PRZEKAŹNIKI PÓŁPRZEWODNIKOWE

www.ep.com.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA +FTP

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Grudzień ● 12/2021 ●



EP W TOKU NA EP.COM.PL

tylko Prenumeratorzy

mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP

inspirujące, użyteczne projekty

CassetteRXTX – karta przekaźników sterowanych radiowo z pilota • Clock • Czujnik stężenia pyłów HM3301 • Energooszczędny sygnalizator LED • Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero • Beztransformatorowy impulsowy zasilacz sieciowy • Wzmacniacz lampowy Single Ended Bis • Elektroniczna pigułka dojelitowa zasilana... kwasem żołądkowym • Wieniec świąteczny automatycznie pozdrawiający gości • Świąteczna choinka zintegrowana z Amazon Alexa

podzespoły, sprzęt, aplikacje

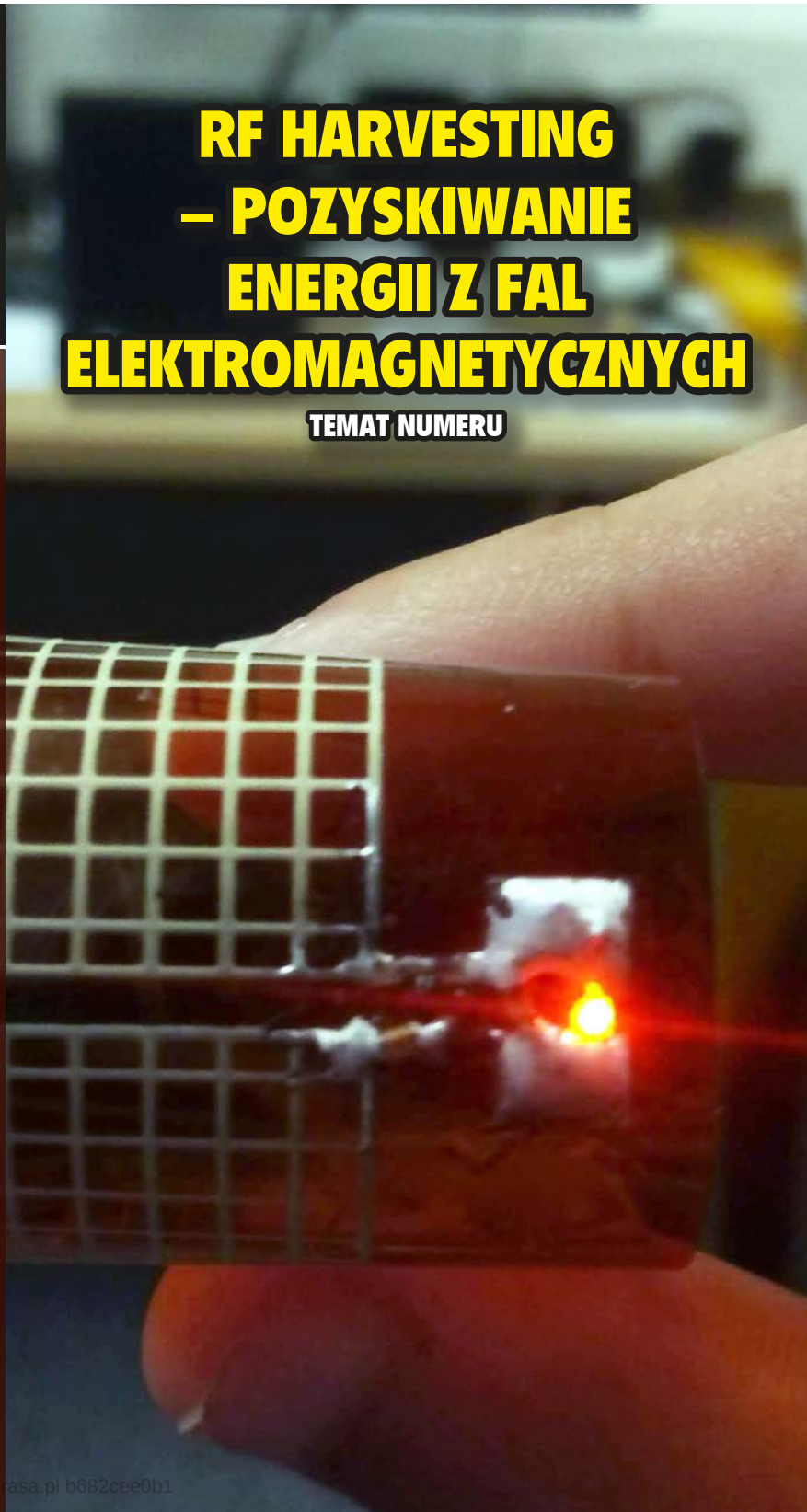
Raspberry Pi Zero 2W – najlepszy prezent na święta? • Przekaźniki półprzewodnikowe firmy Relpol • Przekaźniki półprzewodnikowe z barierą optyczną • Oscyloskopy USB PicoScope – alternatywa czy konkurencja dla tradycyjnej aparatury? • Przekaźniki półprzewodnikowe – SSR • Przetwornice w systemach pozyskiwania energii • Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Wielofunkcyjne front-endy biomedyczne

tutoriale

Nieprzewidziane skutki błędów projektowych • Pozyskiwanie energii z fal elektromagnetycznych • BDMS – nowe możliwości techniczne • Budujemy mosty – czyli mostki pomiarowe w elektronice

kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Pozyskiwanie energii słonecznej z zestawem ewaluacyjnym EVK10330 firmy E-peas



RF HARVESTING – POZYSKIWANIE ENERGII Z FAL ELEKTROMAGNETYCZNYCH

TEMAT NUMERU

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

ISSN 1230-3526 Indeks 357677

9 771230 352214 12 >

eprasa.pl b682cee0b1



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

na start
do 6* wydań gratis

po 5 latach
nieprzerwanej
prenumeraty
do 12* wydań gratis

PREZENT
do każdej opłaconej prenumeraty

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

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

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

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

eprasa.pl b682cee0b1

Czy elektronicy będą potrzebni?

Kolejny rok dobiega końca. W tym czasie często spotykamy się z różnymi prognozami dotyczącymi nadchodzących dni, miesięcy i lat. Zgodnie z wieloma deklaracjami, branża elektroniczna wymęczona deficytem półprzewodników, ma powoli wychodzić z tego kryzysu. Kluczowi producenci tych komponentów, jak TSMC czy Intel, nie tylko odzyskują, ale zwiększają swoje możliwości produkcyjne. O suwerenności technologicznej Europy raczej możemy zapomnieć – pozostaniemy zależni od zewnętrznych dostawców. Europejskie fabryki Infineona i Boscha zaspokoją niewielką część zapotrzebowania naszego kontynentu. Największym problemem z inwestycjami w przemysł półprzewodnikowy jest duża nierównowaga między wyjątkowo wysokimi kosztami początkowymi – inwestycyjnymi, a stosunkowo skromną marżą w późniejszym czasie. W rezultacie produkcja chipów na rynki masowe ma sens tylko w krajach o niskich płacach.

Ostatnie miesiące przyczyniły się do zmian na rynku pracy. Zmienił się sposób, w jaki pracujemy oraz lista kompetencji i umiejętności poszukiwanych u pracowników. Uczestnicy Światowego Forum Ekonomicznego w Davos uznali krytyczne myślenie i kompleksowe rozwiązywanie problemów za najbardziej poszukiwane umiejętności na rynku pracy najbliższych lat. Na liście znalazły się też: kreatywność, aktywne uczenie się oraz umiejętność przekazywania wiedzy. Jako najbardziej cenione kompetencje wymieniono rozumienie zaawansowanych technologii cyfrowych, umiejętność posługiwania się nimi w codziennej pracy, umiejętność ich dostosowywania, rozwijana i programowania. Wynika to przede wszystkim z sukcesywnie postępującej automatyzacji, zarówno w zakładach produkcyjnych, jak i w zakresie narzędzi informatycznych. Człowiek nadal będzie potrzebny i niezastąpiony, ale pod warunkiem, że będzie miał pewne umiejętności i kompetencje, które pozwolą mu współpracować z maszynami i oprogramowaniem, a nie konkurować z nimi.

