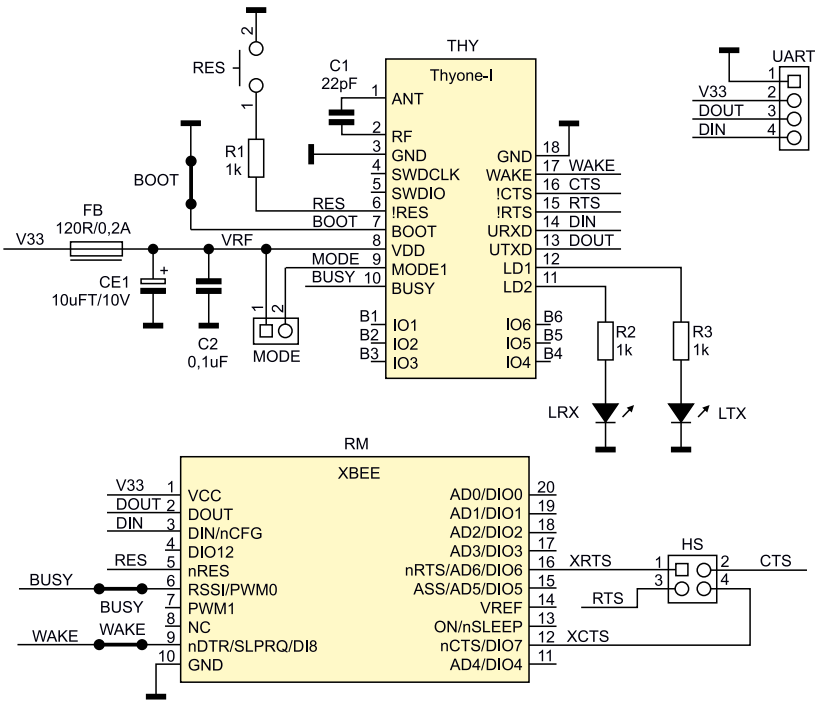
Budowa i działanie

Schemat układu został pokazany na **rysunku 1**. Moduł radiowy RM zasilany jest napięciem 3,3 V z podstawki zgodnej z Xbee. Interfejs UART, oprócz złącza Xbee, dodatkowo jest wyprowadzony na złącze PH UART wraz z zasilaniem. Ułatwia to zastosowanie w systemach pozbawionych podstawki XBee. Zasilanie modułu jest odsprzęgane przez FB, C2, CE1. Diody LTX, RTX sygnalizują aktywną transmisję. Przycisk RES umożliwia restartowanie modułu. Moduł ma wbudowaną antenę, do której sygnał doprowadzony jest ze stopnia wyjściowego poprzez kondensator C1. Zwora BOOT wprowadza moduł w tryb programowania wewnętrznej pamięci.

Thyone-I ma dwa tryby pracy wybierane zworą MODE. W podstawowej konfiguracji moduł wykorzystuje tylko sygnały DIN, DOUT (TXD, RXD) portu szeregowego, do realizacji transmisji bez potwierdzenia sprzętowego. W aplikacjach, gdzie zależy nam na dużej niezawodności transmisji, należy wykorzystać sygnały potwierdzenia sprzętowego CTS i RTS. Sygnały doprowadzone są do wyprowadzeń XBEE poprzez zworę HS (0 Ω, SMD0402), umożliwiającą krosowanie sygnałów CTS i RTS, w zależności od posiadanej płytki bazowej (zwarte 12 i 34 lub 13 i 24). Do złącza Xbee doprowadzone są także sygnały BUSY, WAKE, RES. Dwa pierwsze mogą zostać rozłączone po usunięciu zworek



Rysunek 2. Schemat płytki PCB, wraz z rozmieszczeniem elementów



Rysunek 1. Schemat elektryczny modułu

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

W ofercie AVT* AVT-----

Podstawowe parametry:
- pracuje w paśmie radiowym 2,4 GHz,
- umożliwia uzyskanie zasięgu do 750 m przy transferze do 400 kbps,
- domyślne parametry portu szeregowego 115200,8,N,1,
- moduł w postaci płytki standardu Xbee.

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1: 1 kΩ SMD603 0
R2, R3: 1 kΩ SMD805

Kondensatory:
C1: 22 pF SMD0402
C2: 0,1 µF/10 V SMD0603
CE1: 10 µF/10 V SMD3216 tantalowy

Półprzewodniki:
LRX, LTX: dioda LED SMD0805
THY: moduł radiowy Wurth Thyone-I

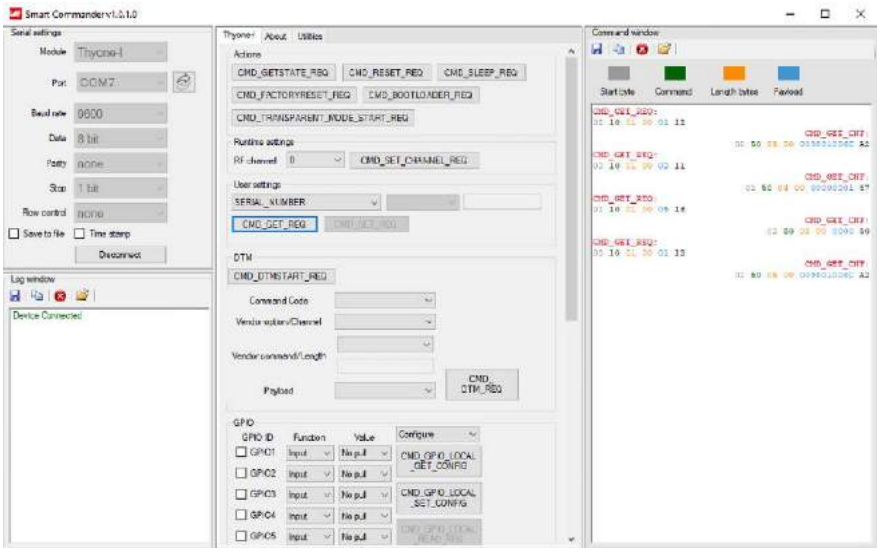
Pozostałe:
BOOT, BUSY, WAKE, HS: zwora SMD0402
FB: dławik ferrytowy 120 Ω/0,2 A SMD603
MODE: złącze SIP2 2,00 mm + zwora
RES: mikroprzełącznik 6×3 mm SMD
RM: złącza męskie 10 pin 2 mm
UART: złącze PH 2 mm 4 pin

*** 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 b41ae9951b



Rysunek 3. Oprogramowanie konfiguracyjne Smart Commander

(0 Ω, SMD0402). Thyone-I ma dwa tryby pracy: Transparent (TM) i Command (CM), które wybierane są położeniem zwory MODE. Zwarcie zwory do zasilania VRF uaktywnia tryb TM, w którym moduł pracuje jako radiowy link UART z parametrami 115200,8,N,1 lub innymi ustawionymi w trybie CM. W trybie CM (zwora zdjęta) uzyskujemy możliwość pełnej konfiguracji funkcjonalności modułu opisanych w dokumentacji 2611011021000_Thyone-I 2611011021000 Manual_rev1.pdf.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż modułu nie jest skomplikowany i nie wymaga szczegółowego opisu, zmontowany moduł pokazano na fotografii tytułowej.

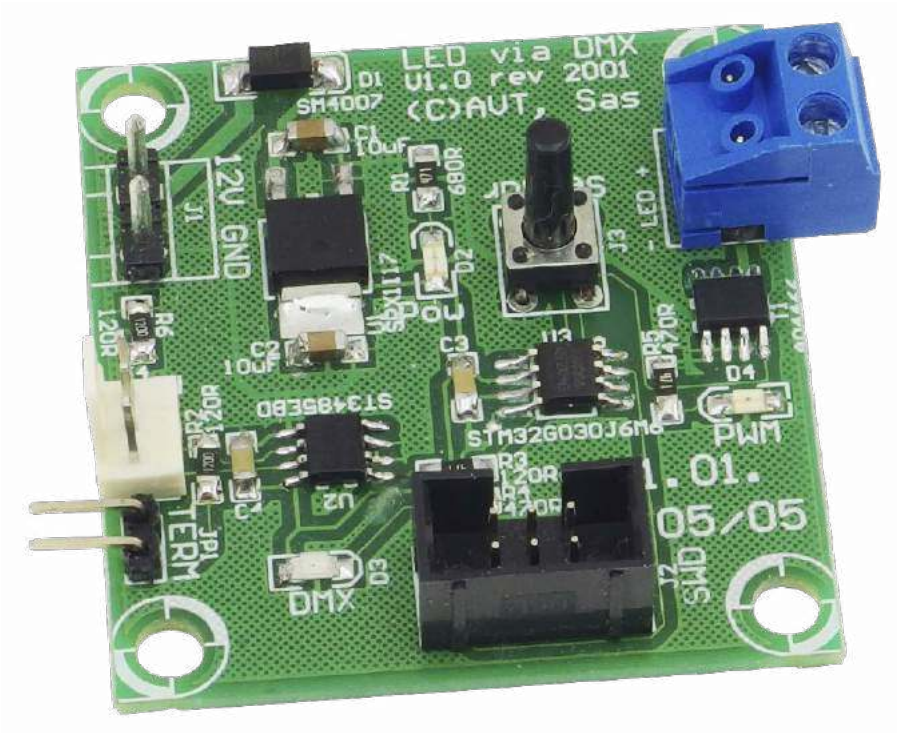
Do uruchomienia modułu przydatny będzie konwerter XBee_PC (AVT5513). Po umieszczeniu modułu w płytce XBee_PC możemy podłączyć go do komputera PC. Oczywiście do realizacji transmisji potrzebne są dwa komplety Xbee_PC/Xbee_Thyone-I. W każdym z modułów musi być założona zwora TM. Następnie należy uruchomić terminale komunikacji szeregowej, ustawić parametry portu na 115200,8,N,1. Wysyłając znaki pomiędzy terminalami, możemy sprawdzić komunikację. Diody led LTX i LTX potwierdzą aktywną komunikację i działanie linku radiowego z uwzględnieniem ograniczeń trybu TM.

Do szybkiej konfiguracji, zmiany parametrów transmisji, wyboru kanałów RF służy udostępnione przez Wurth Elektronik oprogramowanie Smart Commander (**rysunek 3)**. Oczywiście moduł może być skonfigurowany w systemie przez współpracujący mikrokontroler. Interesującym podejściem Wurth Elektronik do aplikacji modułu Thyone-I jest możliwość elastycznego dopasowania do potrzeb klienta. Moduł może być dostarczany z niestandardową konfiguracją bazującą na aktualnym oprogramowaniu np. z innymi domyślnymi parametrami portu szeregowego itp., z oprogramowaniem dostosowanym do potrzeb klienta lub wręcz z oprogramowaniem opracowanym i dostarczonym przez klienta.

Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl

Sterowanie taśmą LED przez DMX

Nowe mikrokontrolery cechują się coraz większymi zasobami i szybkością pracy. Dobrym przykładem jest STM32G030J6, który, co ważne w prezentowanym projekcie, zawiera stabilny generator zegarowy, który pozwalający na pracę interfejsu UART bez dodatkowego kwarcu. Nie bez znaczenia jest też kilkukrotnie większa pojemność pamięci FLASH i RAM. Te cechy pozwoliły na zbudowanie taniego interfejsu dla taśm LED sterowanego protokołem DMX.

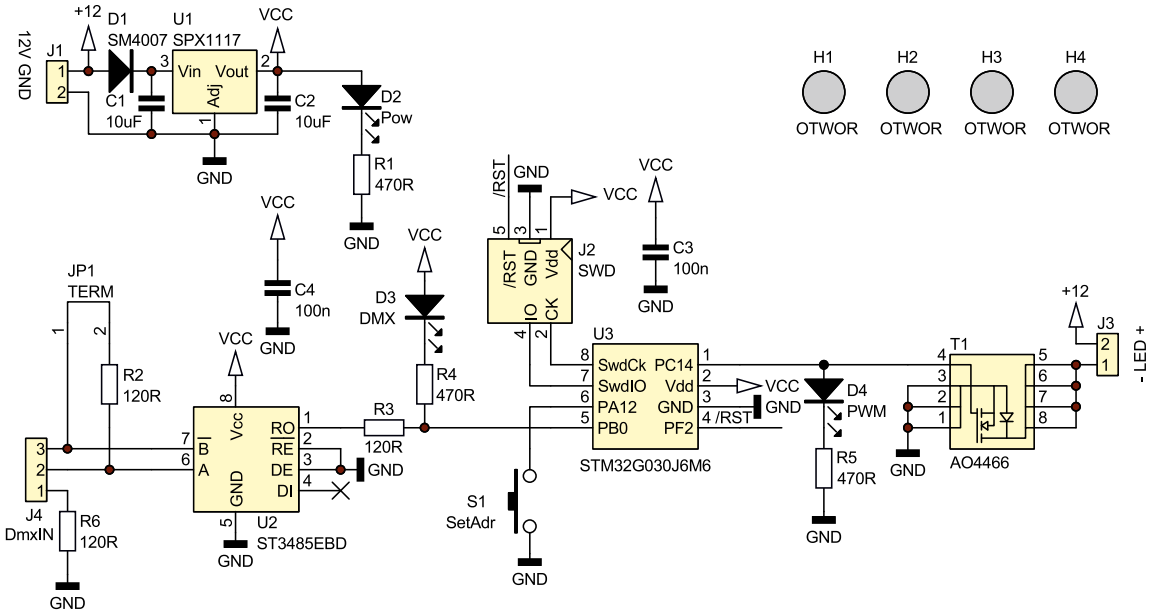


W urządzeniu zastosowano ciekawe rozwiązanie programowe. Generator PWM pracuje z 12-bitową rozdzielczością, ale wprowadzono korektę, podobną do korekty gamma, która ogranicza liczbę poziomów świecenia do wartości 8-bitowej. Dzięki temu regulacja i intensywność świecenia dołączonego źródła LED działają w sposób liniowy.

Budowa i działanie

Schemat układu nie jest skomplikowany, został pokazany na **rysunku 1**. Napięcie zasilające taśmę LED służy także do zasilania mikrokontrolera. Ze względu na mały pobór prądu przez mikrokontroler (około 10 mA) zdecydowano się na zastosowanie stabilizatora liniowego U1. Dioda D1 zabezpiecza stabilizator przed skutkami odwrotnego podłączenia zasilania. Dioda LED D2 sygnalizuje obecność napięcia zasilającego. Układ U2 konwertuje różnicowy sygnał DMX na poziomy wymagane przez

eprasa.pl b41ae9951b



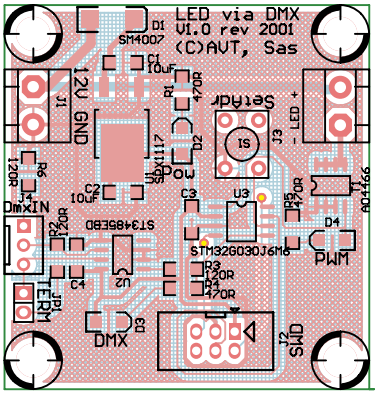
Rysunek 1. Schemat elektryczny urządzenia

mikrokontroler. Zworka JP1 pozwala włączyć terminator na linii DMX w sytuacji, gdy interfejs jest ostatnim urządzeniem na magistrali DMX. Dioda LED D3 sygnalizuje obecność sygnału DMX. Wyjście PWM zasila diodę LED D4 oraz przez bramkę T1. Prąd maksymalny tranzystora T1 wynosi 10 A, ale ze względu na warunki pracy nie należy przekraczać wartości 4 A. Przycisk S1 pozwala ustawić adres interfejsu.

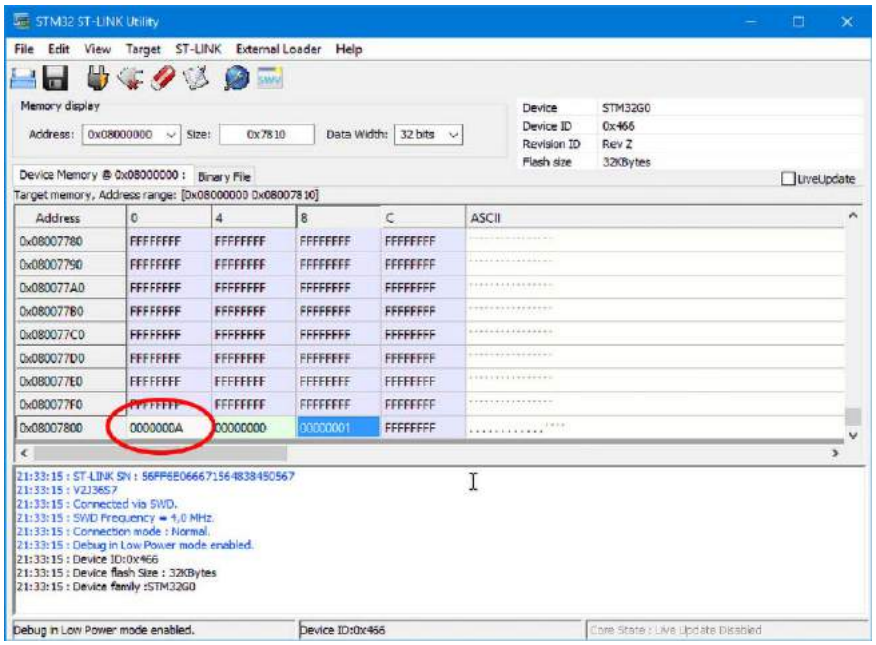
Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 2**. Montaż jest tradycyjny i nie wymaga szczegółowego opisu. Po podłączeniu zasilania należy zaprogramować mikrokontroler. Do tego celu wystarczy najtańszy programator ST-LINK, który można kupić za kilkadziesiąt złotych. Jest także dostępny na wszystkich płytkach NUCLEO i DISCOVERY produkowanych przez STMicoelectronics.

Domyślnym adresem interfejsu jest 0. Należy zauważyć, że numeracja kanałów w programach konsol DMX może zaczynać się od zera lub jedynki. Jeśli zaczyna się od jeden, należy ten fakt uwzględnić przy ustawianiu adresu interfejsu. Adres można zmienić za pomocą przycisku S1. Aby to uczynić, na kanale 0 konsoli DMX czy



Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów



Rysunek 3. Zawartość pamięci mikrokontrolera z zaznaczonymi istotnymi komórkami

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

W ofercie AVT* AVT-5815

Podstawowe parametry:
- 8-bitowa regulacja poziomu intensywności świecenia,
- maksymalny prąd wyjściowy ok. 4 A,
- częstotliwość PWM: 3,9 kHz, rozdzielczość PWM: 12 bitów,
- zasilany napięciem 12 V, pobór prądu bez obciążenia ok. 10 mA.

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD 1206)
R2, R3, R6: 120 Ω
R1, R4, R5: 470 Ω

Kondensatory: (SMD 1206)
C1, C2: 10 µF
C3, C4: 100 nF

Półprzewodniki:
D1: SM4007
D2: dioda LED zielona SMD1206
D3: dioda LED żółta SMD1206
D4: dioda LED niebieska SMD1206
T1: AO4466
U1: SPX1117 SMD
U2: ST3485EBD SMD
U3: STM32G030J6M6 SMD

Pozostałe:
J1, J3: szpilki typu TB-5.0-PP-2P + TB-5.0-PIN2
J2: złącze typu T821-1-06-S1
J4: złącze typu NS25-W3P
S1: mikroswitch
JP1, goldpin kątowy 1×2 + jumper

* 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 b41ae9951b

w panelu programu komputerowego należy ustawić pożądany adres podzielony przez 2, po czym nacisnąć przycisk. Adres zostanie zapamiętany w pamięci FLASH. W ten sposób możliwe jest ustawienie tylko adresów parzystych. Jeśli zaistnieje konieczność ustawienia adresu nieparzystego, należy posłużyć się programatorem ST-LINK. Za jego pomocą odczytujemy pamięć mikrokontrolera. Długie słowo o adresie 0x7800 zawiera adres DMX, na który reaguje interfejs. Na **rysunku 3** jest to zaznaczone czerwoną elipsą (adres 0xA = 10). Po zaznaczeniu słowa, zmodyfikowaniu go i potwierdzeniu lawiszem ENTER nastąpi zapis pamięci. Wartość słowa pod adresem 0x7808 (niebieskie tło na rysunku 3) decyduje o zachowaniu interfejsu przy braku sygnału DMX. Domyślnie (wartość różna od 0 i 1) diody LED będą płynnie pulsować. Wartość zero spowoduje, że przy braku sygnału diody zostaną wyłączone, wartość jeden zapamięta ostatnią przesłaną wartość.

Podsumowanie

Na zakończenie warto obalić mit, że STM32 są trudne do programowania. Na przykład – ustawienie bloku PLL generatora kwarcowego wydaje się bardzo trudne, ale w wielu aplikacjach, jak choćby w tym projekcie, PLL nie trzeba ustawiać, bo układ pracuje na domyślnym taktowaniu 16 MHz. Natomiast jeśli zajdzie potrzeba ustawienia PLL, to CubeMX/CubeIDE sprowadza tę czynność do kilku kliknięć myszką. Drugim częstym zarzutem jest brak pamieci EEPROM. Przeważnie w roli nieulotnej pamięci danych można wykorzystać, tak jak w tym projekcie, pamięć FLASH. Czas zapisu/kasowania jest dziesiątki czy setki razy krótszy niż EEPROM, a do pełnej emulacji EEPROM, STMicroelectronics dostarcza stosowne biblioteki.

Sławek Skrzyński
sas@elportal.pl

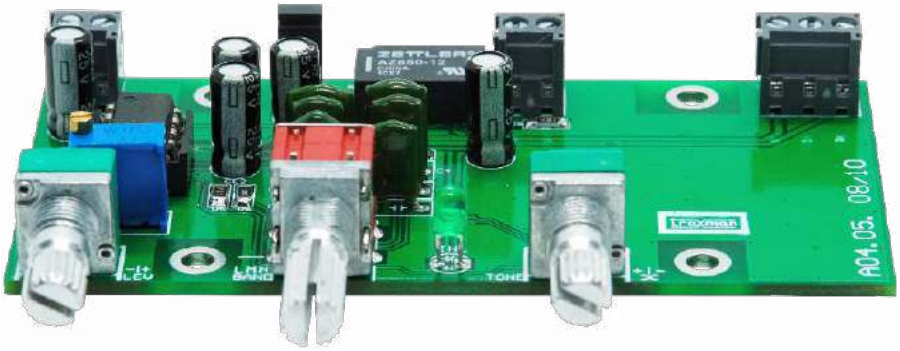
Regulator balansu tonów

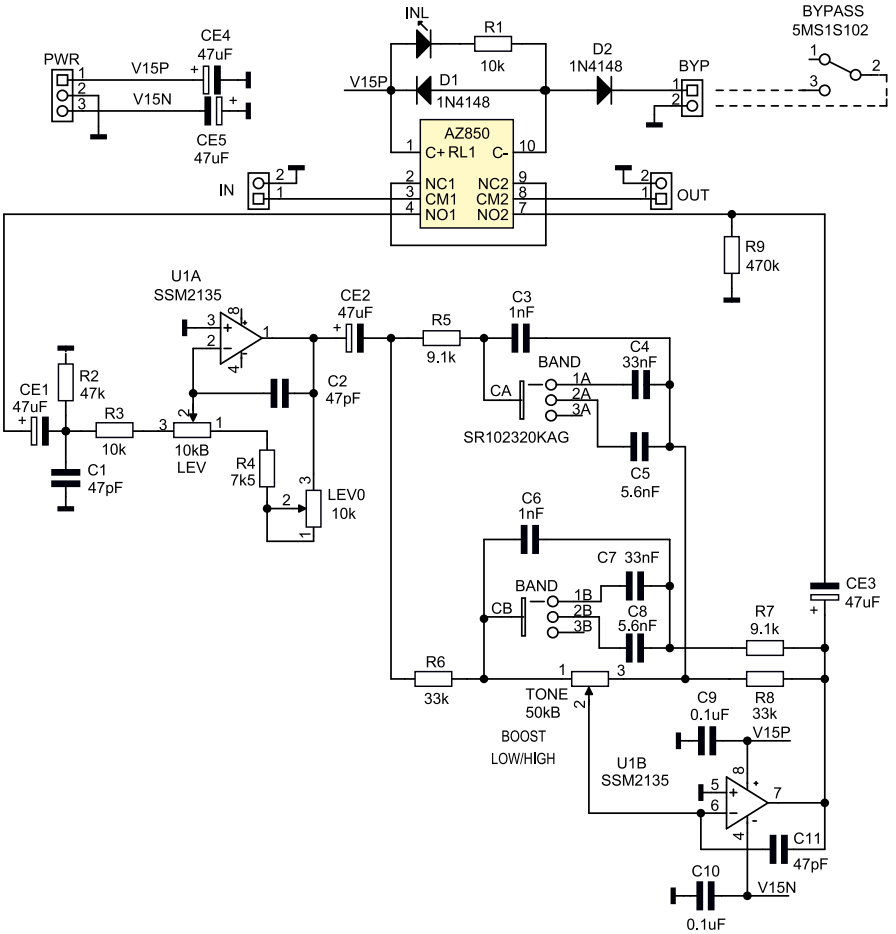
Korektor charakterystyki barwy dźwięku jest podstawowym elementem toru audio „domowego" studio lub systemu nagłośnienia. Regulator balansu tonów jest specjalistycznym korektorem niespotykanym praktycznie w domowych systemach audio. Umożliwia on kształtowanie charakterystyki częstotliwościowej obrabianego sygnału, w którym chcemy zmienić jednocześnie stosunek tonów niskich do wysokich. Jego charakterystyka przypomina regulację balansu stereo, gdzie poszczególne kanały stereo są zastąpione pasmami sygnału audio.

Opisany regulator jest zmodyfikowanym układem regulatora barwy dźwięku bazującym na układzie Baxandalla dla częstotliwości niskich i wysokich, ze sprzęgniętymi w przeciwnych położeniach potencjometrami regulacyjnymi. W środkowym położeniu oba zakresy pozostają z niezmienionymi amplitudami, w skrajnych położeniach uwypuklane jest pasmo tonów niskich lub wysokich.

Budowa i działanie

Schemat regulatora balansu tonów został pokazany na **rysunku 1.** Sygnał wejściowy z gniazda IN doprowadzony jest do stopnia o regulowanym wzmocnieniu na wzmacniaczu U1A. Układ umożliwia dopasowanie czułości wejściowej za pomocą potencjometru LEV0. Przekaźnik RL1 jest odpowiedzialny za bypass korektora, przekazuje sygnał z wejścia na wyjście, bez jakiejkolwiek zmiany, gdy układ jest pozbawiony zasilania (ułatwia to budowę torów szeregowych) lub gdy wyłączony jest przełącznikiem BYPASS, podłączonym do złącza BYP. Pracę korektora





Rysunek 1. Schemat ideowy układu

eprasa.pl b41ae9951b

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

W ofercie AVT* AVT-5816

Podstawowe parametry:
- umożliwia kształtowanie charakterystyki częstotliwościowej obrabianego sygnału w taki sposób, aby zmienić stosunek tonów niskich do wysokich,
- wyposażony w przełącznik określający częstotliwość przełamania charakterystyki regulacji (200 Hz, 1 kHz, 6 kHz),
- funkcja bypass, której uruchomienie przekazuje sygnał z wejścia na wyjście, bez jakiejkolwiek zmiany, gdy układ jest pozbawiony zasilania,
- wymaga zasilania symetrycznego, dobrze stabilizowanego ±15 V, 100 mA.

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD1206, tolerancja 1%)
R1, R3: 10 kΩ
R2: 47 kΩ
R4: 7,5 kΩ
R5, R7: 9,1 kΩ
R6,R8: 33 kΩ
R9: 470 kΩ
LEV: potencjometr 10 kΩ lin 9 mm mono
LEV0: helitrim pionowy 10 kΩ 3296W
TONE: potencjometr 50 kΩ lin. 9 mm mono

Kondensatory:
C1, C2, C11: 47 pF SMD1206 kondensator NP0
C3, C6: 1 nF
C4, C7: 33 nF
C5, C8: 5,6 nF
C9, C10: 0,1 µF/25 V SMD0805 X7R
CE1, CE2, CE3, CE4, CE5: 47 µF/25 V

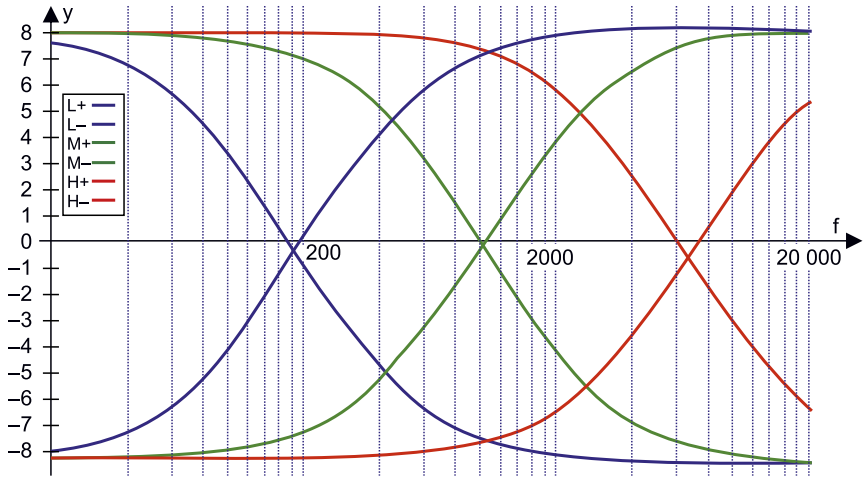
Półprzewodniki:
D1, D2: 1N4148 SMD1206
INL: dioda LED 3 mm
U1, U1: SSM2135 (DIP8) lub NE5532

Pozostałe:
RL1: przekaźnik 12V AZ850
BAND: przełącznik obrotowy SR102320KAG
BYP: złącze SIP2 kompletne
BYP: przełącznik dźwigniowy 2-pozycyjny
IN, OUT: złącze śrubowe DG381-3.5-2
PWR: złącze śrubowe DG381-3.5-3

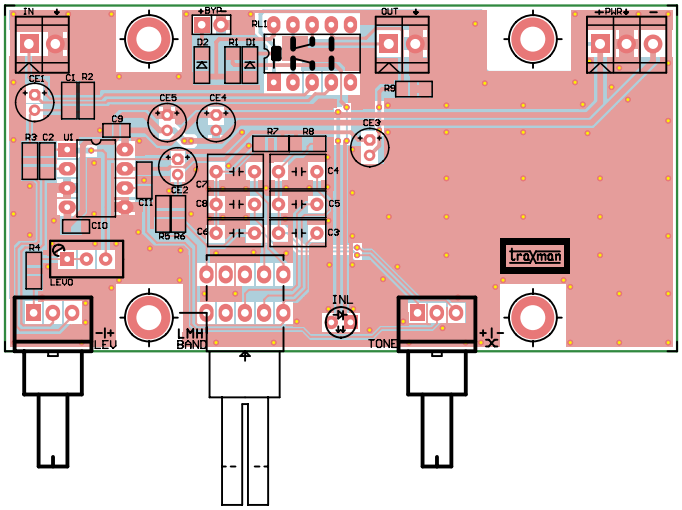
*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować 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 2. Charakterystyki regulacji modelu



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

w torze audio sygnalizuje dioda INL. Wzmacniacz U1A pracujący jako bufor, zapewnia możliwie małą impedancję sterującą układu korektora. Potencjometr TONE reguluje stosunek pasm. W skrajnym lewym położeniu uwypuklane są tony niskie, w skrajnym prawym wysokie. Przełącznik BAND określa częstotliwość przełamania charakterystyki regulacji. W lewym położeniu częstotliwość środkowa wynosi ok. 200 Hz, w środkowym 1 kHz, w prawym 6 kHz. Przykładowe charakterystyki regulacji osiągnięte w modelu dla skrajnych położeń potencjometru TONE i różnych położeń przełącznika BAND pokazano na **rysunku 2**.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 3**. Montaż nie jest skomplikowany i nie wymaga opisu. Poprawnie zmontowany układ nie wymaga uruchamiania, należy jedynie potencjometrem LEV0 wyrównać poziom wyjściowy przy środkowych położeniach potencjometru TONE i przełącznika BAND, aby zachować jednostkowe wzmocnienie korektora. Dla zachowania dokładności regulacji odpowiadające pary kondensatorów C3 i C6, C4 i C7, C5 i C8 powinny być dobrane na minimalną różnicę pojemności, gdyż ma to wpływ na symetrię regulacji, co jest widoczne na rysunku 2, w postaci przesunięcia pionowego wykresów podbicia i osłabienia, przy częstotliwości przełamania regulacji. Po regulacji poziomu pozostaje jedynie wpięcie korektora w tor audio i masowe rażenie bębenków słuchaczy...

Adam Tatuś
adam.tatus@ep.com.pl

TRADYCYJNA **JESIENNA PROMOCJA** PRENUMERATY
10 = 12 + 2
PATRZ STRONĘ 2
cprasa.pl b41ac0951b

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

SP32-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

ESP32-DEVKITC-V4

Płytka rozwojowa pozwala na wykorzystanie możliwości układu ESP32 firmy Espressif, który umożliwia łatwą realizację komunikacji poprzez Wi-Fi oraz Bluetooth BLE. Większość linii GPIO została doprowadzona do pinów o rozstawie 2,54 mm, a dodatkowo na płytce znajduje się konwerter USB/UART, który umożliwia programowanie modułu np. w środowisku Arduino IDE.

Wybrane parametry modułu:
- Protokoły BT: Bluetooth v4.2 BR/EDR oraz Bluetooth BLE
- Obsługa Bluetooth Audio: CVSD oraz SBC
- Protokoły Wi-Fi: 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r (802.11n o przepływności do 150 Mbit/s)
- Tryby pracy Wi-Fi: sta/softAP/SoftAP+sta/P2P
- Zabezpieczenia Wi-Fi: WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
- Szyfrowanie Wi-Fi: AES/RSA/ECC/SHA
- Protokoły sieciowe: IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
- Wbudowana antena PCB (MIFA)
- Wbudowany konwerter USB-UART
- Wyprowadzenia GPIO o rozstawie 2,54 mm
- Zasilanie z USB (gniazdo typu microUSB)
- Wymiary modułu: 54,5×27,9 mm

https://bit.ly/3n6AIzZ

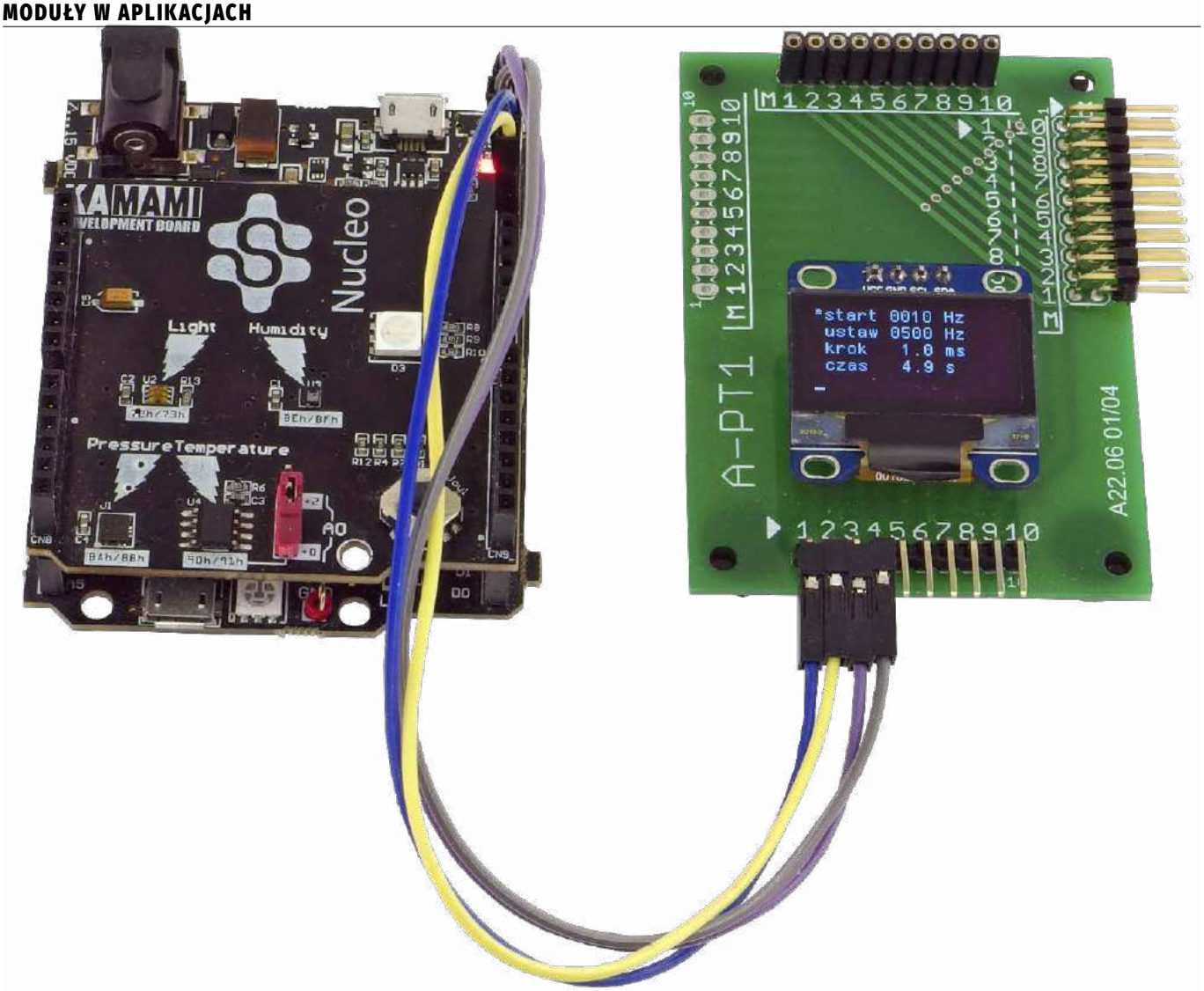
Klub Aplikantów Próbek
to inicjatywa redakcji „Elektroniki Praktycznej". W kontaktach z firmami redakcja często otrzymuje do przetestowania próbki podzespołów, modułów, a nawet całych urządzeń elektronicznych. Są to zwykle najnowsze typy/modele produktów na rynku. Z chęci podzielenia się z Czytelnikami tymi próbkami zrodziła się inicjatywa pod nazwą Klub Aplikantów Próbek.

Członkiem KAP może stać się każdy, kto zgłosi chęć przetestowania próbki. Wykaz i krótki opis próbek, którymi dysponuje redakcja EP, można znaleźć na stronie ep.com.pl/nowosci/kap. Wystarczy wybrać próbkę i zaplanować jej zastosowanie. Następnie należy wysłać wiadomość poprzez formularz kontaktowy, dostępny również na wspomnianej stronie, z prośbą o przesłanie bezpłatnej próbki, opisując swój pomysł oraz podając dane do wysyłki.

Mile widziane, choć nieobowiązkowe, jest też przysłanie do redakcji EP opisu wykonanej aplikacji próbek. Najciekawsze opisy opublikujemy na naszej stronie ep.com.pl lub na łamach „Elektroniki Praktycznej".

Z uwagi na ograniczoną liczbę dostępnych próbek i niemałe zainteresowanie nimi, warto opisać swój pomysł na projekt na naszym forum internetowym, w dziale poświęconym Klubowi Aplikantów Próbek http://bit.ly/2qeN28e. Ponadto, by dodatkowo zwiększyć swoje szanse, należy polubić fanpage „Elektroniki Praktycznej" na Facebooku (http://bit.ly/2WygFO9) oraz udostępnić post, w którym opisujemy rozdawane próbki.

eprasa.pl b41ae9951b



Generator symulujący impulsy przyśpieszenia

Projekt powstał na potrzeby takiego zadania: należało skonstruować układ kontrolujący działanie dużej, trudno dostępnej maszyny. Mechanizm maszyny podczas pracy przyśpiesza i zwalnia. Czujnik zintegrowany z mechanizmem generuje impulsy, których okres trzeba rejestrować i mierzyć. Pisząc oprogramowanie dla układu nadzorującego, chcemy na bieżąco przeprowadzać testy i usuwać błędy. Ponieważ ciągły dostęp do maszyny jest niemożliwy, potrzebujemy symulatora, który odwzoruje sygnał z czujnika maszyny.

Założenia

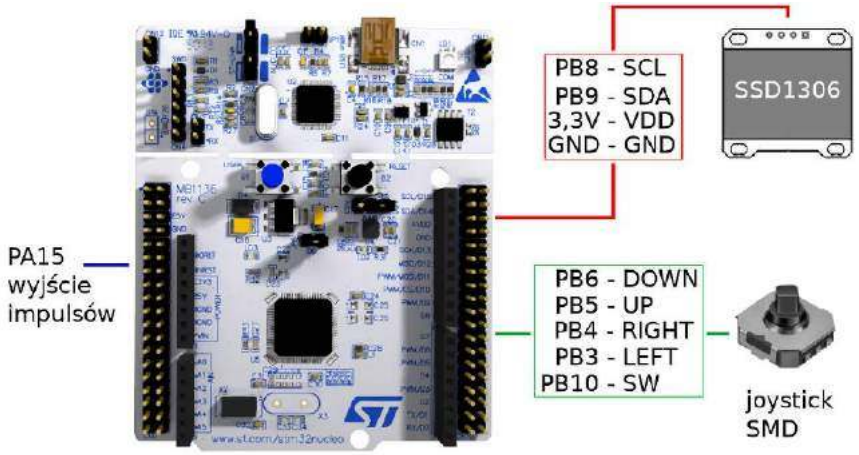
Ruch prawdziwej maszyny, np. wału silnika napędowego, nie jest stały, ale stopniowo i płynnie przyśpiesza lub zwalnia. Nasza symulacja będzie wystarczająco dokładna, jeżeli na potrzeby testu utrzyma stały przyrost szybkości, pomijając etapy rozpędzania i hamowania. Zakres częstotliwości generowanych impulsów także nie będzie szeroki: od 10 Hz do 500 Hz. Powinna istnieć możliwość wyboru tempa liniowego rozpędzania lub hamowania. Przyjmijmy, że będzie ono ustawiane w zakresie od 0,1% do 10% przyrostu pomiędzy jednym okresem impulsów a kolejnym.

Jako część sprzętowa generatora-symulatora posłuży kontroler w postaci płytki Nucleo z STM32F411. Miniaturowy wyświetlacz OLED i mikrojoystik będą pełniły funkcję interfejsu użytkownika służącego do wprowadzania nastaw i wyświetlania bieżących parametrów pracy symulatora. Na **rysunku 1** pokazano schemat połączeń pomiędzy trzema elementami symulatora.

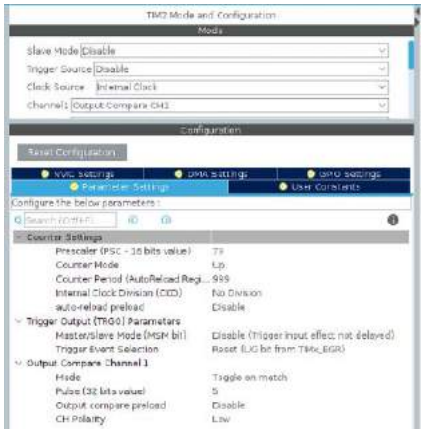
Generowanie impulsów

Kontrolery STM32 są doskonale przygotowane do generowania impulsów. Kilka wewnętrznych programowalnych liczników (*Timer*) pozwala na wytwarzanie zarówno pojedynczych impulsów, jak i przebiegów o stałej częstotliwości i zmiennym wypełnieniu (PWM). Do generownaia przebiegu o zmiennym okresie symulującym impulsy wytwarzane przez maszynę użyjemy licznika Timer2 i jego wyjścia OC1 (*Output Compare*). Timer2 jest 32-bitowym licznikiem,

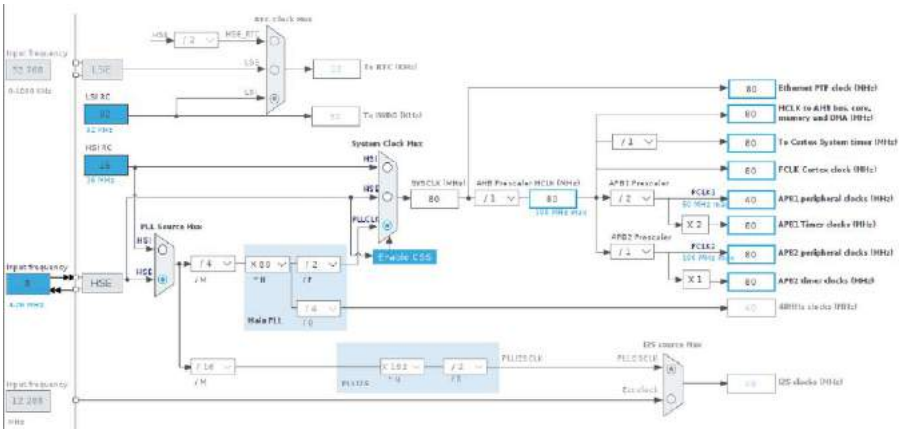
eprasa.pl b41ae9951b



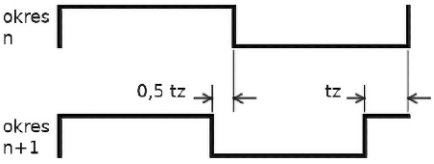
Rysunek 1. Połączenia pomiędzy częściami składowymi symulatora



Rysunek 3. Ustawienia parametrów Timera2 w STM32CubeMX



Rysunek 2. Ustawienia sygnałów zegarowych w STM32CubeMX



Rysunek 4. Impulsy wyjściowe generowane przez symulator

co pozwala bez większych komplikacji używać go do generowania zarówno szybkich przebiegów, jak i wolnych, o długim okresie.