Szybki rozwój technologii oraz przewidywany dłuższy czas aktywności zawodowej oznacza, że czeka nas wiele zmian w całej karierze. Dlatego jedną z najbardziej pożądanych kompetencji będzie umiejętność szybkiego uczenia się (*learnability*) oraz otwartość na zmiany i umiejętność adaptacji. Funkcjonujący od dawna model, polegający na przechodzeniu przez kolejne etapy systemu edukacyjnego, a następnie praca w wyuczonym zawodzie przez całe życie, jest nieaktualny. Edukacja stała się stałym elementem naszej rzeczywistości i towarzyszy nam przez cały czas (*life-long learning*). Kompetencje eksperckie i ściśle chroniona przez specjalistów wiedza, która gwarantowała wysoką pozycję zawodową, przestaje być źródłem przewagi rynkowej. W nowej rzeczywistości dostęp do wiedzy jest powszechny, a źródłem przewagi na rynku pracy jest tempo, w jakim zdobywamy nowe umiejętności. Wtedy ważną rolę odgrywają nie tylko formalne instytucje kształcenia. Istotnym elementem jest komercyjny rynek edukacyjny oferujący szkolenia i kursy wraz z certyfikacją umiejętności, ale także różnego rodzaju platformy branżowe dostępne online dostarczające aktualnej wiedzy i zwiększające możliwości samorozwoju. Dlatego zachęcam do zapoznania się z niezwykle inspirującymi projektami i do lektury ogromnej porcji wiedzy, którą przygotowaliśmy dla Was w tym wydaniu EP. Natomiast na pytanie tytułowe każdy elektronik już zna odpowiedź.

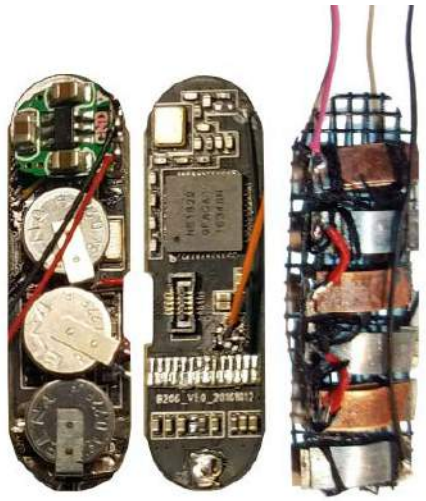
Przy okazji ostatniego w tym roku wydania, chciałbym podziękować wszystkim autorom artykułów publikowanych w EP. Każdy z nich jest elektronikiem zawodowo lub hobbystycznie, każdy specjalizuje się w którejś z dziedzin elektroniki, i każdy z nich chciał się podzielić swoją wiedzą i doświadczeniem. To dzięki temu EP jest tak różnorodna i zawsze aktualna. Natomiast wszystkim czytelnikom i im rodzinom chciałbym życzyć zdrowych świąt.

Damian Sosnowski

epasa.pl b682cee0b1

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 12 (347) • Grudzień 2021





60

Elektroniczna pigułka dojelitowa zasilana... kwasem żołądkowym
Użycie cytryn, ziemniaków lub słonej wody do wykonania prostej baterii jest dobrze znane. Kwas żołądkowy, czyli rozcieńczony kwas solny, może być używany dokładnie w ten sam sposób i ma znacznie większy potencjał! Można w ten sposób zasilić małe urządzenie elektroniczne. Ta ciekawa aplikacja ma istotny znaczenie w zakresie diagnostycznych urządzeń medycznych.



Świąteczna choinka zintegrowana z Amazon Alexa 69
Lampki choinkowe mogą być sterowane na wiele sposobów. Od zwykłych, mrugających lampek po skomplikowane sekwencje wielokolorowych światełek... tylko wyobraźnia ogranicza to, co można zrobić z bożonarodzeniowymi dekoracjami. Nowoczesna elektronika tylko to potęguje, ponieważ daje niemal nieskończone możliwości sterowania oświetleniem, jakie tradycyjnie wieszamy w grudniu na choince.

Nie przeocz
Nowe podzespoły 5
Dodaj do obserwowanych 10
Konkurs 23
Koktajl niusów 100

Projekty
CassetteRXTX – karta przekaźników sterowanych radiowo z pilota 17
Clock 24

Moduły w aplikacjach
Czujnik stężenia pyłów HM3301 54

Miniprojekty
Energooszczędny sygnalizator LED 28
Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero 29
Beztransformatorowy impulsowy zasilacz sieciowy 33

Projekty czytelników
Wzmacniacz lampowy Single Ended Bis 35

Temat numeru: RF Harvesting
Pozyskiwanie energii z fal elektromagnetycznych 38

Projekty soft
Elektroniczna pigułka dojelitowa zasilana... kwasem żołądkowym 60
Wieniec świąteczny automatycznie pozdrawiający gości 65
Świąteczna choinka zintegrowana z Amazon Alexa 69

Prezentacje
Oscyloskopy USB PicoScope – alternatywa czy konkurencja dla tradycyjnej aparatury? 48
BDMS – nowe możliwości techniczne 50
Przekaźniki półprzewodnikowe firmy Relpol 78
Przekaźniki półprzewodnikowe z barierą optyczną 80

Wybór konstruktora
Przekaźniki półprzewodnikowe – SSR 72

Notatnik konstruktora
Nieprzewidziane skutki błędów projektowych 82
Przetwornice w systemach pozyskiwania energii 89
Budujemy mosty – czyli mostki pomiarowe w elektronice (1) 92

Podzespoły
Raspberry Pi Zero 2W – najlepszy prezent na święta? 58

Poradnik implementacji
Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (10). Wielofunkcyjne front-endy biomedyczne (2) 94

Kursy
Systemy dla Internetu Rzeczy (55). Pozyskiwanie energii słonecznej z zestawem ewaluacyjnym EVK10330 firmy E-peas 103

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Hity następnego numeru 111

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

eprasa.pl b682cee0b1

Szczegóły na stronie 68

nowe podzespoły

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



Kondensatory elektrolityczne o dużym prądzie znamionowym i długiej żywotności

Do oferty firmy TDK wchodzą dwie nowe serie kondensatorów elektrolitycznych o dużym prądzie znamionowym i długim czasie bezawaryjnej pracy. Są to kondensatory z zaciskami śrubowymi o pojemności w zakresie od 820 do 15000 µF i napięciu znamionowym 400...500 V. Mogą pracować z prądem znamionowym większym o 25% od kondensatorów wcześniejszych serii. Wynosi on 56,1 A w temperaturze +85°C przy częstotliwości 100 Hz, a w standardowych warunkach pracy (+60°C) sięga 100 A.

Kondensatory serii B43706x i B43726x charakteryzują się średnim czasem bezawaryjnej pracy sięgającym 12 tys. godzin w temperaturze +85°C. Może on być dokładniej wyznaczony za pomocą narzędzia online AlCap, dostępnego pod adresem *www.tdk-electronics.tdk.com/en/alcap_tool*.

Zakres zastosowań kondensatorów B43706x i B43726x obejmuje przede wszystkim falowniki, zasilacze przemysłowe, zasilacze UPS oraz aplikacje z sektora energii odnawialnej.

www.tdk-electronics.tdk.com

Oscylatory przestrajalne mechanicznie z diodą Gunna do światłowodów WR-90, WR-42 i WR-28

Firma Pasternack wprowadza na rynek nową serię oscylatorów przestrajanych mechanicznie z diodami Gunna, produkowanych w wersjach do światłowodów rozmiaru WR-90, WR-42 i WR-28. Są to oscylatory mogące znaleźć zastosowanie w systemach wojny elektronicznej, łączach mikrofalowych oraz wojskowych i komercyjnych systemach komunikacyjnych, pokrywające zakresy częstotliwości X, K i Ka.

Wszystkie warianty są dopasowane do linii 50 Ω. Zawierają śrubę do mechanicznego dostrajania częstotliwości wyjściowej. Mogą pracować z mocą wyjściową do +18,5 dBm. Zastosowane w nich diody Gunna z fosforku indu charakteryzują się większą mocą znamionową,



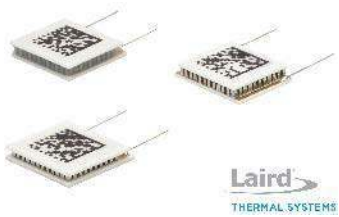
Podstawowe parametry 4 modeli ocylatorów

	PEWGN1010	PEWGN1011	PEWGN1012	PEWGN1013
Rozmiar	WR28	WR28	WR42	WR90
Częstotliwość środkowa	35 GHz	35 GHz	24,125 GHz	9,375 GHz
Zakres strojenia	±3 GHz	±3 GHz	±1 GHz	±0,25 GHz
Moc wyjściowa	15 dBm	15 dBm	12,5 dBm	18,5 dBm
Szumy fazowe @ 100 kHz	–95 dBc/Hz	–95 dBc/Hz	–98 dBc/Hz	–105 dBc/Hz
Harmoniczne	–20 dBc	–20 dBc	–20 dBc	–20 dBc
Stabilność częstotliwości	–0,4 MHz/°C	–0,4 MHz/°C	–0,8 MHz/°C	–0,1 MHz/°C
Stabilność mocy	–0,03 dB/°C	–0,03 dB/°C	–0,02 dB/°C	–0,01 dB/°C
Zasilanie	4,5 V/250 mA	4,5 V/250 mA	5 V/350 mA	8,5 V/200 mA

mniejszymi szumami i mniejszymi stratami od diod GaAs. Oscylatory serii PEWGN101x spełniają wymogi normy MIL-STD-202 w zakresie odporności na udary, wibracje, wilgoć i wysokość n.p.m. Są przystosowane do pracy w przemysłowym zakresie temperatury.

www.pasternack.com

Termoelektryczne układy chłodzące do optoelektroniki

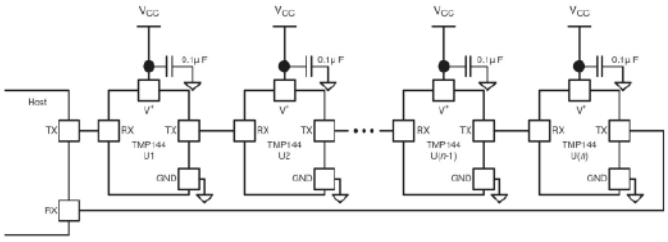


Firma Laird Thermal Systems dodaje do oferty nową serię termoelektrycznych układów chłodzących OptoTEC OTX/HTX o bardzo małych rozmiarach, zaprojektowanych do współpracy z komponentami optoelektronicznymi, np. diodami laserowymi i transceiverami. Dzięki zastosowaniu materiałów termoelektrycznych nowej generacji, zapewniają one większą o 10% moc chłodzenia (do 10 W), większą różnicę temperatury (ΔTmaks. do 82°C przy temperaturze strony gorącej 50°C)

eprasa.pl b682cee0b1

i większą sprawność energetyczną od wcześniejszych odpowiedników. Uzyskały kwalifikację Telcordia GR-468 CORE w zakresie odporności na narażenia środowiskowe. Występują w dwóch wersjach: OTX i HTX, przeznaczonych do pracy w maksymalnej temperaturze otoczenia odpowiednio 120°C i 150°C. Są produkowane w obudowach o wymiarach od 4,9×3,3×2,6 mm do 13,2×13,2×2,2 mm.

www.lairdthermal.com

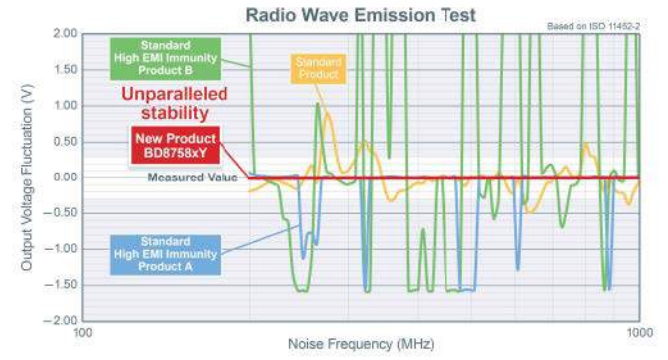


Czujnik temperatury o rozdzielczości 0,0625°C z interfejsem SMAART Wire/UART

TMP144 to miniaturowy czujnik temperatury, zaprojektowany do zastosowań w urządzeniach wymagających monitorowania temperatury w wielu strefach. Zawiera interfejs cyfrowy SMAART Wire / UART, umożliwiający podłączanie do 16 układów do wspólnej szyny komunikacyjnej oraz obsługuje komendy MDA (*Multiple Device Access*), pozwalające na wysyłanie poleceń do wielu układów równocześnie.

TMP144 został zaprojektowany do aplikacji o dużej gęstości upakowania podzespołów. Jest zamykany w 4-wyprowadzeniowej obudowie DSBGA o powierzchni 0,96×0,76 mm. Zapewnia 12-bitową rozdzielczość (0,0625°C). Dokładność pomiaru wynosi ±2°C w całym zakresie temperatury pracy od –40 do +125°C oraz ±1°C w podzakresie od –10 do +100°C. Układ pracuje z napięciem zasilania od 1,4 do 3,6 V. Pobiera 3 µA prądu w stanie aktywnym przy częstotliwości próbkowania 0,25 Hz oraz 0,6 µA w trybie shutdown.

www.ti.com



Szybkie wzmacniacze operacyjne CMOS o dużej odporności na zaburzenia EMI

Wzmacniacze operacyjne nowej serii BD8758xY firmy Rohm wyróżniają się dużą odpornością na zaburzenia elektromagnetyczne, pozwalającą na zastosowania w elektronice przemysłowej i samochodowej. Są to szybkie wzmacniacze CMOS z wejściem i wyjściem Rail-to-Rail. W testach emisji fal radiowych ISO 11452-2, przeprowadzanych przez producentów pojazdów, wykazują znacznie mniejsze fluktuacje napięcia wyjściowego od wzmacniaczy standardowych (±10 mV vs. ±300 mV), dzięki czemu nie wymagają dodatkowych elementów filtrujących.

Obecnie do oferty wchodzą dwa nowe wzmacniacze: jednokanałowy BD87581YG-C i dwukanałowy BD87582YFVM-C. Oba mogą pracować w zakresie napięcia zasilania od 4 do 14 V. Charakteryzują się prądem polaryzacji równym 1 pA i współczynnikiem slew-rate 3,5 V/µs. Akceptują napięcie wejściowe z całego zakresu od VSS do VDD, natomiast zakres zmienności napięcia wyjściowego rozciąga się od VSS+0,03 V do VDD-0,05 V.

www.rohm.com



Zegar atomowy o wymiarach 40,6×35,3×11,4 mm i zakresie temperatury pracy –40...80°C

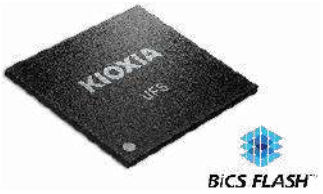
Najnowszy zegar atomowy firmy Microchip, SA65 został zaprojektowany do zastosowań w elektronice wojskowej i przemysłowej. Może pracować w szerszym zakresie temperatury od wcześniejszej wersji, charakteryzuje się krótszym czasem nagrzewania i zapewnia lepszą stabilność częstotliwości w ekstremalnych warunkach środowiskowych.

Model SA65 jest produkowany w obudowie o wymiarach 40,6×35,3×11,4 mm. Zawiera wyjścia CMOS 10 MHz i 1 PPS, wejście 1 PPS do synchronizacji oraz interfejs RS232 do monitorowania i sterowania. Jego stabilność krótkoterminowa (dewiacja Allana) wynosi $3{,}0\times10^{-10}$ @ T =1 s, niestałość długoterminowa $<9\times10^{-10}$/miesiąc, a maksymalna odchyłka częstotliwości to $\pm3\times10^{-10}$ w całym zakresie dopuszczalnej temperatury pracy od –40°C do +80°C. Czas nagrzewania, wynoszący 2 minuty w temperaturze –40°C, jest krótszy o 1/3 niż we wcześniejszym modelu SA.45s. Dodatkową zaletą SA65 jest mały pobór mocy, nieprzekraczający 120 mW.