Dla zapewnienia dobrej rozdzielczości ustawień licznik powinien być taktowany szybkimi impulsami zegarowymi o okresie 1 µs, co odpowiada częstotliwości 1 MHz. Na **rysunku 2** pokazano ustawienia wewnętrznych przebiegów zegarowych procesora przeprowadzone za pomocą programu narzędziowego STM32CubeMX. Główny sygnał zegarowy HCLK ma częstotliwość 80 MHz. Preskaler Timera2 ustawiony na 79 wytwarza z sygnału HCLK impulsy zegarowe dla Timera2 o częstotliwości 1 MHz. Pozostałe ustawienia STM32CubeMX dla Timera2 i wyjścia OC1 są widoczne na **rysunku 3**. Dla ustawień parametrów: *Counter Period* 999, *Mode Toggle on match*, *Pulse* 5, symulator będzie gotowy do generowania przebiegu o okresie 2 ms (500 Hz) i wypełnieniu 50%. Timer2, po osiągnięciu wartości ustawionej w *Counter Period*, zeruje się i zaczyna liczyć od początku. Po osiągnięciu wartości zapisanej w *Pulse* wyjście OC1 wyprowadzone na port PA15 zmienia swój stan na przeciwny, co zadeklarowano ustawieniem parametru *Mode*. Do wygenerowania pełnego okresu impulsu potrzebne są dwa przejścia Timera2.

Symulacja przyśpieszania lub zwalniania maszyny wymaga, aby każdy następny generowany okres odpowiednio wydłużać lub skracać, co pokazano na **rysunku 4**. Żeby uzyskać skrócenie kolejnego okresu n+1 o wartość *tz*, należy skrócić jego półokresy o ½ *tz*. W oprogramowaniu symulatora maszyny dzieje się to podczas przerwania *HAL_TIM_OC_DelayElapsedCallback*, którego konstrukcję można obejrzeć na **listingu 1**. W zmiennej *okres_timera* przechowywana jest wartość, przy której następuje zerowanie Timera2, co odpowiada półokresowi generowanego przebiegu liczonego w mikrosekundach. Rejestr ARR określa zakres zliczania Timera2 i właśnie dlatego wartość zmiennej *okres_timera* przepisywana jest do tego rejestru. W procedurze wywoływanej w przerwaniu *GeneratorKrokiRampy()* obliczana jest nowa wartość zmiennej *okres_timera*. Jeżeli będzie symulowane zwalnianie prędkości maszyny, następny okres Timera2 będzie wydłużany o ustawioną wartość procentową z przedziału 0,1% (powolne zwalnianie) do 10% (bardzo szybkie hamowanie). Do symulowania przyśpieszenia kolejne okresy Timera2 będą skracane.

Większa część oprogramowania służy jako interfejs do wyświetlania stanu symulatora maszyny oraz do wprowadzania nastaw. Na miniaturowym wyświetlaczu OLED SSD1306 można odczytać informacje o bieżącej i ustawianej częstotliwości oraz o ustawionej szybkości zmian przyśpieszenia wyrażonej jako wartość procentowa przyrostu dla kolejnych okresów. Wyświetlany jest także wyliczony czas w sekundach potrzebny na osiągnięcie zadanej częstotliwości. Mikrojoystik służy do przemieszczania kursora na wyświetlaczu oraz do wprowadzania nowych ustawień i wyzwalania cyklu zmiany przyśpieszenia. Do przełączania pomiędzy kolejnymi ekranami menu służy dodatkowy przycisk podłączony do portu PB12.

Na **fotografii tytułowej** pokazano działający model symulatora. Do budowy zastosowano płytkę KA-NUCLEO-F411 będącą odpowiednikiem NUCLEO-F411RE firmy ST. Ze względu na zamontowany mikrojoystik użyto także płytki KA-NUCLEO-Weather.

Ryszard Szymaniak
biuro@ars.info.pl

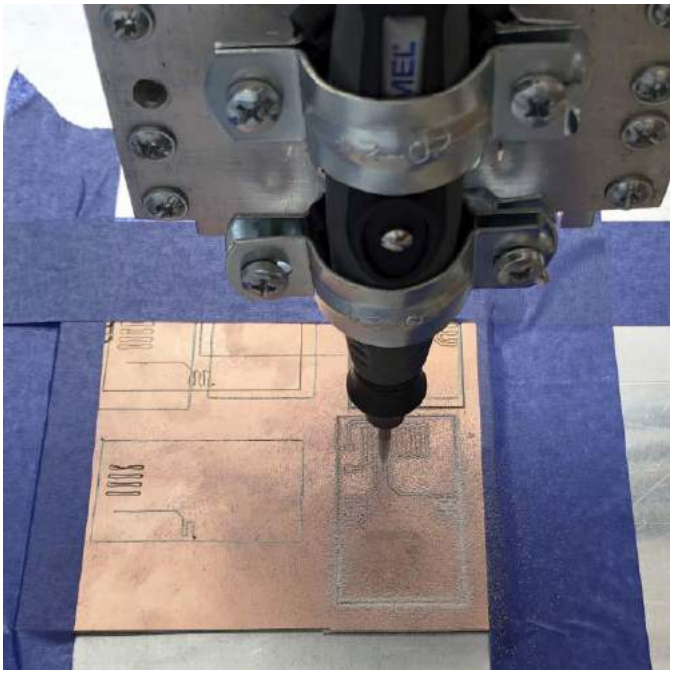
Listing 1

```
//----------------------------------
//obsługa przerwania kanałów OC TIM2
void HAL_TIM_OC_DelayElapsedCallback(TIM_HandleTypeDef * htim)
{
    if (htim->Instance ==TIM2){
        //obsługa przerwania TIM2 CC1 odliczania okresu ustawionej
        //częstotliwości, rozdzielczość 1us
        if (htim->Channel == HAL_TIM_ACTIVE_CHANNEL_1){
            if (zmiana_polowki_okresu ==TRUE)
                zmiana_polowki_okresu =FALSE;
            else {
                zmiana_polowki_okresu =TRUE;
                if (ustaw_nowy_okres_timera==TRUE){
                    TIM2-> ARR = okres_timera-1;
                    ustaw_nowy_okres_timera =FALSE;
                    GeneratorKrokiRampy();
                }
            }
        }
    }
}
```


eprasa.pl b41ae9951b

Desktop manufacturing

Zagadnienie to odnosi się do procesów tworzenia fizycznych obiektów na podstawie cyfrowego modelu. Popularną technologią realizującą takie zadanie jest druk 3D. Z jednej strony, nie zastąpi większości współczesnych procesów wytwórczych, a z drugiej strony, w niektórych obszarach pozostanie jedyną metodą wytwarzania. W elektronice druk przestrzenny jest znakomitym narzędziem pozwalającym zaoszczędzić czas i pieniądze. Coraz większym zainteresowaniem cieszą się także urządzenia frezujące, grawerujące i wycinające. Mają węższy zakres zastosowań, ale charakteryzują się wysoką precyzją oraz doskonałą jakością wykonanych procesów. Obok zróżnicowania urządzeń warto też zauważyć zróżnicowanie materiałów…
Szeroka tematyka desktop manufacturingu, skupiająca zagadnienia sprzętowe, materiałowe i programowe, oraz dynamiczny rozwój każdego z tych działów sprawia, że ta dziedzina wymaga ciągłego aktualizowania wiedzy.



Nowoczesny przemysł wytwórczy bazuje na maszynach CNC, które pozwalają na szybkie, precyzyjne i powtarzalne wykonywanie różnych procesów produkcyjnych. Najczęściej stosowanymi maszynami są drukarki 3D i frezarki, ale dostępne są też tokarki oraz specjalistyczne maszyny przeznaczone do wycinania lub zaginania. Obróbka z użyciem techniki numerycznej jest bardzo wygodna i precyzyjna niezależnie od materiału podlegającego obróbce. Jeszcze niedawno technologia ta była zarezerwowana niemal wyłącznie dla dużych zakładów produkcyjnych, ale w ostatnim czasie coraz bogatsza oferta urządzeń kierowana jest do biur konstrukcyjnych, małych linii produkcyjnych, działów R&D oraz hobbystów.

Język G-code

Skrót CNC pochodzi od słów *Computerized Numerical Control*, co w tłumaczeniu na język polski oznacza komputerowe sterowanie urządzeń numerycznych. Sterowanie to odbywa się za pośrednictwem specjalnego języka G-code, który służy do zapisu poleceń dla urządzeń CNC. Składa się on z prostych poleceń, wskazujących, jakie zadania po kolei ma realizować maszyna. Jest generowany programem typu Slicer na podstawie modelu, najczęściej pliku STL. Polecenia często zapisane są w formie tekstowej i można je łatwo otworzyć i edytować. W niektórych sytuacjach znajomość poleceń tego języka może się przydać przy rozwiązywaniu problemów.

```
T0
G92 E0.0000
G1 E-2.5000 F1800
; feature inner perimeter
; tool H0.248 W0.520
G1 Z0.327 F198
G1 X136.289 Y25.800 F15000
G1 E0.1500 F1800
G92 E0.0000
G1 X161.450 Y25.800 E1.2790 F1013
G1 X161.450 Y45.962 E2.3039
```

Rysunek 1. Przykład poleceń sterujących w języku G-code

Fotografia 1. Ploter tnący płaski

Fotografia 2. Ploter tnący bębnowy

eprasa.pl b41ae9951b

Fotografia 3. Okulary ochronne i oznakowanie ostrzegające

Fotografia 4. Element wykonany przy użyciu giętarki do drutu

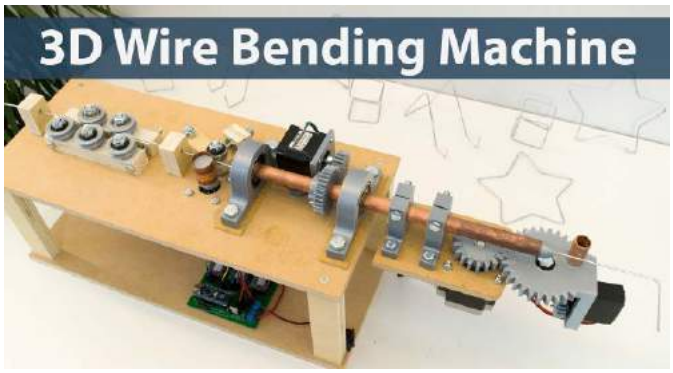
Fotografia 5. Przemysłowa giętarka do drutu

Układ sterujący urządzenia CNC jest wyposażony w mikrokontroler, który odpowiada za interpretowanie komend G-code i kontrolowanie podzespołów wykonawczych, takich jak silniki krokowe, silniki wysokoobrotowe, dysze czy lasery.

Maszyny CNC

Jednym z mniej popularnych typów urządzeń CNC są plotery tnące, które służą do wycinania kształtów w arkuszach miękkich materiałów. Można wyróżnić plotery płaskie (**fotografia 1**), w których głowica przesuwa się nad powierzchnią wzdłuż dwu osi X i Y, oraz plotery bębnowe (rolkowe) (**fotografia 2**), w których rolka przesuwa materiał (oś Y), a głowica przesuwa się wzdłuż osi bębna (oś X). Większą dokładność cięcia uzyskuje się w ploterach płaskich, jednak obecnie plotery rolkowe dorównują im w większości zastosowań. Urządzenia tego tupu, w zależności od konstrukcji, umożliwiają wycinanie różnych kształtów w papierze lub innym materiale, takim jak folia, karton czy filc. Niektóre umożliwiają także nanoszenie rysunków lub grawerowanie. Przeważnie wyposażone są w nóż oscylacyjny, czyli ostrze poruszające się w górę i w dół, i w ten sposób krojące materiał. Dostępne są też plotery z głowicą laserową, która wyróżnia się lepszą jakością krawędzi cięcia. Jednak laser może być nieskuteczny w przypadku przezroczystych tworzyw, takich jak plexi, a w przypadku innym może powodować wydzielanie szkodliwych oparów. Jeśli odpowiednio zmniejszymy moc lasera, to uzyskamy efekt grawerowania, a nie wycinania. Należy pamiętać, że światło lasera jest szkodliwe dla wzroku i przy pracy z takimi urządzeniami należy używać specjalnych okularów ochronnych (**fotografia 3**).

Specyficzną i równie mało znaną maszyną CNC jest giętarka do drutu. I należałoby dodać – giętarka 3D, ponieważ elementy wykonane taką maszyną nie ograniczają się do jednej płaszczyzny (**fotografia 4**). Maszyny tego typu są bardzo skomplikowane, zwłaszcza mechanicznie i przeznaczone głównie dla zakładów produkcyjnych (**fotografia 5**). Eksperymentalną, miniaturową giętarkę do drutu można wykonać samemu. Na portalu howtomechatronics.com zaprezentowano taką konstrukcję (**fotografia 6**) [1]. Urządzeniem steruje mikrokontroler ATmega 328P, a część mechaniczna jest stosunkowo prosta. Na samym początku są wałki, które prostują drut, następnie jest zestaw rolek odpowiedzialny za podawanie drutu, napędzany silnikiem krokowym. Potem jest para zębatek z silnikiem krokowym, która zajmuje się obracaniem głowicy wykonującej gięcie. Sama głowica składa się z silnika krokowego, który jest odpowiedzialny za zaginanie, oraz serwomechanizmu, który chowa bolec zaginający.



Fotografia 6. Miniaturowa giętarka do drutu DIY

Fotografia 7. Narzędzia przeznaczone do tokarek

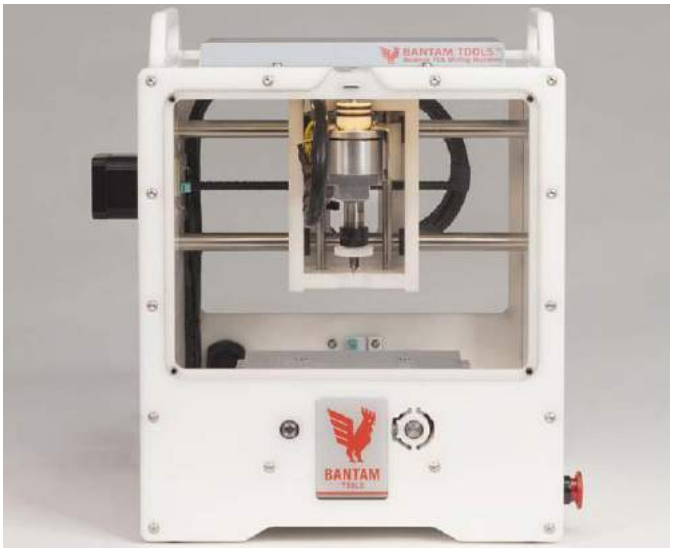
eprasa.pl b41ae9951b

Fotografia 8. Przykładowe elementy metalowe wykonane przy użyciu tokarki

Fotografia 9. Mała tokarka obsługiwana ręcznie

Film prezentujący pracę urządzenia dostępny jest na [2]. Autor urządzenia dokładnie opisał proces budowy oraz wskazał użyte elementy mechaniczne i elektroniczne.

Kolejną grupą maszyn, które na początku nie są kojarzone z techniką CNC, są tokarki. Służą one do obrabiania skrawaniem przedmiotów obrotowych zewnętrznych, czyli mających formę brył obrotowych: wałków, stożków, kul czy gwintów zewnętrznych i wewnętrznych. Przedmiot obrabiany wprowadzany jest w ruch obrotowy, a narzędzie obróbcze powoduje skrawanie obrabianej bryły. Narzędziem obróbczym w tokarce jest najczęściej: nóż tokarski, wiertło bądź narzędzie do gwintów (**fotografia 7**). Należy zwrócić uwagę na to, że narzędzia służące do obróbki metali muszą być wyposażone w system chłodzenia, aby nie uległy zniszczeniu, dlatego np. wiertło tokarskie ma dwie dziurki na przestrzał, przez które płynie chłodziwo. Obrabiany przedmiot jest mocowany do specjalnego uchwytu albo jest umieszczany między tak zwanymi kłami. Obrabianymi materiałami



Fotografia 11. Frezarka do wykonywania płytek PCB

są zwykle metale (**fotografia 8**). Najprostsze maszyny tego typu obsługuje się ręcznie i znajdują zastosowanie jako wyposażenie pracowni konstrukcyjnej czy warsztatu (**fotografia 9**), natomiast rozbudowane modele to sterowane w pełni komputerowo tokarki CNC.

Frezarka

Frezarka służy do obróbki skrawaniem różnego rodzaju materiałów, w szczególności metali, tworzyw sztucznych oraz drewna. Elementem roboczym jest frez, który wykonuje ruch obrotowy i przesuwa się względem obrabianego materiału, usuwając jego nadmiar. Choć zasada działania wydaje się nieskomplikowana, to frezarki mają naprawdę duże możliwości i są najpopularniejszymi obrabiarkami CNC (**fotografia 10**). Ze względu na konstrukcję wyróżnia się różne rodzaje tych urządzeń, m.in.: frezarki stołowe (cechują się bardzo dużą dokładnością), frezarki karuzelowe (ze stołem obrotowym, często stosowane w przemyśle motoryzacyjnym) czy frezarki bezwspornikowe (wrzeciono przesuwa się tylko pionowo po prowadnicy, stosowane w przemyśle ciężkim). Niezwykle ważna jest kwestia umiejętności osoby, która będzie obsługiwała frezarkę. Profesjonalny sprzęt wymaga specjalistycznej wiedzy i doświadczenia, która pozwala na jego prawidłowe użytkowanie i zagwarantuje bezpieczeństwo.

Frezarki do prac modelarskich czy do prototypowania prostych urządzeń chętnie są budowane przez konstruktorów. Ja również zbudowałem takie urządzenie. Była to pierwsza maszyna, jaką skonstruowałem i miała posłużyć m.in. do wytwarzania płytek PCB, ponieważ

Fotografia 10. Frezarka CNC

Fotografia 12. Profile 2040 V-slot

Fotografia 13. Łożysko w obudowie SC12UU

eprasa.pl b41ae9951b

Fotografia 14. Silnik krokowy NEMA 17

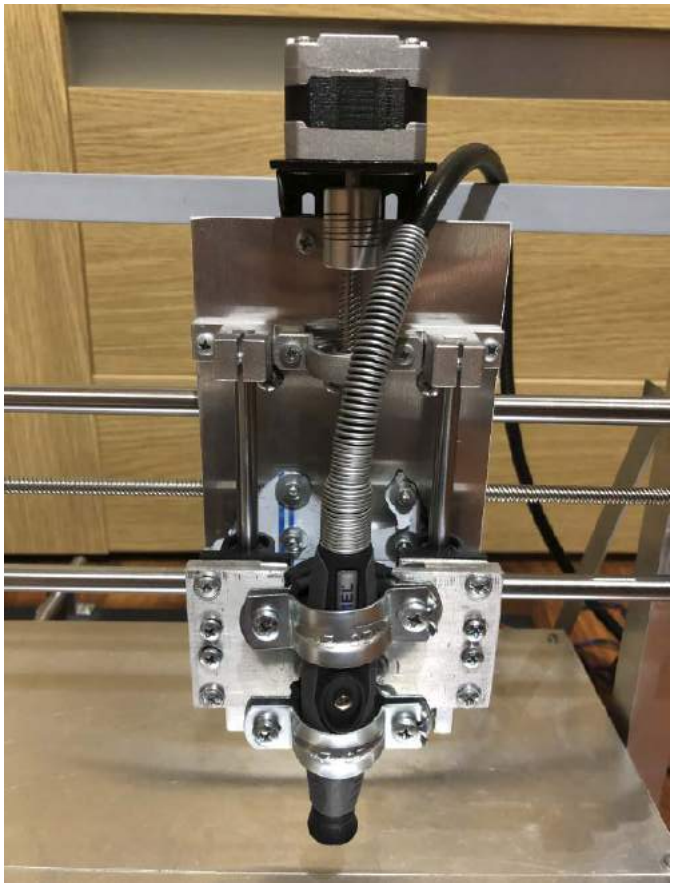
Fotografia 15. Sprzęgło elastyczne bezluzowe

na realizację zamówionych płytek musiałem zawsze czekać kilka... kilkanaście dni. Oczywiście na rynku jest wiele gotowych rozwiązań w różnym zakresie cenowym (**fotografia 11**), jednak moim dodatkowym celem podczas budowy było zdobycie wiedzy z konstrukcji takich urządzeń. Nie chciałem budować urządzenia o niewielkim polu roboczym, a dodatkowo chciałem mieć możliwość wymiany frezu i wyrzeźbienia czegoś w drewnie.

Tak powstała maszyna o polu roboczym 400×400×150 mm. Do jej budowy zastosowałem profile aluminiowe 25×25 mm o grubości ścianki 1,5 mm. Jednak lepszym rozwiązaniem do budowy takiej maszyny byłyby profile 2020 i 2040 V-slot (**fotografia 12**), na których dużo łatwiej wypoziomować elementy. Stół zamontowany jest na czterech łożyskach liniowych SC12UU (**fotografia 13**), które poruszają się po wałkach ∅ 12. Stół napędzany jest silnikiem krokowymi NEMA 17 o kącie 1,8° na krok (**fotografia 14**). Silnik połączony jest ze stołem za pomocą śruby trapezowej. Do połączenia wału silnika ze śrubą użyłem sprzęgła elastycznego (**fotografia 15**), ponieważ nie chciałem dopuścić, aby jakiekolwiek niedopasowanie między wałem silnika a śrubą uszkodziło konstrukcję. Śruba ze stołem jest połączona za pomocą nakrętki trapezowej i bloku (**fotografia 16**). Po podłączeniu silnika do Arduino za pomocą drivera i przetestowaniu mogłem przejść do kolejnego etapu.

Projekt i wykonanie samej osi Z zajęły mi 2 dni, ale finalnie jestem z niego zadowolony. Oś Z porusza się za pomocą czterech łożysk SC08UU na wałkach liniowych ∅ 8. Tutaj również napędem jest silnik NEMA 17 oraz śruba trapezowa. Wszystko zostało zamontowane na blasze aluminiowej o grubości 3 mm. Gotowy moduł został pokazany na **fotografii 17**.

Gdy dwie osie były gotowe, przyszedł czas na bramę, czyli oś Y. Z racji tego, że cały blok osi Z waży ok. 1 kg, postawiłem użyć wałków ∅ 12, po których będzie się on poruszał. W tym wypadku napędem jest również silnik NEMA 17 oraz śruba trapezowa (**fotografia 18**).



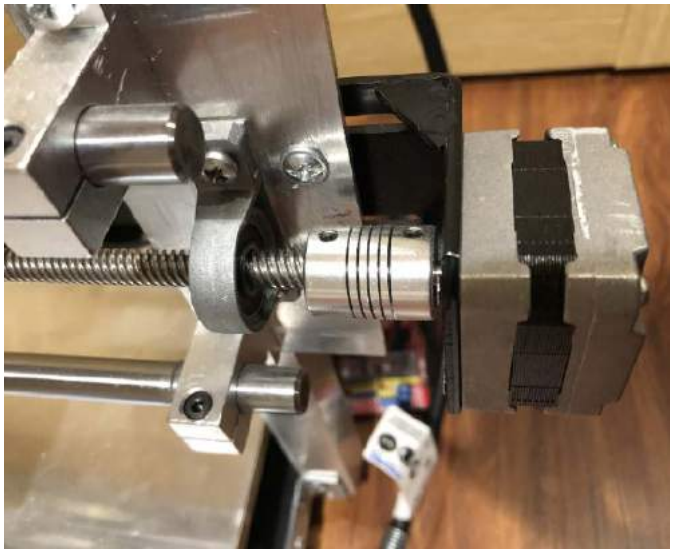
Fotografia 17. Budowa zespołu osi Z frezarki

Brama jest przymocowana do stołu za pomocą kątowników i nitów. Bardzo ważną kwestią było przymocowanie bramy tak, aby była ustawiona idealnie prosto względem stołu we wszystkich płaszczyznach (**fotografia 19**).

Po złożeniu całej maszyny przyszedł czas na dokładną regulację. Ten proces może zająć sporo czasu, ja potrzebowałem ponad dwóch dni, ale finalnie wszystko pracowało idealnie. Moim wrzecionem dla tej konstrukcji był dremel oraz wałek giętki. Musiałem tylko dokupić do niego frezy V-kształtne.

Mikrokontroler ATmega 328P modułu Arduino Uno odpowiada za sterowanie wszystkimi podzespołami. Dodatkowo użyłem CNC Shield, który pozwolił dołączyć drivery oraz silniki w łatwy sposób. Schemat blokowy połączenia wszystkich elementów pokazuje **rysunek 2**.

Fotografia 16. Frezarka wykonana samodzielnie



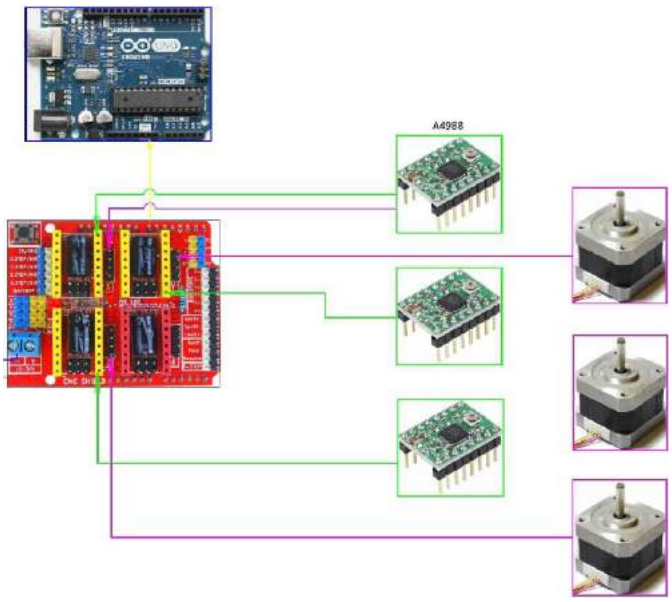
Fotografia 18. Napęd osi Y

eprasa.pl b41ae9951b

Fotografia 19. Połączenie tzw. bramy z podstawą

Komunikacja z maszyną realizowana jest dzięki darmowemu oprogramowaniu na licencji open source – GRBL. Odpowiada ono za interpretowanie pliku poleceń języka G-code. Do generowania pliku używałem programu FlatCAM, do którego ładowałem schemat płytki pcb a następnie ustawiałem na polu roboczym. Po wygenerowaniu pliku **.gcode* używałem programu SourceRabbit, za pomocą którego sterowałem frezarką.

Język G-CODE zawiera bardzo dużo komend. Począwszy od sterowania silnikiem po zmianę narzędzia, którym pracuje. Aby wykorzystać wszystkie komendy G-code, potrzebna jest znacznie bardziej rozbudowana frezarka. Najprostsza komenda, która spowoduje



Rysunek 2. Schemat blokowy połączenia wszystkich elementów elektronicznych

przemieszczenie osi X z dowolnej pozycji na pozycję wynoszącą równo 10 mm, ma postać:

```
G1 X10 F3600
```

gdzie:

- G1 oznacza ruch liniowy,
- X10 oznacza odległość od punktu zadanego do początku układu współrzędnych, w tym przypadku jest to 10 mm,
- F3600 oznacza prędkość 3600 mm na minutę.

Aby wyfrezować okrąg o średnicy 50 mm, należy użyć poniższego zestawu komend:

```
G00 Z0.5 F70
G00 X-25 Y0 F70
G01 Z-1 F50
G02 I25
G00 Z0.5 F70
G00 X0 Y0 F70
M30
```

Oczywiście kod ten odpowiedzialny jest za samą ścieżkę, na samym początku należy pamiętać o instrukcjach, które ustawiają maszynę, między innymi takich jak coming home (G28). Komendy te mogą sterować różnymi maszynami z grupy CNC.

Drukarka 3D

Kolejną grupą maszyn CNC, bardzo popularnych w ostatnich latach i zaskakujących swymi możliwościami, są drukarki 3D. Najbardziej popularną technologią druku jest FDM, polega na nakładaniu warstw materiału (filamentu) wytłaczanego z dyszy o małej średnicy. Istnieje dużo różnych materiałów do druku 3D, najbardziej popularnymi są: PLA, PET-G oraz ABS. Każdy materiał ma nieco inne zastosowanie:

- PLA jest materiałem, bardzo prostym w druku, ale nie jest zbyt wytrzymały. Drukowane z niego figurki następnie się szlifuje i maluje, a czasami najpierw pokrywa się je szpachlą;
- PET-G jest to PET z dodatkiem glikolu, który nadaje mu elastyczności wytrzymuje większe temperatury niż PLA;
- ABS jest odporny na uderzenia, ścieranie oraz ma dobrą odporność na temperaturę.

Każdym materiałem inaczej się drukuje, np. temperatura dyszy, przez którą wytłaczany jest filament, w przypadku PLA wynosi 190...220°C, stół może być podgrzewany, lecz nie musi. Natomiast temperatura dyszy podczas druku, w przypadku tworzywa ABS, osiąga nawet 250°C, a stół musi być podgrzewany do temperatury ok. 95°C. Warto wspomnieć, że wydruk nie może być chłodzony, a drukarka powinna znajdować się w grzanej komorze o temperaturze około 60°C. Ponadto wydruk ulega skurczowi podczas wychładzania o około 1% (w przypadku PLA prawie wcale). Osobiście miałem okazję drukować z użyciem materiału ABS i muszę przyznać, że to jest bardzo trudne. Jeśli zostanie zbyt szybko schłodzony, to może popękać. Dlatego tak ważna jest grzana komora, która po skończonym druku sama się wyłączy i temperatura wewnątrz będzie powoli malała.

Druk 3D w znacznym stopniu obniża koszty prototypów oraz pozwala na wykonanie jakichś skomplikowanych części. Drukarki FDM mają różne pola robocze od 220×220×200 mm do tak dużych jak 600×600×500 mm. Na **fotografii 20** został pokazany przykład wydruku w technologii FDM. W tej technologii można zainstalować dyszę różnej wielkości, standardowo jest to 0,4 mm, lecz dostępne są również dysze 0,8 czy 0,1 mm. Na **fotografii 21** zostały pokazane efekty drukowania trzema różnymi dyszami. Należy pamiętać, że drukowanie z użyciem coraz większej dyszy jest coraz mniej dokładne.

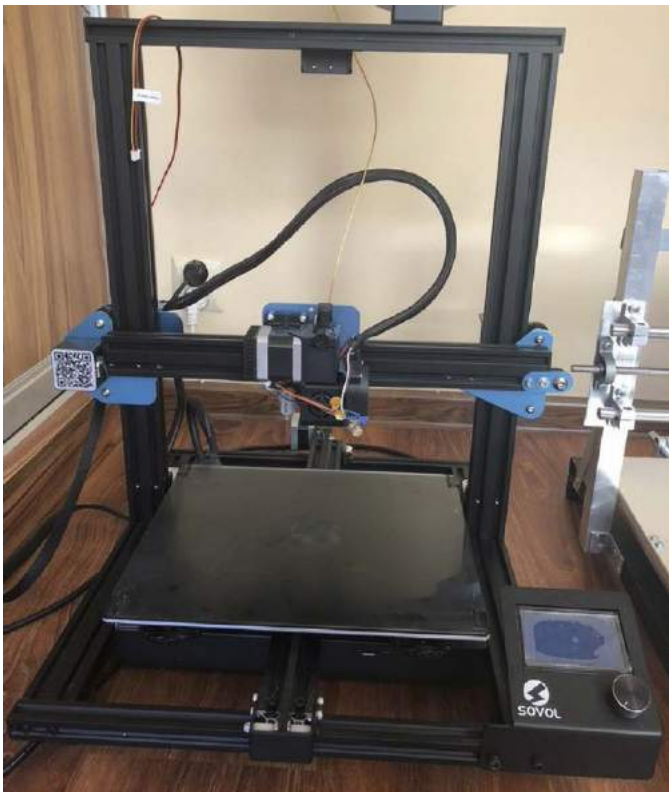
W drukarkach 3D dwoma najważniejszymi elementami są: głowica i stół. Głowica odpowiada za roztopienie i dozowanie tworzywa. Stół może być podgrzewany, wtedy poprawia adhezję materiału. Drukarki 3D mają różne konstrukcje, moja jest zbudowana na profilach 2020 i 2040 V-slot (**fotografia 22**). Wcześniej byłem w posiadaniu drukarki na wałkach liniowych fi 8 i nie mogłem na niej osiągnąć takiej prędkości jak na drukarce bazującej na profilach V-slot, oczywiście

eprasa.pl b41ae9951b

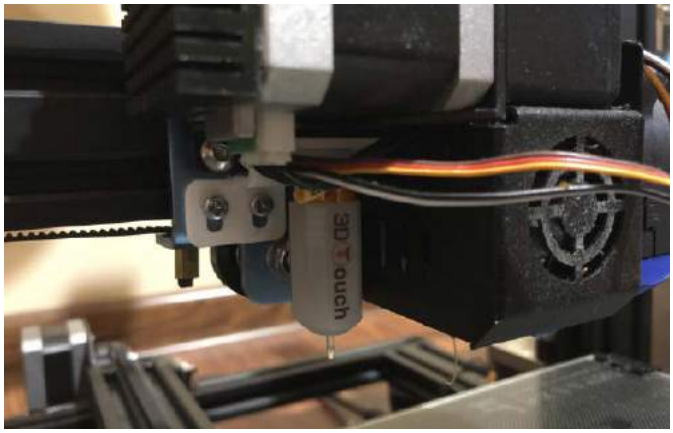
Fotografia 20. Proteza wydrukowana w technologii FDM

Fotografia 21. Porównanie dysz o różnej średnicy i wydruków wykonanych przy ich użyciu

z zachowaniem bardzo dobrej jakości. Osie X oraz Y napędzane są silnikami NEMA 17, a napęd przenoszony jest za pomocą paska GT2. Pasek musi być odpowiednio naciągnięty, łatwo to sprawdzić za pomocą kostki kalibracyjnej. Taka kostka ma wymiary 20×20×20 mm jeśli po wydrukowaniu zgadzają się wymiary X oraz Y, oznacza to,



Fotografia 22. Drukarka 3D własnej konstrukcji



Fotografia 23. Czujnik autopoziomowania stołu

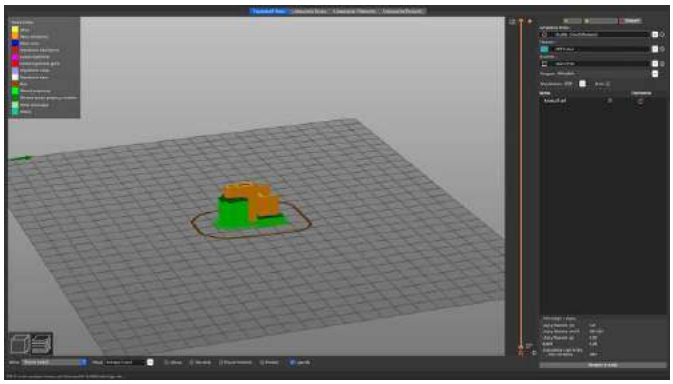
że paski są właściwie naciągnięte. Każda drukarka ma daną tolerancję; jeśli nie uda nam się osiągnąć idealnego wymiaru, jest to związane właśnie z tolerancją druku.

Napęd osi Z jest zrealizowany za pomocą dwóch silników krokowych NEMA 17 oraz śrub. Wymiar Z związany jest z poziomowaniem stołu. Jest to bardzo istotne, ponieważ odległość dyszy od stołu powinna wynosić dokładnie 0,1 mm. Poziomowanie najlepiej wykonać w czterech punktach – są to rogi stołu, a dokładnie śruby, za pomocą których regulujemy stół. Istnieje także czujnik autopoziomowania, który bardzo ułatwia tę czynność (**fotografia 23**). Należy pamiętać, że stół nie jest idealnie równy; aby osiągnąć idealnie gładką powierzchnię, na stół kładzie się szkło o grubości 4 mm.

Podczas drukowania materiałem ABS należy maksymalnie wzmocnić adhezję tworzywa do stołu. Ja w tym celu stosuję klej w sprayu dimafix. Stosuję go również do wydruków z PLA i PET-G – nie chcę, aby kilkugodzinny wydruk oderwał się od stołu z powodu słabej adhezji.

Gdy zaprojektujemy model w programie do grafiki 3D lub pobierzemy go z biblioteki plików dostępnych w Internecie, kolejnym etapem będzie ustawienie parametrów druku oraz pocięcie modelu. Programów do cięcia modeli jest kilka, jednymi z popularniejszych są Cura oraz Prusa Slicer (**rysunek 3**), oba darmowe. Taki program generuje plik **.gcode* z instrukcjami, które następnie ładujemy do drukarki, zwykle umieszczając go na karcie Micro SD, którą potem podłączamy do drukarki. W takim programie możemy zdefiniować kilka różnych profili drukarek, materiałów i jakości. Dzięki temu, gdy zmienimy materiał na drukarce, to wystarczy tylko zmienić zapisany profil.

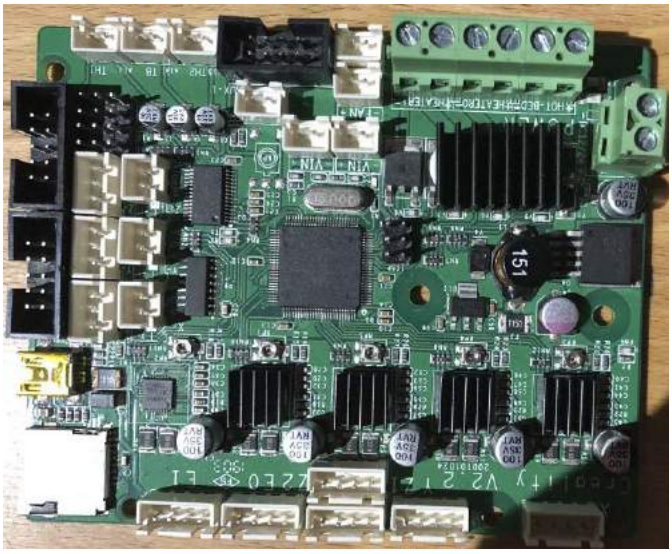
Jakość wydruku zależy od maszyny, na jakiej drukujemy, ale także, w znacznym stopniu, od operatora. Slicery mają mnóstwo funkcji, które warto przynajmniej kojarzyć. Każdy model możemy zobaczyć, gdy będzie pocięty warstwa po warstwie. Dzięki temu można skontrolować na przykład suporty. Sam dążyłem do perfekcji w wydrukach, zajęło mi to sporo czasu i dużo wydruków, które lądowały w koszu, ale dzięki temu mam wypracowane bezcenne profile. Warto jest



Rysunek 3. Okno programu Prusa Slicer

eprasa.pl b41ae9951b

Fotografia 24. Przykładowy wydruk z drukarki własnej konstrukcji



Fotografia 25. Płyta główna drukarki 3D

poświęcić trochę czasu na zapoznanie się z programem oraz z samą maszyną. Bardzo ważna na samym początku jest kalibracja ekstrudera (liczba kroków na mm silnika podającego filament) oraz flow (ilości filamentu). Producenci drukarek 3D wpisują tylko przybliżone wartości, do operatora należy ustawienie prawidłowych. Dzięki cierpliwości można uzyskać wydruki takie, jak na **fotografii 24**.

Drukarki FDM są samoreplikujące się, co oznacza, że za pomocą drukarki można wydrukować inną drukarkę. Oczywiście nie da się wydrukować 100% urządzenia, nie wydrukujemy m.in. płyty głównej sterującej pracą całego urządzenia (**fotografia 25**).

Podsumowanie

Istnieje kilka technologii wydruków 3D, przeznaczonych do różnych zastosowań. Popularną wśród majsterkowiczów jest SLA (*Stereo Lithography*). W tej technologii materiałem jest ciekła żywica, która zostaje utwardzana światłem lasera. Wydruki z żywicy nie

Fotografia 26. Wydruki w technologii SLA

Fotografia 27. Drukarka 3D *anycubic photon* przeznaczona do wydruków w technologii SLA

Fotografia 28. *Anycubic wash and cure* – urządzenie do obrabiania wydruku SLA

są aż tak wytrzymałe jak wydruki w technologii FDM, ale są dokładniejsze. Technologię SLA wykorzystuje się głównie do wydruku detali, na przykład figurek (**fotografia 26**). Na **fotografii 27** została pokazana drukarka 3D przeznaczona do wydruków w technologii SLA. Drukarka żywiczna musi stać w bardzo dobrze wentylowanym pomieszczeniu. Dodatkowo wydruk ma na sobie trochę „luźnej" żywicy. Wydruki żywiczne poddaje się myciu i utwardzaniu w przeznaczonych do tego urządzeniach (**fotografia 28**). Pozostałe technologie wydruków 3D to m.in.:

- PolyJet – drukowanie elementów z ciekłych żywic fotopolimerowych utwardzanych światłem UV;
- SLS – selektywne spiekanie proszków na bazie poliamidu PA12;
- LCM – druk 3D z ceramiki;
- DMLS – selektywne przetapianie laserowe proszków metalowych.

inż. Michał Urban
dev.michael.urban@gmail.com

Źródła:
[1] https://bit.ly/2FAQIc8
[2] https://bit.ly/35Abnbd

eprasa.pl b41ae9951b

Dzięki uprzejmości firmy Kamami mamy dla Czytelników EP zestaw startowy z serii STM32 Nucleo wyposażony w mikrokontroler STM32F446RET6.

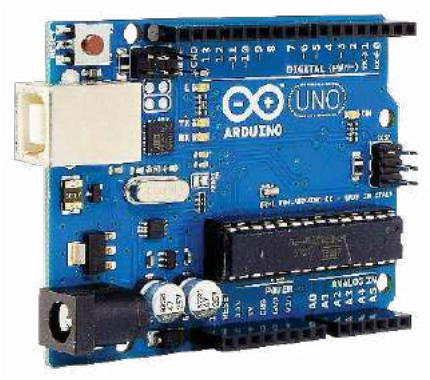
Zestaw startowy z serii STM32 Nucleo

Seria STM32 Nucleo jest niedrogą i uniwersalną linią zestawów startowych dla hobbystów. Płytka ma złącza rozszerzeń kompatybilne z Arduino oraz z ST Morpho. Na wyposażeniu jest programator ST-Link v.2.1.

Wybrane parametry modułu:
- mikrokontroler STM32F446RET6
- złącza rozszerzeń:
  - zgodne z Arduino Uno R3,
  - STMicroelectronics Morpho,
  - wbudowany programator/debuger ST-Link v.2.1,
  - zasilanie: USB lub zasilacz (3,3 V, 5 V, 7...12 V),
  - współpraca z wieloma środowiskami, m.in.: IAR, Keil, środowiska z kompilatorem GCC.

Dzięki uprzejmości firmy Farnell mamy dla Czytelników EP płytkę ewaluacyjną Arduino Uno, wyposażoną w mikrokontroler ATmega328.