Typowe zastosowania tego modułu obejmują autonomiczne sieci czujników, pojazdy bezzałogowe, systemy czujników pracujących pod wodą oraz wszelkiego typu systemy komunikacyjne wymagające stabilnego wzorca częstotliwości.

www.microchip.com

Pamięci UFS Ver. 3.1 o pojemności 256 i 512 GB do urządzeń mobilnych



KIOXIA America wprowadza na rynek najnowszą generację pamięci UFS (*Universal Flash Storage*) Ver. 3.1 do urządzeń mobilnych, produkowanych w procesie BiCS FLASH 3D. Są one dostępne w wersjach o pojemności 256 i 512 GB. Zapewniają większą o 30% szybkość odczytu oraz o 40% szybkość zapisu w trybie random od poprzedników. Są też produkowane w cieńszych obudowach o grubości odpowiednio 0,8 mm i 1,0 mm, pozwalających na montaż w nowej generacji smartfonach i innych urządzeniach o dużej gęstości upakowania podzespołów. Funkcja HPB v2.0 (*Host Performance Booster*) przyspiesza operacje w trybie random, dzięki wykorzystaniu pamięci hosta jako pamięci podręcznej dla tablicy mapowania FTL (*Flash Translation Layer*). Dzięki HPB, dane FTL mogą być odczytywane z pamięci hosta szybciej niż z pamięci Flash NAND.

www.kioxia.com

Piezorezystywne czujniki ciśnienia do montażu na płytkach drukowanych



Piezorezystywne, krzemowe czujniki ciśnienia gazu nowej serii ABP2 firmy Honeywell pokrywają zakresy pomiarowe 4...12 b, 0,4...1,2 MPa i 60...175 psi. Są to małogabarytowe czujniki z 24-bitowym wyjściem cyfrowym I²C/SPI,

eprasa.pl b682cee0b1

przystosowane do montażu na płytkach drukowanych. Dzięki zastosowaniu do ich produkcji wyłącznie materiałów dopuszczonych do kontaktu z żywnością, zgodnych z wymogami norm NSF-169, LFGB i BPA, mogą być stosowane również w przemyśle spożywczym. Seria ABP2 obejmuje czujniki o różnych zakresach i jednostkach pomiarowych, rodzajach wyjścia oraz o różnych zakresach dopuszczalnej temperatury pracy i różnych zakresach kompensacji temperatury. Zapewniają one mały całkowity błąd pomiaru (TEB), wynoszący od ±1,5% FS, bardzo dobrą stabilność długoterminową (±0,25% FS) i szeroki zakres dopuszczalnej temperatury pracy od –40 do +110°C. Występują też w wersjach do pomiaru ciśnienia cieczy. Ich zakres zastosowań obejmuje aparaturę medyczną, transport, przemysł i urządzenia AGD.

www.honeywell.com



Nowy magnetyczny czujnik położenia do systemów ADAS nowej generacji

Allegro MicroSystems wprowadza na rynek nowy magnetyczny czujnik położenia do nowej generacji samochodowych systemów wspomagania kierowcy. Model A31315 stanowi rozszerzenie rodziny czujników 3DMAG, realizujących bezkontaktowy pomiar natężenia pola magnetycznego w trzech osiach przy wykorzystaniu efektu Halla. Uzyskał kwalifikację AEC-Q100 Grade 0 oraz spełnia wymogi normy ASIL-B/ASIL-D, zgodnie z ISO 26262, co pozwala na zastosowania w systemach o krytycznym znaczeniu dla bezpieczeństwa, m.in. układzie kierowniczym, hamulcowym, skrzyni biegów i czujniku położenia pedału gazu.

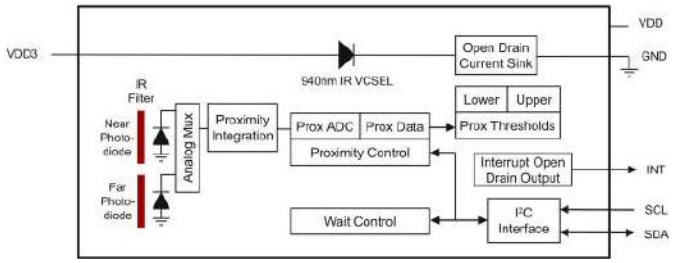
Czujnik A31315 zawiera układ kondycjonowania sygnału, konfigurowalny blok cyfrowego przetwarzania sygnału i zestaw obwodów diagnostycznych. Może mierzyć zarówno przesunięcie liniowe, jak i kąt obrotu zewnętrznego obiektu magnetycznego w pełnym zakresie 360°. Charakteryzuje się szerokim zakresem dynamicznym, małym poborem mocy i małym współczynnikiem temperaturowym, poniżej 1,2° w całym zakresie temperatury pracy od –40 do +150°C. Może się komunikować przez interfejs analogowy, PWM lub SENT (SAE J2716).

A31315 jest dostępny w wersji single die (ASIL-B), zamykanej w obudowie SOIC-8 oraz dual die (ASIL-D), zamykanej w obudowie TSSOP-14. W odróżnieniu od innych podobnych układów dual die, w których obie struktury półprzewodnikowe są usytuowane obok siebie, charakteryzuje się pionową konstrukcją powodującą, że mierzą one prawie identyczne pola magnetyczne. Zapewnia to bardzo dobre dopasowanie kanałów czujnika A31315 w wersji dual die oraz precyzyjne progi porównania kanałów, typowe dla redundantnych systemów bezpieczeństwa.

www.allegromicro.com

Najmniejszy na rynku optyczny czujnik zbliżeniowy IR o wymiarach 2,0×1,0×0,35 mm

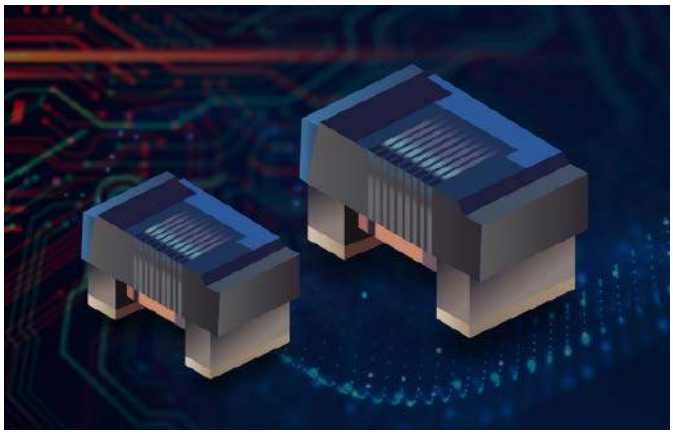
TMD2636 to najmniejszy na rynku optyczny czujnik zbliżeniowy, zamykany w obudowie o wymiarach 2,0×1,0×0,35 mm, mniejszej o 30% pod względem powierzchni montażowej od wcześniejszej wersji. Został on zaprojektowany do zastosowań m.in. w słuchawkach



dousznych TWS (*True Wireless Stereo*), gdzie pozwala na realizację nowych funkcji, np. automatycznego włączania/wyłączania zasilania po włożeniu/wyjęciu słuchawek.

TMD2636 zawiera laser VCSEL pracujący na długości fali 940 nm, fotodiody wykrywające promieniowanie IR i obwody sterujące. Pracuje z podwójnym napięciem zasilania: 1,8 V dla sensora i 3,3 V dla emitera, pobierając 70 µA prądu w stanie aktywnym i 0,7 µA w trybie uśpienia. Zapewnia dużą odporność na światło z zakresu widzialnego. Zawiera interfejs I²C, ułatwiający projektowanie aplikacji wymagających współpracy wielu czujników podłączonych do wspólnej szyny. Jest zabezpieczony przed wyładowaniami ESD do ±2000 V HBM. Może pracować w zakresie temperatury otoczenia od –30 do +85°C.

www.ams.com



Chipowe cewki drutowe o dużej dobroci i dużej częstotliwości SRF

Oferta cewek chipowych firmy Bourns powiększyła się w ostatnim czasie o dwie nowe serie: CWF1610 i CWF2414. Są to cewki drutowe z rdzeniem ferrytowym, wyróżniające się małą rezystancją, dużą dobrocią (13...16) i dużą częstotliwością rezonansu własnego. Mogą być stosowane zarówno w obwodach w.cz., jak i w filtrach na liniach zasilających. Nadają się do pracy w temperaturze otoczenia od –40 do +125°C. Dzięki dużej dobroci, wykazują dużą impedancję przy

REKLAMA

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



eprasa.pl b682cee0b1

rezonansie w filtrach LC oraz małe straty w obwodach w.cz. Z kolei duża częstotliwość rezonansu własnego przekłada się na małą pojemność rozproszoną i utrzymanie indukcyjności znamionowej w szerokim zakresie częstotliwości.

Cewki serii CWF1610 są zamykane w obudowach rozmiaru SMD0603. Ich oferta obejmuje 9 wersji o standardowych indukcyjnościach z zakresu od 1,0 do 22 µH i częstotliwości SRF sięgającej 390 MHz. Zakres rezystancji wynosi od 0,32 do 3,6 Ω, a zakres prądu znamionowego 200...700 mA. Cewki serii CWF2414 występują w 7 wersjach o tym samym zakresie indukcyjności. Są zamykane w obudowach rozmiaru SMD0805. Charakteryzują się częstotliwością rezonansu własnego do 208 MHz, rezystancją DC od 0,13 do 1,76 Ω oraz prądem znamionowym 340...1300 mA.

www.bourns.com



Inteligentny kontroler OLED z interfejsem MeLiBu do elektroniki samochodowej

MLX81130 to programowalny, 25-kanałowy sterownik do samochodowych systemów oświetlenia wewnętrznego i zewnętrznego, zarówno punktowych (LED), jak i obszarowych (OLED). Obsługuje interfejs MeLiBu (*Melexis Light Bus*), ułatwiający projektowanie statycznych i dynamicznych systemów oświetleniowych o konfiguracji single-master, multiple-slave. Jest polecany zwłaszcza do sterowania samochodowych lamp RCL (*Rear Combination Lamp*) i małych wyświetlaczy OLED.

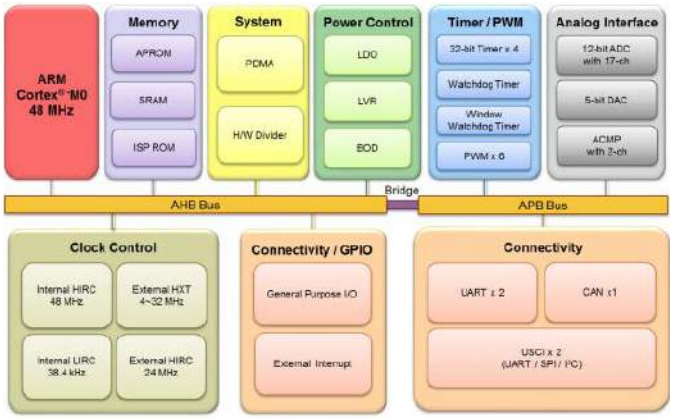
Systemy oświetleniowe z elementami LED i OLED zazwyczaj wymagają zastosowania dwóch rodzajów kontrolerów i dwóch oddzielnych podsystemów, które nie dają się łatwo zintegrować. MLX81130 eliminuje ten problem dzięki niezależnie programowanym wyjściom, mogącym sterować typami dwoma rodzajami elementów. Układ może sterować 25 niezależnymi diod LED lub 8 diodami LED RGB, jednocześnie obsługując rozszerzony zakres napięć progowych, wymagany przez OLED. Został zaprojektowany do obsługi konfiguracji z wieloma układami slave, co oznacza, że całkowita liczba elementów LED/OLED, którymi może sterować pojedynczy master, jest niemal nieograniczona.

Prądy poszczególnych kanałów są kontrolowane przez wewnętrzny 16-bitowy mikrokontroler MLX16 FX z 32-bitowym koprocesorem matematycznym. Układ zawiera również dwa timery watchdog z niezależnymi zegarami i 10-bitowy przetwornik A/C. Natężenie prądu wyjściowego może być kontrolowane sygnałem PWM w krokach co 1 mA w podzakresie 0...15 mA oraz co 2 mA w zakresie do 30 mA w zależności od wymogów aplikacji. W celu uzyskania większej wydajności prądowej można zmostkować kilka wyjść układu. MLX81130 jest zamykany w obudowie QFN o powierzchni 5×5 mm.

www.melexis.com

Mikrokontrolery do elektroniki przemysłowej i motoryzacyjnej o temperaturze pracy do +125°C

Nuvoton Technology wprowadza na rynek nową serię mikrokontrolerów NuMicro M0A21/M0A23 do zastosowań przemysłowych i motoryzacyjnych, mogących pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia do +125°C. Są to mikrokontrolery 32-bitowe z rdzeniem



ARM Cortex-M0 taktowanym zegarem do 48 MHz, wyposażone w obszerny zestaw funkcji analogowych i cyfrowych. Mogą być zasilane napięciem od 2,4 do 5,5 V. Linie I/O mogą być przypisane do realizacji różnych funkcji cyfrowych, np. mogą pełnić rolę interfejsów CAN 2.0 A/B, UART, I²C, SPI, LIN i PWM lub timerów. Zestaw bloków analogowych obejmuje 12-bitowy przetwornik A/C o maksymalnie 17 kanałach, 2 komparatory, 5-bitowy przetwornik C/A i czujnik temperatury.

Mikrokontrolery NuMicro M0A21/M0A23 są produkowane w obudowach SSOP-20 i TSSOP-28 z odpowiednio 18 i 26 liniami GPIO. Mogą znaleźć zastosowanie m.in. w samochodowych systemach zarządzania zasilaniem i oświetleniowych oraz radarach antykolizyjnych. Zawierają 32 kB pamięci Flash i do 4 kB pamięci SRAM. Obsługują tryby programowania ISP (*In-System-Programing* i IAP (*In-Application-Programing*). Zawierają do 5 niezależnie konfigurowanych kanałów DMA do transmisji danych między wewnętrznymi pamięciami i blokami peryferyjnymi. Każdy chip jest oznakowany unikalnym 96-bitowym numerem identyfikacyjnym do realizacji funkcji zabezpieczeń.

Ważniejsze cechy:

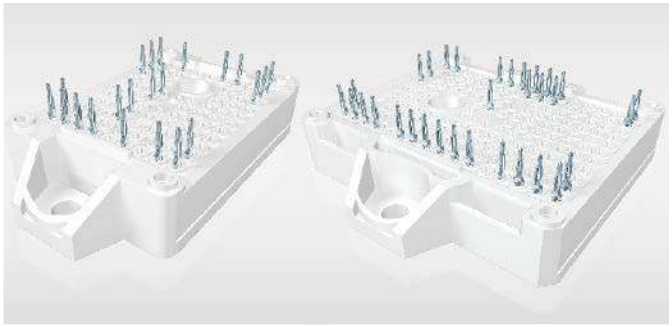
- rdzeń ARM Cortex-M0 48 MHz z 32-bitowym dzielnikiem sprzętowym pracującym w pojedynczym takcie zegara,
- 32 kB pamięci Flash programu i 2 lub 4 kB pamięci SRAM,
- do 5 kanałów PDMA (Peripheral DMA) do automatycznego transferu danych między pamięcią i blokami peryferyjnymi,
- jednostka CRC (CRC-CCITT, CRC-8, CRC-16, CRC-32),
- wewnętrzne oscylatory 48 MHz i 38,4 MHz z kalibracją,
- zestaw timerów (4×32-bitowy, 6-kanałowy 16-bitowy timer PWM 48 MHz, 24-bitowy timer SysTick, watchdog timer, window watchdog timer),
- zestaw peryferiów analogowych (17-kanałowy 12-bitowy przetwornik A/C 500 kSPS, 2 komparatory analogowe, 5-bitowy przetwornik C/A, czujnik temperatury),
- 2 zestawy interfejsowe UART (tryb One-Wire, IrDA, RS-485 i LIN),
- 2 zestawy interfejsowe USCI (UART, SPI, I²C),
- do 26 linii GPIO.

www.nuvoton.com

Moduły o dużej gęstości mocy SEMITOP E1/E2 z 1200-woltowymi tranzystorami SiC MOSFET

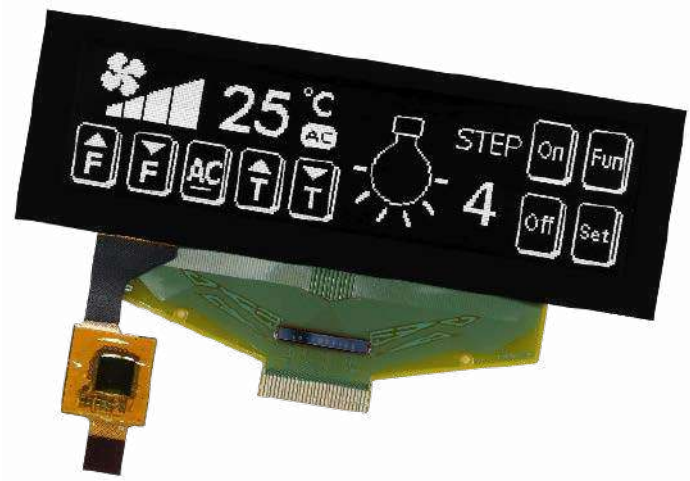
Moduły mocy najnowszej serii SEMITOP E1/E2 firmy Semikron, produkowane na bazie półprzewodników SiC, charakteryzują się bardzo dużą gęstością mocy i małą indukcyjnością komutacyjną, wynoszącą już od 4 nH. Zostały opracowane jako rozszerzenie linii SEMITOP 1–4, mogące dzięki jeszcze większej gęstości mocy znaleźć zastosowanie w aplikacjach do 200 kW. Występują w wersjach o standardowym przemysłowym rozkładzie wyprowadzeń z podwójnym wyprowadzeniem źródła i zintegrowanym czujnikiem temperatury. W porównaniu z wcześniejszymi wersjami zapewniają mniejszą o 20% rezystancję termiczną, pozwalającą obniżyć temperaturę pracy i ułatwić projektowanie układu chłodzenia.