Arduino Uno



Płytka ma 14 wejść/wyjść cyfrowych (z których 6 może być wykorzystanych jako wyjścia PWM), 6 wejść analogowych, złącze USB, złącze zasilające i wszystkie elementy potrzebne do rozpoczęcia pracy z mikrokontrolerem. Dzięki wgranemu bootloaderowi, do programowania nie jest potrzebny zewnętrzny programator.
Jednak najważniejszą cechą płytek rodziny Arduino jest ich kompatybilność ze środowiskiem Arduino IDE. Dzięki temu mnóstwo modułów i liczne biblioteki mogą być w łatwy sposób uruchamiane na płytkach ewaluacyjnych.

Podstawowe cechy zestawu:
- mikrokontroler ATmega328,
- 14 cyfrowych pinów I/O (w tym 6 z PWM) oraz 6 wejść analogowych,
- pamięć Flash 16 kB, z czego 2 kB wykorzystywane jest przez bootloader,
- SRAM 2 kB, EEPROM 1 kB,
- częstotliwość taktowania 16 MHz,
- zasilanie poprzez USB lub za pomocą zewnętrznego zasilacza.

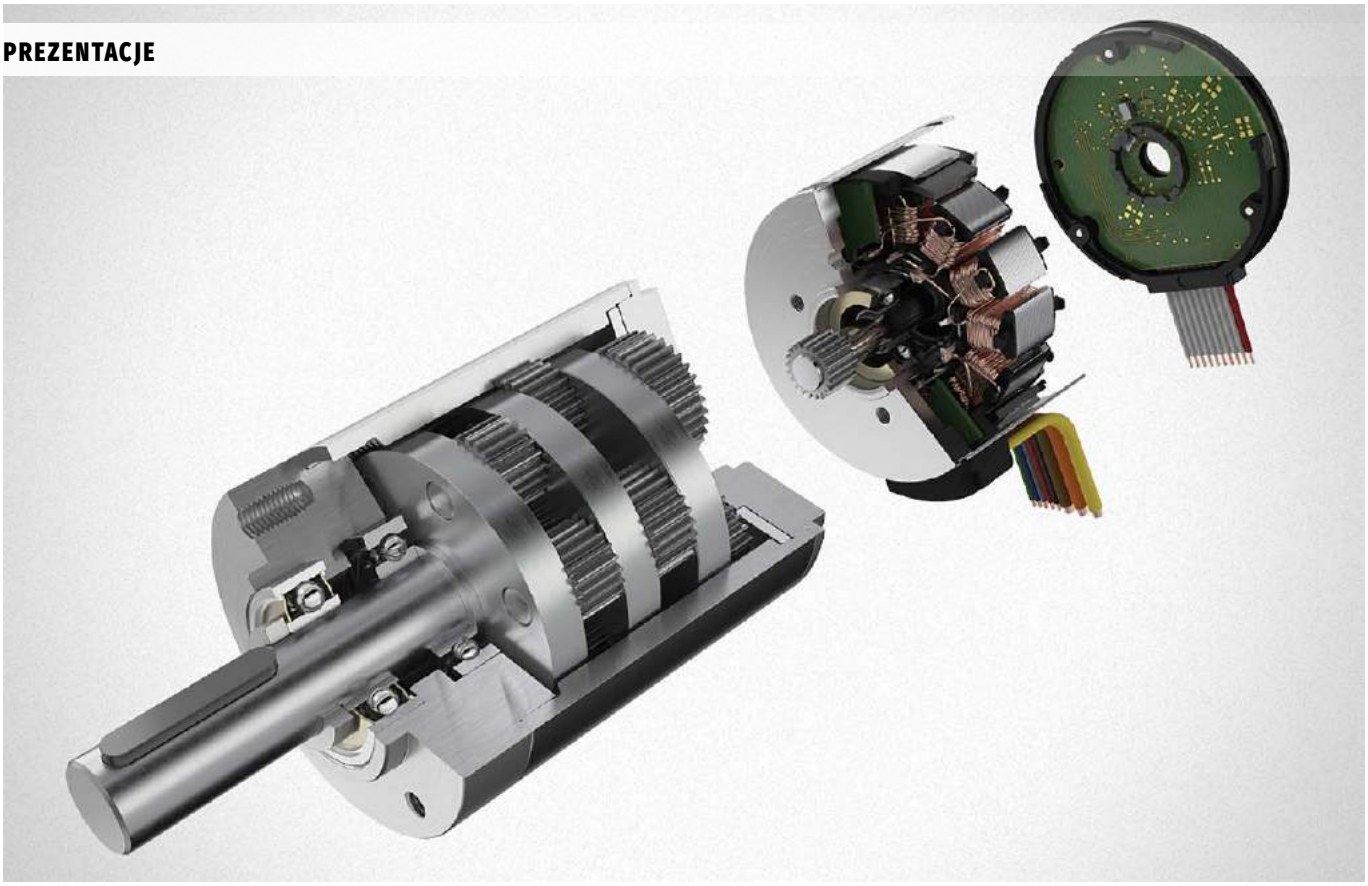
Klub Aplikantów Próbek
to inicjatywa redakcji „Elektroniki Praktycznej". W kontaktach z firmami redakcja często otrzymuje do przetestowania próbki podzespołów, modułów, a nawet całych urządzeń elektronicznych. Są to zwykle najnowsze typy/modele produktów na rynku. Z chęci podzielenia się z Czytelnikami tymi próbkami zrodziła się inicjatywa pod nazwą Klub Aplikantów Próbek.

Członkiem KAP może stać się każdy, kto zgłosi chęć przetestowania próbki. Wykaz i krótki opis próbek, którymi dysponuje redakcja EP, można znaleźć na stronie ep.com.pl/nowosci/kap. Wystarczy wybrać próbkę i zaplanować jej zastosowanie. Następnie należy wysłać wiadomość poprzez formularz kontaktowy, dostępny również na wspomnianej stronie, z prośbą o przesłanie bezpłatnej próbki, opisując swój pomysł oraz podając dane do wysyłki.

Mile widziane, choć nieobowiązkowe, jest też przysłanie do redakcji EP opisu wykonanej aplikacji próbek. Najciekawsze opisy opublikujemy na naszej stronie ep.com.pl lub na łamach „Elektroniki Praktycznej".

Z uwagi na ograniczoną liczbę dostępnych próbek i niemałe zainteresowanie nimi, warto opisać swój pomysł na projekt na naszym forum internetowym, w dziale poświęconym Klubowi Aplikantów Próbek http://bit.ly/2qeN28e. Ponadto, by dodatkowo zwiększyć swoje szanse, należy polubić fanpage „Elektroniki Praktycznej" na Facebooku (http://bit.ly/2WygFO9) oraz udostępnić post, w którym opisujemy rozdawane próbki.

eprasa.pl b41ae9951b



Ewolucja systemów napędowych

System napędowy FAULHABER to coś więcej niż tylko suma komponentów. Silniki elektryczne, przekładnie i enkodery nie mogą działać osobno, muszą perfekcyjnie ze sobą współpracować. Z tego powodu logiczne jest nabywanie poszczególnych komponentów jako kompletnego rozwiązania. Dzięki idealnie zoptymalizowanym parametrom i interfejsom ogólna wydajność systemu, składającego się z połączonych ze sobą kompaktowych, zintegrowanych i wysoko sprawnych rozwiązań, jest dużo wyższa.

FAULHABER, firma specjalizująca się w dziedzinie napędów, wykazał się profesjonalizmem jako dostawca systemów i rozszerzył swoją serię silników płaskich BXT, dodając kompatybilne przekładnie, zintegrowane enkodery i sterowniki prędkości o niewielkich wymiarach. Wszystkie komponenty zostały zoptymalizowane pod kątem prawidłowego funkcjonowania w kompletnym systemie.

Trzy wymiary mogą stanowić rozwiązanie dla wielu wyzwań w zakresie napędu. W przypadku protezy przedramienia najmniejszy napęd o średnicy 22 mm idealnie nadawałby się do ręki, a silnik o długości 16 mm – do łokcia. Kolejnym przykładem zastosowania małych napędów kompaktowych są chwytaki robotów, automatyka przemysłowa, roboty humanoidalne a nawet biorobotyka z napędem silnikowym – np. wspomaganie egzoszkieletu dłoni. Dzięki funkcji precyzyjnego sterowania prędkością nadają się również do dializatorów oraz pomp medycznych.

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

Innowacyjna technologia uzwojenia dla większego momentu obrotowego

Silniki zostały opracowane na podstawie klasycznej konstrukcji z zewnętrznym rotorem. Dzięki innowacyjnej technologii uzwojenia oraz zoptymalizowanej konstrukcji bezszczotkowe serwomotory generują momenty obrotowe do 134 mNm przy średnicy 22 mm, 32 mm oraz 42 mm oraz oferują ciągłą moc wyjściową do 100 W przy wysokim poziomie wydajności. Oznacza to, że kompaktowe silniki znacznie wychodzą ponad standardy stosowane w tego typu napędach. W szczególności stosunek momentu obrotowego do przestrzeni

eprasa.pl b41ae9951b

instalacyjnej i ciężaru jest lepszy niż powszechnie spotykany na rynku. Dzięki wysokiemu współczynnikowi wypełnienia miedzią oraz budowie nadbiegunników uzyskujemy bardzo mocne pole magnetyczne oraz bardzo mały moment pulsacyjny. Silniki pracujące z prędkością do 10000 min^{-1} są dostępne w wersji otwartej lub z obudową, co również rozszerza zakres potencjalnych zastosowań.

Metalowe przekładnie planetarne z licznymi przełożeniami

Rodzina metalowych przekładni planetarnych GPT, która również imponuje kompaktowymi wymiarami oraz wysokim momentem obrotowym, nadaje się do redukcji obrotów w silnikach płaskich. Przekładnie wykonane z czystego metalu uzyskują doskonałe osiągi porównywalne z wartościami znacznie droższych dostępnych technologii, na przykład takich, w których stosowane są komponenty ceramiczne. Dostępne są przekładnie o średnicach dopasowanych do silników, oferujące przełożenia od 3:1 do 1,294:1 z niezwykle precyzyjnymi przełożeniami w maksymalnie czterech stopniach. Każdy stopień został indywidualnie dostosowany do wysokiej wydajności w odniesieniu do momentu obrotowego i prędkości. W zależności od średnicy przekładnie osiągają ciągłe momenty obrotowe wynoszące 1,8 oraz 18 Nm. Większe momenty obrotowe są również możliwe podczas pracy przerywanej. Co więcej, przekładnie są niezwykle wytrzymałe i tolerują ciągłe obciążenia oraz nagłe zmiany obciążenia. Zostały opracowane z myślą o ograniczonej osiowej przestrzeni montażowej i są znacznie mniejsze niż inne modele o tej samej średnicy. Na przykład długość wersji o 22 milimetrowej średnicy z pojedynczym stopniem wynosi jedynie około 18 mm, a wersji z czterema stopniami – 37 mm. Z 42-milimetrową przekładnią długości wynoszą kolejno poniżej 31 mm i około 68 mm.

Zabudowany enkoder z dużą dokładnością pozycjonowania

Wszystkie silniki BXT są wyposażone w cyfrowe czujniki Halla, a dzięki dużej liczbie biegunów ich prędkością można precyzyjnie sterować. Enkoder magnetyczny IEF3-4096 jest przeznaczony do pozycjonowania precyzyjnego. Enkoder jest w pełni zintegrowany z obudową silnika, a długość całego napędu jest zwiększona jedynie o 6,2 mm. Pomimo płaskiej konstrukcji oferuje trzy kanały z funkcją indeksowania, Line Driver oraz dużą rozdzielczością do 4096 linii na obrót. Połączenie silnika i enkodera jest idealnym rozwiązaniem w sytuacjach, gdy musi zostać wykonane niezwykle precyzyjne pozycjonowanie w ograniczonych przestrzeniach, a zarazem wymagane są duże momenty obrotowe, np. w robotyce, technologii medycznej, automatyce laboratoryjnej lub automatyce przemysłowej.

Zintegrowane sterowniki prędkości uzupełniają gamę produktów

Nasza oferta została uzupełniona o nowe sterowniki prędkości do silników BXT. Sterowniki prędkości są zintegrowane z obudowanymi wersjami silników BXT i zwiększają długość tych silników jedynie o 6,2 mm. Dobrze przemyślana konstrukcja umożliwia zamontowanie enkodera i sterownika prędkości w tej samej obudowie oraz wykorzystanie wielu części wspólnych. Sterowanie prędkością odbywa się za pomocą cyfrowych czujników Halla zintegrowanych z silnikami. Dlatego też dostępny jest duży zakres prędkości, od 200 do 10000 min^{-1}. Kompaktowe połączenie silnika i sterownika prędkości idealnie nadaje się do zastosowań, w których przestrzeń jest parametrem krytycznym, oraz ułatwia montaż i oddanie urządzenia do eksploatacji.

Kompaktowa budowa, szeroka gama zastosowań

Kiedy przestrzeń montażowa jest bardzo ograniczona, a wymagane są napędy z dużym momentem obrotowym, które muszą być jak najmniejsze w wymiarze osiowym, FAULHABER BXT to rozwiązanie systemowe odpowiednie szczególnie do zastosowań w robotyce, protezach, automatyce przemysłowej, pompach, technologii medycznej lub do wyposażenia kabin samolotów.

faulhaber.com/evolved/en

eprasa.pl b41ae9951b

Kontraktowa produkcja elektroniki

Jak efektywnie współpracować z dostawcą usług i zmniejszyć koszty?

Istnieje wiele czynników, które bezpośrednio lub pośrednio wpływają na funkcjonowanie firmy. Wśród tych najważniejszych możemy wskazać strategię i zarządzanie, otoczenie zewnętrzne oraz partnerów B2B, czyli dostawców realizujących usługę produkcji elektroniki dla producentów urządzeń elektronicznych. Ocena współpracy z partnerami biznesowymi wymaga wielowymiarowej analizy, ale może przynieść wymierne korzyści.

Czy potrafimy biznesowo ocenić współpracę z partnerami B2B? Czy potrafimy w mierzalny i wielowymiarowy sposób podsumować naszą dotychczasową kooperację z danym dostawcą elektroniki? I w końcu, czy taka współpraca okazała się dla naszego biznesu efektywna i opłacalna? Jak to przeanalizować i chociażby częściowo policzyć, aby móc oszacować ewentualne dodatkowe koszty i straty, które mogą się pojawić w wyniku współpracy z partnerem EMS? Zakres i obszary takiej oceny prezentujemy w dalszej części artykułu.

Partnerzy B2B – jakie czynniki wpływają na udaną współpracę?

Każdy przedsiębiorca poszukuje takiego dostawcy, któremu może zaufać. U podstaw zaufania leżą twarde dane na temat np. realizacji wcześniejszych zamówień – przede wszystkim w zakresie dotrzymywania gwarantowanej wysokiej jakości, terminowości realizacji czy zakresu usług, który będzie pokrywał się z naszymi oczekiwaniami. Wskazane czynniki najczęściej mają mierzalny wpływ na operacyjną działalność przedsiębiorstwa produkcyjnego, jego poszczególne procesy i działania, które w pewnym zakresie możemy wyrazić po stronie dodatkowych kosztów operacyjnych czy strat.

Więcej informacji:
Printor Sp z o.o.
tel. 42 652 79 44
eprintor@printor.pl, ***www.printor.pl***

Czy współpraca z nierzetelnym dostawcą może być kosztowna oraz narazić nas na straty?

Najczęściej można usłyszeć, że do tej pory nikt tego nie kalkulował i nie analizował lub, że koszty zmiany dostawcy byłyby większe, więc firma kontynuuje kulejącą współpracę. Jednak takie decyzje mają wymierną wartość. Wystarczy przyjrzeć się temu w sposób wielowymiarowy – **tabela 1**.

Wymienione czynniki, które wpływają na dodatkowe koszty operacyjne lub określone straty firmy produkcyjnej są w większości

eprasa.pl b41ae9951b

względnie łatwe do oszacowania. Jest to prosta droga do oceny efektywności współpracy z partnerem EMS i optymalizacji kosztów. Pamiętajmy, że jeśli korzystamy z wielu dostawców naraz, to jeden nierzetelny może znacząco wpłynąć na cały proces, powodując opóźnienia, straty finansowe czy dalej, wizerunkowe. Często w procesie wyboru dostawcy kluczowym czynnikiem jest jedynie cena oferowanej usługi, natomiast koszty, o których mowa powyżej, pojawiają się w trakcie współpracy i nie zawsze są dostrzeżone przy ocenie

realizacji danego projektu. Warto zatem przeanalizować poświęcony czas i zakres dodatkowych czynności, które wiązały się z obsługą opóźnionych zamówień, reklamacji czy koordynacji dostaw od kilku dostawców. Wszystko to przekłada się na finalną wielkość zysku z danego projektu, dlatego też proponujemy usługę kontraktowej produkcji elektroniki, czyli minimalizowanie ryzyka i optymalizację procesów, które pozwolą w pełni skupić się na rozwoju własnego biznesu.

Zapraszamy do współpracy

Tabela 1. Ocena kosztów współpracy z nierzetelnym dostawcą

	Proces/działanie/problem	Jak ocenić, przeanalizować, policzyć koszty? Jakie mogą pojawić się straty?
1	Planowanie produkcji uwzględniające koordynację pracy wielu dostawców (każdy realizuje odrębny zakres usług)	Liczba roboczogodzin poświęcona na koordynację współpracy z wieloma dostawcami × średnia stawka wynagrodzenia specjalisty
2	Koszty zewnętrzne, np. projektant, inżynier	Liczba dodatkowych godzin × średnia stawka wynagrodzenia specjalisty
3	Wydajność procesu produkcyjnego	Analiza wpływu niedostępności podzespołów z powodu opóźnień w dostawach czy złej jakości na wydajność procesu produkcyjnego
4	Wzrost wartości magazynu – zamrożone środki	Jaki jest koszt wartości finansowania i przechowywania? Jaki jest koszt obsługi nadwyżek magazynu? Jaka jest strata w terminach ważności?
5	Ryzyko błędnej produkcji (partia przeznaczona do utylizacji bądź „reworku”	Koszt całkowity partii produkcji przeznaczonej do utylizacji bądź „reworku” Koszt analizy, u którego dostawcy powstała usterka (liczba roboczogdzin × średnia stawka wynagrodzenia specjalisty)
6	Opóźnienia, przestój w produkcji	Koszt przestoju linii produkcyjnej oraz koszt utraconych korzyści
7	Dodatkowe czynności administracyjne, wyjaśniające, np. w dziale zakupów, logistyki	Liczba roboczogodzin × średnia stawka wynagrodzenia specjalistów
8	Przyśpieszenie niektórych działań np. wysyłki do klienta ostatecznego	Dodatkowe koszty logistyczne będące następstwem opóźnień na etapie produkcji, np. wysyłki ekspresowe
9	Reputacja i wizerunek dostawcy u swoich klientów, np. kary umowne, brak kolejnych zamówień	Wartość kar umownych, strata związana z brakiem nowego projektu, kontraktu. Koszty wizerunkowe
10	Koszt utraconych możliwości, wynikający ze zwiększonego zaangażowania operacyjnego	Liczba opóźnionych nowych projektów, w wyniku niedostępności specjalistów, którzy są zaangażowani w procesy operacyjne
11	Koszty kontroli jakości materiałów/podzespołów przychodzących	Liczba roboczogodzin × średnia stawka wynagrodzenia specjalisty

REKLAMA

eprasa.pl b41ae9951b

Digilent USB104 A7

Komputer z FPGA Xilinx w formacie PC/104

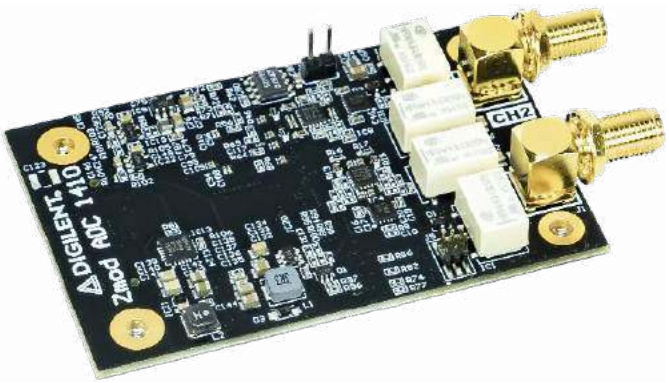
Digilent jest największym na świecie producentem zestawów startowych z FPGA i SoC marki Xilinx. Firma stopniowo rozszerza swoją ofertę o rozwiązania przemysłowe, takie jak prezentowany w artykule komputer w formacie mechanicznym PC/104, wyposażony w rekonfigurowalny układ FPGA z rodziny Artix-7.

Komputer Digilent USB104 A7 pokazany na fotografii tytułowej (z dołączonym ekspanderem Pmod i kartą SYZYGY) jest uniwersalnym, rekonfigurowalnym systemem cyfrowym, który może być stosowany alternatywnie do klasycznych rozwiązań w formacie mechanicznym PC/104. Moduł nie jest wyposażony w charakterystyczny system złączy z magistralą ISA, wyposażono go natomiast w złącze SYZYGY, które służy do instalacji kart rozszerzeń funkcjonalnych, np. ZMOD ADC1410 (**fotografia 1**), ZMOD DAC1411 (**fotografia 2**) lub innych, zgodnych ze standardem SYZYGY.

Najważniejszym elementem systemu USB104 A7 jest układ FPGA z rodziny Artix-7 firmy Xilinx (XC7A100T-1CSG324I), który oferuje użytkownikom ponad 100000 rekonfigurowalnych komórek logicznych, 240 rekonfigurowalnych bloków DSP oraz 8 transceiverów GTP o maksymalnej szybkości transmisji 6,6 Gb/s. Konfiguracja startowa układu FPGA jest przechowywana w pamięci Flash QSPI o pojemności 16 MB. Zastosowany przez producenta układ FPGA, podobnie jak pozostałe komponenty, jest przystosowany do pracy w przemysłowym zakresie temperatur –40…+85°C.

Do układu FPGA dołączono pamięć DDR3 o pojemności 512 MB z 16-bitową magistralą danych, która jest taktowana z maksymalną częstotliwością 800 MHz. Użytkownik ma do dyspozycji także dwa kanały USB dołączane do zewnętrznego komputera za pomocą jednego interfejsu, a to dzięki zintegrowanemu w USB104 A7 hubowi USB. Jeden z kanałów USB służy do konfiguracji i debugowania pracy FPGA, drugi jest wykorzystywany jako konwerter komunikacyjny DPTI (*Digilent Parallel Transfer Interface*) dla aplikacji użytkownika.

Więcej informacji:
Dystrybutorem sprzętu produkowanego przez Digilent jest sklep KAMAMI.pl.



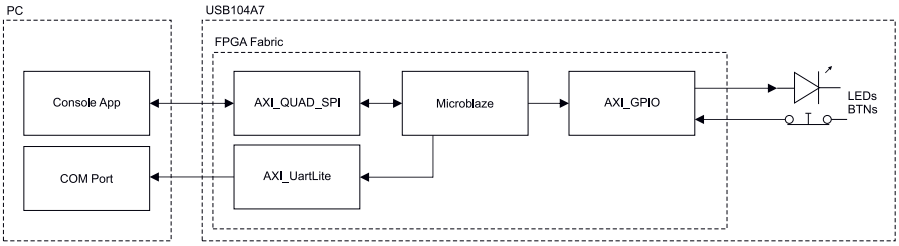
Fotografia 1. Wygląd karty rozszerzającej przetwornika ADC ZMOD ADC1410

Fotografia 2. Wygląd karty rozszerzającej przetwornika DAC ZMOD DAC1411

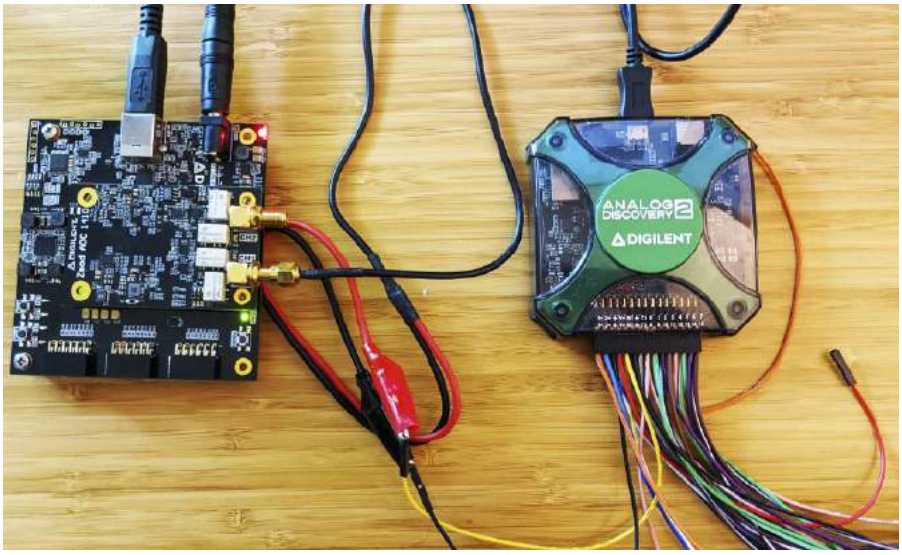
Cechy i parametry zestawu USB104 A7:

- wbudowany układ FPGA Artix-7 100T (XC7A100T-1CSG324I):
  - komórki logiczne: 101,440,
  - bloki DSP: 240,
  - wbudowana pamięć: 4860 kb,
  - transceivery GTP 6,6 Gb/s: 8,
- pamięć RAM 512 MB DDR3/DDR3L z 16-bitową magistralą,
- pamięć Flash 16 MB Quad-SPI do przechowywania konfiguracji FPGA,
- interfejs USB-JTAG,
- mostek USB-UART,
- interfejs DPTI/DSPI do szybkiego przesyłania danych z hosta do FPGA,
- wbudowany koncentrator USB,
- 2 przyciski,
- 4 diody LED,
- zintegrowany port SYZYGY (Zmod),
- 3 porty Pmod,
- płytka drukowana jest zgodna z formatem PC/104 i zawiera standardowe otwory montażowe,
- wymiary 95,89×90,17 mm.

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 1. Schemat blokowy przygotowanej przez firmę Digilent aplikacji demonstrującej użycie „miękkiego" mikroprocesora Microblaze w zestawie USB104 A7



Fotografia 3. Komputer USB104 A7 z dołączonym przetwornikiem ADC ZMOD ADC1410 podczas weryfikacji przykładu demonstracyjnego przygotowanego przez firmę Digilent

Funkcję lokalnego interfejsu użytkownika spełniają dwa przyciski chwilowe oraz 4 diody LED, dołączone bezpośrednio do wyprowadzeń FPGA.

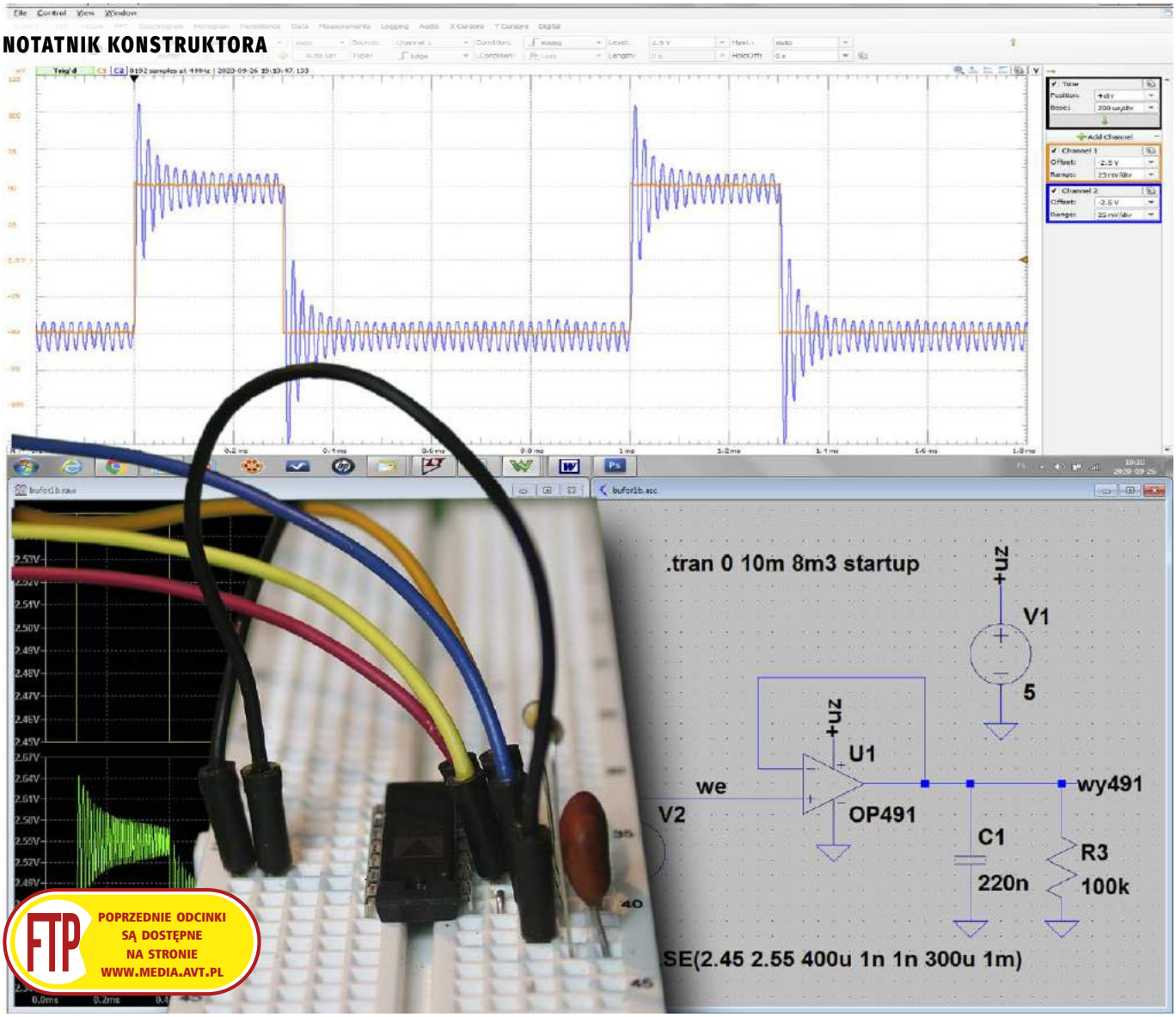
Oprócz wspomnianego wcześniej złącza SYZYGY, komputer USB104 A7 wyposażono w trzy 12-stykowe złącza Pmod, które pozwalają na dołączenie do układu FPGA różnorodnych ekspanderów z wyprowadzeniami zgodnymi ze standardem firmy Digilent. W skład zestawu prezentowanego w artykule, poza komputerem z układem FPGA, wchodzą także: zasilacz sieciowy, kabel USB i cztery tuleje montażowe.

Producent przygotował dla użytkowników kilka przykładowych projektów dla FPGA, w tym takie, które bazują na „miękkim" mikroprocesorze Microblaze. Jeden z dostępnych przykładów dla środowiska Vivado Design Suite 2020.1 pokazano w postaci schematu blokowego na **rysunku 1**. Mikroprocesor Microblaze można oczywiście zastosować we własnych aplikacjach, odpowiednio modyfikując wykonywany przez niego program. Dostępne bezpłatnie są także kompletne projekty demonstracyjne dla Vivado, pokazujące współpracę ekspanderów ze złączami SYZYGY – ZmodADC (**fotografia 3)** i ZmodDAC z komputerem USB104 A7.

Andrzej Gawryluk
KAMAMI.pl

REKLAMA

eprasa.pl b41ae9951b



FTP
POPRZEDNIE ODCINKI SĄ DOSTĘPNE NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

Symulacja i pomiar, czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora (15)

Problem stabilności

Inspiracją przy wyborze tematu tego odcinka cyklu były problemy ze wzmacniaczem opisywanym w odcinku poprzednim. Miał on wyraźną tendencję do wzbudzania się, co zresztą jest bardzo częstym utrapieniem projektantów wszelkiego rodzaju wzmacniaczy. Kluczem do osiągnięcia sukcesu jest zrozumienie zagadnień związanych ze stabilnością układów ze sprzężeniem zwrotnym.

Nie ma chyba elektronika, który nie zmierzyłby się z problemami związanymi z szeroko rozumianą stabilnością. Objawami jej braku jest tendencja do oscylacji lub przerzutów sygnału wyjściowego obserwowanych dla wymuszeń impulsowych. Równie dobrze pojęcie to jest znane automatykom. Opis zjawiska jest ogólny, a zastosowanie go do konkretnego przypadku zależy od interpretacji czynników występujących w formułach matematycznych.

Teoria opisująca zagadnienia związane ze stabilnością jest dość złożona. Trudno będzie wyczerpać temat w jednym odcinku cyklu. Zostaną więc przedstawione najbardziej istotne informacje w możliwie skondensowanej postaci.

Objawy niestabilności

Rozpatrywanie zagadnienia zaczniemy wyjątkowo od praktyki, nie od teorii. W układach ze wzmacniaczami operacyjnymi zasilanymi jednym napięciem często konieczne jest wytworzenie tzw. sztucznej

eprasa.pl b41ae9951b

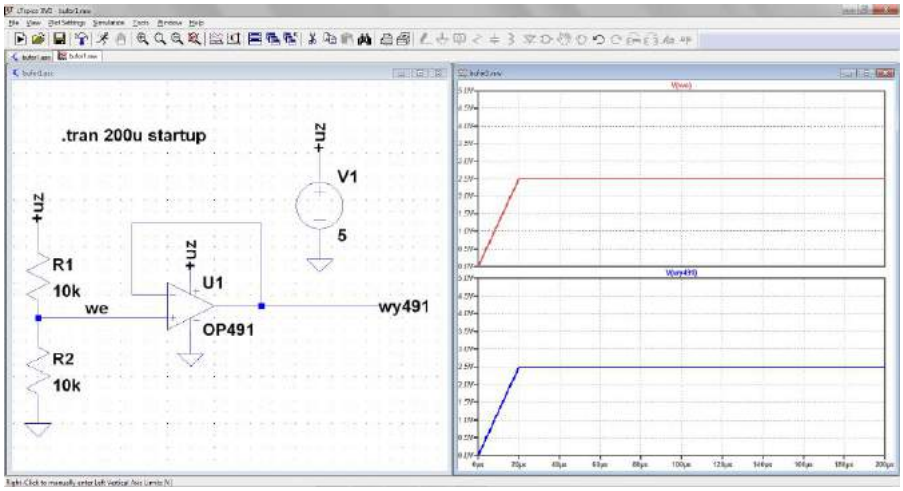
masy, czyli napięcia równego połowie napięcia zasilającego. Zastosowanie prostego rezystancyjnego dzielnika napięciowego nie sprawdza się, gdyż impedancja wyjściowa układu musi być mała, najlepiej równa zero. Tymczasem rezystory dzielnika mają wartości rzędu kilku–kilkudziesięciu kiloomów. Konieczny jest więc bufor o małej impedancji wyjściowej. Najczęściej jest on budowany z użyciem wzmacniacza operacyjnego. W naszym przypadku będzie to układ OP491. Przykładowe rozwiązanie zostało pokazane na **rysunku 1.**

Sprawdźmy, czy rzeczywiście na wyjściu występuje napięcie równe 2,5 V przy założeniu, że napięcie zasilające jest równe 5 V. Uruchamiamy symulację Transient z czasem 200 mikrosekund i włączoną opcją „Start external DC supply voltages at 0V" (rysunek 1). Dzięki niej obserwujemy przebieg od chwili włączenia zasilania. Wynik symulacji potwierdza, że faktycznie na wyjściu uzyskujemy napięcie równe połowie napięcia zasilającego. Dokładniej mówiąc – napięcie wynikające ze stosunku rezystancji dzielnika R1 i R2, ale w naszym przypadku są one równe, więc napięcie jest dzielone na pół.

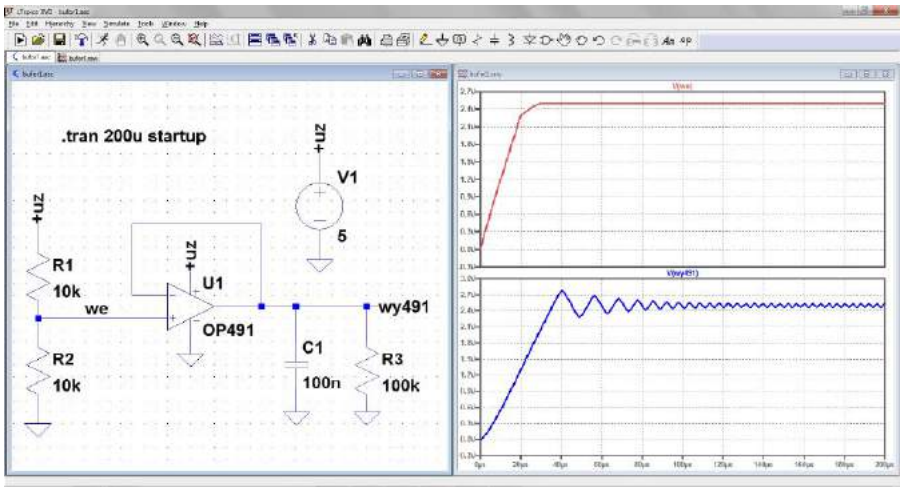
Wygląda na to, że układ pracuje zgodnie z założeniami, z tym że jest on nieobciążony. W praktyce oczywiście tak nie będzie, zobaczmy więc, co będzie się działo, gdy do wyjścia dołączymy obciążenie składające się z rezystancji np. 100 kΩ i pojemności 100 nF. Taki charakter będzie wykazywała większość układów rzeczywistych. Różnice mogą dotyczyć ewentualnie wartości rezystancji i pojemności. Należy jednak zauważyć, że wyjście bufora jest zawsze blokowane kondensatorami, występują ponadto jakieś pojemności montażowe, które decydują o pojemnościowym charakterze obciążenia. Symulowane napięcie wyjściowe pokazano na **rysunku 2**. Tym razem już tak ładnie nie jest. Pojawiły się niepożądane, na szczęście gasnące oscylacje (tak przynajmniej wydaje się na podstawie zgrubnej obserwacji) o częstotliwości ok. 229 kHz (**rysunek 3**). Aby sprawdzić, czy rzeczywiście gasną one do zera, wykonamy jeszcze jedną symulację Transient. Uruchamiamy ją komendą `.TRAN 0 50m 49.98m startup`, co oznacza że obserwujemy 20-mikrosekundowy fragment przebiegu oddalony o 49,98 milisekundy od chwili włączenia zasilania (**rysunek 4**). Okazuje się, że oscylacje nie gasną do zera, a utrzymują się na poziomie ok. 44,4 mV_{pp} i mają częstotliwość ok. 281 kHz. Czyżbyśmy mieli jakiś problem ze stabilnością? Trochę nie dowierzając, sprawdzamy układ rzeczywisty. Jego schemat jest dokładnie taki sam jak w symulacji, a do pomiaru tradycyjnie używamy zestawu Analog Discovery 2.

Najpierw sprawdzimy fazę rozruchową. Do pomiaru potrzebny będzie oscyloskop i zasilacz +5 V. Po wstępnych próbach okazało się, że zasilacz AD2 nie jest tak idealny jak w symulacji. Czas ustalania się napięcia wynosi ok. 16 ms (**rysunek 5**). Chwilę przed osiągnięciem znamionowego napięcia pojawia się niewielki przerzut, po którym widoczne są jeszcze wyraźne dwa piki napięciowe i dalej można już uznać, że napięcie pozostaje stabilne. Zgoła odmiennie zachowuje się nasz bufor. Powtarza on oczywiście wspomniane wahania napięcia zasilającego, ale już po jego narośnięciu do ok. 0,8 V na wyjściu bufora zaczynają być widoczne wyraźne oscylacje. W stanie, który można uznać za ustalony, mają one amplitudę ok. 1 mV_{pp} i częstotliwość 79 kHz. Zachowanie bufora nie odpowiada więc idealnie symulacji, chociaż jak z niej wynikało, układ rzeczywisty również nie jest w pełni stabilny. Drgania są na szczęście dużo mniejsze, mniejsza też jest ich częstotliwość.

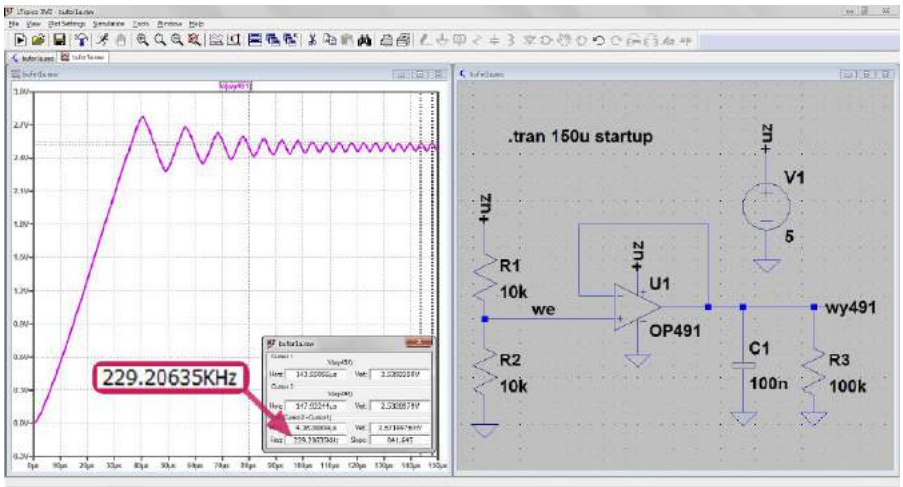
Niestabilność układu można łatwo diagnozować, badając jego odpowiedź na małosygnałowe wymuszenie impulsowe. Sprawdźmy,



Rysunek 1. Bufor napięcia referencyjnego (sztucznej masy)

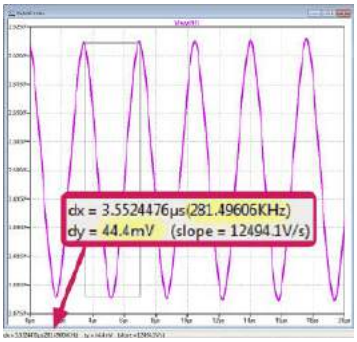


Rysunek 2. Napięcie wyjściowe symulowanego bufora z obciążeniem pojemnościowym



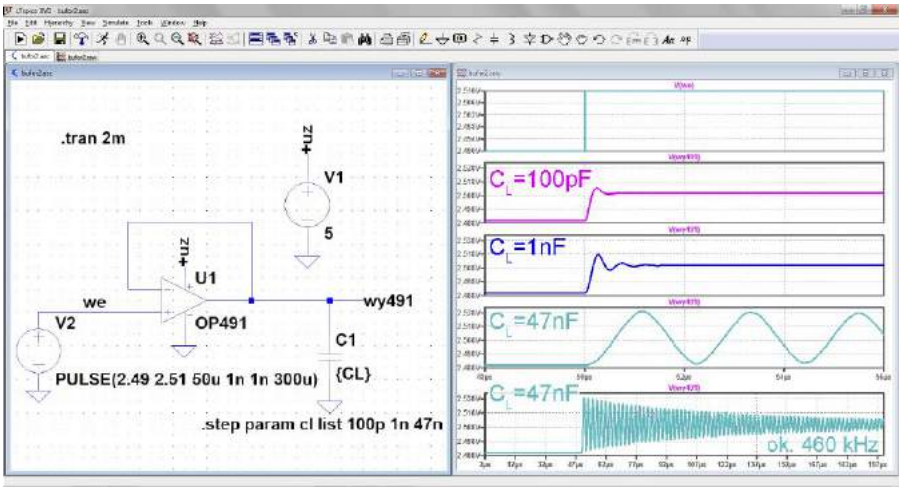
Rysunek 3. Określenie parametrów oscylacji symulowanego bufora z obciążeniem pojemnościowym

eprasa.pl b41ae9951b

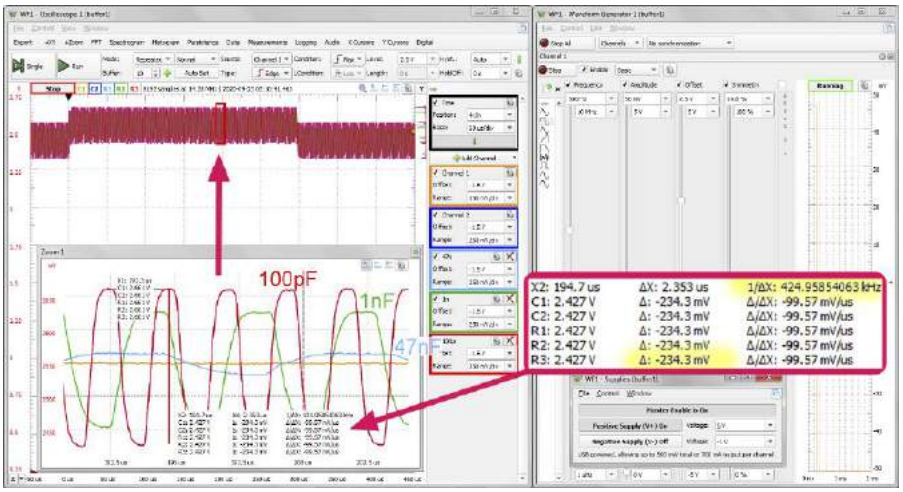


Rysunek 4. Pomiar oscylacji w stanie ustalonym

Rysunek 5. Pomiar oscylacji rzeczywistego bufora



Rysunek 6. Symulacja odpowiedzi bufora na małosygnałowe wymuszenie impulsowe



Rysunek 7. Pomiar odpowiedzi bufora na małosygnałowe wymuszenie impulsowe

jak taki test będzie wyglądał w przypadku naszego bufora. W tym celu dołączamy do wejścia nieodwracającego generator wytwarzający przebieg impulsowy o amplitudzie 20 mV_{pp} ze składową stałą równą 2,5 V (połowa napięcia zasilającego). Schemat układu symulowanego, który następnie będzie mierzony jako układ rzeczywisty, pokazano na **rysunku 6**. Bufor jest kolejno obciążany pojemnościami 100 pF, 1 nF i 47 nF. Jak widać na wykresie uzyskanym w symulatorze, dla pojemności 100 pF i 1 nF widoczny jest przerzut napięcia wyjściowego i niewielkie, szybko gasnące drgania. Pojemność 47 nF powoduje powstanie drgań znacznie większych i wolniej gasnących. Wyjaśnienia wymaga sposób utworzenia wykresu widocznego na rysunku 6. Na wstępie utworzono 5 paneli przez kliknięcie prawym przyciskiem myszki w obszarze wykresu i wybranie polecenia „Add Plot Pane". Następnie, po uaktywnieniu pierwszego panelu wstawiono do niego przebieg wejściowy, klikając na schemacie na węzeł opisany etykietą „we". Tą samą metodą do kolejnych paneli wstawiono przebieg wyjściowy. Teraz, po uaktywnieniu drugiego panelu wybrano przebieg wyjściowy dla kondensatora 100 pF. Robimy to, klikając w obszarze panelu prawym przyciskiem myszki i wybierając polecenie „View → Select Steps", a następnie podświetlamy pierwszą pozycję z wyświetlonej tabeli. Ważne jest, aby wyłączyć przy tym opcje: „Auto Range" i „Apply to All Panes". Podobnie postępujemy przy wstawianiu kolejnych dwóch wykresów dla pojemności 1 nF i 47 nF. Ostatni wykres jest utworzony z inną skalą czasową, aby pokazać przebieg wyjściowy dla pojemności 47 nF w szerszym zakresie. Skalę ustawiamy, klikając prawym przyciskiem myszki w obszarze dolnego panelu, a następnie wybierając opcje „View → Manual Limits". Następnie należy ręcznie wprowadzić żądane wartości w pola grupy „Horizontal Axess".