eprasa.pl b682cee0b1



Moduły serii SEMITOP E1/E2 bazują na 1200-woltowych tranzystorach SiC MOSFET i są produkowane na zakres prądów znamionowych od 40 do 250 A. Oferta obejmuje m.in. wersje o topologii mostkowej (H-Bridge), półmostkowej (Half-bridge), 3-fazowego falownika (Sixpack) i TNPC. Zakres zastosowań obejmuje zasilacze UPS, instalacje fotowoltaiczne, systemy gromadzenia energii, układy napędowe oraz ładowarki samochodowe.

www.semikron.com



Wyświetlacze OLED ze zintegrowanym dotykiem pojemnościowym

Do oferty dystrybutora wyświetlaczy – firmy Unisystem, trafiły wyświetlacze OLED zintegrowane z pojemnościowymi panelami dotykowymi (PCT/P-CAP). Są to modele serii WEN025664B, WEX025664B oraz serii WEP012864Q – w sumie sześć modeli z ekranami PCT dostępne z aktywnym kolorem białym: WEP012864QWPP3D00000, WEX025664BWPP3D00000, WEN025664BWPP3D00000) lub żółtym: (WEP012864QLPP3D00000, WEX025664BLPP3D00000, WEN025664BLPP3D00000).

Wyświetlacze OLED (*Organic Light Emitting Diodes* – organiczne diody elektroluminescencyjne) cechują się wyjątkowo wysokim współczynnikiem kontrastu. Może być on znacznie większy niż w przypadku bardziej klasycznych rozwiązań LCD dzięki możliwości wyłączenia każdego piksela z osobna. Dzięki temu możliwe jest pokazanie pełnej, głębokiej czerni – piksel jest prawdziwie czarny tylko wtedy, gdy jest pozbawiony zasilania. W rezultacie różnica między najjaśniejszymi i najciemniejszymi punktami wyświetlanego obrazu może być technicznie nieskończona. Każdy z opisywanych modułów od Winstara posiada współczynnik kontrastu 10 000:1.

Ponieważ piksele OLED emitują światło samodzielnie – każdy jest jego niezależnym źródłem, rozwiązania wykorzystujące tę technologię nie wymagają podświetlenia. Skutecznie redukuje to grubość i wagę całego modułu. Technologia pojemnościowego dotyku zastosowana w rozwiązaniach od Winstara gwarantuje również wyższą czułość urządzeń oraz obsługę multi-touch. Dzięki temu świetnie

Parametry omawianych wyświetlaczy

Seria	WEX025664B	WEN025664B	WEP012864Q
Rozmiar	3,12”	3,12”	2,7”
Rozdzielczość	256×64	256×64	128×64
Obszar aktywny	76,778(H)× 19,178(V) mm	76,78(H)× 19,18(V) mm	61,41(H)× 30,69(V) mm
Jasność	110 cd/m²	150 cd/m²	90 cd/m²
Kontrast	10000:1	10000:1	10000:1
Kąty obserwacji [stopnie]	160/160	160/160	160/160
Kontroler	SSD1322	SSD1322	SSD1309
Interfejs	równoległy 8-bit, SPI	równoległy 8-bit, SPI	równoległy 4-bit, równoległy 8-bit, I²C, SPI
Wymiary zewnętrzne	89,2(H)×29,0(V)× 3,17(D) mm	89,2(H)×44,0(V)× 7,98(D) mm	82,0(H)×47,5(V)× 8,65(D) mm
Zakres temperatur pracy	–20...70°C	–20...70°C	–20...70°C
Żywotność	50 000 godz.	50 000 godz.	20 000 godz.
Dostępne wersje kolorystyczne	biały/żółty	biały/żółty	biały/żółty

sprawdzą się w systemach sterowania używanych w energetyce, komunikacji lub przemyśle.

Wyświetlacze jak te z serii WEX025664B, WEN025664B i WEP012864Q z technologią dotyku pojemnościowego, mogą pracować w zakresie temperatur od –20°C do 70°C. Dzięki temu sprawdzą się w trudniejszych warunkach, zarówno w aplikacjach indoorowych, jak i outdoorowych. Od wysokiej klasy sprzętu AGD, przez parkometry, kasy samoobsługowe, czy automaty biletowe, po zaawansowane urządzenia typu smart i sprzęt medyczny. Wyświetlacze OLED z ekranami PCT od Winstara to jedne z najbardziej wszechstronnych rozwiązań w ofercie Unisytem.

www.unisystem.pl

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

RACK i Eurocarta 19” Wyposażenie szaf 19”
www.obudowa.pl
Producent obudów dla elektroniki tel. 032-230-2301

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

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

renex.pl
KOMPLEKSOWE WSPARCIE PRZEMYSŁU ELEKTRONICZNEGO

eprasa.pl b682cee0b1

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.



W pełni analogowy, kieszonkowy mikrosyntezator dźwięku

Syntezatory analogowe to jeden z najlepszych sposobów na naukę i eksperymentowanie z muzyką elektroniczną, samą elektroniką i teorią sygnałów. Niestety na ogół urządzenia tego rodzaju są drogie. To skłoniło autora zaprezentowanego projektu do samodzielnego wykonania urządzenia. „Chcę, żeby więcej ludzi dostało w swoje ręce syntezatory, zarówno dla zabawy, jak i edukacji. Więc stworzyłem MicroSynth. To tani, super prosty syntezator dla każdego. Jest również bardzo mały i może zmieścić się na płytce drukowanej wielkości wizytówki" – pisze konstruktor, David Levi na portalu Hackaday.io.

Syntezator zawiera panele dotykowe zamiast mechanicznych przycisków i sprytną konstrukcję wykorzystującą wzmacniacze operacyjne zamiast timera 555 lub tranzystorów BJT, aby uzyskać wykładniczy wzrost częstotliwości potrzebny do tworzenia nut. Najważniejsze właściwości techniczne to: brak przycisków, brak układów cyfrowych, brak timera 555, brak konieczności parowania tranzystorów. Projekt wykonany jest na dwuwarstwowej płytce PCB, ale wszystkie ścieżki znajdują się na górnej warstwie. Dolna warstwa to w pełni wylewka masy. Na syntezator składają się tylko cztery wzmacniacze operacyjne, kilka tranzystorów NMOS, sterownik głośnika i elementy pasywne. Zamiast przycisków mechanicznych każdy klawisz jest rezystancyjnym sensorem dotykowym. Naciśnięcie klawisza palcem umożliwia przepływ niewielkiej ilości prądu przez pole dotykowe. Ten prąd wystarczy, aby włączyć tranzystor. Działa to podobnie jak przycisk membranowy, ale to naciskający palec jest membraną z przewodzącym elementem.

Nuty zwiększają swoją częstotliwość wykładniczo. Każda oktawa to podwojenie częstotliwości. Ale klawiatura zwiększa opór liniowo dla każdego naciśniętego klawisza, a oscylator VCO generuje częstotliwość, która jest liniowo proporcjonalna do napięcia wejściowego. Łatwo jest zaprojektować system elektroniczny, który wygeneruje 10 Hz, potem 20 Hz, potem 30 Hz, a potem 40 Hz. Dużo trudniej jest zaprojektować system o krokach częstotliwości 10, 20, 40, 80 Hz. Większość syntezatorów wykorzystuje wykładnicze wzmocnienie tranzystorów BJT do zamiany napięcia liniowego w napięcie wykładnicze. Wymaga to jednak dopasowanych rezystorów, kompensacji termicznej i strojenia obwodu. Jest wiele rzeczy, które trzeba wziąć pod uwagę, w przeciwnym razie nuty zabrzmią zbyt blisko lub zbyt daleko od siebie.

Inne tanie syntezatory używają timerów 555 i polegają na wykładniczym rozładowaniu rezystora i kondensatora, aby uzyskać wykładniczo zmieniającą się częstotliwość wyjściową. Ale układy te kosztują znacznie więcej niż wzmacniacz operacyjny i trudno znaleźć takie, które działają przy bardzo niskim napięciu zasilania. Autor zalazł jednak sposób, aby przy zastosowaniu dwóch wzmacniaczy operacyjnych i kilku rezystorów liniowy wzrost rezystancji klawiatury zamieniał się w napięcie niemal wykładnicze, którym można sterować oscylatorem. Technicznie – odpowiedź jest wielomianowa, a nie wykładnicza, ale wielomian mieści się z dokładnością ułamka procenta w prawdziwej krzywej wykładniczej w wykorzystywanym zakresie napięć.

https://bit.ly/3qK7yet



Konkurs na projekty związane z robotami

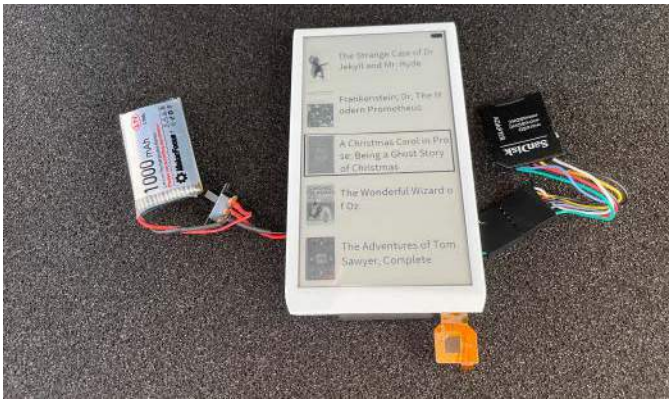
Portal Instructables często organizuje konkursy z bardzo ogólnymi hasłami. Podobnie jest teraz, gdy zorganizowano na nim konkurs dotyczący robotów. Jego regulamin nie specyfikuje, co dokładnie ma być przedmiotem projektu. Do udziału w konkursie zgłosić można dowolny projekt, mający coś wspólnego z robotyką, nieważne, czy jest to złożony robot do realizowania skomplikowanego zadania czy też prosta zabawka. Jeśli do stworzenia rzeczywistego, fizycznego robota, użyty zostanie Tinkercad lub Fusion 360, projekt ma szansę na jedną z dwóch dodatkowych nagród, które przeznaczone są dla projektów, korzystających z tych pakietów CAD/CAM.

Do wygrania jest jedna z 21 nagród. Główna nagroda to bon podarunkowy Tango Card o wartości 500 dolarów. Bon ten można realizować w ogromnej ilości firm czy stron internetowych – od Amazona, Allegro po Ubera i Zalando. Dalsze nagrody to trzy nagrody po 250 dolarów, pięć po 150, 10 po 50 dolarów oraz dwie nagrody specjalne – dla projektów, które zostały zaprojektowane z użyciem, odpowiednio, Tinkercada oraz Fusion 360.

Konkurs trwa do 15 listopada, więc w momencie opublikowania tego numeru powinny już być dostępne jego wyniki. Na moment pisania artykułu, do konkursu zgłoszono już 43 projekty.

https://bit.ly/3kGwPlJ

eprasa.pl b682cee0b1



Czytnik plików ePUB DIY

Autor konstrukcji, Chris Greening, pisze na portalu Hackaday.io tak: „Od jakiegoś czasu pracuję nad tym projektem. Jest to czytnik plików ePUB zbudowany na ESP32. Wydaje się działać z szerokim zakresem plików w formacie ePUB, które pobrałem z strony Projektu Gutenberg. Czytnik wspiera pliki PNG i JPG w treści". Czytnik ma ograniczone wsparcie dla formatowania – zawartość CSS pliku ePub nie jest parsowana, więc do formatowania tekstu używane są tylko standardowe tagi HTML, takie jak <h1>,<h2> itd. oraz <b> i <i>. Do wykorzystania są 4 style czcionek – zwykła, pogrubiona, kursywa i pogrubiona kursywa. Autor wygenerował glify tylko dla znaków łacińskich i interpunkcji.

„Wydawało się to niezłym wyzwaniem – pliki ePub nie są najbardziej przyjaznym formatem do przetwarzania na wbudowanym urządzeniu. Sprawienie, by działały w ograniczonym środowisku, to dobra zabawa" podsumowuje swoją motywację do budowy tego projektu Greening. Zachęca wszystkich do podjęcia próby zrealizowania tego urządzenia, szczególnie przy zastosowaniu dowolnych modułów z wyświetlaczami typu e-paper. „A jeśli znajdziesz błędy, możesz je zgłosić (lub jeszcze lepiej, naprawić!)" podsumowuje autor.

Aby sięgnąć po projekt, wystarczy sklonować kod z repozytorium na GithHubie. Repozytorium należy sklonować rekurencyjnie, aby pobrać wszystkie zastosowane moduły. Kod testowany był na płytce LilyGo EPD47, ale powinien działać na każdym module z wyświetlaczem e-Ink, pod warunkiem, że ma on:

- sporą ilość pamięci PSRAM – parsowanie plików ePub wymaga sporej ilości;
- trzy przyciski mogą być aktywne na wysokim lub niskim poziomie:
  - W GÓRĘ – porusza się w górę na liście ePubów lub na poprzednią stronę podczas czytania;
  - W DÓŁ – porusza się w dół na liście ePubów lub na następną stronę podczas czytania;
  - WYBIERZ – otwiera aktualnie wybrany plik ePub lub wraca do listy ePub z trybu czytania;
- Interfejs karty SD – do przechowywania plików ePub.

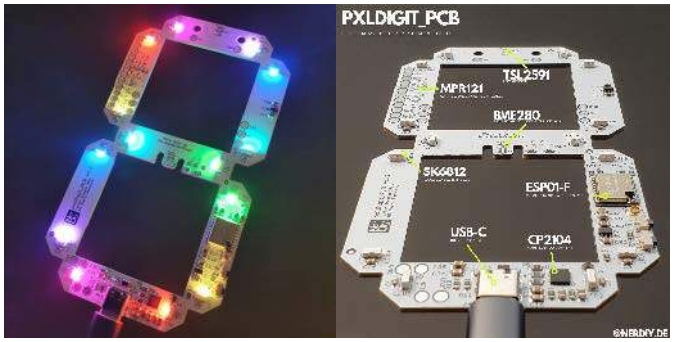
Cała konfiguracja znajduje się w szkicu Arduino i zdefiniowana jest przy użyciu dyrektyw preprocesora. Można łatwo zmienić ją, aby dopasować do swojej płytki. Można nawet otworzyć *pull request*, aby dodać ją do projektu w repozytorium.

Pliki ePub są dosyć trudne do parsowania. Pomimo rozszerzenia, w rzeczywistości są to archiwa zip zawierające wiele plików. Do odczytania pliku wykorzystywana jest zewnętrzna biblioteka, zmodyfikowana do współpracy z ESP32 z PSRAM. Najciekawszym plikiem w archiwum ePub jest plik *OEBPS/content.opf*. Ten plik zawiera listę plików w archiwum ePub. Plik *OEBPS/content.opf* jest prostym plikiem XML, co oznacza, że system potrzebuje parsera XML, aby go przeanalizować. Aby wykonać ciężkie zadanie parsowania XML, wykorzystano bibliotekę TinyXML2. Ta biblioteka jest bardzo małym i prostym parserem XML. *Content.opf* zawiera trzy sekcje, metadane, manifest i grzbiet. Sekcja metadanych zawiera tytuł książki, autora i zdjęcie okładki. Sekcja manifestu zawiera listę plików w archiwum ePub. Sekcja grzbietu informuje, w jakiej kolejności wczytywać pliki. Każda logiczna sekcja książki (zazwyczaj rozdziały) to jeden plik XHTML w archiwum zip. Je też można parsować za pomocą biblioteki TinyXML2.

Renderowanie każdej strony jest banalne – znana jest pozycja każdego z bloków na ekranie. Obrazy są po prostu rysowane we właściwej pozycji i wyśrodkowane na ekranie. Tekst jest rysowany słowo po słowie, a efektem ubocznym wcześniejszego justowania tekstu i łamania linii jest to, że znane są już pozycje każdego słowa w linii.