Mamy już wyniki symulacji, jest to dobry moment do weryfikacji praktycznej. Montujemy układ, uruchamiamy generator arbitralny, zasilacz i oscyloskop zestawu Analog Discovery 2. Korzystamy z 1. kanału generatora. Wybieramy przebieg prostokątny, ustawiamy częstotliwość 500 Hz, amplitudę 50 mV, offset 2,5 V i symetrię 14,8%. Przebieg wyjściowy obserwujemy w 2. kanale oscyloskopu. Ustawiamy w nim czułość 250 mV/dz i offset –1,5 V. Konieczne jest jeszcze włączenie okna *Zoom*, w którym wygodnie obserwujemy i mierzymy parametry oscylacji (**rysunek 7**). Zgodnie z przewidywaniami występują one w układzie rzeczywistym, chociaż mają nieco inne parametry niż w symulacji. Pomiary zaczynamy od dołączenia do wyjścia kondensatora 47 nF i powtarzamy dla następnych pojemności (1 nF i 100 pF). Po każdej zmianie kondensatora na wyjściu zapisujemy przebieg wyjściowy (z kanału 2.) jako referencyjny. W ten sposób tworzymy kolekcję pomiarów. Największe drgania występują dla pojemności 100 pF – amplituda 234 mV_{pp}, częstotliwość 424 kHz. Wyniki pomiaru przedstawiono na rysunku 7.

Od praktyki do teorii

Wiemy już, że nasz układ – bufor wzbudza się. Pytanie dlaczego? Aby na nie odpowiedzieć, konieczna będzie ogólna analiza układów ze sprzężeniem zwrotnym. Podstawowy schemat blokowy układu ze sprzężeniem zwrotnym pokazano na **rysunku 8**. Na razie jest nieistotne, czy to układ elektroniczny, czy jakikolwiek inny, chociaż symbolika sygnałów może coś sugerować. Podstawowym elementem układu jest blok wzmacniający o wzmocnieniu K. Wzmacnia on K-krotnie sygnał U_r podawany do jego wejścia. Sygnał wyjściowy U_{wy} jest opisany zależnością:

$$U_{wy} = K \cdot U_r \qquad (1)$$

Sygnał wyjściowy jest podawany z powrotem do wejścia przez blok β i węzeł sumacyjny. Sumowanie odbywa się jednak ze znakiem minus. W ten sposób realizowane jest ujemne sprzężenie zwrotne. Transmitancja pętli sprzężenia zwrotnego jest wyznaczona parametrem β, zwanym też współczynnikiem sprzężenia. Transmitancja ta pozwala określić, jaka część sygnału wyjściowego jest podawana

eprasa.pl b41ae9951b

do węzła sumacyjnego sprzężenia zwrotnego. Zależność opisująca sygnał sprzężenia zwrotnego U_f jest następująca:

$$\beta = \frac{U_f}{U_{wy}}$$

$$U_f = U_{wy} \cdot \beta$$

Sygnał podawany na wejście wzmacniacza jest równy:

$$U_r = U_{we} - U_f = U_{we} - U_{wy} \cdot \beta$$

Wstawiając tę zależność do wzoru (1), otrzymujemy:

$$U_{wy} = K \cdot \left(U_{we} - U_{wy} \cdot \beta\right)$$

Po dalszych przekształceniach otrzymujemy:

$$U_{wy} = K \cdot U_{we} - K \cdot U_{wy} \cdot \beta$$

$$U_{wy} + KU_{wy}\beta = KU_{we}$$

$$U_{wy}\left(1 + K\beta\right) = KU_{we}$$

$$\frac{U_{wy}}{U_{we}} = K_f = \frac{K}{\left(1 + K\beta\right)} \qquad (2)$$

Wzór (2) jest bardzo dobrze znany wszystkim inżynierom zajmującym się układami z ujemnym sprzężeniem zwrotnym. Określa całkowite wzmocnienie z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego. Wzmocnienie samej pętli jest równe Kβ.

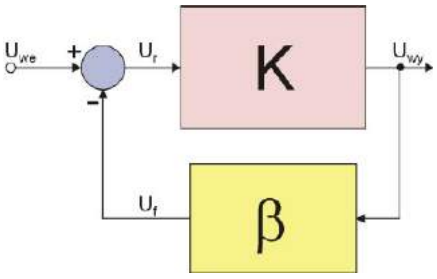
Sprawdźmy, czy nasz bufor spełnia opisane wyżej kryteria. Blokiem wzmacniającym jest wzmacniacz operacyjny o wzmocnieniu w otwartej pętli równym K. Parametr ten jest na ogół podawany w danych katalogowych. Blok sprzężenia ma wzmocnienie β=1, gdyż napięcie wyjściowe jest podawane bezpośrednio na wejście odwracające. Węzeł sumacyjny jest realizowany przez wejściowy wzmacniacz różnicowy wzmacniacza operacyjnego (**rysunek 9**).

Zauważmy, że dla bardzo dużych wartości K, a tak jest w rzeczywistości, gdyż wzmocnienie wzmacniaczy operacyjnych w otwartej pętli jest rzędu $10^5 \ldots 10^6$, całkowite wzmocnienie układu z zamkniętą pętlą jest równe odwrotności wzmocnienia pętli sprzężenia zwrotnego:

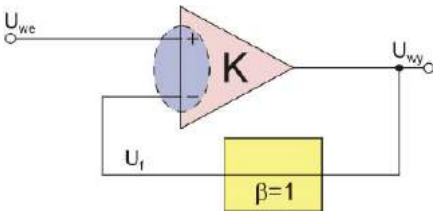
$$K_f = \lim_{K\to\infty} \frac{K}{\left(1 + K\beta\right)} = \lim_{K\to\infty} \frac{1}{\left(\frac{1}{K} + \beta\right)} = \frac{1}{\beta} \text{ gdyż } \frac{1}{K} \to 0$$

Gdzie tkwi zagrożenie?

Wyrażenie (2) jest ułamkiem, którego mianownik jest równy: 1+Kβ. Nie trzeba mieć wielkiej wyobraźni, aby zadać pytanie: co się stanie, gdy czynnik Kβ będzie miał wartość –1? Ci, którzy ją mają, powiedzą: wzmacniacz sam wysadzi się w powietrze, gdyż jego wzmocnienie wzrośnie do nieskończoności. Oczywiście tak nie będzie. Nie pozwolą na to fizyczne ograniczenia wynikające choćby z wartości napięcia zasilającego. Zamiast takiej tragedii sygnał wyjściowy osiągnie możliwą wartość maksymalną i mógłby w niej pozostać, ale bardziej prawdopodobne jest wpadnięcie w oscylacje, gdyż wewnętrzne układy kompensujące i ograniczające będą dążyły do zmniejszenia sygnału wyjściowego, a wzmacniacz dalej będzie je wzmacniał.



Rysunek 8. Klasyczny schemat blokowy wzmacniacza z ujemnym sprzężeniem zwrotnym



Rysunek 9. Przeniesienie modelu teoretycznego na urządzenie rzeczywiste

No dobrze, ale aby mianownik osiągnął wartość zero, wzmocnienie pętli musi być ujemne, a w naszym przypadku β jest przecież równe 1, zaś sygnał wejściowy jest podawany na wejście nieodwracające, zatem wzmocnienie też jest większe od zera. Jest to jednak przypadek ogólny. W rzeczywistości wzmacniacze operacyjne są konstruowane tak, aby odpowiednio zaprojektowane układy kompensacji zapewniały stabilną pracę w aplikacjach praktycznych. Skutkuje to wprowadzeniem dominującego bieguna transmitancji wzmacniacza, który ogranicza maksymalne wzmocnienie zaledwie do kilku, kilkunastu, najwyżej kilkudziesięciu herców. Po przekroczeniu tej częstotliwości charakterystyka wzmocnienia spada z szybkością 20 decybeli na dekadę. Zmienia się też przesunięcie fazowe sygnału wyjściowego. To właśnie ten parametr wpływa na możliwość zmiany znaku wyrażenia Kβ. Należy je bowiem traktować jako liczbę zespoloną. Przy przesunięciu fazowym równym 180° wzmocnienie pętli jest równe –1, więc układ traci stabilność. Wykres wzmocnienia w otwartej pętli układu OP491 pokazano na **rysunku 10.** Niestety został on sporządzony, począwszy od częstotliwości 100 Hz i nie widać na nim bieguna dominującego. Zakładając, że maksymalne wzmocnienie układu jest równe ok. 96 dB (co można wywnioskować z tabeli zawierającej dane techniczne), przedłużamy prostą wzmocnienia (niebieska linia) do przecięcia z poziomem 96 dB i mierzymy częstotliwość tak wyznaczonego bieguna. Wynosi ona w przybliżeniu 47 Hz. Wyraźnie widzimy, że krzywa opada z szybkością 20 decybeli na dekadę. Cechę tę wykazuje większość popularnych wzmacniaczy operacyjnych. Niekiedy można dopatrzyć się drugiego bieguna charakterystyki, ale występuje on dopiero przy częstotliwościach megahercowych.

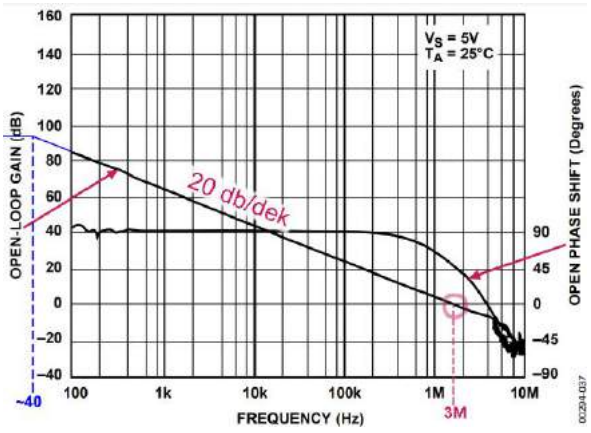
Na podstawie powyższych rozważań można wysnuć jeden bardzo ważny, wręcz fundamentalny wniosek gwarantujący bezpieczną pracę wzmacniacza: wzmocnienie pętli sprzężenia zwrotnego musi spełniać warunek:

$$K\beta \neq 1 \text{ dla } \phi = 180°$$

Jak blisko wybuchu jesteśmy, czyli margines fazy i wzmocnienia

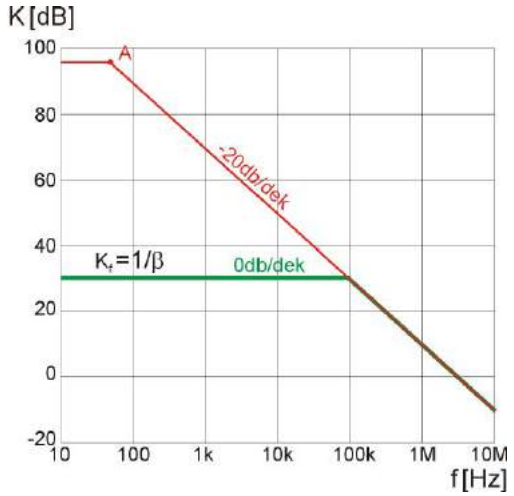
Transmitancję bloku sprzężenia zwrotnego dobieramy tak, aby po zamknięciu pętli uzyskać żądane wzmocnienie. Z oczywistych powodów charakterystyka wzmacniacza będzie zawsze przebiegała pod charakterystyką wzmacniacza z otwartą pętlą. Przykładowe wykresy asymptotyczne przedstawiono na **rysunku 11**. Krytyczne warunki są osiągane, gdy Kβ=–1, co można zapisać również jako Kβ=1 przy przesunięciu fazowym 180°. Wynika z tego, że K=1/β. Jeśli oba parametry przedstawimy na wykresie ze skalą decybelową (**rysunek 12**), to operacji dzielenia odpowiada wówczas odejmowanie logarytmów:

$$20\log K - 20\log\left(\frac{1}{\beta}\right) = 20\log\left(\frac{K}{\frac{1}{\beta}}\right) = 20\log\left(K\beta\right)$$

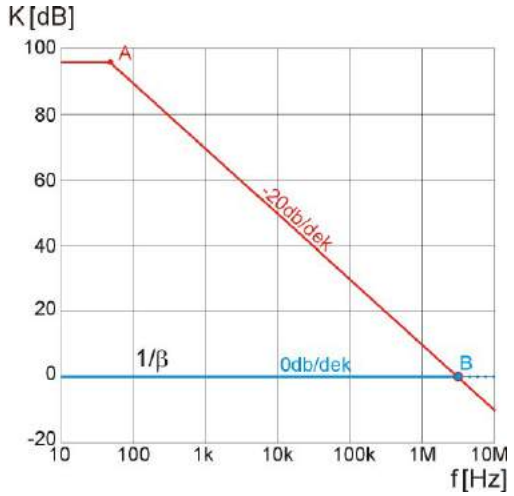


Rysunek 10. Katalogowy wykres wzmocnienia w otwartej pętli układu OP491

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 11. Wykresy asymptotyczne wzmocnienia układu OP491 i zbudowanego na nim wzmacniacza napięciowego o wzmocnieniu 30 dB



Rysunek 12. Wykresy asymptotyczne wzmocnienia układu OP491 i zbudowanego na nim bufora napięciowego

Powróćmy do naszego bufora. Transmitancja jego pętli sprzężenia zwrotnego jest równa 1 (0 dB). Wykreśloną ją niebieska linią na **rysunku 12.** Do szybkiego określania niebezpieczeństwa utraty stabilności można posłużyć się szybkością zbliżania się charakterystyk. Szybkość opadania charakterystyki wzmacniacza z otwartą pętlą jest równa –20 dB/dek., zaś parametr ten dla pętli sprzężenia zwrotnego jest równy 0 dB/dek. Szybkość zbliżania charakterystyk co do wartości bezwzględnej jest równa:

$$\left|-20dB/dek - 0dB/dek\right| = \left|-20dB/dek\right| = 20dB/dek$$

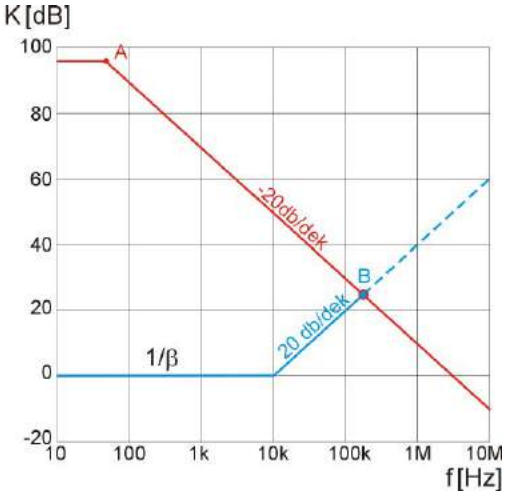
Jeśli parametr ten jest mniejszy lub równy 20 dB/dek. mamy do czynienia z układem stabilnym, jeśli osiąga on wartość większą lub równą 40 dB/dek., to układ jest potencjalnie niestabilny.

Biorąc pod uwagę powyższy wniosek można sądzić, że niestabilność wystąpi w układzie, którego transmitancja będzie miała zero położone przed ociągnięciem punktu B. Przykład charakterystyki takiego układu przedstawiono na **rysunku 13**. Szybkość zbliżania się charakterystyk jest w tym przypadku równa:

$$\left|-20dB/dek - 20dB/dek\right| = \left|-40dB/dek\right| = 40dB/dek$$

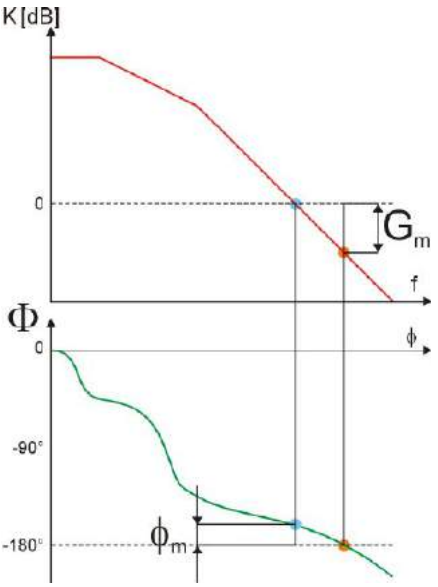
Faktycznie, mamy więc układ potencjalnie niestabilny.

Rozważając zagadnienia związane ze stabilnością układów ze sprzężeniem zwrotnym, bardzo często odwołujemy się do dwóch parametrów określających, na ile groźna może być w danym przypadku utrata stabilności. Pierwszy parametr to **margines fazy** (**rysunek 14**). Określa on różnicę między rzeczywistą fazą układu a teoretyczną wartością, przy której powstają oscylacje, czyli 180°. Różnica ta jest mierzona w punkcie, w którym wzmocnienie jest



Rysunek 13. Wykres asymptotycznej charakterystyki częstotliwościowej bufora z obciążeniem pojemnościowym

równe 1 (0 dB). Drugi przypadek to **margines wzmocnienia**. Jest on mierzony w punkcie, w którym faza jest równa 180° i podaje, o ile wzmocnienie to różni się w odniesieniu do 0 dB.



Rysunek 14. Graficzna interpretacja marginesu fazy i wzmocnienia

Dlaczego bufor oscyluje?

Jako że obwód sprzężenia zwrotnego naszego bufora jest złożony ze zwykłego połączenia kawałka przewodnika, jego transmitancja jest równa 1. Odpowiednim dla tego przypadku wykresem będzie ten z rysunku 12. Szybkość zbliżania się charakterystyk jest równa co do modułu 20 dB/dek., zatem układ powinien być stabilny. Dlaczego więc oscyluje?

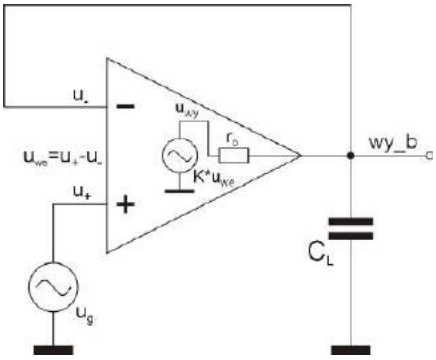
Aby odpowiedzieć na to pytanie, musimy wniknąć do wnętrza wzmacniacza operacyjnego (**rysunek 15**). Zakładamy, że wzmacniacz jest obciążony jakąś pojemnością C_L. Jak już było wspomniane, stanowią ją chociażby pojemności pasożytnicze występujące w obwodzie rzeczywistym (pojemności wyprowadzeń, ścieżek obwodu drukowanego itp.), ale przede wszystkim dołączany zwykle do wyjścia bufora kondensator. Sygnał wyjściowy jest w tym modelu ukryty wewnątrz układu scalonego, a dostęp do niego mamy przez rezystancję wyjściową wzmacniacza r_o oraz rezystancję doprowadzeń. W rzeczywistości obwód pętli sprzężenia zwrotnego będzie więc składał się z oporności r_o, pojemności C_L i połączenia (zakładamy, że idealnego) wyjścia układu z wejściem we_. Transmitancja układu jest równa:

$$\beta = \frac{\frac{1}{sC_L}}{\frac{1}{sC_L} + r_o} = \frac{1}{1 + sC_L r_o}$$

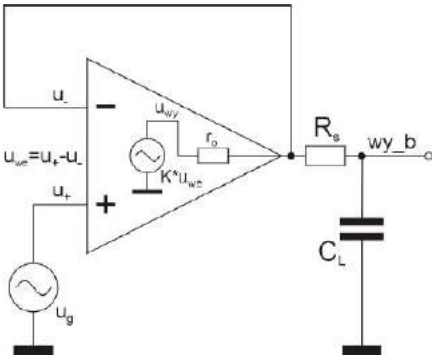
Wzmocnienie układu z zamkniętą pętlą jest równe:

$$K_f = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\frac{1}{1 + sC_L r_o}} = 1 + sC_L r_o$$

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 15. Wzmacniacz operacyjny zastosowany do budowy bufora napięciowego z pokazaniem obwodu wyjściowego uwzględnianego w analizie pracy



Rysunek 16. Układ kompensacji zera transmitancji bufora napięciowego

Jak widać, transmitancja K_f ma jedno zero dla częstotliwości

$$f_z = \frac{1}{1\pi C_L r_s}$$

co spowoduje załamanie charakterystyki 1/β – niestety w górę. Już wiemy, czym to grozi. Jeśli częstotliwość zera wypadnie przed przecięciem się charakterystyk z otwartą i zamknięta pętlą, tak jak na rysunku 13, możemy spodziewać się kłopotów z utrzymaniem stabilności układu. Czy jest jakaś metoda, aby takiemu przypadkowi zaradzić?

Przykładowa metoda eliminacji zera transmitancji

Skoro transmitancja 1/β ma niepożądane zero, to niemal intuicyjnie nasuwa się pomysł wprowadzenia elementu, który dodawałby do tej transmitancji kompensujący biegun. Rozważmy schemat z **rysunku 16**. Sprawdźmy, czy takim elementem jest rezystor R_s?

Transmitancja pętli sprzężenia zwrotnego jest równa:

$$\beta = \frac{R_s + \frac{1}{sC_L}}{R_s + \frac{1}{sC_L} + r_o} = \frac{sR_sC_L + 1}{sC_L\left(R_s + r_o\right) + 1}$$

Wzmocnienie układu z zamkniętą pętlą jest więc równe:

$$K_f = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\frac{1 + sR_sC_L}{1 + sC_L\left(R_s + r_o\right)}} = \frac{1 + sC_L\left(R_s + r_o\right)}{1 + sR_sC_L} \quad (3)$$

Zero i biegun różnią się o czynnik r_o w stałej czasowej, przy czym występuje on w liczniku. Zatem częstotliwość zera, jako wielkość proporcjonalna do odwrotności stałej czasowej, wystąpi przed częstotliwością bieguna. Charakterystyka zakrzywi się więc w zerze do góry i zaraz potem zagięcie to zostanie zlikwidowane przez biegun. Jeśli z odgięciem charakterystyki zdążymy przed przecięciem się charakterystyk, zapewnimy stabilność układu.

Sprawdźmy w symulacji, czy zastosowanie tej metody ma szanse powodzenia? Testowanie wykonamy nie na modelach elementów z biblioteki LTspice, lecz na własnych modelach matematycznych. Skoro planujemy korzystać z aparatu matematycznego, to oczywiście będziemy musieli przypomnieć sobie przekształcenia Laplace'a i praktyczne ich stosowanie w symulatorze. Być może trzeba będzie wrócić do 12. odcinka cyklu, w którym zagadnienia te były opisane.

Zaczynamy od modelu wzmacniacza operacyjnego OP491, którego używamy w pomiarach układów rzeczywistych. Z danych katalogowych odczytujemy, że wzmocnienie jednostkowe (GBP – *Gain Bandwidth Product*) jest osiągane dla częstotliwości 3 MHz. Z danych katalogowych wnioskujemy też (nie jest to podane wprost), że wzmocnienie w otwartej pętli jest równe ok. 96 dB, czyli 63095 V/V. Na podstawie tych informacji szacujemy częstotliwość bieguna na 47 Hz. Przyjmując jednobiegunowy model charakterystyki możemy zapisać transmitancję układu OP491 dla pracy z otwartą pętlą jako:

$$K_u(s) = \frac{63095}{1 + \frac{s}{\omega_b}} = \frac{63095}{1 + \frac{s}{2\pi \cdot 47}} = \frac{63095}{1 + \frac{s}{300}}$$

Model matematyczny skompensowanego bufora już mamy (3). Występuje w nim parametr r_o. Odczytujemy go z danych katalogowych wzmacniacza OP491 – *Open-loop impedance* = 200 Ω. Mamy komplet danych, możemy uruchamiać symulację. Będzie to badanie charakterystyki częstotliwościowej: `.ac oct 100 1 10000k`. Obliczenia transformaty Laplace'a prowadzimy za pomocą źródeł napięciowych sterowanych napięciowo (**rysunek 17**). W ich właściwościach w polu „Value" wpisujemy matematyczny zapis transmitancji. Wartości C_L, r_o i R_s zapisujemy parametrycznie, aby w razie konieczności można było łatwo je zmieniać. Przyjmujemy, że rezystor R_s będzie miał oporności 3 i 15 Ω, a pojemność C_L jest równa 220 nF.

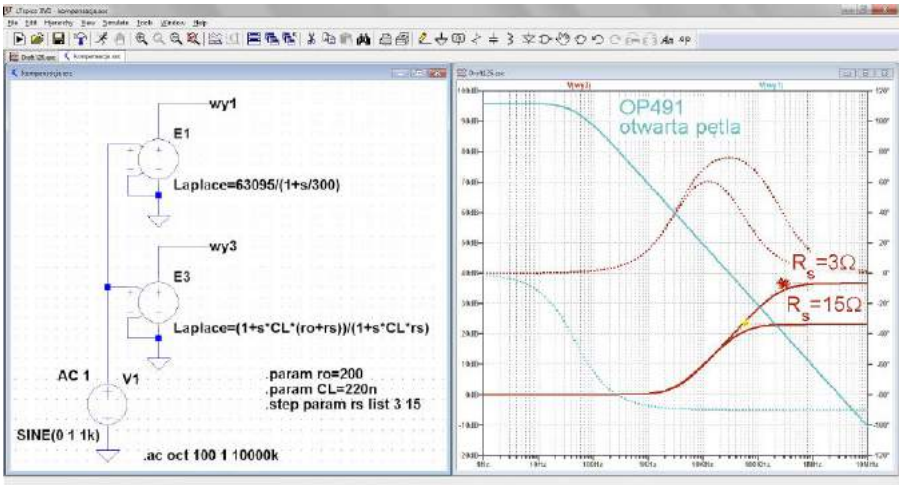
Jak widać z wykresów, dla rezystora R_s=3 Ω kompensacja wypadła poza punktem przecięcia się z charakterystyką wzmacniacza operacyjnego. Układ ten będzie więc niestabilny. Dla rezystancji R_s równej 15 Ω zdążyliśmy skompensować układ przed przecięciem z charakterystyką OP491, układ powinien być stabilny. Sprawdźmy to w praktyce.

Praktyczne sprawdzenie skuteczności kompensacji

Testowany układ montujemy na płytce stykowej zgodnie ze schematem widocznym na **rysunku 18**. Tak jak poprzednio wybieramy przebieg prostokątny o częstotliwości 500 Hz, amplitudzie 50 mV, offsecie 2,5 V i symetrii 7,3%. Przebieg wyjściowy obserwujemy w 2. kanale oscyloskopu. Początkowo ustawiamy w nim czułość 50 mV/dz i offset –2,5 V.

W układzie rzeczywistym rezystor R_s będzie się składał z kolejno dołączanych szeregowo rezystorów 3,3 Ω, aby sprawdzić, jak rezystancja ta wpływa na stabilność bufora. Kolejne wyniki będą zachowywane jako przebiegi referencyjne.

Pomiary potwierdziły, że powyżej 10 omów udaje się wygasić drgania na wyjściu bufora. Znacznie trudniejsza okazała się



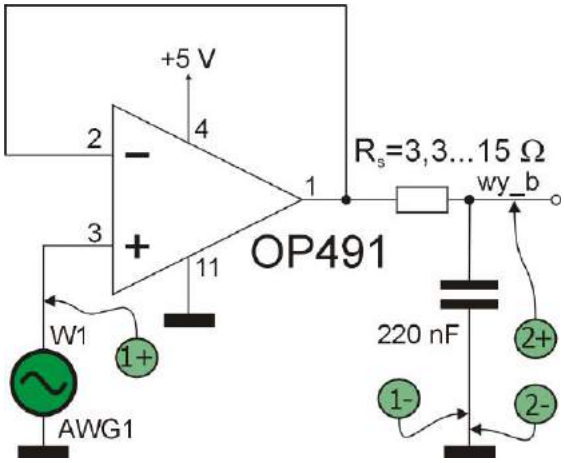
Rysunek 17. Symulacja z zastosowaniem teoretycznego modelu wzmacniacza operacyjnego OP491 i zbudowanego na nim bufora napięciowego

eprasa.pl b41ae9951b

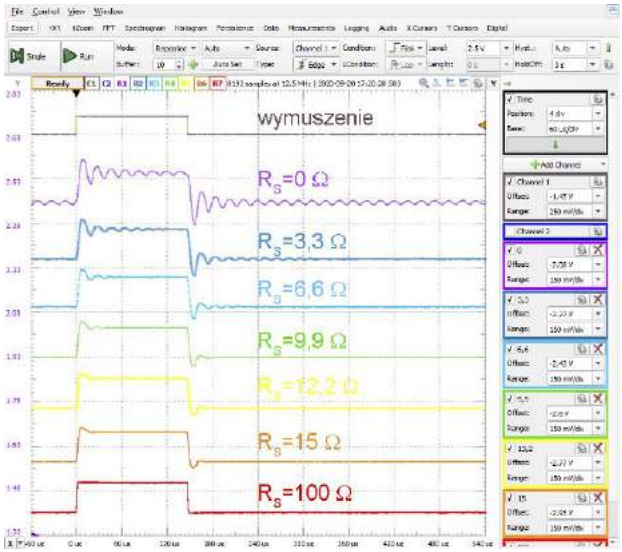
TRADYCYJNA **JESIENNA PROMOCJA** PRENUMERATY

10 = 12 + 2

PATRZ STRONĘ 2



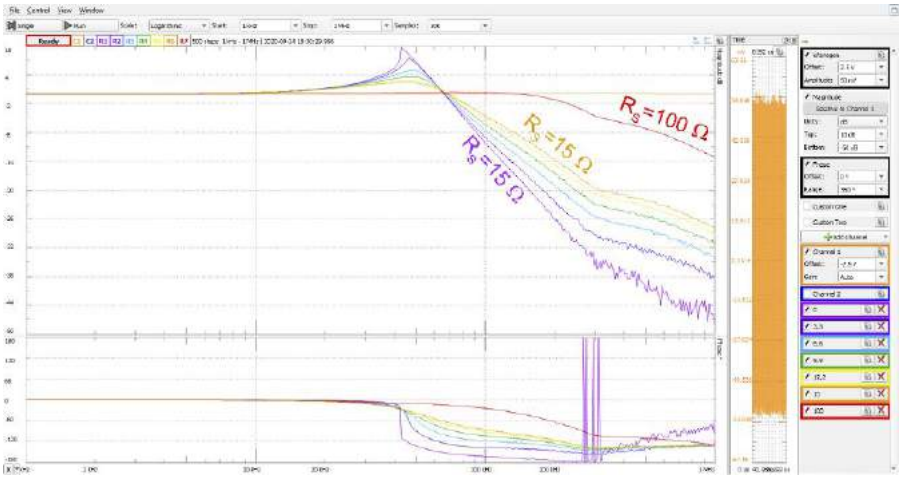
Rysunek 18. Układ pomiarowy skompensowanego bufora napięciowego



Rysunek 19. Wyniki pomiarów rzeczywistego bufora napięciowego z kompensacją zera transmitancji

eliminacja przerzutu sygnału wyjściowego. Do skutecznego pozbycia się tego efektu konieczne było dołączenie rezystora ok. 100 Ω. Wyniki pomiarów czasowych przedstawiono na **rysunku 19**. Przebiegi dla kolejnych wartości rezystora Rs zostały rozsunięte tak, aby można je było wygodnie porównywać.

Jednocześnie z oglądaniem odpowiedzi bufora na pobudzenie impulsowe po każdej zmianie rezystancji R_s zmierzymy charakterystykę częstotliwościową, korzystając oczywiście z narzędzia Network zestawu Analog Discovery 2. I w tym przypadku każdy pomiar zachowamy jako przebieg referencyjny, aby możliwe było łatwe porównanie charakterystyk. Pamiętamy, że po włączeniu narzędzia Network odłączany jest generator arbitralny, a parametry sygnału testowego muszą być ustawione w oknie „Wavegen". Do testu zawsze jest używany sygnał sinusoidalny, dla którego ustawiamy offset 2,5 V i amplitudę 50 mV. Konieczne jest też ustawienie zakresów dla przebiegów amplitudy i fazy. W oknie „Units" ustawiamy Top=10 dB, Bottom=–50 dB, zaś w oknie „Phase" Offset=0° i Range=360°. Wyniki pomiarów częstotliwościowych przedstawiono na **rysunku 20**.



Rysunek 20. Charakterystyki rzeczywistego bufora napięciowego z kompensacją zera transmitancji

Podsumowanie

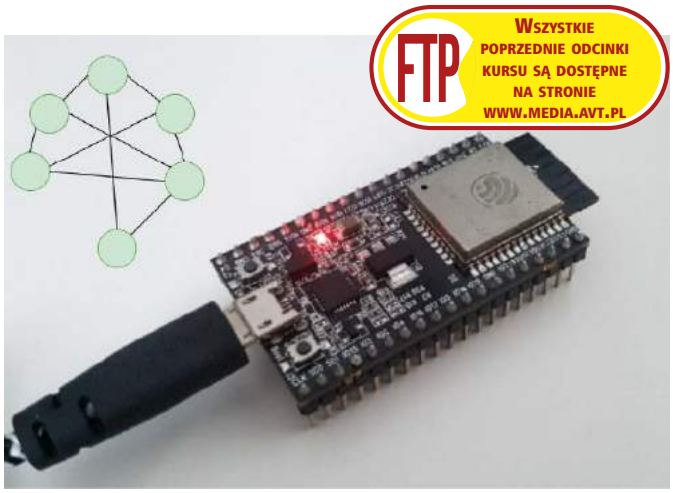
Artykuł nie wyczerpał tematyki związanej ze stabilnością układów elektronicznych. Właściwie ledwie ją musnęliśmy. Pozostało jeszcze sporo zagadnień do omówienia, ale założeniem tego cyklu było przedstawianie wielu zagadnień, a nie skupianie się na jednym. Może jeszcze kiedyś będzie okazja do powrócenia do tematu, na pewno jednak nie będziemy analizować marginesów fazy i wzmocnienia w kolejnym odcinku, mimo że zajmiemy się generowaniem sygnałów elektrycznych.

Jarosław Doliński, EP

eprasa.pl b41ae9951b

System komunikacji bezprzewodowej z użyciem modułów ESP32 oraz protokołu ESP-MESH (3)

Słowo „Mesh" – określające sieci bezprzewodowe o topologii kratowej – przylgnęło do technologii Bluetooth. Organizacja Bluetooth SIG na swojej stronie internetowej reklamuje się hasłem „Mesh networking is blue". Choć topologia kratowa wykorzystywana jest z powodzeniem od czasów powstania pierwszych sieci komputerowych, to dopiero wprowadzenie standardu Bluetooth Mesh w połowie 2017 roku zaowocowało wzrostem zainteresowania konstruktorów urządzeń IoT tą technologią. Czy zatem przystępując do budowy sieci czujników, połączonych w łatwo konfigurowalną i skalowaną sieć Mesh, jesteśmy skazani na Bluetooth? Oczywiście, że nie!

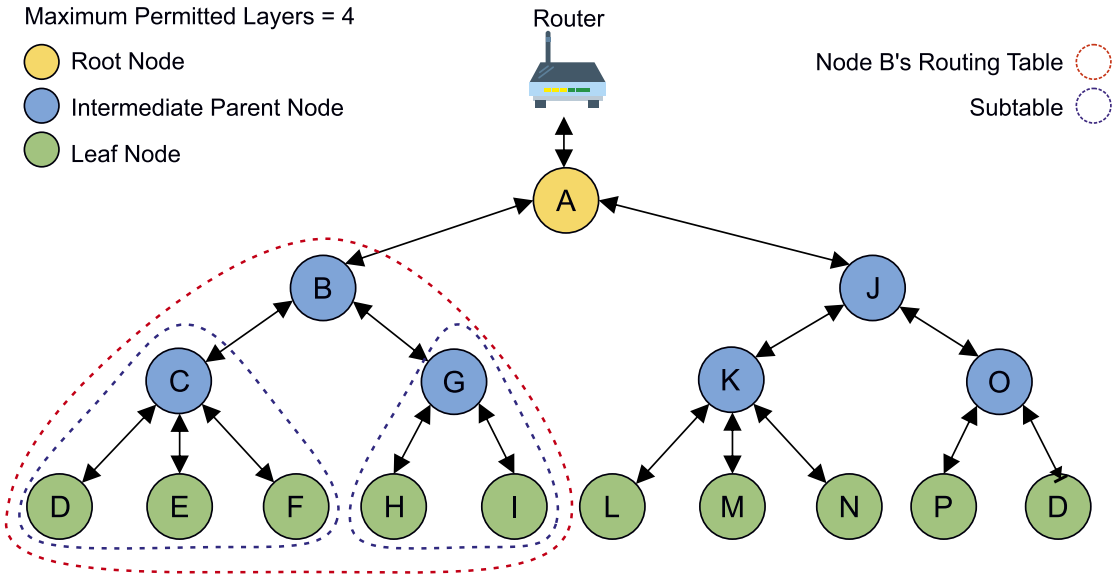


W poprzednich częściach artykułu omówione zostały zagadnienia związane z architekturą sieci, typami węzłów oraz „procesem wyborczym" węzła ROOT. Na potrzeby pierwszych testów sieci przygotowano również prostą aplikację z obsługą zdarzeń protokołu ESP-MESH. W tej części zajmiemy się rozbudowaniem kodu programu o proste mechanizmy komunikacji pomiędzy węzłami.

Ze względu na długość listingów są one dostępne na stronie artykułu: https://ep.com.pl – dla prenumeratorów, jeszcze przed ukazaniem się wydania papierowego. Równolegle do pobrania ze strony http://media.avt.pl.

ESP-MESH – tablice tras połączeń

W ramach sieci tworzonej z użyciem protokołu ESP-MESH każdy węzeł przechowuje i zarządza własną tablicą tras połączeń (*routing table*), niezbędną do prawidłowego przekierowania i dostarczenia pakietu danych do węzła docelowego. W skład tablicy tras połączeń wchodzą adresy MAC wszystkich urządzeń, podłączonych w ramach podsieci danego węzła, oraz adres węzła, który tę tablicę przechowuje. Dodatkowo tablica może zostać podzielona na podsieci, a więc tablice poszczególnych węzłów typu *child*. Przykładowy podział na tabele



Rysunek 6. Tablice tras połączeń dla sieci ESP-MESH (źródło: https://docs.espressif.com)

eprasa.pl b41ae9951b

i podtabele został pokazany na **rysunku 6**. Węzeł B w tablicy tras połączeń zawiera węzły od B do I. Tablica ta może zostać podzielona na dwie mniejsze tabele – z węzłami od C do F oraz od G do I.

Zarządzanie tablicą tras w protokole ESP-MESH jest realizowane w sposób automatyczny. O dodaniu lub usunięciu nowego węzła, program użytkownika jest informowany poprzez zdarzenia `MESH_EVENT_ROUTING_TABLE_ADD` oraz `MESH_EVENT_ROUTING_TABLE_REMOVE`. Funkcja obsługi tych zdarzeń nie musi podejmować żadnych zadań, związanych z zarządzaniem tablicą. W większości przypadków ograniczy się wyłącznie do wyświetlenia prostych komunikatów w konsoli urządzenia, co pokazuje **listing 3**.

Użytkownik może uzyskać dostęp do informacji przechowywanych w tablicy tras poprzez wywołanie:

```
esp_err_t esp_mesh_get_routing_table (mesh_addr_t
*mac, int len, int *size);
```

Pierwszy argument funkcji stanowi wskaźnik na tablicę tras (`tabela struktur mesh_addr_t`). Drugim jest wskaźnik na zmienną typu `int`, w której zostaną umieszczone informacje o wielkości tablicy (wyrażone w bajtach). Informację o wielkości tablicy, bez danych o adresach poszczególnych węzłów, można uzyskać również z wykorzystaniem funkcji `esp_mesh_get_routing_table_size()`.

Analogiczny zestaw funkcji przygotowano również dla pobrania danych dotyczących podsieci wybranego węzła:

- `esp_mesh_get_subnet_nodes_list()`
- `esp_mesh_get_subnet_nodes_num()`

ESP-MESH – komunikacja pomiędzy węzłami

Posiadając już wiedzę o tablicach routingu oraz funkcjach związanych z dostępem do nich, przystąpmy do właściwej implementacji programu. Na potrzeby artykułu zrealizujmy najprostszy model komunikacji, w ramach której to węzeł ROOT przesyła w sposób cykliczny komunikaty „Hello World!" do wszystkich urządzeń w sieci (a więc do wszystkich urządzeń przechowywanych w jego tablicy tras połączeń).

Wprowadzanie zmian w kodzie rozpoczynamy od modyfikacji funkcji obsługi zdarzeń `mesh_event_handler()`, opisanej w pierwszej części artykułu. W tym celu, w obsłudze zdarzenia `MESH_EVENT_PARENT_CONNECTED`, informującego węzeł, że został podłączony do węzła rodzica i stał się pełnoprawnym uczestnikiem sieci, dodajemy teraz wywołanie funkcji `mesh_tx_rx_start()` (**listing 4**).

Zadaniem funkcji `mesh_tx_rx_start()`, jest utworzenie dwóch nowych zadań: `esp_mesh_tx_start` oraz `esp_mesh_rx_start`, które będą odpowiedzialne za nadawanie i odbiór pakietów w sieci. Ponieważ środowisko *esp-idf* bazuje na systemie *FreeRTOS*, zadanie to może zostać zrealizowane za pomocą standardowych dla tego systemu wywołań `xTaskCreate()` (**listing 5**).

W przyjętych na potrzeby artykułu założeniach, za nadawanie danych odpowiada wyłącznie węzeł ROOT, tak więc implementację zadania `esp_mesh_tx_task()`, rozpoczynamy od sprawdzenia funkcji, jaką dany węzeł pełni w sieci ESP-MESH (**listing 6**). Ponieważ funkcja przypisana do węzła może w sposób dynamiczny ulec zmianie, zadanie to nie jest usuwane dla węzłów niebędących węzłem ROOT:

Kolejnym zadaniem węzła ROOT jest pobranie danych do tablicy tras połączeń (**listing 7**) oraz przygotowanie wiadomości (tekstu „Hello World!"), która będzie przesłana do wszystkich węzłów w tablicy. Dane wysyłane i odbierane za pomocą funkcji `esp_mesh_send()` oraz `esp_mesh_recv()` muszą zostać „opakowane" w strukturę typu `mesh_data_t`:

```
struct mesh_data_t {
        uint8_t *data,
        uint16_t size,
        mesh_proto_t proto,
        mesh_tos_t tos
}
```

Pole *data* wskazuje na dane do wysłania, natomiast pole `size` określa ich rozmiar. Protokół transmisji danych może zostać zdefiniowany poprzez wyliczeniowy typ danych `mesh_proto_t`:

- `MESH_PROTO_BIN` (wartość domyślna)
- `MESH_PROTO_HTTP`
- `MESH_PROTO_JSON`
- `MESH_PROTO_MQTT`

Ostatnie z pól struktury `mesh_data_t` określa zachowanie sieci w przypadku wystąpienia potrzeby retransmisji pakietu. Aktualnie protokół ESP-MESH wspiera wyłącznie opcje retransmisji na poziomie punkt-punkt (`MESH_TOS_P2P`) lub pozwala na jej całkowite wyłączenie (`MESH_TOS_DEF`). Znając znaczenie poszczególnych pól struktury `mesh_data_t`, możemy do funkcji wysyłania komunikatów dopisać kolejne linie kodu, związane z przygotowaniem wiadomości „Hello World!":

```
mesh_data_t msg;
msg.data = (uint8_t*)"Hello World!";
msg.size = sizeof("Hello World!");
msg.proto = MESH_PROTO_BIN;
msg.tos = MESH_TOS_P2P;
```

Ostatnim elementem zadania `esp_mesh_tx_task()` jest wywołanie funkcji `esp_mesh_send()` (odpowiedzialnej za wysłanie pakietu w ramach sieci) do wszystkich węzłów znajdujących się w tablicy routingu. Ogólną postać funkcji `esp_mesh_send()` przedstawiono poniżej:

```
esp_err_t esp_mesh_send (const mesh_addr_t *to,
        const mesh_data_t *data,
```

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 b41ae9951b

```
        int flag,
        const mesh_opt_topt[],
        int opt_count
);
```

Pierwsze dwa argumenty funkcji to adres węzła docelowego (lub wartość `NULL`, jeżeli pakiet jest adresowany do węzła ROOT) oraz dane do wysłania, w postaci struktury `mesh_data_t`. Kolejny argument stanowią flagi wiadomości, które opisują kierunek transferu danych, w tym dwie najważniejsze: wartość 0, w przypadku wysłania wiadomości do węzła ROOT, oraz wartość `MESH_DATA_P2P`, jeżeli dane kierowane są do wewnętrznego węzła w sieci. Dwa ostatnie argumenty to opcje dodatkowe, związane z routowaniem pakietów do grup węzłów oraz na poziomie bramy dostępowej a węzłami wewnętrznymi (w omawianym przypadku opcje nie są wykorzystywane). Pełny kod zadania `esp_mesh_tx_task()` pokazuje **listing 8**.

Ostatnim i niezbędnym etapem do przeprowadzenia poprawnej kompilacji kodu jest implementacja zadania `esp_mesh_rx_task()`. Ponieważ tym razem nie stawiamy ograniczeń na funkcję, jaką pełni węzeł (węzeł ROOT realizuje również odczyt danych), konstrukcja zadania będzie wyłącznie obudowanym wywołaniem funkcji `esp_mesh_recv()`, co pokazuje **listing 9**.

Po kompilacji i wgraniu oprogramowania za pomocą poleceń:

```
idf.py build
idf.py p <identyfikator_urządzenia> flash (np. idf.
py p /dev/ttyUSB0 flash)
```

Sprawdźmy następnie poprawność komunikacji w ramach tworzonej sieci. Zaczynamy od włączenia zasilania pierwszego z węzłów, któremu z powodu braku innych urządzeń automatycznie zostaje przypisana rola węzła ROOT:

```
ESP-MESH: <MESH_EVENT_PARENT_CONNECTED>layer:0>1,
parent:53:66:50:76:b2:b0<ROOT>, ID:77:77:77:77:77:77
ESP-MESH: <MESH_EVENT_TODS_REACHABLE>state:0
ESP-MESH: <MESH_EVENT_ROOT_ADDRESS>root
address:24:0a:c4:03:ac:85
ESP-MESH: <IP_EVENT_STA_GOT_IP> IP: 192.168.0.17
```

Zgodnie z implementacją, detekcja zdarzenia `MESH_EVENT_PARENT_CONNECTED` powiązana jest z uruchomieniem zadań `esp_mesh_tx_task()` oraz `esp_mesh_rx_task()`:

```
ESP-MESH: [TXTASK][1/1] Sending 'Hello World'
message to child node (24:0a:c4:03:ac:84)
ESP-MESH: [RXTASK] Received 'Hello World!' message
from node (24:0a:c4:03:ac:84)
```

Ponieważ w tablicy tras połączeń węzła przechowywany jest również jego własny adres, urządzenie ROOT cyklicznie wysyła wiadomość „Hello World!" do samego siebie. Dołączenie kolejnych dwóch węzłów w sieci automatycznie zwiększa rozmiar tablicy routingu po stronie węzła ROOT i zwiększa liczbę iteracji pętli `for()`:

```
ESP-MESH: [TXTASK][1/1] Sending 'Hello World'
message to child node (24:0a:c4:03:ac:84)
ESP-MESH: [RXTASK] Received 'Hello World!' message
from node (24:0a:c4:03:ac:84)
...
ESP-MESH: <MESH_EVENT_ROUTING_TABLE_ADD>add 1, new:2
ESP-MESH: <MESH_EVENT_CHILD_CONNECTED>aid:1,
bc:dd:c2:c1:d0:d4
ESP-MESH: [TXTASK][1/2] Sending 'Hello World'
message to child node (24:0a:c4:03:ac:84)
ESP-MESH: [RXTASK] Received 'Hello World!' message
from node (24:0a:c4:03:ac:84)
ESP-MESH: [TXTASK][2/2] Sending 'Hello World'
message to child node (bc:dd:c2:c1:d0:d4)
...
ESP-MESH: <MESH_EVENT_ROUTING_TABLE_ADD>add 1,
new:3
ESP-MESH: <MESH_EVENT_CHILD_CONNECTED>aid:2,
bc:dd:c2:c2:ca:60
ESP-MESH: [TXTASK][1/3] Sending 'Hello World'
message to child node (24:0a:c4:03:ac:84)
ESP-MESH: [RXTASK] Received 'Hello World!' message
from node (24:0a:c4:03:ac:84)
ESP-MESH: [TXTASK][2/3] Sending 'Hello World'
message to child node (bc:dd:c2:c1:d0:d4)
ESP-MESH: [TXTASK][3/3] Sending 'Hello World'
message to child node (bc:dd:c2:c2:ca:60)
```

Pokazana powyżej przykładowa realizacja stanowi jedynie niewielki fragment możliwości dostarczanych przez protokół ESP-MESH. Bardziej szczegółowe opisy interfejsu API oraz funkcjonalności protokołu zostały udostępnione przez firmę Espressif pod następującymi adresami:

- https://bit.ly/339ocYG
- https://bit.ly/3n2jVxR

Łukasz Skalski
contact@lukasz-skalski.com

REKLAMA

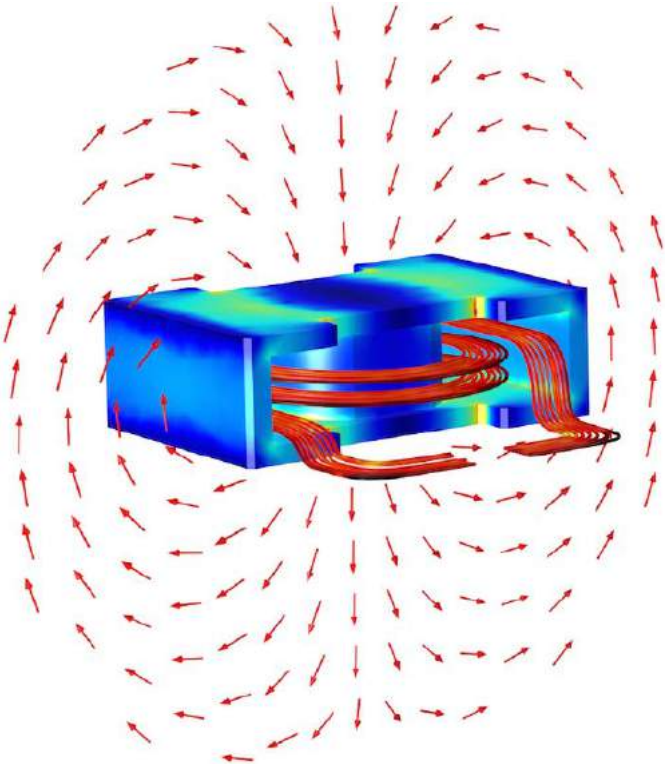
KITy AVT

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

eprasa.pl b41ae9951b

Transformatory i elementy indukcyjne

Elementy indukcyjne mogą wprawić w zakłopotanie znaczną część elektroników. Przyczyną tego stanu jest prawdopodobnie znaczna liczba parametrów, która charakteryzuje te podzespoły i utrudnia ich prawidłową implementację układową. W wielu wypadkach unikanie zastosowania właśnie cewek czy transformatorów jest niewskazane lub wręcz niemożliwe. Dlatego warto pogłębiać wiedzę o tych ważnych podzespołach elektronicznych.

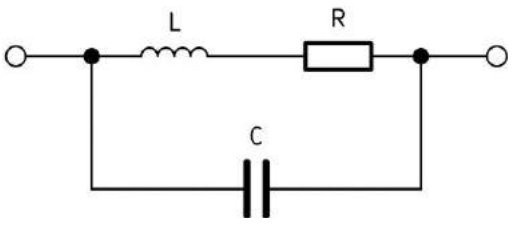


Elementy indukcyjne (cewki i dławiki) wnoszą do obwodów elektrycznych określoną indukcyjność (stałą lub regulowaną). Na **rysunku 1** zostały pokazane popularne symbole elektryczne tych elementów dla wariantów: ze stałą indukcyjnością, z regulowaną indukcyjnością oraz z rdzeniem ferrytowym. W najprostszym przypadku elementy indukcyjne wykonuje się poprzez nawinięcie przewodnika na korpusie z materiału nieprzewodzącego, przy czym nawinięcie to może być jedno- lub wielowarstwowe. Cewki i dławiki mogą być powietrzne (bezrdzeniowe) lub nawinięte na rdzeniu magnetycznym, przy czym te drugie pozwalają na osiąganie znacznie większych indukcyjności przy tych samych wymiarach i liczbie zwojów, co cewki powietrzne. Indukcyjności cewek rosną z ich wymiarami i liczbą zwojów, przy czym regulacja indukcyjności cewek zmiennych jest dokonywana zwykle przez przesuwanie rdzenia lub przełączanie aktywnego odczepu.

Rysunek 1. Symbole elektryczne popularnych elementów indukcyjnych

Parametry elementów indukcyjnych

Podstawowe modelowanie kluczowych własności elementów indukcyjnych odbywa się w oparciu na modelu zastępczym, pokazanym na **rysunku 2**. Głównym parametrem jest tu indukcyjność L, wyrażona w jednostce henr [H] lub (często) w jej podjednostkach: [mH] oraz [μH]. Natomiast pokazane na schemacie z rysunku 2: rezystor *R* oraz pojemność *C*, to tzw. parametry pasożytnicze, których obecność zasadniczo pogarsza właściwości cewek i dławików, a na pewno ogranicza ich zakresy zastosowania. Warto w tym miejscu podkreślić, że rezystancja *R* reprezentuje nie tylko straty wynikające z oporności szeregowej zastosowanego uzwojenia, ale także wszelkie inne straty (np. wynikające z tzw. efektu naskórkowości czy strat w zastosowanym rdzeniu magnetycznym i jego korpusie), a jej wartość rośnie wraz z częstotliwością przepływającego prądu. Natomiast pojemność *C* reprezentuje przede wszystkim skupioną wartość wszelkich rozproszonych pasożytniczych pojemności międzyzwojowych i także nie jest stała w funkcji częstotliwości.



Rysunek 2. Model zastępczy elementu indukcyjnego

Bardzo ważnymi parametrami omawianych podzespołów są także: reaktancja indukcyjna X_L [Ω] oraz dobroć *Q*, która jest parametrem bezwymiarowym. Zasadniczo reaktancja indukcyjna przyjmuje wartości czysto urojone ($+j\cdot X_L$), a jej wymiar [Ω] wynika z tego, że jest ona dla elementów indukcyjnych odpowiednikiem tego, czym jest parametr zwany rezystancją dla elementów oporowych. Wartości X_L oraz *Q* opisują wzory:

$$X_L=2\cdot\pi\cdot f\cdot L \quad (1)$$

oraz

$$Q=X_L/R=2\cdot\pi\cdot f\cdot L/R \quad (2)$$

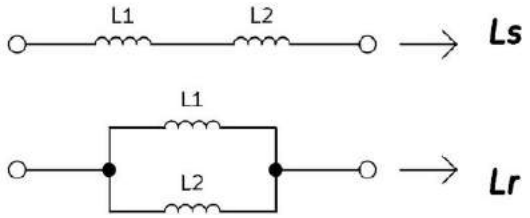
gdzie:

f – jest częstotliwością sygnału sinusoidalnego [Hz].

Dobroć Q zmienia się w funkcji częstotliwości *f*, a także w zależności od kształtu i wymiarów cewki, właściwości rdzenia, sposobu nawinięcia i rodzaju przewodu nawojowego oraz materiału korpusu. Zwykle wartość *Q* mieści się w przedziale od 50 do 200, a największe dobroci w zakresie bardzo dużych częstotliwości mają np. cewki powietrzne, nawinięte na korpusie ceramicznym.

Dławikami nazywane są te cewki, które mają za zadanie stworzenie w obwodzie wysokiej impedancji *Z* dla prądu zmiennego – tak, aby skutecznie stłumić prądy o określonych częstotliwościach. Stosuje się je przede wszystkim w filtrach zasilaczy oraz obwodach separujących zasilanie układów zmiennoprądowych (np. wzmacniaczy prądu zmiennego czy generatorów). Dlatego, szczególnie w przypadku dławików, ważnym parametrem jest częstotliwość rezonansu własnego

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 3. Schematy indukcyjności w połączeniu szeregowym oraz w połączeniu równoległym

(*Self-Resonance Frequency, S.R.F, SRF*). W największym uproszczeniu jest to częstotliwość, przy której reaktancja X_L przestaje rosnąć wraz z częstotliwością *f*, tym samym osiągając swoje maksimum. Zatem wartość **SRF**, jest uzależniona silnie od parametrów modelu zastępczego (rysunek 2) i wyznacza praktyczną granicę przydatności danego dławika w dziedzinie częstotliwości. Wyznaczanie wartości zastępczych indukcyjności (**rysunek 3**) w połączeniu szeregowym L_S oraz w połączeniu równoległym L_R realizujemy analogicznie jak dla połączeń rezystancji, wg wzorów:

$$L_S=L_1+L_2 \quad (3)$$

oraz

$$L_R=(L_1 \cdot L_2)/(L_1+L_2) \quad (4)$$

Rodzaje cewek oraz dławików i ich zastosowania

Cewki i dławiki mogą znacznie się różnić, zarówno sposobem wykonania, jak i zastosowaniami. W tym miejscu należy wyjaśnić, że o ile każdy dławik zasadniczo jest też cewką magnetyczną, o tyle obu tych pojęć zwykle używa się w nieco innych zastosowaniach. W przypadku dławików zazwyczaj domyślnym zastosowaniem jest wyłącznie tłumienie przebiegów zmiennych o określonych częstotliwościach (np. zakłóceń impulsowych w przewodach zasilających), a pozostałe parametry oraz ich dokładność (tolerancja) czy duża stabilność w czasie eksploatacji odgrywają drugorzędną rolę. Jeśli dana cewka zdecydowanie nie jest nazywana dławikiem, to zazwyczaj jej główne przeznaczenie jest zupełnie inne, np. praca w filtrach LC czy obwodach rezonansowych, w których dokładność parametrów czy ich stałość w czasie będą miały większe znaczenie niż w przypadku dławików.

Różne rodzaje cewek powietrznych, tzn. niemających rdzenia magnetycznego, zostały pokazane na **fotografiach 1...4.** Co prawda wprowadzenie rdzenia magnetycznego pozwala na osiąganie znacznie wyższych wartości indukcyjności przy tej samej liczbie uzwojeń,

Fotografia 5. Dławik z rdzeniem toroidalnym

Fotografia 6. Dławik osiowy

Fotografia 7. Dławik SMD z otwartym obwodem magnetycznym

Fotografia 8. Dławik SMD z zamkniętym obwodem magnetycznym

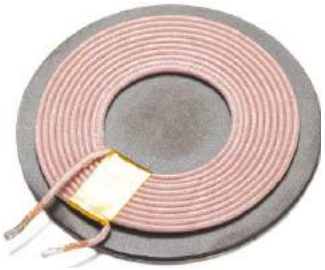
a także na zamykanie strumienia magnetycznego wewnątrz materiału rdzenia, to jednak w niektórych zastosowaniach użycie rdzenia magnetycznego nie jest korzystne. Dzieje się tak z uwagi na zjawisko nasycania się rdzeni magnetycznych a także tzw. histerezy krzywej magnesowania, które powoduje nieliniowości charakterystyk takich cewek. Takie efekty są niepożądane we wszelkich zastosowaniach, w których cewka pracuje w obwodach przenoszących sygnały elektryczne, od których oczekujemy silnie liniowych charakterystyk przetwarzania. Dobrym przykładem może być cewka, która jest przeznaczona do pracy w zwrotnicach (filtrach i rozdzielaczach sygnałów) zespołów głośnikowych (**fotografia 1**). Z kolei na **fotografii 4** pokazano cewkę na wysokie częstotliwości, której jedynym zadaniem jest praca jako antena nadawczo-odbiorcza urządzenia o niewielkiej mocy. W tym przypadku kluczowym parametrem, obok indukcyjności, jest charakterystyka kierunkowa promieniowania energii elektromagnetycznej, która z zasady powinna móc swobodnie opuszczać taką cewkę antenową.

Różne wykonania cewek i dławików, które zasadniczo można spotkać w handlu i które są stosowane w różnych urządzeniach produkowanych na skalę przemysłową, zostały pokazane na **fotografiach 5...12**. Pierwsza z nich pokazuje przykład niewielkiego dławika, nawiniętego na rdzeniu toroidalnym, wykonanym z materiału ferromagnetycznego. Jego zaletą, prócz możliwości uzyskania dość znacznych indukcyjności przy niewielkiej liczbie zwojów (co pozwala m.in. osiągać niewielkie rezystancje dławika dla składowej stałej), jest zamykanie obwodu dla strumienia magnetycznego wewnątrz materiału rdzenia. Ma to bardzo istotne znaczenie wszędzie tam, gdzie „wychodzenie" strumienia pola magnetycznego poza rdzeń cewki jest wysoce niepożądane – głównie z uwagi na możliwości zakłócania innych obwodów, występowania sprzężeń elektromagnetycznych albo straty energii pola danej cewki i związane z tym pogorszenie czy zmiany parametrów jej działania. Na **fotografii 6** widzimy niewielki,

Fotografia 1. Cewka powietrzna stosowana w zwrotnicy głośnikowej

Fotografia 2. Cewka powietrzna do montażu THT

Fotografia 3. Cewka powietrzna do montażu SMD



Fotografia 4. Cewka powietrzna stosowana w systemach ładowania bezprzewodowego

Fotografia 9. Dławik na pionowym rdzeniu do montażu przewlekanego

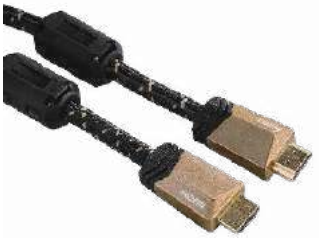
Fotografia 10. Dławik przystosowany do pracy przy wysokich częstotliwościach i ze stosunkowo znacznymi prądami

eprasa.pl b41ae9951b

Fotografia 11. Dławik dużej mocy

Fotografia 12. Dławik pełniący funkcję elektromagnesu w przekaźniku

popularny dławik osiowy, nawinięty na ferromagnetycznym rdzeniu prętowym. Dławiki takie wyglądem przypominają klasyczne rezystory, są dostępne w bardzo szerokim zakresie wartości i mają zastosowanie w różnych obwodach niskoprądowych. Tam, gdzie godzimy się na nieco ograniczoną dobroć czy dokładność i stabilność parametrów, mogą też pełnić funkcje cewek rezonansowych, np. w wybranych obwodach amatorskich urządzeń radiokomunikacyjnych. Dławik z **fotografii 7** jest klasycznym dławikiem, stosowanym zwykle w obwodach filtrujących zasilanie lub tory sygnałowe. Jego wykonanie jest przystosowane do lutowania powierzchniowego na PCB, a otwarty rdzeń stanowi słupek z materiału ferromagnetycznego. Z kolei dławik z **fotografii 8** jest także niewielkim dławikiem, wykonanym w technologii SMD, jednak ma zamknięty obwód magnetyczny (okrągły rdzeń jest umieszczony w zewnętrznej obudowie – także wykonanej z materiału ferromagnetycznego, przez którą zamyka się obwód magnetyczny tego dławika). Dławik z **fotografii 9** został nawinięty na pionowym rdzeniu ferromagnetycznym i jest przystosowany do montażu THT. Bardzo ciekawe rozwiązanie stanowi dławik pokazany na **fotografii 10**. W litym rdzeniu z materiału ferromagnetycznego wykonano kilka otworów, przez które przewleczono pojedyncze zwoje. Strumień magnetyczny zamyka się wewnątrz rdzenia, a wzajemne sprzężenia pomiędzy poszczególnymi zwojami zwiększają efektywną indukcyjność. Dodatkowo, niewielka liczba oddalonych od siebie dość znacznie zwojów, wykonanych z drutu o srebrzonej powierzchni, pozwala zminimalizować efekty naskórkowości, pojemności pasożytniczych oraz znacznej rezystancji szeregowej, co predestynuje dławik o takim wykonaniu do skutecznej pracy na co najmniej wysokich częstotliwościach i ze stosunkowo znacznymi prądami. Na **fotografii 11** pokazano dławik, w którym zapewne znaczną liczbę zwojów nawinięto na pionowym karkasie. Z kolei w karkas wprowadzono dzielony rdzeń z materiału ferromagnetycznego, w którym zamknięty strumień magnetyczny przechodzi symetrycznie wewnątrz karkasu oraz dookoła niego – po obu stronach rdzenia. Taki dławik zapewne będzie miał znaczną indukcyjność i może służyć np. do filtracji zasilania lub korekty impedancji obciążenia, na co wskazuje zdolność do przenoszenia stosunkowo znacznych prądów. Ostatnia w tej grupie **fotografia 12** prezentuje zastosowanie cewek indukcyjnych z rdzeniem magnetycznym w tzw. przekaźnikach elektromechanicznych. Widzimy na niej wielostykowy przekaźnik, w którym cewka (lub cewki) indukcyjna ma za zadanie wygenerować zewnętrzny strumień magnetyczny, który po opuszczeniu rdzenia przyciąga lub odpycha odpowiedni element styku (lub styków), powodując tym samym przełączanie. W przypadku cewek tego typu, które zazwyczaj, pod dokonaniu przełączenia, pracują z prądem stałym, zdecydowanie mniej istotnymi parametrami są np. indukcyjność L czy dobroć Q, natomiast bardzo istotne są: znamionowe napięcie i prąd załączenia, czasy przełączania oraz dopuszczalne napięcie i prąd pracy przełączanych styków.



Fotografia 15. Rdzeń pierścieniowy zamontowany na przewodzie jako filtr zakłóceń

Specyficzną grupę stanowią dławiki indukcyjne przeznaczone do filtracji zakłóceń. Na **fotografii 13** widzimy trzyżyłowy przewód połączeniowy, który przewleczono przez pierścieniowy rdzeń ferrytowy, tym samym nawijając nim trifilarnie pięć uzwojeń. Może to być forma filtracji zasilania, ale w przypadku połączenia sygnałowego, może to być sposób na ograniczenie szkodliwych sprzężeń między obwodami na częstotliwościach znacznie wyższych od częstotliwości sygnałów użytkowych. Z kolei **fotografie 14 i 15** obrazują rozwiązanie oparte na rozkładanych rdzeniach pierścieniowych, składających się z dwóch połówek, które zaciska się na gotowym przewodzie wielożyłowym. Jest to forma realizacji dławika przeciwzakłóceniowego (chodzi tu zarówno o zakłócenia generowane przez poszczególne łączone obwody, jak i indukujące się w kablach z zewnętrznych pól elektromagnetycznych). Takie rozwiązania są często spotykane np. w kablach sygnałowych monitorów czy w kablach zasilaczy do laptopów.

Transformatory

Transformatory również należą do elementów indukcyjnych, jednak składają się z co najmniej dwóch uzwojeń. Zasadniczo są one przeznaczone do przekazywania energii z uzwojenia pierwotnego do uzwojenia wtórnego. W elektronice transformator służy zwykle do obniżania lub podwyższania napięcia i jest najczęściej stosowany w układach prostowników w zasilaczach lub w układach dopasowywania rezystancji obciążenia (dołączonego po stronie wtórnej) do rezystancji źródła, dołączonego po stronie pierwotnej. W drugim zastosowaniu transformatory często wykorzystuje się jako elementy sprzęgające w różnego rodzaju wzmacniaczach (m.cz., w.cz.), przy czym zastosowanie sprzężenia transformatorowego może dotyczyć: źródła sygnału i wejścia wzmacniacza, kolejnych stopni wzmacniacza, a także wyjścia wzmacniacza z jego obciążeniem.

Moce przenoszone przez transformatory, stosowane w elektronice, zwykle nie przekraczają 100 W. Z uwagi na trudności technologiczne w konstruowaniu transformatorów o znacznie większych mocach (w grę wchodzi głównie aspekt skuteczności chłodzenia całej objętości zastosowanego rdzenia oraz nawiniętych na nim uzwojeń) pewną alternatywą może być łączenie równoległe dwóch lub więcej transformatorów (jakkolwiek rozwiązanie to nastręcza inne techniczne problemy do rozwiązania).

Jednym z kluczowych parametrów transformatora jest jego przekładnia p, która wynika ze stosunku liczby zwojów uzwojenia wtórnego n_2 do liczby zwojów uzwojenia pierwotnego n_1. W transformatorze idealnym, czyli bezstratnym (o sprawności η=100%; typowo sprawność transformatorów η mieści się w zakresie od 80% do 95% i zwykle spada wraz ze wzrostem obciążenia wobec wzrostu strat w uzwojeniach i rdzeniu), zgodnie z oznaczeniami przyjętymi na **rysunku 4**, zachodzi zależność:

$$p=n_2/n_1=U_2/U_1 \quad (5)$$

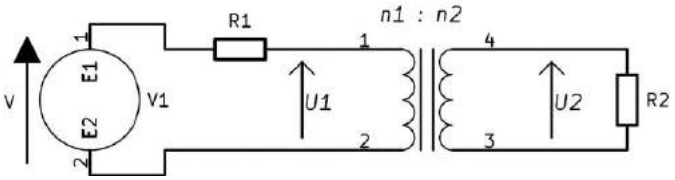
Moc przekazywaną do obciążenia R_2 (przy założeniu braku strat w transformatorze) możemy wyliczyć jako równą:

$$P=U_2^2/R_2=p^2\cdot U_1^2/R_2 \quad (6)$$

Fotografia 13. Dławik przeznaczony do filtracji zakłóceń

Fotografia 14. Rdzeń pierścieniowy składany z dwóch połówek

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 4. Prosty model obciążonego transformatora

Warto wiedzieć, że jeśli kluczowym aspektem danego zastosowania transformatora jest przenoszenie przezeń maksymalnej możliwej mocy ze strony uzwojenia pierwotnego na stronę uzwojenia wtórnego, to należy zapewnić dopasowanie rezystancji obciążenia R_2 do rezystancji źródła R_1. Sytuacja ta występuje wtedy, gdy rezystancja widziana od strony źródła R', lub (potocznie) przeniesiona na stronę pierwotną transformatora, uzależniona od przekładni transformatora p, jest równa rezystancji źródła, czyli zachodzi równość:

$$R'=R_2/p^2=R_1 \quad (7)$$

Na koniec warto wspomnieć o tym, że skoro transformator jest elementem indukcyjnym, a jego uzwojenia de facto są cewkami indukcyjnymi, to jego uproszczony model z rysunku 4 powinien zostać uzupełniony elementami modelu cewki z rysunku 2 dla obu stron uzwojenia.

Rodzaje i zastosowanie transformatorów

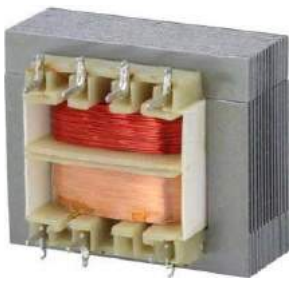
Już na początku tego rozdziału warto zwrócić uwagę na fakt, że znakomita większość transformatorów stosowanych obecnie w elektronice to transformatory sieciowe, czyli takie, których zadaniem jest transformowanie energii pochodzącej z sieci energetycznej 230 V do odpowiedniego napięcia na uzwojeniu wtórnym. Zazwyczaj za takim transformatorem znajduje się odpowiedni prostownik a dalej filtry wygładzające i stabilizatory napięcia. Należy tu zaznaczyć, że zarówno zagadnienie projektowania samych transformatorów sieciowych, jak i prostowników, filtrów oraz stabilizatorów (regulatorów) napięcia znacznie wykraczają poza ramy tego artykułu. Jakkolwiek, w praktyce dzisiejszego elektronika rzadkością jest skomplikowane projektowanie odpowiednich transformatorów, a stosuje się zwykle gotowe rozwiązania, pochodzące z obszernej oferty rynkowej. To, co koniecznie trzeba uwzględnić, dokonując wyboru stosownego transformatora sieciowego, to oczekiwana przenoszona moc (z uwzględnieniem jego sprawności), napięcie wyjściowe (na uzwojeniu wtórnym) oraz możliwy jego spadek przy znamionowym (maksymalnym) obciążeniu prądowym.

Najprostszy transformator sieciowy ma pojedyncze uzwojenie wtórne, jednak spotykane są też wersje z wielokrotnymi oraz dzielonymi uzwojeniami wtórnymi. Wielokrotne uzwojenia wtórne pozwalają na uzyskiwanie kilku różnych napięć zasilających i bywają łączone szeregowo w celu uzyskiwania wyższych lub różnych napięć wyjściowych. W przypadku symetrycznego podziału (lub szeregowego połączenia) w uzwojeniu wtórnym możliwe jest łatwe uzyskiwanie jednocześnie dodatnich i ujemnych wyprostowanych napięć wyjściowych – w takim przypadku środkowy odczep jest dołączony do masy układu za transformatorem. Łącząc szeregowo uzwojenia wtórne, należy zdecydowanie pamiętać o tym, że ich maksymalne obciążalności prądowe powinny być zbliżone i nie mniejsze od oczekiwanego wyjściowego prądu obciążenia. Transformatory, o konstrukcjach bardzo podobnych do sieciowych, są stosowane, także we wszelkiego rodzaju przetwornicach – zarówno podwyższających, jak i obniżających napięcie. Podobne są także zasady ich doboru do konkretnego układu.

Fotografia 18. Transformator ekranowany

Na **fotografiach 16...18** pokazano przykłady klasycznych rozwiązań transformatorów sieciowych, których rdzenie wykonano z wielu warstw blach kształtkowych w układzie „EI". Zostały one wykonane ze stali krzemowej są izolowane od siebie specjalnym lakierem, ułożone na przemian a następnie ściśnięte mechanicznie. Takie rozwiązanie zapewnia dobrą izolację dla pasożytniczych prądów wirowych, indukowanych w rdzeniu (tzw. magnetowodzie), które powodują grzanie rdzenia (ryzyko stopienia izolacji uzwojeń, prowadzącego do ich zwarć) oraz spadek sprawności transformatora. Transformator pokazany na **fotografii 17**, został wyposażony w ekran elektrostatyczny, wykonany z folii miedzianej. Jego zadaniem jest ochrona przed zakłóceniami pola elektrycznego, pochodzącego z transformatora. Taki ekran nie powinien tworzyć zamkniętego zwoju (chyba że obejmuje on cały rdzeń), aby był skuteczny, powinien zostać uziemiony. W przypadku konieczności zapewnienia dobrej izolacji (ekranowania) od pola magnetycznego należy cały transformator umieścić w puszce, wykonanej ze stali niskowęglowej lub permaloju. **Fotografia 19** pokazuje alternatywne i popularne wykonanie transformatorów sieciowych – z zastosowaniem litych rdzeni toroidalnych. Wykazują one szereg zalet ponad omówione uprzednio transformatory z rdzeniami blaszanymi (wynikają one zarówno z kształtu, jak i z własności materiału ferromagnetycznego, użytego do konstrukcji rdzenia) i dlatego są w obecnych czasach znacznie chętniej stosowane od tych uprzednio omówionych.

Dalszych przykładów rozwiązań technicznych i zastosowań transformatorów jest jeszcze wiele, warto przynajmniej wspomnieć o kilku z nich. Na **fotografiach 20 i 21** zostały pokazane transformatory miniaturowe, zalewane w obudowach z tworzywa sztucznego. Abstrahując nieco od ich przeznaczenia oraz sposobu wewnętrznego wykonania, taka konstrukcja umożliwia bezpośredni montaż na płytce drukowanej czy listwie montażowej. Tu warto podkreślić, że takie kompaktowe wykonanie jest możliwe w zasadzie tylko dzięki temu, że są to transformatory małych i bardzo małych mocy. W przeciwnym wypadku umieszczenie transformatora w niewentylowanej obudowie i zalanie go tworzywem sztucznym lub żywicą spowodowałoby niewątpliwie znaczne trudności z odprowadzaniem wydzielonego ciepła.



Fotografia 16. Popularny transformator sieciowy z rdzeniem blaszanym

Fotografia 17. Transformator z uzwojeniem ekranującym

Fotografia 19. Transformator sieciowy z rdzeniem toroidalnym

Fotografia 20. Miniaturowy transformator zalany w obudowie

eprasa.pl b41ae9951b

Fotografia 21. Transformator toroidalny zalany w obudowie

Fotografia 22. Dławik skompensowany prądowo

Fotografia 23. Transformatory wysokiej częstotliwości

Fotografia 24. Przykładowe zastosowanie transformatorów wysokiej częstotliwości

Ciekawe wykonanie transformatora z rdzeniem ferrytowym zostało pokazane na **fotografii 22**. Element taki jest nazywany dławikiem skompensowanym prądowo (*common mode choke* – CMC). Składa się z rdzenia z materiału magnetycznego o dużej przenikalności oraz dwóch uzwojeń o identycznej liczbie zwojów. Jest on włączony w układ zasilania w szereg w ten sposób, aby prąd roboczy płynący przez jedno uzwojenie i powracający drugim uzwojeniem generował wzajemnie kompensujące się pole magnetyczne. Dla prądu roboczego dławik skompensowany stanowi nieistotną przeszkodę, sprowadzającą się do jego rezystancji oraz znikomej indukcyjności rozproszenia. Dla przebiegów szybkozmiennych, pojawiających się równocześnie na obu przewodach wejściowych (tzw. zakłócenia wspólne), dławik skompensowany stanowi przeszkodę trudną do przejścia.

Transformatory wysokiej i bardzo wysokiej częstotliwości, wykonane na rdzeniach pierścieniowych z proszku ferrytowego (mają one zazwyczaj średnicę od kilku milimetrów do kilkunastu centymetrów), zostały pokazane na **fotografii 23**. Jak nietrudno zauważyć, nie stosuje się tu rozdzielnego wykonywania uzwojeń: pierwotnego oraz wtórnego, lecz równoczesne ich nawijanie w sposób bi- lub trifilarny, natomiast przekładnię transformatora różną od $p=1$ uzyskuje się poprzez łączenie (lutowanie) końców odpowiednich uzwojeń. W szczególności, transformatory pokazane na **fotografii 24**, nawinięte na niebieskich rdzeniach pierścieniowych, zostały zastosowane we wzmacniaczu mocy w.cz. wysokiej klasy: trzy małe (po lewej stronie) sprzęgają elementy stopnia sterującego, natomiast dwa duże (po prawej stronie) są odpowiedzialne za dopasowanie wyjścia mocy do obciążenia.

Podsumowanie

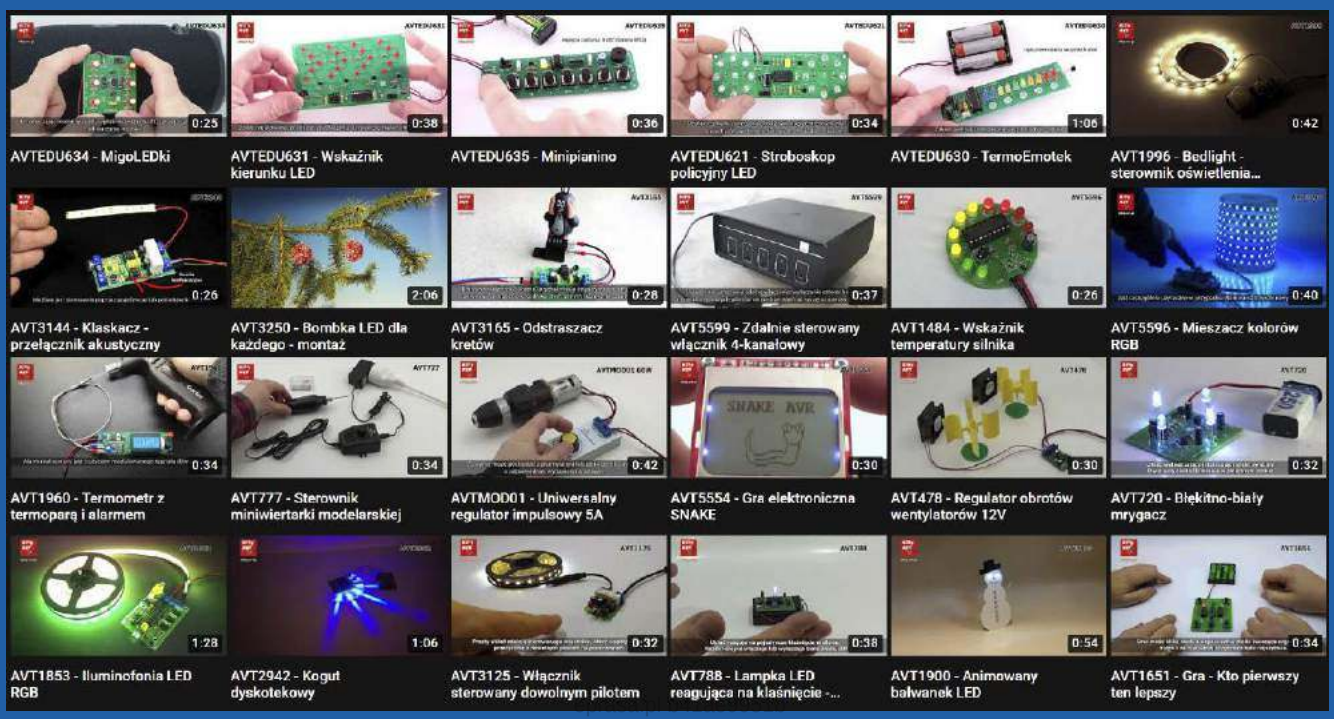
W artykule podjęto próbę przybliżenia Czytelnikom zagadnień, związanych z praktycznymi zastosowaniami szerokiej gamy elementów indukcyjnych i transformatorów. Z uwagi na znaczną obszerność tego zagadnienia skoncentrowano się na aspektach czysto praktycznych oraz przykładach. Takie podejście wymusiło ograniczenie do minimum zakresu przekazanych wiadomości teoretycznych.

Adam Sobczyk SQ5RWQ
sq5rwq@gmail.com

REKLAMA

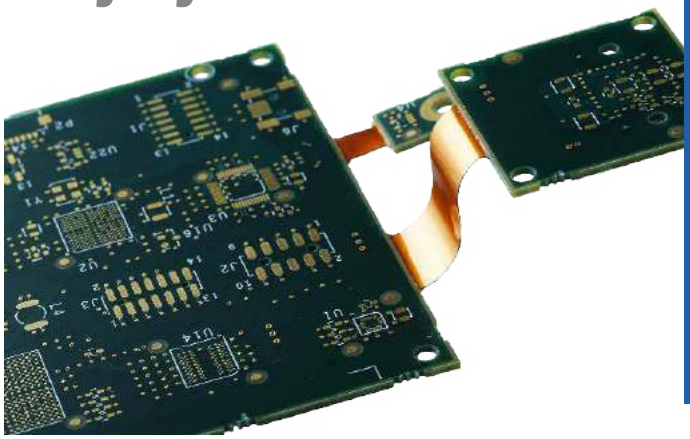
KITy AVT

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



Obwody drukowane

Płytki PCB o zwykłych i niezwykłych zastosowaniach



Płytki drukowane stanowią podstawę budowy urządzeń elektronicznych. Obecnie rzadko kiedy są to zwykłe laminaty z miedzianą folią i epoksydowym dielektrykiem. Firmy produkujące PCB oferują coraz nowocześniejsze usługi i gwarantują wysoką jakość produktów. Wykonanie płytek specjalnego przeznaczenia z zastosowaniem nietypowych materiałów i konstrukcji dziś nie stanowi problemu.

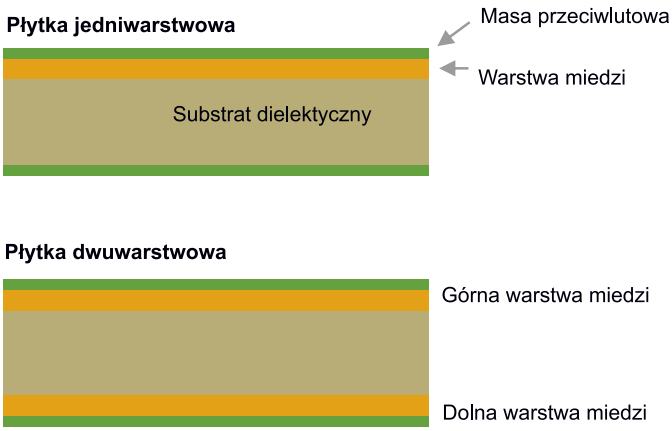
Budowa wszystkich płytek drukowanych (PCB – *printed circuit board*) jest podobna. W przekroju pionowym można wyszczególnić co najmniej dwie warstwy, z jakich są wykonane: dielektryczny substrat oraz przewodząca warstwa ścieżek (**rysunek 1**). Warstwy zostają ze sobą połączone w procesie laminowania (stąd nazwa – laminat), a następnie są wytrawiane ścieżki (lub w inny sposób usuwana jest nadmiarowa część warstwy przewodzącej). W kolejnych etapach wiercone są otwory, itd.

Płytki drukowane mogą różnić się niemalże wszystkimi pozostałymi parametrami. Mają jeszcze szereg dodatkowych warstw technologicznych. Warstwa lub warstwy, w przypadku PCB wielowarstwowych często pokrywane są maską przeciwlutową (*soldermask*), która ma chronić warstwę miedzi przed utlenianiem oraz niepotrzebnym pokryciem spoiwem lutowniczym w procesie lutowania. Ścieżki laminatu lub same pady mogą być dodatkowo pokrywane warstwą metalizacji (cyny, złota technicznego, itd.), a płytka dodatkowo zadrukowywana jest warstwą opisową.

Konstrukcja PCB i stosowane technologie są do siebie podobne i pasują do powyższego opisu. To, co je odróżnia, to użyte do produkcji płytki drukowanej materiały i ich właściwości.

Klasyczne laminaty

W elektronice najpopularniejsze są laminaty epoksydowe i fenolowe z materiałami takimi jak papier czy włókno szklane jako wypełnienie. Istnieje wiele rodzin tych materiałów – FR, CEM, itp. Spośród nich najczęściej stosowane w przemyśle są laminaty: CEM-1, CEM-3, FR-2 oraz FR-4.



Rysunek 1. Budowa typowej płytki drukowanej jedno- (u góry) i dwuwarstwowej (na dole)

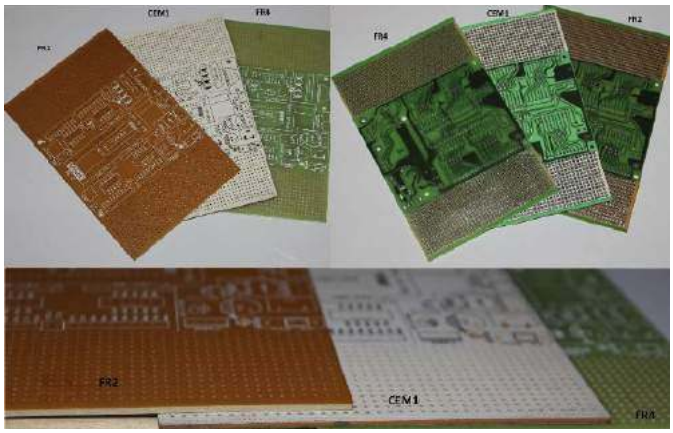
Wszystkie laminaty pokrywane są przewodzącą folią, w znakomitej większości miedzianą. Typowo folia taka ma grubość 35 μm. Nazywana jest folią 1 oz. (uncja) od faktu, że stopa kwadratowa takiej folii waży dokładnie jedną uncję. Jednak możliwe jest zastosowanie grubszych folii, na przykład 70 μm lub 105 μm, jeśli konieczne jest uzyskanie np. mniejszej rezystancji ścieżek przy zadanej ich szerokości w projekcie.

Laminaty kompozytowe (CEM)

Laminaty tej grupy produkowane są z kompozytów wielu materiałów. Najczęściej są to tkaniny z włókien szklanych oraz inne materiały, które są wspólnie laminowane za pomocą syntetycznej żywicy epoksydowej.

Laminat CEM-1 jest najtańszym z laminatów typu CEM. Wykonywany jest z jednej warstwy papieru celulozowego, która jest laminowana z pojedynczą warstwą tkaniny z włókien szklanych. Przykład płytki drukowanej zrobionej z laminatu CEM-1, pokazano na **fotografii 1**.

Laminat CEM-3 wykonywany jest z wielu warstw włókien szklanych (nietkanych), nasączonych żywicą epoksydową. Jest on tańszym zamiennikiem dla opisanych dalej laminatów FR-4. Charakteryzuje się właściwościami bardzo zbliżonymi do FR4, a ustępuje jedynie wytrzymałością mechaniczną. Szczególnie widoczne w przypadku laminatów wielowarstwowych jest to, że CEM-3 ma zmniejszoną odporność na delaminację warstw. Laminaty typu CEM mają najczęściej kolor biały.



Fotografia 1. Różne rodzaje laminatów – CEM-1, FR-2 oraz FR-4 (patrz podpisy)

eprasa.pl b41ae9951b

Laminaty fenolowe (FR-2)

Laminat typu FR-2 powstaje (podobnie jak laminat FR1, który odróżnia niższa maksymalna temperatura pracy) poprzez laminowanie papieru nasączanego żywicą fenolową (najczęściej fenoplastem fenolowo-formaldehydowym) z folią miedzianą po jednej lub obu stronach laminatu. Fenoplasty są sztywne i odporne na związki chemiczne stosowane w obróbce PCB, niestety mimo dobrych parametrów mechanicznych materiały te są bardzo kruche. Częściowo jest to kompensowane poprzez zastosowanie papierowego wypełniacza, co jednak nie zapewnia idealnych własności mechanicznych, utrudnia wykonywanie metalizowanych otworów, itp. Laminaty FR-2 są jednymi z najpopularniejszych w przemyśle, zwłaszcza w formie niedrogich, jednowarstwowych płytek PCB w sprzęcie konsumenckim. Przykład PCB wykonanego z laminatu FR-2 zaprezentowano na fotografii 1.

Fotografia 2. Przykładowe urządzenie elektroniczne (aparat cyfrowy) zawierające dużą ilość laminatu elastycznego typu flex

Laminat FR-2 charakteryzuje się stałą dielektryczną równą 4,5 (przy 1 MHz) i współczynnikiem tłumienia w zakresie od 0,024 do 0,26 (przy 1 MHz). Napięcie przebicia dielektryka fenolowo-celulozowego wynosi około 29 kV/mm, co dla typowej płytki drukowanej o grubości dielektryka równej 1,6 mm daje napięcie przebicia pomiędzy warstwą górną a dolną laminatu równe 46,4 kV.

Laminat szklano-epoksydowy (FR-4)

Laminat typu FR4 jest drugim co do popularności laminatów w sprzęcie elektronicznym. Oferuje on lepsze własności mechaniczne i dielektryczne niż laminat typu FR-2 i inne. Powstaje z nałożonych na siebie kilku warstw tkaniny (dla standardowej PCB o grubości 1,6 mm jest to osiem warstw) wykonanej z włókien szklanych po nasączeniu jej żywicą epoksydową. Przykład płytki drukowanej, wykonanej z laminatu FR-4, pokazano na **fotografii 2**.

Laminat szklano-epoksydowy charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami mechanicznymi, dużo lepszymi niż laminaty CEM czy FR-2, dzięki czemu można go obrabiać ze znacznie większą dokładności i jakością wykończonej powierzchni. Dzięki temu dużo łatwiej jest wykonywać metalizację otworów w płytce drukowanej, a to pozwala na łatwiejszą produkcję płytek dwu- i wielowarstwowych.

Laminaty FR-4 oferują również lepsze parametry elektryczne niż inne materiały. Charakteryzują się stałą dielektryczną równą 4,4 i współczynnikiem tłumienia wynoszącym zaledwie, 0,017. Wytrzymałość dielektryczna tego materiału wynosi około 20 kV/mm, ale napięcie przebicia typowej płytki drukowanej szacowane jest na powyżej 50 kV.

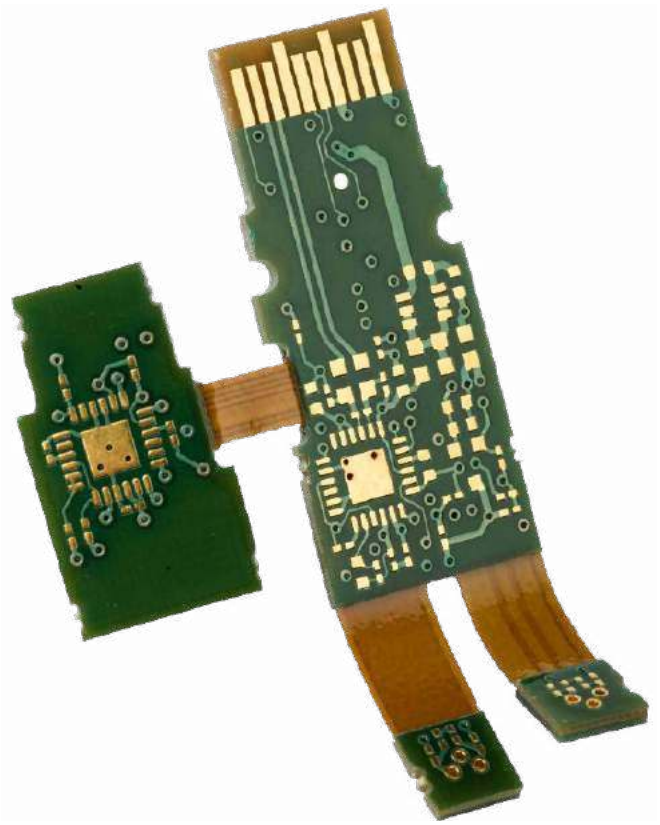
Laminat typu FR-4 jest najbardziej rozpowszechnionym rodzajem materiału do produkcji płytek drukowanych, jeśli chodzi o popularność w zakładach produkcyjnych, szczególnie tych, które nastawiają się na produkcję krótszych serii.

Na rynku dostępnych jest wiele rodzajów laminatów FR-4, różniących się cechami, takimi jak na przykład palność. Generalnie laminaty z serii FR są trudno palne w zgodzie z normą UL94V-0, ale dostępne są laminaty o podwyższonym poziomie odporności na wysoką temperaturę (np. zwiększona temperatura zapłonu lub temperatura zeszklenia) czy też pozbawione halogenów w swoim składzie, które nie emitują niebezpiecznych gazów podczas spalania.

Płytki elastyczne – flex oraz flex-rigid

Płytki drukowane typu flex zawierają elastyczne laminaty, produkowane ze specjalnych materiałów, które mają zapewnić elastyczność gotowej płytki. Tego rodzaju laminaty najczęściej wytwarza się z użyciem, jako substratu, cienkiej folii z poliimidu (PI). Jest on duromerem o szczególnie dużej odporności na działanie wysokich temperatur. Zachowuje dużą trwałość kształtu nawet przy długotrwałych obciążeniach w wysokich temperaturach. Cechy te czynią go idealnym do zastosowania jako dielektryk w cienkich, elastycznych płytkach drukowanych.

Typowe laminaty poliimidowe mają grubość zaledwie kilkudziesięciu mikronów. Gotowe płytki drukowane, mają PI również jako dielektryczne pokrycie ścieżek – spełnia on wtedy również funkcję soldermaski. Przykład laminatu elastycznego pokazano na **fotografii 2**. Widać na nim urządzenie (aparat cyfrowy) niemalże zupełnie skonstruowane na bazie laminatu elastycznego, do którego przylutowano wszystkie wymagane w systemie elementy elektroniczne.



Fotografia 3. Przykładowa płytka drukowana typu flex-rigid

eprasa.pl b41ae9951b

Elektrycznie laminaty elastyczne wykorzystujące poliimidowe substraty i maski przeciwlutowe mają podobne własności jak np. płytki FR-4. Tego rodzaju PCB ma współczynnik dielektryczny równy około 4,2 i współczynnik tłumienia równy ok. 4 (przy 1 GHz). Wytrzymałość dielektryczna jest znacznie wyższa – 57,1 kV/mm, dzięki czemu nawet bardzo cienki laminat z PI może pracować z relatywnie wysokim napięciem.

Laminat flex-rigid to odmiana zwykłych elastycznych laminatów. Technologia ta zakłada laminowanie warstwy poliimidowego substratu z dodatkową warstwą tzw. usztywniacza. Może być to pojedyncza warstwa substratu z np. laminatu FR-4 lub wręcz dodatkowa PCB z tego materiału. Usztywniacze na ogół mają inny kształt niż laminat elastyczny, tj. usztywniają tylko niektóre obszary – pozostałe są nadal elastyczne. Przykładowy laminat typu flex-rigid pokazano na **fotografii 3.**

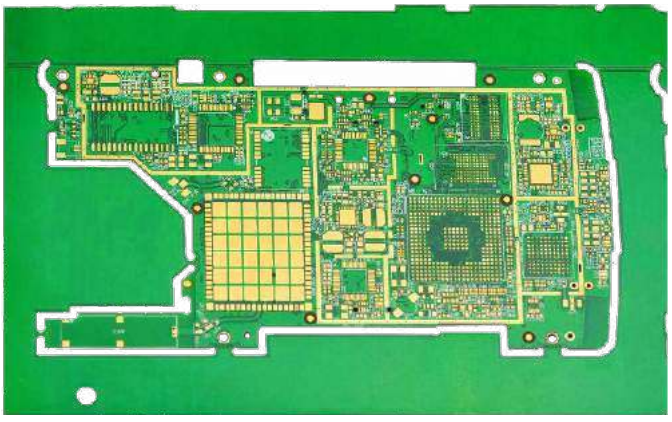
Laminaty elastyczne stosuje się wszędzie tam, gdzie płytka drukowana musi zostać wygięta – jednorazowo, podczas montażu, lub zginać się wielokrotnie, podczas pracy urządzenia. Płytki drukowane wykonane w technologii flex-rigid charakteryzują się doskonałymi własnościami mechanicznymi i bardzo elastyczną aplikacją, co czyni je ciekawym rozwiązaniem do bardziej złożonych implementacji.

Płytki drukowane o wysokiej integracji (HDI)

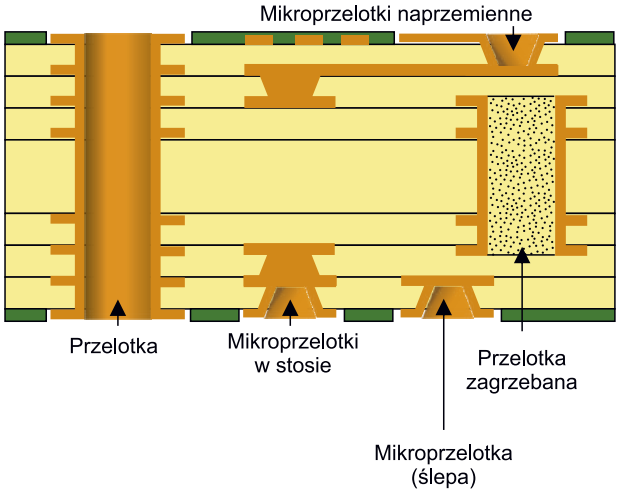
Norma IPC-2226 definiuje płytki HDI jako PCB o większej gęstości połączeń (ścieżek) na jednostkę powierzchni niż w przypadku konwencjonalnych płytek drukowanych (PCB). Cechuje się ona cieńszymi ścieżkami i odstępami pomiędzy nimi – poniżej 100 μm, mniejszymi otworami przelotek (<150 μm) i polami ich miedzi (<400 μm), a także zwiększoną gęstością pól lutowniczych – w liczbie powyżej 20 pól/cm². Przykładowa płytka drukowana o wysokim stopniu integracji pokazana jest na **fotografii 4**. Jest to ośmiowarstwowa płytka PCB o grubości zaledwie 1 mm. Wykonana jest z laminatu FR-4, ale wszystkie elementy na PCB mają dużo mniejsze wymiary niż typowo na tego rodzaju płytkach – ścieżki 4 mils (0,1 mm), otwory 0,1 mm etc. Obecne są także ślepe i zagrzebane przelotki.

Mikroprzelotki, przelotki ślepe i zagrzebane

Płytki drukowane o wysokim stopniu integracji, oprócz bardzo małych rozmiarów wszystkich detali, charakteryzują się występowaniem typowych elementów: mikroprzelotek, przelotek ślepych oraz zagrzebanych. Schematycznie elementy te zostały pokazane na **rysunku 2**. Przelotka w technologii druku PCB to otwór (zazwyczaj przelotowy), który ma metalizację na swojej wewnętrznej płaszczyźnie. Dzięki tej warstwie metalu przez przelotkę może płynąć prąd pomiędzy poszczególnymi warstwami. W płytkach wielowarstwowych typowa przelotka przebiega przez wszystkie warstwy elektryczne i łączy wszystkie pola w danym miejscu ze sobą. W PCB HDI stosuje się ponadto szereg innych przelotek, które łączą warstwy bardziej selektywnie. Najprostszym ich rodzajem są tzw. przelotki zagrzebane,



Fotografia 4. Przykładowa płyta drukowana o wysokiej integracji



Rysunek 2. Różne rodzaje przelotek w płytkach drukowanych HDI

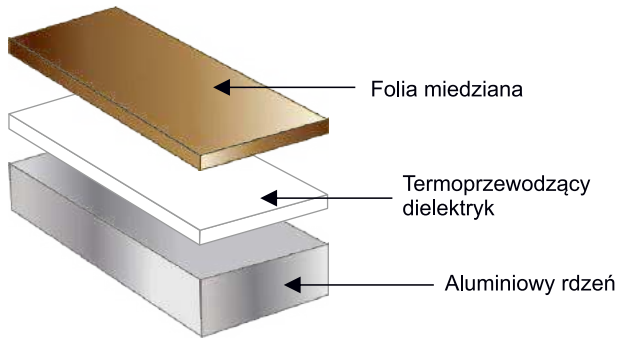
które umieszczone są wewnątrz płytki drukowanej. Są one wykonywane i metalizowane podczas produkcji PCB przed laminowaniem wszystkich warstw ze sobą.

Mikroprzelotki to zazwyczaj przelotki dużo mniejsze od zwykłych, które wykonywane są w PCB najczęściej za pomocą lasera, a nie mechanicznego wiertła. Przeważnie są to ślepe przelotki (łączące tylko dwie sąsiadujące ze sobą warstwy w obrębie płytki drukowanej). Mikroprzelotki w płytce HDI mogą być ułożone na wiele sposobów. Najczęściej układane są one albo naprzemiennie, albo w stos, jak pokazano na **rysunku 6**.

Laminaty o zwiększonej przewodności cieplnej

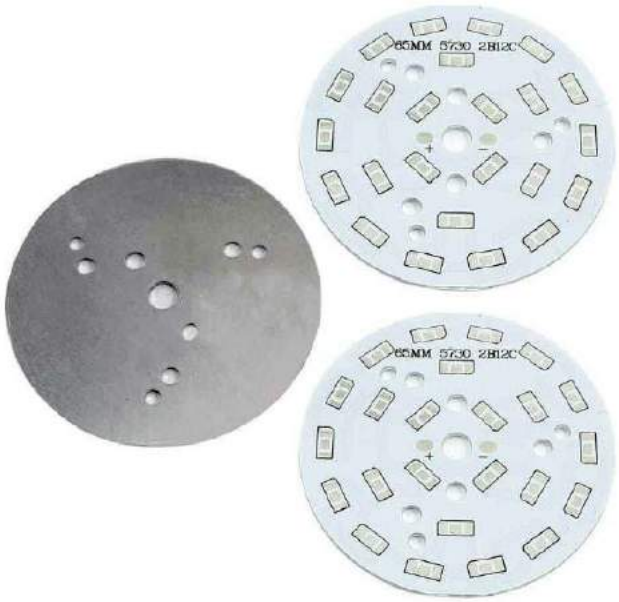
Wiele aplikacji w systemach mocy wymaga wydajnego chłodzenia elementów elektronicznych, znajdujących się na płytce drukowanej. Nie zawsze istnieje możliwość zastosowania radiatora, zamontowanego na takim elemencie i wtedy trzeba stosować inne rozwiązania. Jednym z nich są płytki drukowane o zwiększonej przewodności cieplnej. Typowy laminat FR-4 nie ma zbyt dużej przewodności cieplnej – wynosi ona około 0,3 W/(m·K) w osi PCB i od 0,8 do ponad 1 W/(m·K) w płaszczyźnie płytki drukowanej. Rozwiązaniem tego problemu są laminaty z metalowym rdzeniem. Na **rysunku 3** pokazano schemat budowy tego rodzaju laminatu na przykładzie jednowarstwowej płytki PCB (ścieżki elektryczne znajdują się tylko na jednej warstwie).

Dzięki zastosowaniu metalowego rdzenia, który ma znacznie wyższą przewodność cieplną niż szklano-epoksydowy laminat, cała płyta drukowana ma znacznie lepsze parametry termiczne. Typowa płytka tego rodzaju charakteryzuje się przewodnością cieplną równą 1 W/(m·K) w osi PCB oraz 2 W/(m·K) w płaszczyźnie płytki drukowanej. Elementy elektroniczne w takim systemie oddają ciepło do ścieżek i pól lutowniczych na warstwie miedzi. Cienka warstwa dielektryczna (zazwyczaj o grubości od 100 do 200 μm) nie stanowi dużej rezystancji termicznej, więc ciepło jest dalej przewodzone do grubszej warstwy metalu (najczęściej aluminium, ale produkowane są także tego



Rysunek 3. Schematyczna budowa laminatu z metalowym rdzeniem

eprasa.pl b41ae9951b



Fotografia 5. Płytki drukowane dla diod LED mocy z laminatu z rdzeniem z aluminium

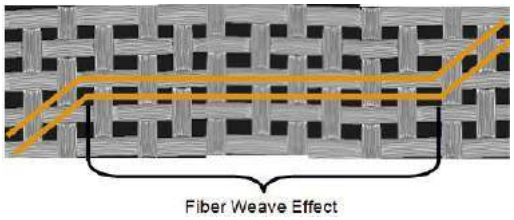
typu laminaty z miedzianym rdzeniem). Ciepło może być następnie usuwane z metalowego rdzenia z wykorzystaniem radiatora lub też sam metalowy rdzeń może pełnić funkcję radiatora. Przykład takiego laminatu pokazano na **fotografii 5**.

Materiały dla systemów RF

Laminat FR-4 niezbyt dobrze nadaje się do wykonywania obwodów radiowych. Oczywiście można z powodzeniem stosować go do produkcji tego rodzaju urządzeń, ale jego ograniczenia wpływają niekorzystnie na parametry urządzenia lub ekonomię produkcji.

Ograniczenia laminatu szklano-epoksydowego wynikają głównie z niestabilności współczynnika dielektrycznego w funkcji częstotliwości, ale także jego wariancji od producenta do producenta i nawet pomiędzy poszczególnymi partiami tego samego producenta. Przykład zmienności tego parametru w funkcji częstotliwości pokazano na wykresie na **rysunku 4a**. Dodatkowo, nawet w obrębie jednej płytki drukowanej, współczynnik dielektryczny laminatu może się zmieniać, z uwagi na budowę laminatu z wykorzystaniem tkaniny o makroskopowym wzorze – włókno szklane ma inny współczynnik dielektryczny niż żywica, więc linie nad włóknami mają inną impedancję falową niż linie nad przerwami we włóknach. Przykład takiej sytuacji schematycznie zaprezentowano na **rysunku 5.**

Nie tylko zmienność współczynnika dielektrycznego może być problemem. Jak pokazano na **rysunku 4b**, zmianie ulega współczynnik



Rysunek 5. Ścieżki biegnące po laminacie FR-4 z luźnej tkaniny szklanej. Ścieżki biegnące bezpośrednio nad włóknami mają inną impedancję falową niż ścieżki pomiędzy nimi

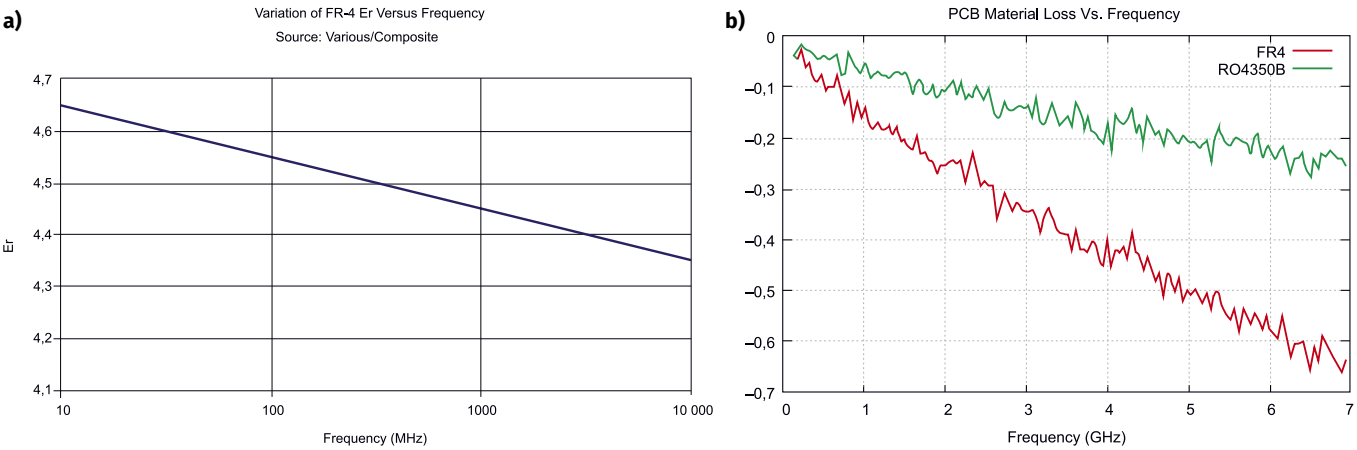
tłumienia sygnału w funkcji częstotliwości, który dodatkowo jest istotnie wyższy niż dla laminatu do sygnałów radiowych.

Wymagania stawiane przez systemy wysokich częstotliwości

Z uwagi na konieczność utrzymania stałej dobrze zdefiniowanej impedancji wszystkich ścieżek na płytce drukowanej, a także możliwie małego tłumienia sygnałów, od laminatu przeznaczonego do systemów wysokiej częstotliwości wymaga się:

- Stabilności impedancji ścieżek, co wymaga stałego współczynnika dielektrycznego na całej płytce, a także małego rozrzutu produkcyjnego tego parametru. Zapewnia to relatywnie łatwe projektowanie systemu, gdyż zmniejsza wymogi co do tolerancji projektu.
- Niskiego tłumienia RF w szerokim zakresie częstotliwości pracy.
- Wysokiej przewodności cieplnej – elementy RF często emitują bardzo dużo ciepła podczas pracy. Wysoka przewodność cieplna PCB redukuję szansę na powstawanie szczególnie gorących obszarów w urządzeniu.
- Stabilności wymiarowej płytki drukowanej, także przy dużych zmianach temperatury. Jest to istotne, ponieważ zmiana wymiarów charakterystycznych elementów na PCB powoduje zmiany ich impedancji.

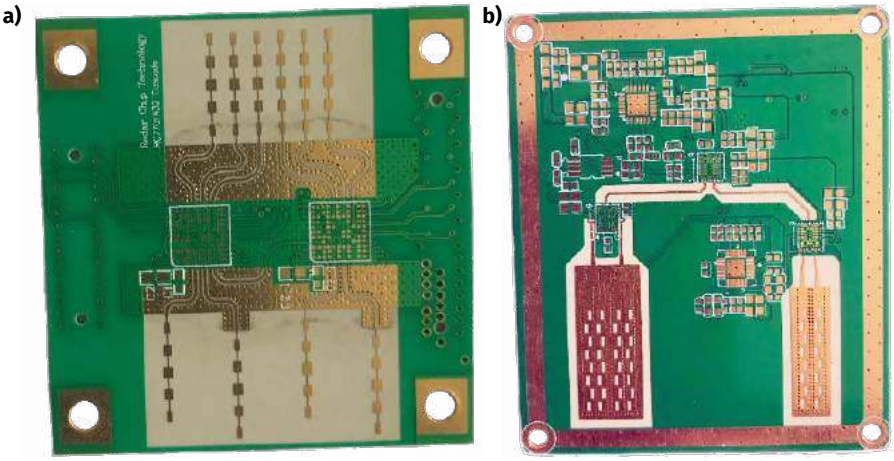
Na rynku dostępnych jest wiele laminatów, spełniających powyższe wymagania. Są one produkowane w oparciu na substratach wykonanych ze ściśle monitorowanych laminatów szklano-epoksydowych oraz ze specyficznych materiałów przeznaczonych do systemów radiowych. Na rynku dostępnych jest wiele substratów do laminacji PCB, które dedykowane są do systemów radiowych. Przykładem może być laminat 4350B firmy Rogers. Firma ta produkuje szerokie spektrum różnych laminatów do produkcji radiowych obwodów elektronicznych. Spełniają one wiele z powyższych wymagań. Rogers 4350B to laminat wykorzystujący tkane w opatentowany sposób gęste włókno szklane, które wzmacniane jest materiałem ceramicznym i organicznymi żywicami. Osiąga parametry podobne do droższych laminatów teflonowych i ceramicznych. Charakteryzuje się stratami mniejszymi o ponad połowę przy 6 GHz niż laminat FR-4, a różnica ta pogłębia się wraz ze wzrostem



Rysunek 4. a) Współczynnik dielektryczny (Σr) przykładowego laminatu FR-4 w funkcji częstotliwości sygnału; b) tłumienie sygnału w laminacie FR-4 (czerwona krzywa) i laminacie przeznaczonym do sygnałów radiowych (zielona krzywa) w funkcji częstotliwości

eprasa.pl b41ae9951b

częstotliwości. Laminat ten ma stałą dielektryczną równą 3,48 ±0,05, która jest niemalże płaska w funkcji częstotliwości. Tłumienie tego laminatu, przy 10 GHz, jest o rząd wielkości mniejsze niż w przypadku typowych laminatów FR-4 i wynosi 0,0037. Podobne parametry osiąga laminat Rogers 4003, który dodatkowo przeznaczony jest do produkcji wielowarstwowych płytek drukowanych. Płytki drukowane bazujące na tych laminatach (**fotografie 6a i 6b**) działają poprawnie z sygnałami o częstotliwości do ok. 20 GHz. Wykazują się one stabilnym współczynnikiem dielektrycznym, który nie zmienia się wraz z częstotliwością ani parametrami środowiska pracy laminatu.



Fotografia 6. Płytka drukowana urządzenia przygotowana w oparciu na laminacie: a) Rogers 4350B, b) Rogers 4003C

Jeśli zaawansowane laminaty ceramiczno-epoksydowe z włóknem szklanym nie spełniają wymagań konkretnej aplikacji, w ofercie firmy Rogers znaleźć można również m.in. laminaty ceramiczno-teflonowe z serii RO3000, które charakteryzują się współczynnikiem dielektrycznym od 3 do 10 i niskim tłumieniem (0,0017 i niżej). Dzięki ceramicznemu wypełnieniu płytki drukowane produkowane w oparciu na tych substratach charakteryzują się również wyższą przewodnością cieplną.

Niestety wysokie parametry tych laminatów przekładają się na ich cenę. Koszt tego rodzaju PCB może być nawet kilkakrotnie wyższy niż klasycznych płytek drukowanych FR-4. Jednakże dla niektórych systemów (np. układy radarowe) są one niezbędne. Jednym ze sposobów ograniczenia tych kosztów jest tworzenie wielowarstwowych płytek hybrydowych. W tego rodzaju strukturach tylko górna warstwa – gdzie znajdują się linie paskowe oraz układy RF – wykonywana jest z substratu przeznaczonego do systemów wysokiej częstotliwości. Do niej laminowany jest dalej już np. zwykły laminat szklano-epoksydowy (FR-4). W ramach tych warstw prowadzone są pozostałe sygnały – zasilania i sterujące, a także tutaj lutować można inne, niekrytyczne elementy układu (procesory sterujące, systemy zasilania etc). Na **fotografii 7** zaprezentowano przekrój takiej hybrydowej płytki drukowanej.

Fotografia 7. Przekrój hybrydowej płytki drukowanej

Podsumowanie

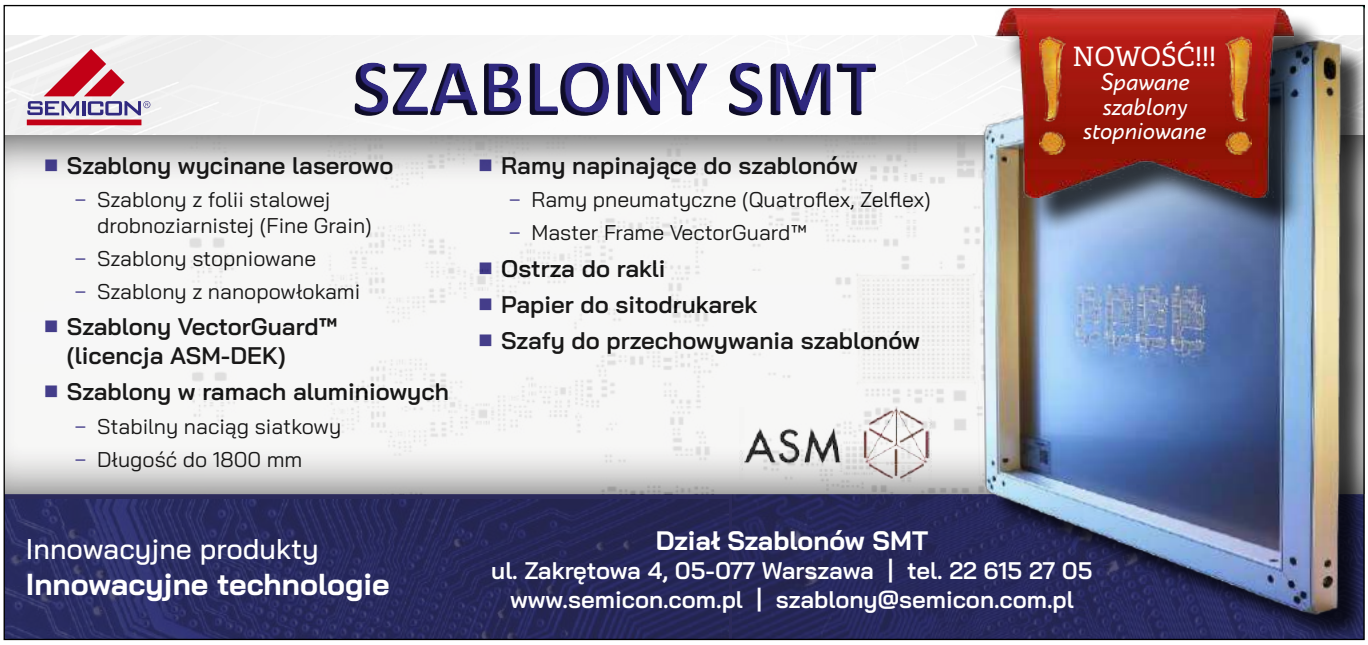
Na rynku dostępna jest duża ilość laminatów, używanych w elektronice do produkcji płytek drukowanych. W zależności od wymagań konkretnej aplikacji można dobrać odpowiedni substrat zapewniający to, co jest w danym przypadku istotne – niską cenę, wysoką przewodność elektryczną lub cieplną, kompaktowe wymiary systemu lub wysoką częstotliwość pracy. W szczególnych przypadkach można sięgać nawet po rozwiązania hybrydowe – PCB łączące w sobie kilka rodzajów laminatów, by wykorzystać ich zalety.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:

- ncabgroup.com
- electronicsweekly.com
- multi-circuit-boards.eu
- pcbway.com
- rigflex.com
- lamsimenterprises.com
- epectec.com

REKLAMA



eprasa.pl b41ae9951b

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 2020 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

ELMAX 1988
OBWODY DRUKOWANE
Produkcja, Projektowanie, Montaż
Certyfikat Underwriters Laboratories
94V-0 E480148 TYPE 1
Płytki jednostronne
Płytki dwustronne
Płytki na podłożu aluminium
Płyty czołowe FR4
Serie dowolne
Prototypy
Maksymalny wymiar płytek 1w 630 mm
Dokumentacja technologiczna
Dokumentacja konstrukcyjna
Trawione szablony SMD
Montaż elektroniki
Krótkie terminy
Wykonania super expresowe
Aktywny kalkulator prototypów na stronie internetowej
Pokrycie Sn lub SnPb inne na życzenie
Maski, opisy montażowe w różnych kolorach
Zakład produkcyjny:
05-260 Marki
ul. Duża 1
tel. 22 781 63 95
22 761 95 80
fax. 22 781 63 95 w 23
www.elmax.waw.pl
elmax@elmax.waw.pl

Hurtownia elementów elektronicznych "AKSOTRONIK" zaprasza do swojego sklepu internetowego
Zaloguj się i kupuj ON-LINE na naszej stronie:
WWW.AKSOTRONIK.COM.PL
Magnesy neodymowe oraz ferrytowe Ceny od 0.10zł
Przełączniki klawiszowe wodoszczelne/pyłoszczelne Ceny od 2.40zł
Druty oporowe od 0.16 do 0.81mm Ceny od 5.70zł
Prowadniki do przewodów Ceny od 11.00zł
Kostki elektryczne zaciskowe Ceny od 0.22zł
Aksotronik
ELEMENTY ELEKTRONICZNE
Złącza hermetyczne Superseal Ceny od 1.10zł /kpl
Szczotki węglowe do elektronarzędzi Ceny od 2.60zł/kpl
Przełączniki do elektronarzędzi zwykłe i elektromagnetyczne Ceny od 7.00zł
Pudełka/organizery Ceny od 0.95zł
Zestawy śrubek M2, M3 z nakrętkami i podkładkami Ceny od 2.50zł
Uwaga!!! Powyższe ceny dotyczą zakupów minimalnych ilości hurtowych, poprzez nasz sklep internetowy.
W swojej ofercie posiadamy m.in.: półprzewodniki (diody, układy scalone, tranzystory, triaki, elementy optoelektroniczne), elementy dystansowe, złącza, przełączniki, elementy akustyczne, rezystory, kondensatory, kwarce, podstawki, moduły Arduino
Zapraszamy do kontaktu: INFO@aksotronik.com.pl, tel: (22) 783-20-51

www.ep.com.pl

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
Bardzo dobra jakość w jeszcze lepszej cenie
➤ APTI-54C4-2812WP

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
Wysoka rozdzielczość dostępna w atrakcyjnej cenie
➤ APTI-84C6-3611WP-Z

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
Bardzo dobry stosunek jakości do ceny
➤ APTI-54VA3-2812P

Największy wybór w Polsce

KITy AVT
http://bit.ly/2FNvrIN

NINIEJSZE OGŁOSZENIA SĄ INFORMACJĄ HANDLOWĄ I NIE STANOWIĄ OFERTY W MYŚL ART. 66, § 1 KODEKSU CYWILNEGO. EWENTUALNIE PODANE CENY MOGĄ ULEC ZMIANIE.

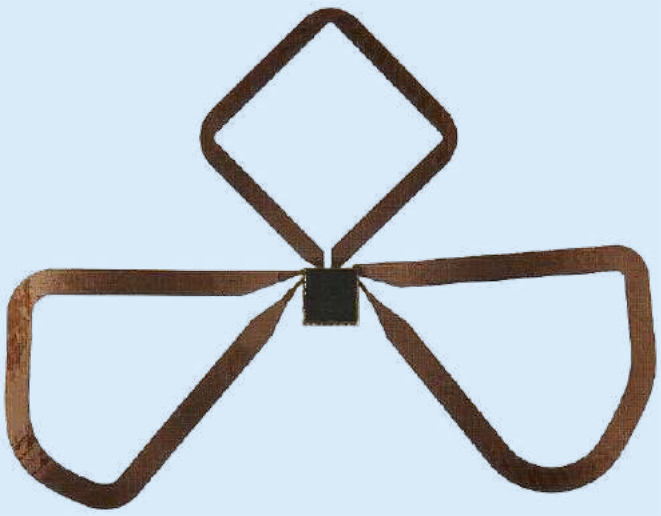
eprasa.pl b41ae9951b

Systemy dla Internetu Rzeczy (42)

FTP WSZYSTKIE POPRZEDNIE ODCINKI KURSU SĄ DOSTĘPNE NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

Pozyskiwanie energii z fal radiowych

Internet Rzeczy obiecuje połączyć miliardy urządzeń ze sobą i z Internetem, lecz każde takie urządzenie potrzebuje energii elektrycznej do działania. Baterie i akumulatory wymagają regularnej obsługi, należy je naładować lub wymieniać. Na chwilę obecną urządzenia IoT wiążą się ze stałymi kosztami utrzymania. Problem można wyeliminować w przyszłości, ponieważ otaczające nas środowisko jest bogate w energię odnawialną, którą można pozyskiwać ze źródeł kinetycznych (ruchowych), termicznych, chemicznych, elektromagnetycznych i słonecznych. W połączeniu pozyskiwania energii z czystych źródeł i optymalizacji rozwiązań w zakresie projektowania obwodów można doprowadzić do wyeliminowania baterii, akumulatorów i wszelkich innych źródeł zasilania.



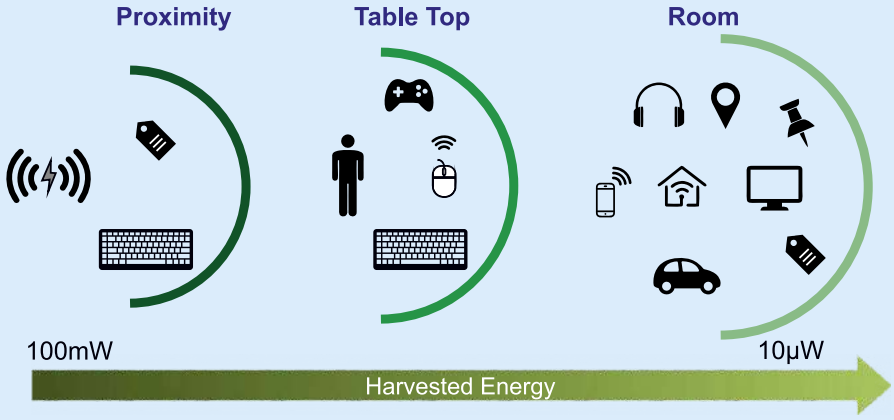
Ponieważ na świecie jest coraz więcej elektroniki, to pozyskiwanie energii z otoczenia będzie konieczne w celu ustalenia bardziej wydajnego ogólnego zużycia energii. Proces pozyskiwania energii z sygnałów RF, takich jak stacje radiowe, telewizyjne i urządzenia bezprzewodowe, nie jest rozpowszechniony, ale szybko zyskuje na popularności. Umożliwia zrezygnowanie z baterii w aplikacjach o niskim poborze mocy, takich jak czujniki IoT i znaczniki identyfikacji radiowej RFID. Ponadto może obniżyć koszty operacyjne i poprawić wydajność istniejących systemów i urządzeń elektronicznych.

Energia fal radiowych

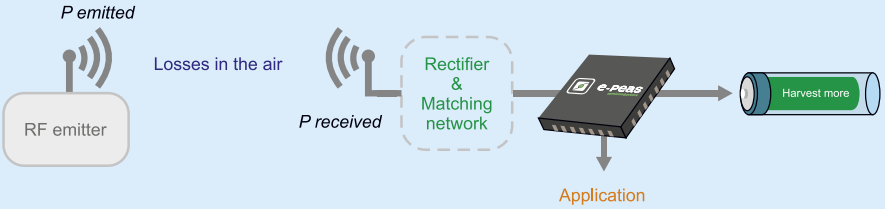
Pozyskiwanie energii z fal radiowych jest możliwe w szerokim zakresie częstotliwości: 868/915 MHz (ISM), 2,4 GHz (Wi-Fi), 925...960 MHz (GSM), 1805...1880 MHz (GSM), 2110...2170 MHz (3G). Pozwala na generowanie nawet do 100 mW w bliskim sąsiedztwie nadajnika, do 10 mW energii w jego pobliżu (np. na tym samym stole) lub do 10 μW w tym samym pokoju [2]. Jest to idealne rozwiązanie do aplikacji takich jak identyfikatory, metki produktów i elektroniczne półki sklepowe oraz automatyka domowa i budynkowa (**rysunek 1**).

Wiele aplikacji IoT wymaga dużego zasięgu, ale bardzo małej przepustowości, przesyłając dane tylko sporadycznie. Przykładowo nowy standard protokołu Bluetooth 5 oferuje 4 razy większy zasięg, 2 razy większą prędkość i 8 razy większą przepustowość niż tradycyjny Bluetooth. Ulepszenia zmniejszyły zapotrzebowanie na energię dziesięciokrotnie.

Pozyskiwanie energii z sygnałów RF nie jest skomplikowanym procesem. Można to wykonać za pomocą układów scalonych PMIC (*Power Management IC*), przeznaczonych do tego celu. Zawierają podstawowe elementy, takie jak odbiornik radiowy i przetworniki podwyższające, które przekształcają energię sygnału RF z anteny na napięcie przemienne lub stałe, a następnie przenoszą energię do urządzenia magazynującego, takiego jak akumulator lub kondensator (**rysunek 2**).



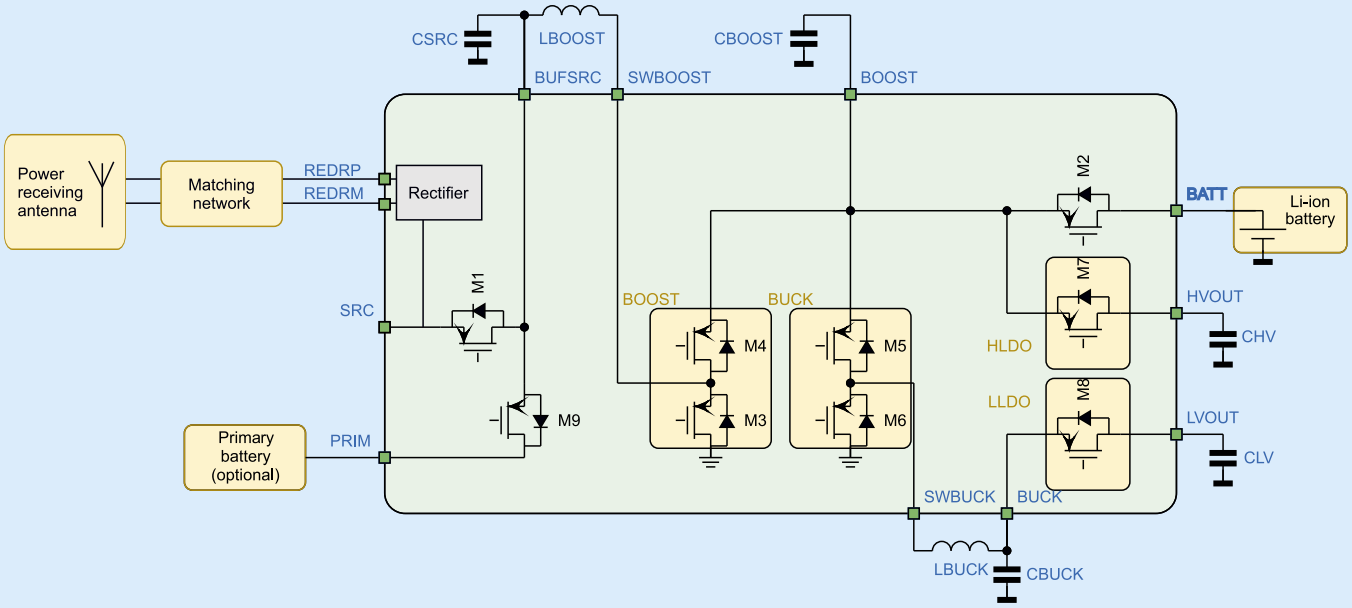
Rysunek 1. Pozyskiwanie energii w sąsiedztwie nadajnika RF [2]



Rysunek 2. Pozyskiwanie energii z fal radiowych [4]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 3. Uproszczony schemat układu AEM40940 firmy E-peas [4]

Proste konstrukcje anten typu Vivaldi wykazały doskonałą zdolność do zapewniania obsługi szerokiego zakresu częstotliwości, np. 100 MHz...6 GHz) [1]. Energie możliwe do odzyskania w trybie pozyskiwania są bardzo małe i nieciągłe, dlatego nie nadają się bezpośrednio do zasilania np. procesora lub wzmacniacza. Superkondensatory są koniecznym warunkiem technologicznym, aby pozyskiwanie energii mogło być zastosowane.

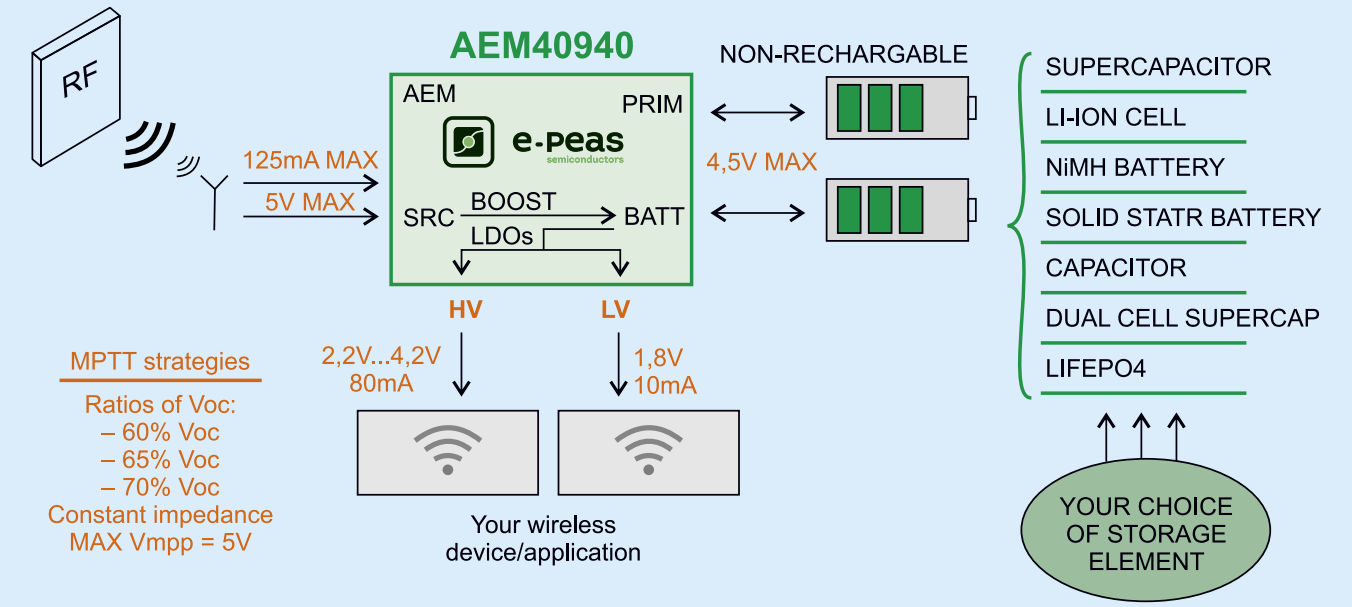
Obecnie mamy duże zainteresowanie zasilaniem sieci bezprzewodowych czujników energią fal radiowych. Za pomocą bezprzewodowych systemów dystrybucji energii możliwe jest szybkie zbudowanie infrastruktury składającej się z setek lub tysięcy węzłów zasilanych z jednego źródła transmisji [9].

Układy AEM30940 i AEM40940 firmy Epeas

Nazwa firmy E-peas (e-groszek) to skrót od Electronic Portable Energy Autonomous Systems [4]. Firma kładzie podwaliny pod rozwiązania, które w niedalekiej przyszłości pozwolą zasilić tryliony podłączonych węzłów IoT. Istnieją tylko dwa sposoby osiągnięcia tego celu: poprzez zwiększenie ilości pozyskanej energii lub drastyczne zmniejszenie zużycia energii przez wszystkie elementy w systemie. E-peas opracowała rodzinę układów o nazwie AEM (*Ambient Energy Managers*). Zarządzają one energią dostarczaną do elementu magazynującego i ostatecznie do urządzenia o niskiej mocy. Umożliwiają pozyskiwanie energii ze źródeł dostosowanych do urządzeń IoT. Układ AEM10941 pozyskuje energię z paneli fotowoltaicznych, a AEM2094 wykorzystuje energię termalną.

Niedawno firma opracowała parę układów półprzewodnikowych: AEM30940 oraz AEM40940, do pozyskiwania energii ze źródeł RF [1]. Układ AEM30940, do przetwarzania wejściowego napięcia przemiennego, wymaga zastosowania zewnętrznego prostownika. Umożliwia to pozyskiwanie energii z różnych źródeł, takich jak generator piezo (wibracja), mikroturbina oraz RF. Układ AEM40940 jest przeznaczony do pozyskiwania energii tylko z fal RF i ma wewnętrzny układ prostowniczy bardzo niskiej mocy.

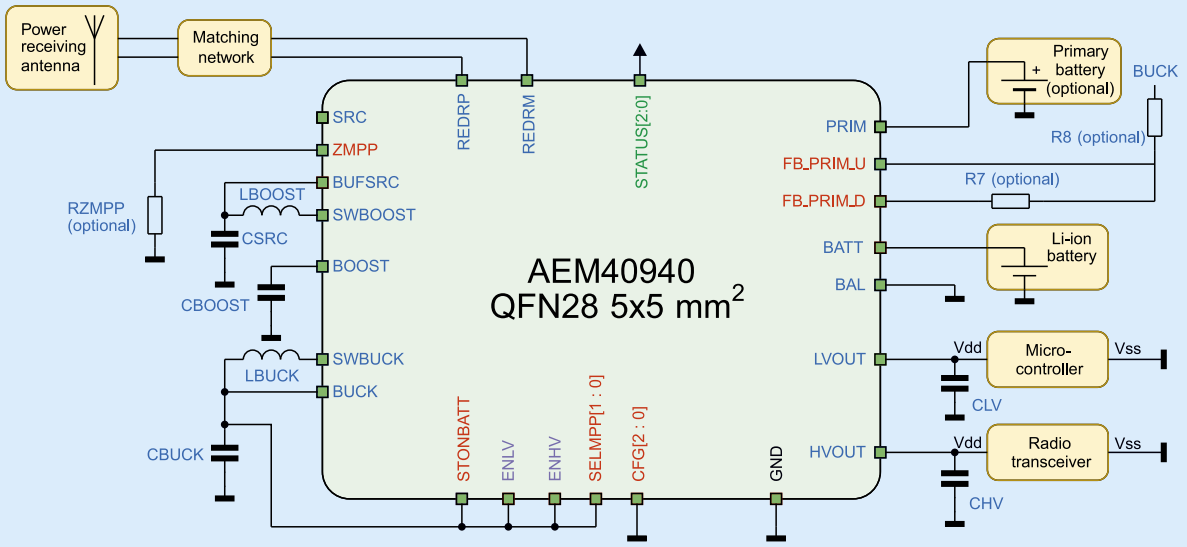
Sposób działania obydwu układów jest niemal taki sam. Mają zintegrowane przetworniki podwyższające napięcie, które dostarczają ładunek do akumulatorów i kondensatorów. Sercem układów są dwa impulsowe przetworniki napięcia o bardzo wysokiej sprawności



Rysunek 4. Sposób działania układu AEM40940 firmy E-peas [5]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 5. Przykładowy schemat zastosowania układu AEM40940 firmy E-peas [9]

(do 94%) nazywane Boost i Buck (**rysunek 3**). Przetwornik Boost (tranzystory M3 i M4) podwyższa napięcie uzyskane z prostownika (tranzystor M1) do wymaganego w układzie zakresu 2,2...4,5 V (wyjście BOOST). Dołączony do wyjścia BATT element magazynujący energię jest ładowany poprzez tranzystor M2 do zadanego poziomu naładowania (Vovdis). Prąd dostępny na wyjściu przetwornika Boost jest dzielony pomiędzy ładowaniem magazynu energii (wyjście BATT) oraz układem HLDO, który dostarcza napięcie o maksymalnym prądzie 80 mA i ustawianej wartości 1,8 V, 2,5 V lub 3,3 V. Do wyjścia przetwornika Boost dołączony jest przetwornik impulsowy Buck, dostarczający stałe napięcie 2,2 V (tranzystory M5 i M6). Natomiast układ LLDO, dołączony do wyjścia przetwornika Buck, dostarcza napięcie o maksymalnym prądzie 20 mA i ustawianym napięciu 1,8 V lub 1,2 V. Istnieje możliwość dołączenia zewnętrznej baterii (0,6…5 V, 125 mA max.) do wejścia PRIM (**rysunek 4**). Wtedy tranzystor M1 jest otwarty, a napięcie jest doprowadzone bezpośrednio do przetwornika Boost, poprzez tranzystor M9.

Jako element magazynujący energię można do wyjścia BATT dołączyć superkondensator pojedynczy i podwójny, akumulator NiMH lub Li-Ion, baterię ładowalną lub $LiFePO_4$, albo zwykły kondensator co najmniej 150 µF. Istotnym elementem układu jest moduł MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) [4]. Prostownik jest odłączany od przetwornika Boost co około 0,33 s i mierzone jest napięcie Voc na nieobciążonym wyjściu. Napięcie pracy Vmpp zależy od dostępnej energii wejściowej. Może wynosić od 50 mV do 2,5 V. Wejściami konfiguracyjnymi można ustawić różny stosunek napięć Vmpp/Voc: 60, 65 lub 70%.

Układ ma stosunkowo wysoką ogólną sprawność (mierzoną od portu wejściowego do wyjścia przetwornika podwyższającego), zwykle lepszą niż 20% – dla poziomów mocy wejściowej –20…0 dBm przy 868 i 915 MHz – i zwykle lepszą niż 10% – dla wejściowego poziomu mocy –10…5 dBm, przy 2,45 GHz [1].

Układ ma dosyć skomplikowaną budowę i wiele trybów pracy: głębokiego uśpienia, wybudzania, pracy normalnej, wyłączenia oraz przepięcia i pracy z baterią zewnętrzną [4]. Początkowo znajduje się w trybie głębokiego uśpienia. Jeśli układ zimnego startu wykryje wystarczający poziom energii radiowej na wejściu – co najmniej 14,1 µW, –18,5 dBm/868 MHz, co daje napięcie wyjściowe prostownika od 380 mV – to układ przechodzi do stanu wybudzania. Jeśli napięcie na elemencie magazynującym energię będzie mniejsze niż wartość progowa, rozpoczyna się ładowanie (nawet od poziomu 0 V). Jeśli zaś napięcie przekroczy próg, układ przechodzi do trybu normalnego.

Przykładowy schemat zastosowania układu AEM40940 pokazuje **rysunek 5**. Do pracy układu potrzebne są dwa takie same dławiki 10 µH (SMD0603) oraz pięć takich samych kondensatorów 10 µF (SMD0402). Przy bardzo małej obudowie układu, QFN28 – 5×5×0,85 mm, rozmiary płytki drukowanej mogą być bardzo niewielkie. Większość powierzchni zajmuje układ dopasowania wejścia radiowego i gniazdko SMA [4].

Pozyskana przez układ AEM40940 energia może zasilać systemy IoT, jednocześnie magazynując nadmiar energii. Co więcej, można użyć dwóch baterii lub urządzeń magazynujących i automatycznie przełączyć się z baterii wtórnej na pierwotną, gdy energia zostanie wyczerpana. Wielką zaletą tego układu jest możliwość połączenia go z prawie każdym układem SoC lub mikrokontrolerem. Firma zapewnia zestawy rozwojowe dla wszystkich rozwiązań. W szczególności płytka ewaluacyjna AEM40940 to intuicyjne i wydajne narzędzie do podejmowania właściwych decyzji (wybór komponentów, tryby pracy) przy projektowaniu wysokowydajnego podsystemu.

Układy scalone PCC110/114/211 firmy Powercast

Powercast jest pionierem i liderem w technologii bezprzewodowego ładowania dalekiego zasięgu, przy użyciu energii emitowanej falami radiowymi, przekształcanej w prąd stały. Od 2003 roku firma dostarcza rozwiązania łączące nadajniki i chipy odbiornika, umożliwiające automatyczne, bezprzewodowe ładowanie wielu urządzeń, bez mat ładujących lub bezpośredniego zbliżania [6].

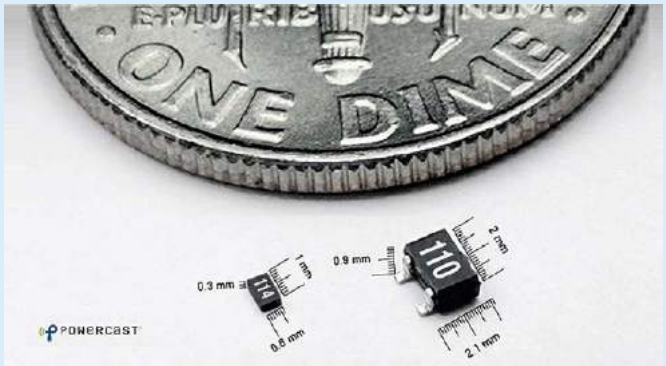
Powercast dostarcza dwa rodzaje rozwiązań do pozyskiwania energii z fal RF:

1. Układy scalone konwertera RF na DC. Są głównym komponentem konwertującym energię RF na prąd stały. W połączeniu z komponentami dostrajającymi i anteną, mogą zbierać energię z fal RF o częstotliwościach od 10 MHz do 6 GHz.
2. Moduły odbiorcze łatwe w integracji. Zalecane w przypadku projektów o niskim poziomie produkcji energii oraz łatwych do wdrożenia. Moduły zawierają wszystkie pasujące komponenty do odbioru bezprzewodowego zasilania RF w pasmie 915 MHz.

Układ scalony PCC114 dostarcza napięcia stałego, pozyskanego z energii RF. Został zaprojektowany z myślą o wysokiej wydajności w całym zakresie mocy wejściowej i częstotliwości. Charakteryzuje się bardzo dużą, wiodącą w branży sprawnością konwersji (ponad 75%), umożliwiając maksymalny transfer mocy i zasięg. Może jednocześnie odbierać energię z wielu częstotliwości oraz przy dowolnym typie modulacji. Pracuje w szerokim zakresie wejściowej mocy

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl b41ae9951b



Fotografia 1. Układy scalone PCC110 i PCC114 firmy Powercast [6]

radiowej –17…20 dBm, przy napięciu wyjściowym do 4,3 V oraz prądzie do 50 mA. Ma nadzwyczaj małą obudowę – SMD o wymiarach 1×0,6×0,3 mm (**fotografia 1**). Jest 7 razy mniejszy niż poprzedni model układu PCC110 (SC70 – SOT323) o podobnych parametrach. Referencyjne projekty obejmują pozyskiwanie energii z różnych pasm radiowych, szczególnie NFC 13,56 MHz, UHF 915 MHz oraz 4G 1710...1915 MHz. Produkowana jest też wersja układu PCC210 zawierająca przetwornik podwyższający napięcie z regulacją do maksymalnie 5,5 V (50 mA), w obudowie SOT236.

Moduły P1110B/P2110B firmy Powercast

Komercyjne moduły odbiorcze do pozyskiwania energii RF, takie jak P1110B oraz P2110B Powerharvester firmy Powercast, umożliwiają przekształcanie sygnałów RF na napięcie stałe. Moduły zaprojektowane są do dolnej części pasma ISM (902…928 MHz) [6]. Układ P1110B jest przeznaczony do ładowania akumulatora Li-Ion lub baterii alkalicznej. Natomiast P2110B przeznaczony jest do rozwiązań z kondensatorem i bez baterii. P2110B wykorzystuje wewnętrzny kondensator jako część własnego kontrolowanego procesu konwersji energii. Regulowane poziomy napięcia z urządzenia do gromadzenia energii można ustawić w zakresie 2…5,5 V, przy maksymalnym prądzie 50 mA. Napięcie wyjściowe jest dostępne dla zewnętrznego układu, gdy kondensator osiągnie wysoki próg naładowania. Kiedy energia zgromadzona w kondensatorze spadnie do niskiego progu napięcia, to wyjście z P2110B zostaje wyłączone. Jak sugeruje producent, mikroprocesor może być używany z modułem do optymalizacji zużycia energii i poprawy wydajności podłączonych urządzeń elektronicznych, takich jak czujniki. Moduł P2110B jest wykonany w technologii SiP, ma bardzo małe wymiary i zawiera wszystkie elementy potrzebne do pracy (**rysunek 6**).

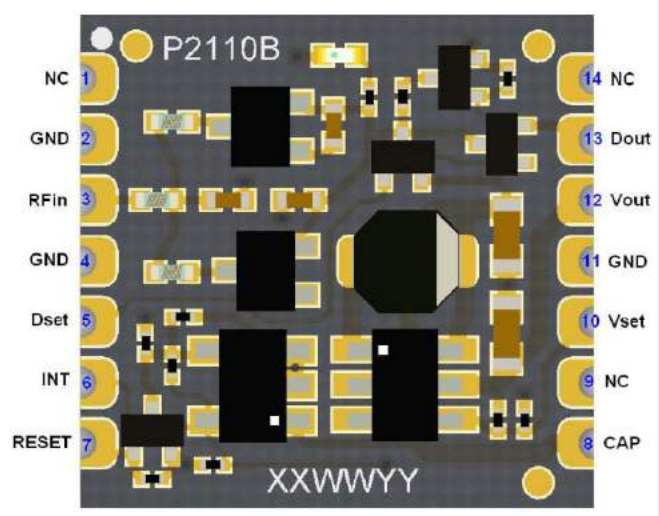
Ciekawą propozycją jest zestaw uruchomieniowy PowerSpot firmy Powercast (**fotografia 2**). Zawiera on kilka elementów:

- nadajnik radiowy 915 MHz, 3 W z anteną 6 dBi,
- płytkę z modułem P1110B, anteną PCB oraz akumulatorami NiMH, LiMn i Li-Ion,
- antenę dipolową,
- detektor pola elektromagnetycznego (890…950 MHz).

Detektor działa dzięki wykorzystaniu technologii Powerharvester do efektywnej konwersji energii RF na prąd stały. Ta przekonwertowana moc prądu stałego jest następnie dostarczana do wbudowanej diody LED. Im więcej zebranej energii RF, tym jaśniej będzie dioda świecić.

Bluetooth bez zasilania – układy ATM3201/ATM3221 firmy Atmosic

Zespół Atmosic, który był pionierem w projektowaniu CMOS RF w ciągu ostatnich dziesięcioleci, ma wyjątkową perspektywę i wiedzę specjalistyczną w zakresie projektowania rozwiązań bezprzewodowych małej mocy. Zespół podjął wyzwanie radykalnego zmniejszenia zależności od baterii w IoT. Rozpoczął poszukiwania



Rysunek 6. Moduł P2110B firmy Powercast [6]

Fotografia 2. Zestaw uruchomieniowy PowerSpot firmy Powercast [6]

najbardziej wydajnego energetycznie sposobu rozwiązania problemów, związanych z instalacją i utrzymaniem miliardów urządzeń IoT, takich jak sygnalizatory, kontrolery oraz urządzenia monitorujące zasoby [3]. Atmosic oferuje obecnie dwie serie bardzo podobnych układów: ATM2 oraz ATM3 (z dodatkowym modułem kontrolowanego pozyskiwania energii). Układ ATM3201 ma obudowę 40 pin QFN (5×5 mm), a ATM3221 obudowę 64 pin DRQFN (6×6 mm, dodatkowe 14 wyprowadzeń we/wy). Oferowane są opcje układów z pamięcią Flash lub bez niej.

Układy serii ATM3 firmy Atmosic umożliwiają pracę urządzeń IoT z tzw. wieczną baterią (*forever battery*), czyli jedną baterią na cały okres eksploatacji lub brak baterii [3]. Do tworzenia układów SoC tej serii firma wykorzystała trzy technologie:

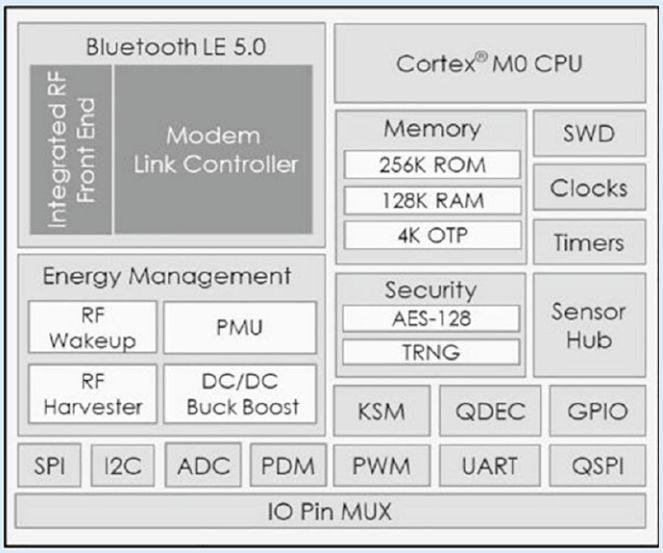
- radio Bluetooth 5 o najniższej mocy (w oparciu na wieloletnim doświadczeniu),
- budzenie na żądanie (*On-demand Wakeup*) – unikalne rozwiązanie firmowe,
- kontrolowane pozyskiwanie energii.

To umożliwiło zmniejszenie mocy zasilania układu od 10 do 100 razy [2].

Moduł pozyskiwania energii z sygnału radiowego ma osobny port anteny. Pracuje z sygnałem radiowym –7,5…7 dBm, w pasmach 900 MHz oraz 2,4 GHz. Układ ATM3 ma osobne wejścia do pozyskiwania energii fotowoltaicznej, mechanicznej i temperaturowej. Jednostka zarządzania energią (PMU) optymalizuje zasilanie rdzenia i obwodów we/wy układu SoC. Monitoruje ona i zarządza pozyskaniem energii i jej magazynowaniem. Niezależny odbiornik RF Wakeup został zaprojektowany do wyszukiwania w sygnale radiowym przychodzącego sygnału przywoławczego lub budzącego, podczas gdy reszta SoC pozostaje w bardzo niskim stanie mocy. Obsługuje odbiór

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl b41ae9951b



Rysunek 7. Schemat blokowy serii ATM3 firmy Atmosic [3]

sygnału z urządzenia Bluetooth, telefonu komórkowego lub nadajnika. Podstawowy układ radiowy jest głęboko uśpiony i uruchamiany tylko wtedy, gdy trzeba wykonać transmisję sygnału. Opracowana przez firmę technologia budzenia na żądanie została zaprojektowana do urządzeń, które są zawsze włączone i zawsze podłączone, umożliwiając aplikacjom odbieranie nadchodzących transmisji, przy zużyciu jak najmniejszej mocy. Przez większość czasu są w trybie gotowości, który prawie nie zużywa energii.

Zintegrowany, konfigurowalny moduł sprzętowy Sensor Hub może odczytywać dane z zewnętrznych czujników, po czym zapisywać w zewnętrznej pamięci Flash z interfejsem QSPI, podczas gdy wszystkie inne domeny mocy układu scalonego są wyłączone. Moduł może również wybudzać procesor, jeśli odczyt danych wykracza poza zaprogramowane progi.

Układy scalone z serii ATM3 firmy Atmosic mają rdzeń ARM CortexM0 (16 MHz) z pamięcią RAM 128 kB (z podtrzymaniem zawartości), ROM 256 kB i OTP 4 kB (**rysunek 7**) [3]. Pozostałe cechy układów to:

- obsługa protokół transmisji BLE 5.0 (2 Mb/s, 1 Mb/s, 500 kb/s, 125 kb/s),
- programowana moc wyjściowa w zakresie od –20…4 dBm,
- sprzętowy układ AES128 oraz moduł TRN,
- pracują z napięciem zasilania 1,1…3,3 V,
- pobór mocy: 1,0 ma RX @–95 dBm, 2,5 mA TX @ 0 dBm,
- wiele modułów peryferyjnych: I²C, SPI, QSPI, UART, PWM, ADC, PDM, KSM, QDEC, XIP.

Układ radiowy SoC serii ATM3 ma obniżone zapotrzebowanie na moc do tego stopnia, że pozyskiwanie energii stało się jedynym realnym źródłem energii dla bezprzewodowych urządzeń IoT. Seria ATM3 nadaje się do szerokiej gamy aplikacji, takich jak urządzenia do noszenia, urządzenia do śledzenia zasobów, sygnalizatory, piloty, urządzenia lokalizujące, klawiatury i myszy.

Układy firmy Wiliot z obsługą Bluetooth

Od momentu powstania w 2017 roku startup Wiliot projektuje chip Bluetooth, który byłby na tyle mały, aby dać się na czymkolwiek przyczepić, i na tyle tani, aby traktować go jako produkt jednorazowego użytku. Firma zajmuje się półprzewodnikami i chmurą, projektuje i sprzedaje bezprzewodowe rozwiązania obliczeniowe i czujnikowe. Rozwiązanie obejmuje zintegrowane technologie krzemowe i technologie przetwarzania w chmurze, które umożliwiają działanie bez baterii za ułamek kosztów. Wiliot jest właścicielem projektu i sprzedaje układy scalone, które można osadzać we wkładkach tagów. Nie produkuje i nie sprzedaje wkładek, przywieszek ani metek. W tym roku

Fotografia 3. Przykład bezbateryjnej pracy z układem Wiliot [7]

firma pokazała pierwszy na świecie pasywny (bezbateryjny) czujnik Bluetooth (fotografia tytułowa) [7]. Do działania wystarczy układ scalony i antena. Rozmiar tagu może być tak mały jak znaczek pocztowy USA (<5 cm²). W przeciwieństwie do kodów RFID, NFC lub QR, nie trzeba dotykać ani skanować – przydatne w zastosowaniach korporacyjnych i konsumenckich, szczególnie w czasie pandemii COVID19.

Układ scalony integruje procesor ARM CortexM0+ i składa się z 5 głównych komponentów: odbiornika energii, który przechwytuje energię RF z otoczenia, zintegrowanej jednostki czujnikowej, jednostki bezpieczeństwa, jednostki przetwarzającej i nadajnika Bluetooth. Generuje dane niskiego poziomu, dotyczące temperatury i wykrywania ruchu. Rzeczywiste wykrywanie odbywa się w chmurze. Surowe dane zmierzone przez czujniki fizyczne są następnie łączone z opartym na chmurze algorytmem uczenia maszynowego, który przekłada surowe wartości na odpowiednie domeny fizyczne (np. podnoszenie, przemieszczanie) za pomocą algorytmów, które uczą się samoczynnie i poprawiają się w czasie. W przyszłości Wiliot będzie opierał się na strukturze sztucznej inteligencji, aby wykrywać wiele innych rzeczy.

Literatura

[1] Harvest Energy from RF Sources, Jack Browne, Jan 07, 2019, *https://bit.ly/33KW0dK*
[2] Energy-Harvesting SoCs Target 'Forever Power' for IoT Devices, Maurizio Di Paolo Emilio, June 9 2020, EETimes, *https://bit.ly/3cgwAs9*
[3] Atmosic, *https://bit.ly/3hNm2Sy*
[4] Energy harvesting ambient energy managers (AEM family), E-peas Semiconductors, *https://bit.ly/3hIzGpT*
[5] Energy Harvesting, Fujitsu Electronics Europe, *https://bit.ly/32LrQHL*
[6] Powercast, *https://bit.ly/3mz3nNU*
[7] Battery-Free Bluetooth Technology, Wiliot, *https://bit.ly/32JEQ0C*
[8] Bluetooth stickers on your clothing? San Diego startup Wiliot gets $20M for tracking tech, BRITTANY MEILING, FEB. 19, 2020, San Diego Union Tribune, *https://bit.ly/3mKEAGX*
[9] Energy Harvesting for Autonomous Systems, February 24, 2020 Maurizio Di Paolo Emilio, *https://bit.ly/2RKtjrz*

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl b41ae9951b

Układ pobiera energię RF w trzech pasmach jednocześnie (Bluetooth, Wi-Fi, telefon) (**fotografia 3**) i przechowuje ją przez krótki czas. Po zgromadzeniu wystarczającej ilości energii wysyła część wiadomości, a następnie czeka, aby zgromadzić więcej energii. Następnie wysyła kolejną część wiadomości i tak dalej. Zdolność do dzielenia wiadomości i przekazywania jej etapami, gdy chip odbiera energię z otoczenia, jest przełomową innowacją firmy Wiliot. Do wysłania danych stosowane są pakiety rozgłaszania protokołu BLE 4.x/5.x. Obecna wersja umożliwia zasięg łączności typowo do 3 m, a w dobrych warunkach do 6…8 metrów. Następna wersja (2021) ma poprawić zasięg do 10…20 m [8]. Dzięki wieloprocesorowemu silnikowi obliczeniowemu, który sam się zasila, zapewnione zostało bezpieczeństwo i elastyczność, umożliwiające wykrywanie i łączność z przedmiotami, które wcześniej nie mogły być podłączone do Internetu Rzeczy.

Prywatność jest kluczowa przy podłączaniu produktu do Internetu, a nic poza systemem tego rodzaju nie gwarantuje, że tylko właściwe osoby będą mogły zobaczyć dane. Każdy wysyłany przez układ Wiliot pakiet Bluetooth jest szyfrowany 128-bitowym schematem ECB AES, który zapewnia anonimowość, poufność i uwierzytelnianie. Wiliot ma dwie warstwy szyfrowania, aby umożliwić bezpieczne przesyłanie pakietów w infrastrukturze, przy jednoczesnym zachowaniu prywatności danych aplikacji. Układów Wiliot nie można śledzić. Mogą być używane do uwierzytelniania produktów i wdrażania standardów RODO – RFID nie jest bezpieczny. Firma przestrzega również przepisów dotyczących prywatności obowiązujących w Stanach Zjednoczonych oraz Europie i nie będzie gromadzić danych, chyba że konsumenci zdecydują się na to [8].

Podsumowanie

Firmy oferujące rewolucyjne rozwiązania układów scalonych są typowo fabless, czyli bez własnych fabryk produkcyjnych półprzewodników. Ponieważ technologia Bluetooth jest jednym z najpopularniejszych standardów łączności, firmy projektujące urządzenia przy użyciu rozwiązań z tym standardem mogą mieć pewność, że ich urządzenia będą w stanie komunikować się z istniejącymi i przyszłymi podłączonymi urządzeniami oraz wdrożeniami. Nowe firmy będą musiały konkurować z głównymi dostawcami układów Bluetooth, w tym Texas Instruments, Cypress, Dialog i Nordic Semiconductor.

Urządzenia do pozyskiwania energii są obecnie dostępne dla wielu różnych źródeł energii, w tym światła słonecznego, wiatru, ruchu, temperatury, a nawet do wychwytywania energii z ciepła ciała użytkownika. Możliwości są różne dla każdego podejścia, przy czym energia słoneczna jest nadal najbardziej popularną i wydajną formą pozyskiwania energii już w środowisku. Jednak wraz ze światowym rozpowszechnieniem bezprzewodowych urządzeń komunikacyjnych i wzrostem energii sygnału RF w najbardziej zaludnionych obszarach rosną możliwości technologii pozyskiwania energii RF jako sposobu działania urządzeń elektronicznych o niskiej mocy, takich jak miliardy czujników IoT.

Już teraz firma Wiliot pokazała etykiety na butelkach wina, pudełkach pizzy i kopertach. Mogą one również zastąpić metki odzieżowe, umożliwiając klientom skanowanie w celu uzyskania dodatkowych informacji. Małe czujniki Wiliot, wbudowane w produkty i opakowania, mogą zmienić sposób wytwarzania, dystrybucji, sprzedaży, użytkowania i recyklingu rzeczy. Czy elektronika jednorazowego użytku oparta na bezobsługowych, tanich systemach może stanowić podstawę przyszłych systemów Internetu Rzeczy?

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

eprasa.pl b41ae9951b

Eksperymenty z FPGA (11)

Operacje mnożenia liczb

FTP WSZYSTKIE POPRZEDNIE ODCINKI KURSU SĄ DOSTĘPNE NA STRONIE WWW.MEDIA.AVT.PL

W artykule zapoznamy się z operacją mnożenia liczb w układach FPGA i przygotujemy moduł wykonujący mnożenie liczb zespolonych. Potem przetestujemy go dla liczb przesyłanych przez port szeregowy, a w kolejnym odcinku będzie to jeden z bloków budujących naszą implementację transformaty Fouriera. Tak jak poprzednio, przed przystąpieniem do wykonywania eksperymentów, zachęcam do aktualizacji repozytorium z przykładami [1] (choćby poprzez wywołanie polecenia `git pull`).

Mnożenie to działanie, którego implementacja z samych tablic LUT jest dość złożona. Z drugiej strony, jest bardzo popularna przy cyfrowym przetwarzaniu sygnałów. Zauważyli to także producenci układów FPGA i postanowili rozwiązać ten problem poprzez dodanie sprzętowych bloków, realizujących funkcje mnożenia. W dokumentacji spotyka się je pod różnymi nazwami. W produktach Intela bardziej zaawansowane bloki noszą nazwę DSP (DSP blocks). W rodzinie MAX10 zaimplementowana została uproszczona wersja, nazwana po prostu „mnożarką" (*embedded multiplier*), której opis znajdziemy na [2].

Uproszczony schemat mnożarki pokazuje **rysunek 1**. Mamy tam dwa wejścia przyjmujące wektory bitów, interpretowane jako czynniki. Mogą one, ale nie muszą, zostać zatrzaśnięte we wbudowanym rejestrze. Jego zastosowanie pozwala na uzyskanie wyższej częstotliwości pracy. Następnie mamy logikę kombinacyjną, realizującą mnożenie. Iloczyn, podobnie jak czynniki, może zostać zatrzaśnięty w rejestrze wyjściowym. Dodatkowo, dla każdego wejścia można skonfigurować liczbę w formie ze znakiem albo bez znaku.

Pojedyncza mnożarka może wykonywać pojedyncze mnożenie liczb 18-bitowych albo dwa mnożenia liczb 9-bitowych. Do przechowywania wyniku mnożenia dwóch czynników, zapisanych odpowiednio na N1 i N2 bitach, potrzebnych jest N1+N2 bitów. Łatwo możemy policzyć, że uzyskane wyniki będą miały odpowiednio 36 albo 18 bitów długości. Mnożarki mogą być użyte dla czynników mniejszej długości. Niewykorzystane bity zostaną wypełnione bitem znaku.

W układach z rodziny MAX10, w zależności od wersji, może być od 16 do 144 niezależnych mnożarek. Płytka Rysino wyposażona jest w FPGA 10M04, który zawiera ich 20.

Mnożenie liczb zespolonych

Aby zademonstrować sposób użycia nowo poznanych bloków, zaimplementujemy mnożenie zespolone. Zaczniemy więc od bardzo krótkiej powtórki z algebry. Mamy dwie liczby zespolone a i b, które rozpiszemy jako:

$$a=a_{re}+ja_{im}$$
$$b=b_{re}+jb_{im}$$

gdzie a_{re} i b_{re} odpowiadają części rzeczywistej, a a_{im} i b_{im} części urojonej; j symbolizuje jednostkę urojoną, czyli pierwiastek z -1. Jeśli rozpiszemy mnożenie, otrzymamy:

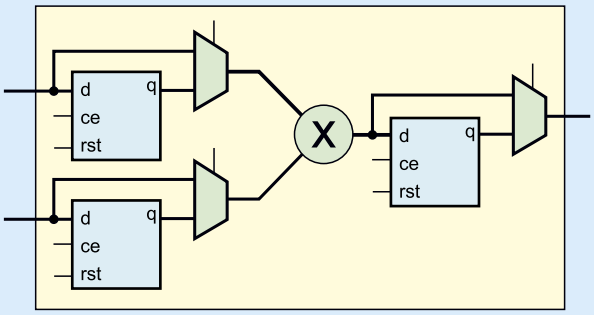
$$ab=(a_{re}+ja_{im})(b_{re}+jb_{im})=a_{re}b_{re}+ja_{re}a_{im}+ja_{im}b_{re}-a_{im}b_{im}=$$
$$(a_{re}b_{re}-a_{im}b_{im})+j(a_{re}a_{im}+a_{im}b_{re})$$

Mnożenie dwóch liczb zespolonych możemy zatem zrealizować jako cztery mnożenia i dwa dodawania. Istnieją wprawdzie sprytne sposoby zmniejszenia liczby mnożeń do 3, lecz pozostaniemy przy bardziej klasycznym sposobie [3].

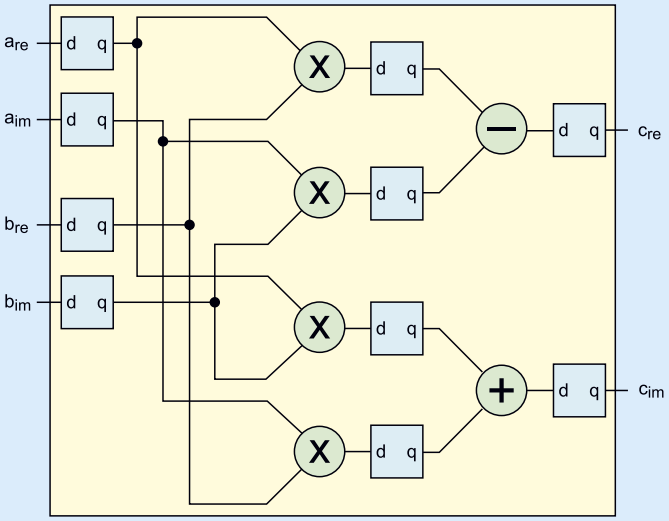
Na **rysunku 2** pokazano sposób implementacji uzyskanego przez nas wzoru w układzie FPGA. Moduł przyjmuje cztery wektory wejściowe. Najpierw są one zatrzaskiwane w rejestrach. W drugim takcie następuje równoległe wykonanie czterech mnożeń rzeczywistych. Uzyskane wyniki są zatrzaskiwane w kolejnych rejestrach. W trzecim takcie następuje wykonanie dodawania i odejmowania. Wynik jest zapisywany w rejestrach wyjściowych. Tak przygotowany moduł będzie miał latencję trzech taktów zegara.

Kod realizujący mnożenie liczb zespolonych pokazuje **listing 1**. Stworzony moduł nosi nazwę `c_mul`. W liniach 11…13 zdefiniowane są trzy parametry. K definiuje długość wektora danych wejściowych. `K_OUT1` i `K_OUT2` decydują, które z bitów końcowego wyniku mają znaleźć się na wyjściu. Dalej (linie 15…22) znajdują się wejścia i wyjścia. Ponieważ chcemy, aby działania zostały wykonane na liczbach ze znakiem, przy definicji wektorów używamy słowa kluczowego `signed`.

Kolejną częścią jest definicja zmiennych pomocniczych. Tutaj także używamy słowa kluczowego `signed`. Pierwsze cztery (linie



Rysunek 1. Budowa mnożarki wbudowanej w układ Max10



Rysunek 2. Realizacja mnożenia liczb zespolonych

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl b41ae9951b

24…27) będą tworzyły rejestry zatrzaskujące wejścia. Ich długość jest więc równa K. Kolejne cztery będą przechowywały wyniki poszczególnych mnożeń, stąd ich długość musi być odpowiednio większa i wynosi 2K. Na końcu (34…35) znajdują się rejestry wyjściowe. Zarówno dodawanie, jak i odejmowanie wymaga wydłużenia o jeden dodatkowy bit, stąd otrzymujemy wektory o długościach 2K+1.

Teraz możemy przejść do implementacji samej logiki modułu. Składają się na nią trzy bloki `always_ff`. Pierwszy (37…42) odpowiada za zatrzaskiwanie danych wejściowych. Najciekawszą funkcję realizuje kolejny blok (44…49), gdzie następuje mnożenie. Jest ono realizowane po prostu poprzez użycie operatora `*`, podobnie jak w wielu innych językach. Dopiero przy budowaniu projektu środowisko Quartus wykryje, że to działanie może zostać wykonane w specjalnym bloku i wyinferuje mnożarkę. Możemy także, poprzez dodanie odpowiednich ustawień, wymusić, aby zamiast wykorzystania specjalnych modułów, mnożenie zostało złożone ze zwykłych elementów logicznych.

W ostatnim bloku `always_ff` realizowanie jest dodawanie i odejmowanie. Na samym końcu (linie 56…57) następuje wycięcie zadanych bitów wyniku. Za pomocą polecenia `assign` są one przypisane do wyjść modułu.

Listing 1. Implementacja mnożenia liczb zespolonych (12_mul/c_mul.sv)

```
10 module c_mul #(
11   parameter K = 9,
12   parameter K_OUT1 = 8,
13   parameter K_OUT2 = 16
14 ) (
15   input wire clk,
16   input wire rst,
17   input wire signed [K-1:0]a_re,
18   input wire signed [K-1:0]a_im,
19   input wire signed [K-1:0]b_re,
20   input wire signed [K-1:0]b_im,
21   output logic signed [K_OUT2-K_OUT1:0]c_re,
22   output logic signed [K_OUT2-K_OUT1:0]c_im
23 );
24   logic signed [K-1:0]a_re_r;
25   logic signed [K-1:0]a_im_r;
26   logic signed [K-1:0]b_re_r;
27   logic signed [K-1:0]b_im_r;
28
29   logic signed [2*K-1:0] c_re_1;
30   logic signed [2*K-1:0] c_re_2;
31   logic signed [2*K-1:0] c_im_1;
32   logic signed [2*K-1:0] c_im_2;
33
34   logic signed [2*K:0] c_re_tmp;
35   logic signed [2*K:0] c_im_tmp;
36
37   always_ff @(posedge clk) begin
38     a_re_r <= a_re;
39     a_im_r <= a_im;
40     b_re_r <= b_re;
41     b_im_r <= b_im;
42   end
43
44   always_ff @(posedge clk) begin
45     c_re_1 <= a_re_r * b_re_r;
46     c_re_2 <= a_im_r * b_im_r;
47     c_im_1 <= a_re_r * b_im_r;
48     c_im_2 <= a_im_r * b_re_r;
49   end
50
51   always_ff @(posedge clk) begin
52     c_re_tmp <= c_re_1 - c_re_2;
53     c_im_tmp <= c_im_1 + c_im_2;
54   end
55
56   assign c_re = c_re_tmp[K_OUT2:K_OUT1];
57   assign c_im = c_im_tmp[K_OUT2:K_OUT1];
58 endmodule
```

Testujemy

Do sprawdzenia działania naszego modułu wykorzystamy testbench, którego najciekawsze fragmenty pokazane są na **listingu 2**. Najpierw definiujemy pomocnicze stałe (linie 12…14). K to długość wektorów reprezentujących dane wejściowe, `LATENCY` to latencja, a `TESTS` to liczba działań, które chcemy wykonać w ramach testów. Następnie (wiersze 23…26) tworzymy cztery pomocnicze tablice, o długości równej latencji modułu. Wykorzystamy je do przechowywania danych wejściowych i porównania ich z danymi wyjściowymi, otrzymanymi po ich propagacji przez moduł.

Generowanie przypadków testowych znajdziemy w pętli `for`. Jeden obieg pętli odpowiada jednemu przypadkowi testowemu. Dodatkowe obiegi odpowiadające latencji pozwalają nam poczekać na ostatnie wyniki. Aktualne wymuszenia są generowane w liniach 52…55 i zapisywane w tablicach pod adresem `i%LATENCY`. Zostaną odczytane przez kod z wierszy 47…50, po upływie `LATENCY` cyklów, a następnie wykorzystane do wyznaczenia oczekiwanego wyniku i wyświetlone razem z wyjściem z modułu.

Symulację możemy uruchomić, przechodząc w programie ModelSim do folderu *12_mul* i po wywołaniu rozkazu:

```
do c_mul.do
```

Po zakończeniu symulacji w konsoli pojawią się oczekiwane oraz uzyskane wyniki. Tak jak widzimy na **listingu 3**, najpierw pojawia się wynik z symulacji (oczekiwany), a potem z kodu rtl. W naszym przypadku są one zgodne. Uzyskane przebiegi czasowe pokazuje **rysunek 3**. W liniach 3…6 widzimy dane wejściowe. Na trzecim narastającym zboczu zegara, po pojawieniu się przebiegów, na wyjściu widać odpowiadający im wynik.

Listing 2. Moduł testowy dla mnożenia zespolonego (12_mul/c_mul_tv.sv)

```
11 module c_mul_tb;
12   parameter K = 9;
13   parameter LATENCY = 3;
14   parameter TESTS = 10;

23   int ra_re[LATENCY-1:0];
24   int ra_im[LATENCY-1:0];
25   int rb_re[LATENCY-1:0];
26   int rb_im[LATENCY-1:0];

39   initial begin
40     int rc_re, rc_im;
41     @(posedge clk);
42     @(posedge clk);
43     @(posedge clk);
44     for (int i = 0; i < TESTS+LATENCY; i++) begin
45       @(negedge clk);
46       if (i >= LATENCY) begin
47         rc_re = ra_re[i%LATENCY]*rb_re[i%LATENCY]-ra_im[i%LATENCY]*rb_im[i%LATENCY];
48         rc_im = ra_re[i%LATENCY]*rb_im[i%LATENCY]+ra_im[i%LATENCY]*rb_re[i%LATENCY];
49         $display("sim: %d+%dj rtl: %d+%dj",
50           rc_re, rc_im, c_re, c_im);
51       end
52       rb_re[i%LATENCY] = 100;
53       rb_im[i%LATENCY] = 50;
54       ra_re[i%LATENCY] = i*511.0/(TESTS-1)-256;
55       ra_im[i%LATENCY] = 255-i*511.0/(TESTS-1);
56
57       a_re = ra_re[i%LATENCY];
58       a_im = ra_im[i%LATENCY];
59       b_re = rb_re[i%LATENCY];
60       b_im = rb_im[i%LATENCY];
61       @(posedge clk);
62     end
63   $stop;
64 end
```

Listing 3. Wynik symulacji

```
# sim:      -38350+      12700j rtl:  -38350+  12700j
# sim:      -29800+       9850j rtl:  -29800+   9850j
# sim:      -21250+       7000j rtl:  -21250+   7000j
# sim:      -12850+       4200j rtl:  -12850+   4200j
# sim:       -4300+       1350j rtl:   -4300+   1350j
# sim:        4250+      -1500j rtl:    4250+  -1500j
# sim:       12800+      -4350j rtl:   12800+  -4350j
# sim:       21200+      -7150j rtl:   21200+  -7150j
# sim:       29750+     -10000j rtl:   29750+ -10000j
# sim:       38300+     -12850j rtl:   38300+ -12850j
```

Dodajemy UART

Aby przetestować nasz nowy moduł, w sprzęcie musimy jeszcze dodać moduł, odpowiedzialny za dostarczanie danych wejściowych i odbieranie wyjścia. Do komunikacji wykorzystamy port szeregowy. Schemat przygotowanego modułu pokazuje **rysunek 4**. Aby

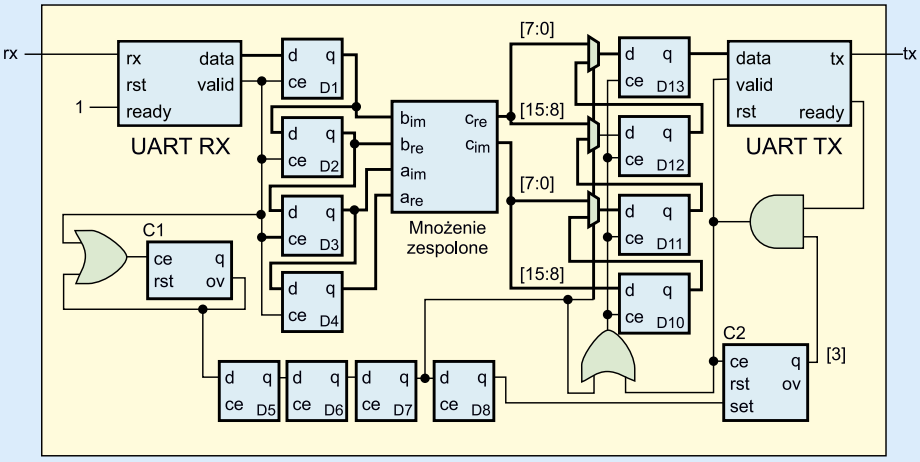
Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl b41ae9951b

Rysunek 3. Przebiegi czasowe uzyskane dla symulacji mnożenia zespolonego

uprościć odbieranie danych, liczby wejściowe są 8-bitowe ze znakiem. Na rysunku, dla uproszczenia, pominięty został sygnał zegarowy – należy pamiętać, że wszystkie przerzutniki są taktowane z jednego zegara. Niektóre bloki mają także wyprowadzone złącze reset. Wszystkie one są połączone razem i resetowane jednym sygnałem.

Dane odbierane są przez znany nam już moduł odbiornika. Następnie trafiają na rejestr przesuwny, złożony z przerzutników D1…D4. Przez port po kolei przesyłamy część rzeczywistą i urojoną, najpierw dla czynnika a, później b. Dzięki temu, po wysłaniu wszystkich czterech wartości, znajdą się w rejestrach podłączonych do odpowiednich wejść modułu. Równocześnie dla każdej odebranej danej następuje inkrementacja licznika C1. Zlicza on modulo 5. Kiedy odebrane zostaną wszystkie cztery dane, na jego wyjściu `OV` pojawi się stan 1, który utrzyma się dokładnie przez jeden takt zegara. Będzie się on propagował przez linię opóźniającą, złożoną z przerzutników D6, D7 i D8. Dzięki temu płynie on razem z obliczeniami w module `c_mux`. Dlatego, gdy na wyjściu pojawi się wynik, multipleksery spowodują, że zostanie on przekazany na wejście rejestrów D10…13 i zapisany do nich. Uzyskany wynik ma długość dwa razy po 17 bitów. Aby zmieścić się w 4 bajtach, najstarsze bity nie będą przesyłane. W kolejnym takcie zegara rejestr D9 zostanie ustawiony i wpisze do licznika C2 liczbę 4, czyli 100 (w zapisie binarnym). Rozpocznie to proces wysyłania danych i multipleksery przestawią się w konfiguracji rejestru przesuwnego. Kiedy wszystkie dane zostaną przekazane, licznik C2 „przekręci się", co spowoduje wyzerowanie bitu `q[3]` i zakończenie transmisji. Najpierw wysłana będzie część rzeczywista, później część urojona wyniku. Kolejność wysyłania to tak zwane littleendian. Oznacza to, że najpierw zostanie wysłanych 8 mniej znaczących, a później 8 bardziej znaczących bitów.



Rysunek 4. Odbieranie i wysyłanie danych przez port szeregowy

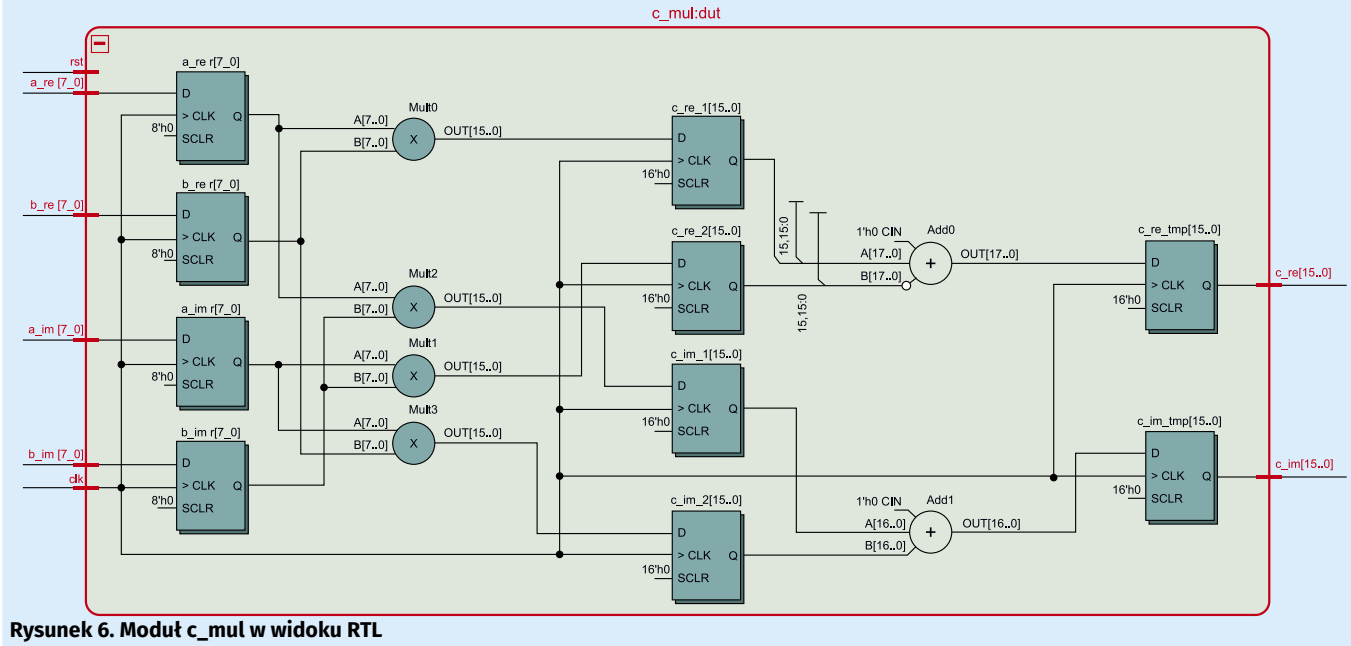
Implementacja logiki z rysunku 4 znajduje się na **listingu 4**. W wierszach 10…17 widzimy definicję modułu. Ma on trzy wejścia: zegarowe, reset i rx oraz jedno wyjście tx. Deklaracje wewnętrznych połączeń zostały pominięte – można je znaleźć w całym pliku dostępnym w repozytorium. Dalej w liniach 31…34 znajduje się instancja odbiornika portu szeregowego. Jej wyjście wchodzi na 4-elementowy rejestr przesuwny (wiersze 36…42). Na rysunku 4 składa się on z przerzutników D1…D4. Następnie znajdziemy moduł licznika modulo 5, który zlicza bajty odebrane przez port szeregowy. W liniach 51…59 jest nasz moduł mnożenia liczb zespolonych. Dalej w wierszach 61…65 widzimy rejestr przesuwny, opóźniający sygnał odebrania danych o latencję mnożenia (przerzutniki D6…D9). Kolejny blok `always_ff` (67…73) to wyjściowy rejestr przesuwny z zewnętrznym ładowaniem. Multipleksery zostały zrealizowane za pomocą operatora `?:`. W liniach 81…87 znajduje się 3-bitowy licznik danych wyjściowych. Tym razem nie wykorzystaliśmy naszego starego modułu `counter`, ponieważ potrzebne nam było dodatkowe wejście, wpisujące do licznika liczbę 4. Na samym końcu znajdziemy instancję nadajnika portu szeregowego.

Fragmenty kodu służącego do symulacji znajdziemy na **listingu 5**. W wierszu 15 widzimy listę bajtów, które zostaną wysłane. Odpowiadają one dwóm przypadkom testowym. Pierwszy z nich to mnożenie (4+8j)(2+5j), którego oczekiwanym wynikiem jest –32+36j. Drugi to (2+4j)(5+10j)=–30+40j. Do generowania sygnału testowego

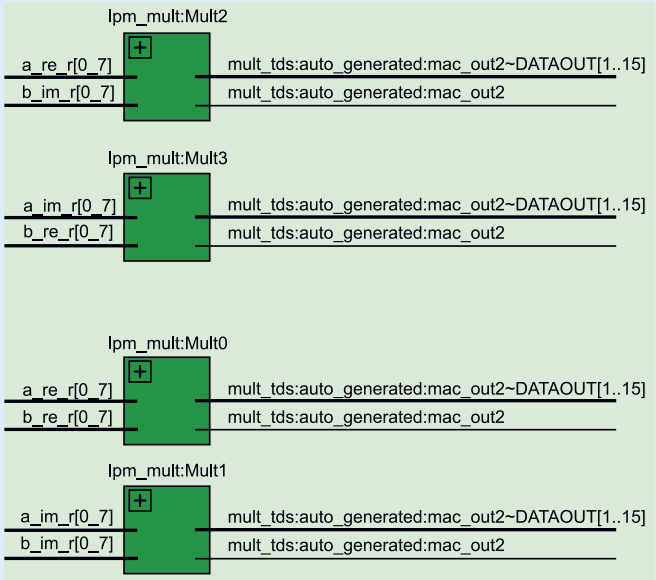
Rysunek 5. Symulacja przedstawiająca komunikację przez port szeregowy

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

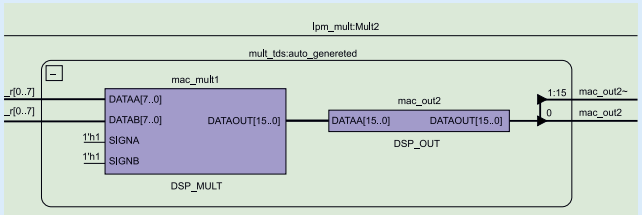
eprasa.pl b41ae9951b



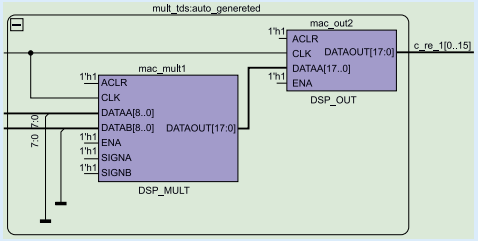
Rysunek 6. Moduł c_mul w widoku RTL



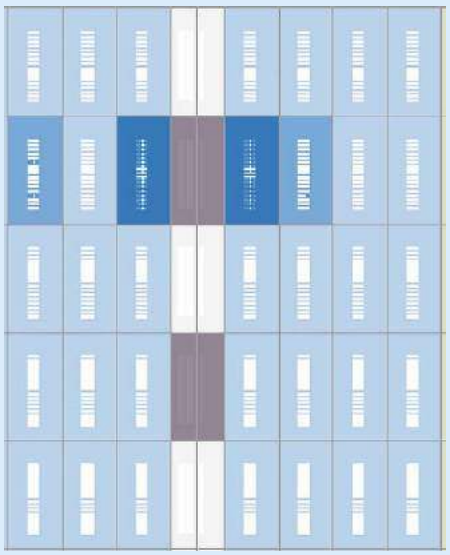
Rysunek 7. Moduł c_mul w widoku Technology Map Viewer (Post--Mapping)



Rysunek 8. Reprezentacja modułu mnożenia w widoku Technology Map Viewer (Post-Mapping)



Rysunek 9. Reprezentacja modułu mnożenia w widoku Technology Map Viewer (Post-Fitting)



Rysunek 10. Lokalizacja bloków DSP w widoku Chip Planner

oraz odbierania wyniku wykorzystane są dodatkowe instancje nadajnika i odbiornika portu szeregowego. Samo wysyłanie odbywa się w pętli przedstawionej w wierszach 31…40. Po przesłaniu wszystkich danych odczekujemy jeszcze 400 µs. Po tym czasie symulacja zostanie zakończona.

Symulację uruchamiamy poleceniem:

```
do uart_mul.do
```

Uzyskany wynik pokazuje **rysunek 5**. W trzecim wierszu widzimy wchodzące dane. Kolejna linia to sygnał `valid` wyzwalający ich przesyłanie. Samą komunikację możemy zaobserwować w wierszu szóstym. Linia siódma to kolejne bajty odbierane przez port szeregowy. Wiersz dziewiąty (data_in) pokazuje aktualny stan wejściowego rejestru przesuwnego. Kolejny sygnał (q) to licznik wejściowy. Ciekawe informacje możemy także wyczytać z linii 12 – jest to wyjście z mnożenia. Widzimy, że nowe wyniki pojawiają się co takt zegara i bazują na kolejnych wartościach z wejściowego rejestru przesuwnego. Jednak zatrzaśnięte i wysłane z powrotem będą tylko wartości uzyskane dla poprawnego stanu wejść.

Zwracane dane widzimy w ostatnim wierszu. Dla pierwszego mnożenia otrzymujemy –32, –1, 36, 0. Gdy zapiszemy te liczby w bitach, otrzymamy: 1110 0000, 1111 1111, 0010 1000, 0000 0000. Ponieważ najpierw przesyłamy mniej znaczący bajt, po złożeniu otrzymamy

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl b41ae9951b

Listing 4. Implementacja komunikacji przez port szeregowy (12_mul/uart_mul.sv)

```
10 module uart_mul #(
11   parameter F = 8000000
12 ) (
13   input wire clk,
14   input wire rst,
15   input wire rx,
16   output logic tx
17 );

31   assign bus_rx.ready = 1'b1;
32   uart_rx #(.F(F), .BAUD(BAUD)) urx (
33     .rx(rx),
34     .bus(bus_rx));
35
36   always_ff @(posedge clk)
37     if (bus_rx.valid) begin
38       data_in[0] <= bus_rx.data;
39       data_in[1] <= data_in[0];
40       data_in[2] <= data_in[1];
41       data_in[3] <= data_in[2];
42     end
43
44   counter #(.N(5)) cnt_in (
45     .clk(clk),
46     .rst(rst),
47     .ce(bus_rx.valid | cnt_in_ov),
48     .q(),
49     .ov(cnt_in_ov));
50
51   c_mul #(.K(8), .K_OUT1(0), .K_OUT2(15)) dut (
52     .clk(clk),
53     .rst(rst),
54     .a_re(data_in[3]),
55     .a_im(data_in[2]),
56     .b_re(data_in[1]),
57     .b_im(data_in[0]),
58     .c_re(c[0]),
59     .c_im(c[1]));
60
61   always_ff @(posedge clk or negedge bus_rx.rst)
62     if (!bus_rx.rst)
63       valid_d <= '0;
64     else
65       valid_d <= {valid_d[2:0], cnt_in_ov};
66
67   always_ff @(posedge clk)
68     if (select_out | valid_out) begin
69       data_out[0] <= c[1][15:8];
70       data_out[1] <= select_out ? c[1][7:0] : data_out[0];
71       data_out[2] <= select_out ? c[0][15:8] : data_out[1];
72       data_out[3] <= select_out ? c[0][7:0] : data_out[2];
73     end
74
75   assign bus_tx.valid = valid_out;
76   assign bus_tx.data = data_out[3];
77
78   assign valid_out = cnt_out[2] & bus_tx.ready;
79   assign select_out = valid_d[2];
80
81   always_ff @(posedge clk or negedge bus_rx.rst)
82     if (!bus_rx.rst)
83       cnt_out <= 3'b000;
84     else if (valid_d[3])
85       cnt_out <= 3'b100;
86     else if (valid_out)
87       cnt_out <= cnt_out + 3'b1;
88
89   uart_tx #(.F(F), .BAUD(115200)) utx (
90     .bus(bus_tx),
91     .tx(tx));
```

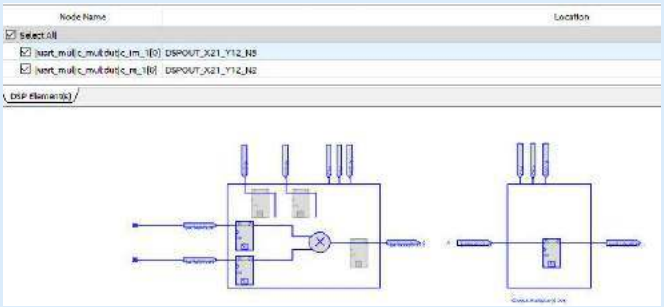
liczby: 1111 1111 1110 0000 i 0000 0000 0010 1000. Po zamianie na system dziesiętny, zgodnie z oczekiwaniami otrzymamy –32+36j. Wynik drugiego mnożenia możemy odczytać analogicznie.

Listing 5. Testbench sprawdzający działanie komunikacji przez port szeregowy (12_mul/uart_mul_tb.sv)

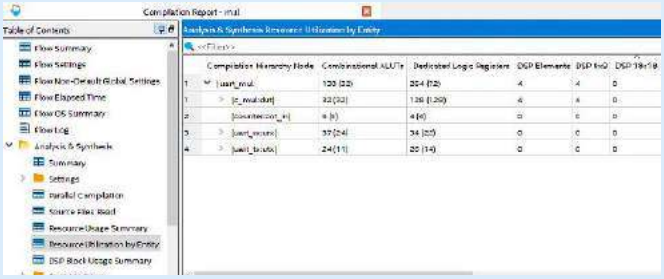
```
15   logic [7:0]data[7:0] = {8'd10, 8'd5, 8'd4, 8'd2, 8'd5, 8'd2, 8'd8, 8'd4};

27   initial begin
28     bus_tx.valid = 1'b0;
29     #5000;
30
31     for (int i = 0; i < $size(data); i++) begin
32       @(negedge clk);
33       bus_tx.data = data[i];
34       bus_tx.valid = 1'b1;
35       @(posedge clk);
36       @(posedge clk);
37       bus_tx.valid = 1'b0;
38       while (!bus_tx.ready)
39         @(posedge clk);
40     end
41
42     #400us;
43     $stop;
44   end
```

Sprzęt

Mamy już gotowy projekt. Ostatnim etapem będzie budowa w środowisku Quartus i testy w sprzęcie. Przy okazji zobaczymy, w jaki sposób zostanie zinterpretowane mnożenie. Otwieramy więc projekt `12_mul/mul.qpf` i rozpoczynamy jego budowę. Kiedy się zakończy, możemy w panelu Tasks wybrać opcję: Compile Design/Analysis&Synthesis/Netlist Viewers/RTL Viewer. Jeśli znajdziemy i otworzymy w nim realizację modułu c_mul, zobaczymy wynik podobny do tego z **rysunku 6.** Jest on bardzo podobny do naszego początkowego projektu z rysunku 2.



Rysunek 11. Blok mnożenia w widoku Resource Property



Rysunek 12. Lista wykorzystanych zasobów

Jeżeli przejdziemy do widoku Technology Map Viewer (Post-Mapping), zaobserwujemy (**rysunek 7**), że tym razem znak mnożenia został zastąpiony nowym modułem. Kiedy go otworzymy, naciskając symbol (+), zobaczymy widok podobny do tego z **rysunku 8**. Widzimy na nim bloki DSP_MULT oraz DSP_OUT. Odpowiadają one sprzętowemu blokowi, który znajduje się wewnątrz układu FPGA. Poza wejściami danych DATAA i DATAB mamy także konfigurację znaku. W naszym przypadku oba z nich są na stałe ustawione na 1. Środowisko przyporządkowało tę stałą na podstawie parametru `signed`, w definicji wejściowych sygnałów.

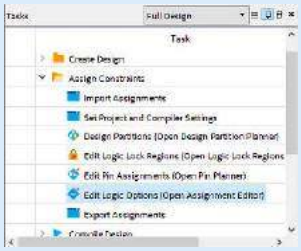
Jeżeli przejdziemy do widoku Technology Map Viewer (Post-Fitting), zobaczymy schemat podobny do **rysunku 9**. Widzimy, że główną różnicą są dodatkowe sygnały kontrolne enable oraz reset. Jak można zobaczyć w narzędziu Chip Planner, moduły mnożenia rozmieszczone są w układzie FPGA w jednej kolumnie. Jest ona oznaczona kolorem jasnoszarym. Wykorzystane moduły zostały zaznaczone kolorem ciemniejszym. Jak widzimy, nasz projekt zużył 2 bloki. Dokładniejszy opis bloku znajdziemy w programie Resource Property Editor. Fragment okna tego programu prezentuje **rysunek 11**. Na liście u góry rysunku, w pojedynczym module (oznaczonym jako X21_Y12), umieszczone zostały dwa 9-bitowe mnożenia.

Warto jeszcze zobaczyć, jakie zasoby zużywa nasz moduł. W tym celu otwieramy raport kompilacji. Jak widzimy na **rysunku 12,** z zakładki Analysis & Synthesis wybieramy Resource Utilization by Entity. Na liście w centralnej części okna rozwijamy uart_mul. Zobaczymy, że blok c_mul zużył 32 bloki ALUT, 128 rejestrów

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie www.media.avt.pl

eprasa.pl b41ae9951b

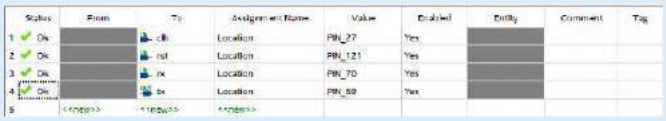
i 4 elementy DSP (czyli mnożarki). Możemy zmienić konfigurację i wymusić, aby mnożenie zostało zrealizowane z elementów kombinacyjnych, a nie w odpowiednich blokach. W tym celu z panelu Tasks otwieramy Edit Logic Options. Pojawi się nowe okno podobne do tego z **rysunku 14**. Widzimy, że w tym miejscu także pojawia się konfiguracja wejść/wyjść, którą stworzyliśmy w narzędziu Pin Planner. Aby dodać nową pozycję, klikamy <<new>> w kolumnie Assignment Name. Z listy wybieramy opcję DSP_BLOCK_BALANCING. W kolumnie Value, z dostępnych na liście możliwości, wybieramy Logic Elements. Cała konfiguracja jest pokazana na **rysunku 15**. Możemy zapisać i uruchomić budowę powtórnie. **Rysunek 16** pokazuje zużycie zasobów. Widzimy, że obecnie liczba elementów DSP jest równa 0. Liczba zużytych rejestrów nie uległa zmianie. Natomiast liczba elementów logicznych wzrosła ponaddziesięciokrotnie z 32 do 398.



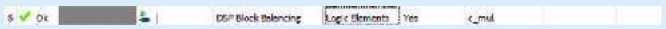
Rysunek 13. Dodawanie ograniczeń

Przywrócimy wykorzystanie sprzętowych mnożarek poprzez zmianę wartości w kolumnie Enabled (rysunek 14) na – No. Teraz zbudujmy projekt jeszcze raz i zaprogramujmy płytkę Rysino.

Do komunikacji użyjemy programu RealTerm. Po wyborze numeru prędkości i ustawieniu prędkości na 115200, przejdźmy do zakładki Display. Tutaj wybieramy tryb wyświetlania (Display As) na int16 – liczba 2-bajtowa ze znakiem. Na końcu jeszcze wyłączamy tryb Big Endian, odklikując znacznik.



Rysunek 14. Konfiguracja projektu

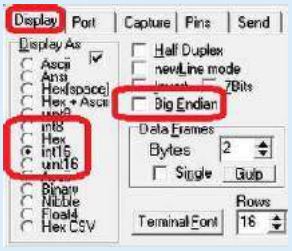


Rysunek 15. Konfiguracja wymuszająca syntezę mnożenia z elementów logicznych

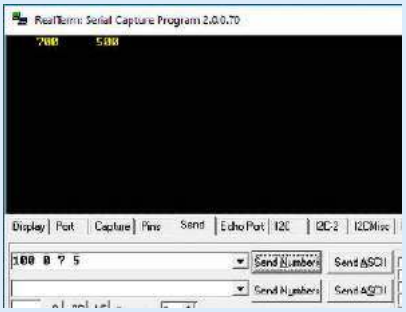
	Compilation Hierarchy Node	Combinational ALUTs	Dedicated Logic Registers	DSP Elements	DSP 9x9	DSP 18x18
1	|uart_mul|	495 (32)	264 (72)	0	0	0
1	|c_multout|	398 (96)	128 (128)	0	0	0
2	|counter:cnt_in|	5 (5)	4 (4)	0	0	0
3	|uart_rx:ux|	36 (23)	34 (22)	0	0	0
4	|uart_tx:utx|	24 (11)	26 (14)	0	0	0

Rysunek 16. Zużycie zasobów przy mnożeniu w logice

Aby wysłać dwie liczby zespolone, przechodzimy do zakładki Send (**rysunek 18**). W polu wpisujemy cztery liczby. Po kolei są to część rzeczywista i urojona obu czynników. W moim przypadku mnożę liczby 100+0j i 7+5j. Po kliknięciu Send Numbers, w konsoli pojawił się wynik: 700+500j. Niestety, nie jest obsługiwane przesyłanie liczb ujemnych, dlatego trzeba samemu „zmienić" liczbę ujemną, zapisaną w kodzie dopełnienia do dwóch, na odpowiadającą jej liczbę dodatnią. Przykładowo, na **rysunku 19** przesłano liczby 100+0j i 7–1j. Przy wyświetlaniu zgodnie z konfiguracją, liczby ujemne są już obsługiwane.



Rysunek 17. Konfiguracja programu RealTerm



Rysunek 18. Wysyłanie danych

Rysunek 19. Przesyłanie liczby ujemnej

Podsumowanie

Poznaliśmy nowy element układu FPGA – mnożarkę, nazywaną także blokiem DSP. Użyliśmy jej do implementacji mnożenia zespolonego. W kolejnym odcinku blok stanie się fragmentem naszej implementacji dyskretnej transformaty Fouriera.

Rafał Kozik
rafkozik@gmail.com

Bibliografia
[1] Repozytorium z przykładami – http://bit.ly/33uYPxs
[2] MAX 10 Embedded Multiplier Block Overview, https://intel.ly/2ZZDuxe
[3] Complex Multiplication, https://bit.ly/2EpkKzo

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

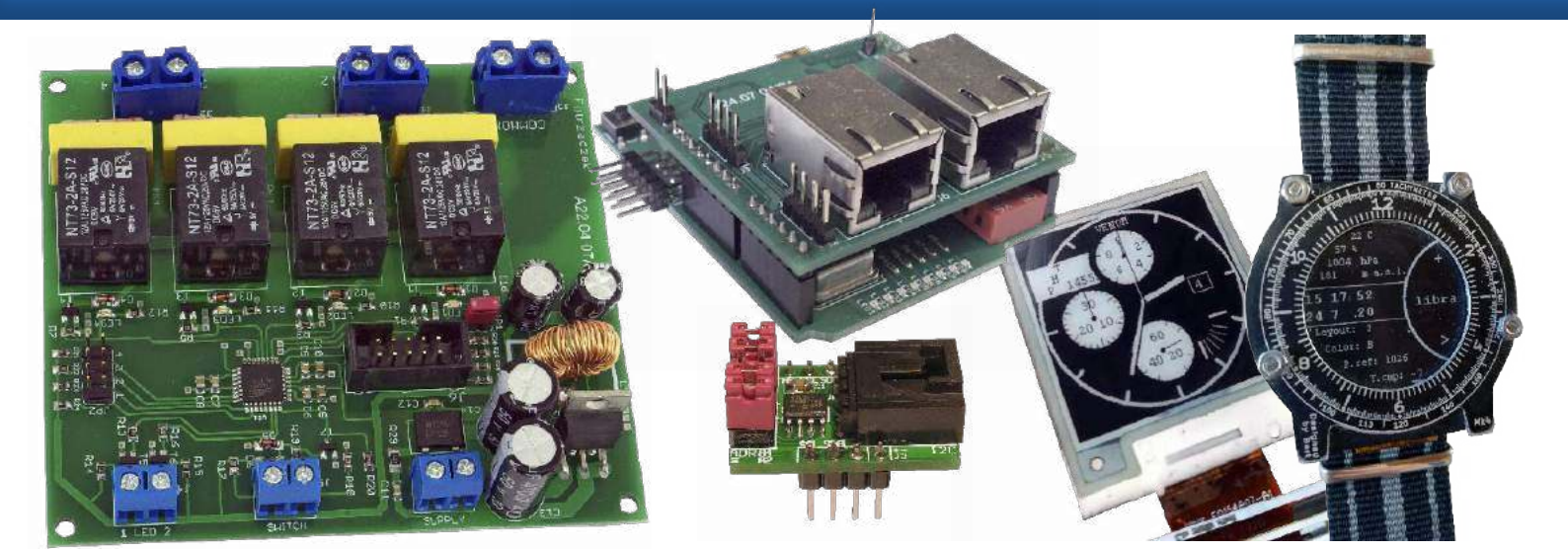
Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

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 b41ae9951b

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 11/2020



Zegar z wyświetlaczem e-ink

Zaprezentujemy zegarek, który będzie bardzo praktyczny, funkcjonalnością położy na łopatki wiele urządzeń dostępnych komercyjnie. Został wyposażony w czujnik, który pozwala mierzyć ciśnienie atmosferyczne, temperaturę oraz wilgotność powietrza. Pomiar ciśnienia umożliwia realizację funkcjonalności wysokościomierza, a dodanie magnetometru umożliwiło realizację kompasu cyfrowego. Nowoczesny wyświetlacz, który charakteryzuje się perfekcyjną widocznością nawet w pełnym słońcu, jest efektownym dopełnieniem całej konstrukcji.

Rysino-net – shield z Ethernetem

Chyba najpopularniejszym standardem sieci jest Ethernet. Definiuje on dwie najniższe warstwy stosu sieciowego: fizyczną i łącza danych. Prezentowany projekt realizuje funkcjonalności warstwy pierwszej dla wersji standardu pozwalającej na przesył danych z prędkością 100 Mb/s. Jest to tak zwany Fast Ethernet. Moduł zawiera warstwę fizyczną dla dwóch portów Ethernet przystosowaną do współpracy z płytką Rysino, wyposażoną w układ FPGA Intel Max10. Komunikacja odbywa się poprzez interfejsy RMII.

Sekwencyjny włącznik oświetlenia

Mając w pomieszczeniu kilka punktów świetlnych, warto mieć możliwość niezależnego sterowania nimi. Jednak mnożenie liczby przełączników na ścianie powoduje, że korzystanie z nich będzie niewygodne. Opracowane urządzenie pozwala na załączanie czterech wyjść w różnych kombinacjach, przy użyciu tylko jednego przycisku.

Minimoduł z pamięcią EERAM i interfejsem I2C

Pamięć EERAM 47xxx firmy Microchip jest kombinacją pamięci SRAM i EEPROM. Pierwsza gwarantuje nieskończoną liczbę cykli oraz krótki czas odczytu i zapisu zawartości, druga służy jako pamięć nieulotna, do której przepisywana jest zawartości pamięci SRAM w przypadku zaniku zasilania. Kopiowanie pamięci SRAM do EEPROM może zostać wymuszone sprzętowo wyprowadzeniem HS lub poleceniem programowym. Podczas zaniku zasilania układ, do zakończenia cyklu zapisu EEPROM, zasilany jest z dołączonego kondensatora elektrolitycznego o odpowiednio dobranej pojemności.

a ponadto tematy wiodące EP 11/2020:

MIKROKONTROLERY I MODUŁY DLA IoT

SYSTEMY EMBEDDED I KOMPUTERY JEDNOPŁYTKOWE

ROBOTYKA

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 102
ARMEL 102
BORNICO 8
COMPUTER CONTROLS 15
CONTRANS TI 13
DELTA-OPTI 102
ELMAX 102
FALDRUK 6
FAULHABER 29, 76
GAMMA 10
HEILIND 9
KAMAMI 80, 81
MICROCHIP 7
PIEKARZ 10
PRINTOR 78, 79
RELPOL 25
RENEX 10
RUTRONIK 21
SEMICON 101
ST MICROELECTRONICS 5, 33, 35, 39, 43

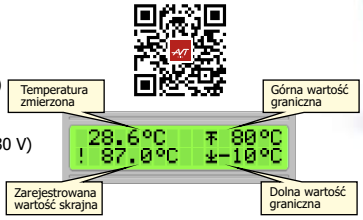
eprasa.pl b41ae9951b

AVT 1830 Sygnalizator temperatury do pieca CO

Termometr oprócz tego, że wskazuje temperaturę to dodatkowo czuwa, czy jej wartość nie przekroczyła ustawionej wartości górnej lub nie spadła poniżej ustawionej wartości dolnej. Doskonale sprawdzi się w roli wskaźnika temperatury pieca C.O. - będzie alarmował gdy temperatura wody w instalacji zbliży się do temperatury wrzenia a w innym przypadku zasygnalizuje, że temperatura spada i w palenisku pieca może wygasnąć.

Wybrane parametry:

- zakres pomiaru temperatur: –55°C do +125°C
- dokładność pomiaru: ±0,5°C (–10°C...+85°C), ±2°C (–55°C...+125°C)
- rozdzielczość odczytu: 0,1°C w całym zakresie pomiarowym
- sygnalizacja przekroczenia ustawionej temperatury granicznej
- sygnalizacja optyczna i dźwiękowa oraz wyjście przekaźnikowe (8 A / 230 V)
- ustawianie temperatury granicznej dolnej i górnej z rozdzielczością 1°C
- wymiary układu 120×40×30 mm, dopasowany do obudowy KM-50
- zasilanie 9...14 VDC / 0,2 A



AVT 1863 Termometr Bluetooth

Termometr umożliwia 2-punktowy, bezprzewodowy pomiar temperatury w zakresie -55...+125°C. Wynik jej pomiaru może być transmitowany do komputera PC, smartfona lub tabletu dzięki wbudowanemu modułowi komunikacyjnemu Bluetooth.

Bluetooth

Wybrane parametry:

- dwukanałowy pomiar temperatury,
- zakres pomiaru temperatur: –55°C do +125°C
- dokładność pomiaru: ±0,5°C (–10°C...+85°C), ±2°C (–55°C...+125°C)
- rozdzielczość odczytu: 0,1°C w całym zakresie pomiarowym
- czujniki typu DS18B20
- zasilanie 5...15 VDC / 0,1 A lub z ładowarki USB,
- wymiary płytki: 73×31 mm

AVT 3122 Termometr z wyświetlaczem LED

Układ jest prostym termometrem z wyświetlaczem LED umożliwiającym pomiar temperatury w zakresie od –55°C do +125°C, do jego budowy zastosowano tylko elementy przewlekane oraz gotowy, wodoodporny czujnik temperatury.

Wybrane parametry:

- zakres mierzonych temperatur: –55°C do +125°C
- aktualizacja wskazań co 2 sek.
- wodoodporny czujnik DS18B20
- nie wymaga kalibracji
- zasilanie: 7...15 VDC / 0,3 A
- wymiary płytek: wyświetlacz: 59×21 mm (wym. z mocowaniem) płytka główna: 38×37 mm

AVT 3085 4-kanałowy termometr cyfrowy

Układ może być wykorzystywany wszędzie tam, gdzie trzeba na bieżąco kontrolować temperaturę w kilku punktach naraz, w dużym zakresie temperatur. Układ potrafi wykryć brak lub uszkodzenie czujnika.

Wybrane parametry:

- 4 kanały pomiarowe
- zakres pomiaru temperatur: –55°C do +125°C
- dokładność pomiaru: ±0,5°C (–10°C...+85°C), ±2°C (–55°C...+125°C)
- rozdzielczość odczytu: 0,1°C w całym zakresie pomiarowym
- nie wymaga kalibracji
- zasilanie: 7...16 VDC / 0,2 A
- wymiary płytki: 80×36 mm

AVT 5489 8-kanałowy termometr z alarmem

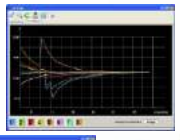
Układ służy do monitorowania temperatury w ośmiu punktach jednocześnie za pomocą czujników typu DS18B20. Dla każdego czujnika możemy zadeklarować temperaturę alarmową, a o jej zaistnieniu poinformuje nas wbudowany sygnalizator akustyczny.

Wybrane parametry:

- 8 kanałów pomiarowych
- zakres pomiaru temperatur: –55°C do +125°C
- dokładność pomiaru: ±0,5°C (–10°C...+85°C), ±2°C (–55°C...+125°C)
- rozdzielczość odczytu: 0,1°C w całym zakresie
- sygnalizacja osiągnięcia zadanej temperatury minimalnej albo maksymalnej
- zasilanie: 7...16 VDC / 0,2 A
- wymiary płytki: 61×89 mm

AVT 5330 8-kanałowy termometr do PC

Układ po podłączeniu do komputera PC umożliwia pomiar i rejestrowanie temperatury odczytywanej w maksymalnie ośmiu punktach. Wymiana danych z komputerem odbywa się poprzez interfejs USB. Całość ma niewielkie wymiary i nieskomplikowaną budowę. Dołączone oprogramowanie umożliwia automatyczny odczyt wyników pomiarów oraz ich prezentację graficzną. Dodatkowo możliwy jest zapis pomiarów do pliku i ich późniejszy odczyt, oraz obróbka np. w arkuszu kalkulacyjnym.



Wybrane parametry:

- komunikacja i zasilanie poprzez port USB
- współpraca z ośmioma czujnikami DS1820, DS18S20, DS18B20 (w zestawie 2 czujniki DS18B20)
- dokładność pomiaru: ±0,5°C (–10°C...+85°C), ±2°C (–55°C...+125°C)
- rozdzielczość odczytu: 0,1°C w całym zakresie pomiarowym
- opcjonalna rejestracja pomiarów wraz ze znacznikiem czasu
- pomiary automatyczne co 2 sekundy lub wyzwalane za pomocą sygnału zewnętrznego
- zasilanie: 5 VDC (z portu USB)
- wymiary płytki: 20×77 mm

AVT 5389 4-kanałowy termometr z wyświetlaczem LED

Termometr pozwala mierzyć temperaturę jednocześnie w czterech punktach, natomiast wynik z wybranego kanału pomiarowego wyświetlany jest na czytelnym wyświetlaczu LED.

Wybrane parametry:

- ilość kanałów pomiarowych (ilość czujników): 1...4
- przełączanie kanałów: manualne - przyciskiem lub automatyczne – co 3sek.
- zakres pomiaru temperatur: –55°C do +125°C
- dokładność pomiaru (DS18B20): ±0,5°C (–10°C...+85°C), ±2°C (–55°C...+125°C)
- rozdzielczość odczytu (DS18B20): 0,1°C w całym zakresie pomiarowym
- zasilanie: 7...16 VDC / 0,3 A
- wymiary płytek: 71×51 mm i 71×35 mm

AVT 5420 Wielopunktowy termometr z rejestracją

Ośmiopunktowy termometr z rejestracją pomiarów na wymiennym nośniku, oraz z możliwością pracy z zasilaniem bateryjnym.

Wybrane parametry:

- praca z czujnikami DS1820/18S20/18B20
- obsługa max 8 czujników (w zestawie 2 czujniki)
- długość kabla czujników: max 30 m
- zasilanie z portu USB komputera lub z baterii
- rejestracja danych na karcie microSD
- nastawa czasu między kolejnymi pomiarami: od 2s do 23 godz. 59 min. 59 sek
- liczba pomiarów w pojedynczym cyklu: max 65535
- wymiary płytek: 50×85 mm i 33×28 mm

eprasa.pl b41ae9951b