Co zaskakujące, system działa całkiem nieźle, jak zauważa sam autor. Istnieje jeszcze sporo problemów – program nie próbuje łamać stron w odpowiednich miejscach, nie wczytuje plików CSS itp. W zależności od obrazów użytych do okładek książek wyświetlanie listy plików ePub na karcie SD może zająć kilka sekcji, a poruszanie się po stronach plików ePub może być nieco powolne. Renderowanie rzeczywistych stron jest całkiem szybkie, nawet, jeśli mają na nich obrazy. Jest jeszcze wiele do zrobienia, ale w obecnej formie układ jest w pełni funkcjonalny, jako czytnik ePub.

https://bit.ly/30pEGwC



pxlDigit_PCB – skalowalny, modułowy wyświetlacz siedmiosegmentowy w skali makro

Pomysł na budowę tego ogromnego wyświetlacza przyszedł autorowi do głowy podczas budowania pierwszej wersji podobnego urządzenia (które również zostało zaprezentowane na portalu Hackaday.io). Jest ono zbudowane z pojedynczych segmentów LED WS2812. Jednak, aby to zrobić, diody LED muszą najpierw zostać wklejone w obudowę wydrukowaną w 3D, a następnie w niej zlutowane. Zwłaszcza ten ostatni krok nie jest taki łatwy ze względu na brak miejsca. Te problemy z budową urządzenia skłoniły autora do zaprojektowania pxlDigit_PCB. Można na nim zainstalować diody LED, ESP8285 i resztę elektroniki. Wszystko w postaci sztywnej i prostej w montażu płytki PCB. Można, więc najpierw zmontować, przetestować i zaprogramować całą płytkę drukowaną, a następnie włożyć ją do drukowanej w 3D obudowy pxlDigit.

Dzięki zintegrowanemu złączu USB-C, układ może być również zasilany bezpośrednio i jeśli to konieczne można zaprogramować przez nie oprogramowanie układowe. Dodatkowo, na płytce drukowanej można zainstalować następujące (opcjonalne) komponenty:

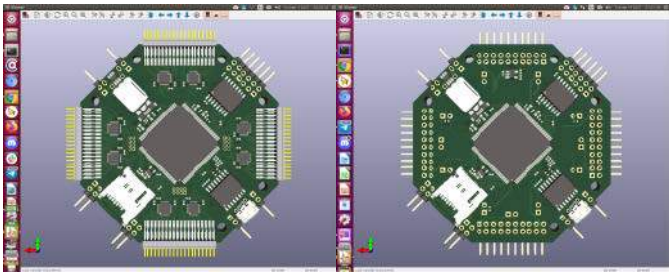
- czujnik warunków środowiskowych otoczenia BME280;
- czujnik jasności otoczenia TSL2591;
- czujnik dotykowy MPR121, obsługujący do 12 elektrod dotykowych.

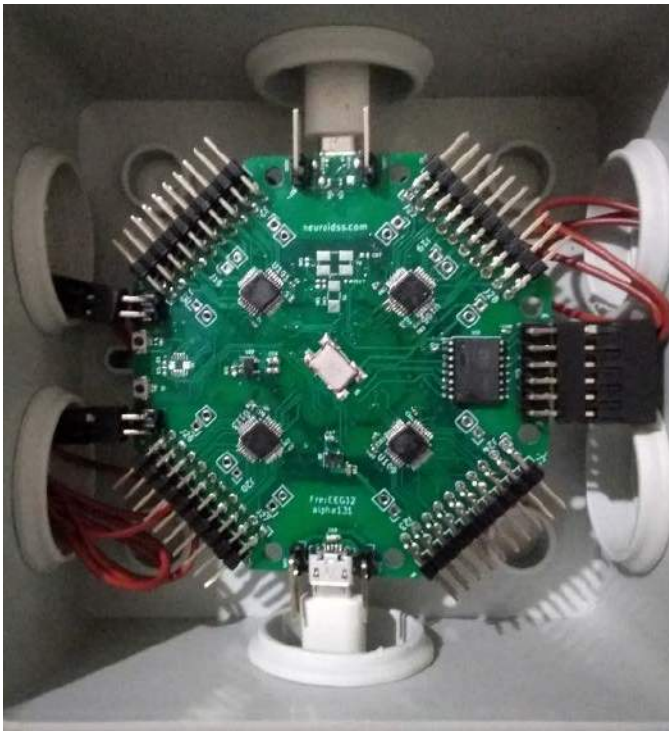
https://bit.ly/3ChSS8n

FreeEEG – 32- oraz 128-kanałowe moduły elektroencefalograficzne

Projekt FreeEEG obejmuje dwa moduły, zaprojektowane do pomiaru biopotencjałów mózgu. Elektroencefalografia (EEG) jest jednym z podstawowych badań pozwalających ocenić czynność elektryczną naszego mózgu. Badanie to polega na monitorowaniu potencjałów bioelektrycznych za pomocą elektrod umieszczanych na skórze głowy. W medycynie EEG stosuje się do diagnozy wielu schorzeń neurologicznych, takich jak epilepsje, zaburzenia snu czy podczas leczenia zatrucia środami neurotoksycznymi. Elektroencefalografy stosuje

eprasa.pl b682cee0b1





się, także do badania pracy mózgu, gdzie monitorowanie reakcji poszczególnych sekcji mózgu na zewnętrzne bodźce pozwala lepiej zrozumieć działanie naszego mózgu.

Głównym problemem technologicznym, podczas pomiaru biopotencjałów jest ultraniskie napięcie, z jakim do czynienia ma tor sygnałowy. W celu przezwyciężenia tego problemu, autor opisywanej konstrukcji zastosował specjalizowany, scalony front-end analogowy. Układ ADS131M08 firmy Texas Instruments ma osiem wejść różnicowych z wbudowanym wzmacniaczem wejściowym, stabilizatorem napięcia odniesienia i precyzyjnym, 24-bitowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym o sukcesywnej aproksymacji (SAR ADC). 32-kanałowy moduł zawiera w sobie cztery układy ADS131M08, a 128-kanałowa wersja aż 16 takich układów.

Niezależnie od wersji, wszystkie front-endy podłączone są do mikrokontrolera zarządzającego systemem – układu STM32H743ZI. Zajmuje się on zbieraniem, przetwarzaniem i przesyłaniem zebranych przebiegów biopotencjałów. Układy ADS131M08 podłączone są do mikrokontrolera za pomocą interfejsów szeregowych SPI. Dane są zapisywane na karcie pamięci (karta SD) i następnie przesyłane do komputera PC za pomocą izolowanego galwanicznie interfejsu USB. Izolacja galwaniczna jest tutaj niezwykle istotna, gdyż możliwe jest monitorowanie EEG w czasie pracy, tj. gdy system jest podłączony do pacjenta.

https://bit.ly/3HoUjpi
https://bit.ly/3nh3ujo

Desert eye – robot rozpoznawczy o przeznaczeniu wojskowym

Na polu bitwy konieczne jest wysłanie grupy żołnierzy na misje obserwacyjne i rekonansowe na nieznanym terenie, aby znaleźć lokalizacje pozycji wroga i poinformować o nich resztę oddziału. Jak łatwo sobie wyobrazić, te poszukiwania są niezwykle niebezpieczne, szczególnie na otwartych przestrzeniach, gdzie żołnierze mogą zostać łatwo



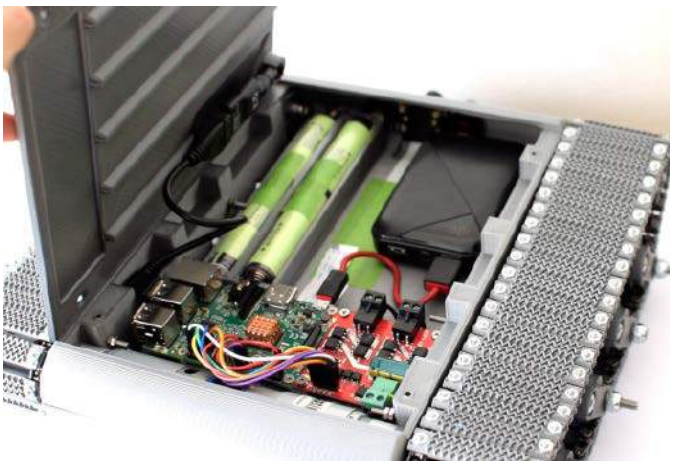
wykryci, a w konsekwencji zabici lub pojmani. Szeroko otwarte środowiska pustynne to typowy najgorszy scenariusz, ponieważ umożliwiają ukrytym wrogom niezakłóconą obserwację całego otoczenia, a żołnierzom realizującym zwiad nie daje żadnej osłony.

Rozwiązaniem dla takiej sytuacji jest wykorzystanie platform, takich jak Desert Eye. Jest to taktyczny, robot o przeznaczeniu militarnym, którego celem jest przemierzanie pustynnego środowiska nocą i zbieranie nagrań wideo dotyczących lokalizacji wroga z kamery noktowizyjnej znajdującej się na przedzie maszyny. Ta platforma robotyczna eliminuje potrzebę realizowania pieszych patroli. Wideo może być przesyłane strumieniowo z powrotem do żołnierza noszącego gogle VR, a sam robot jest kontrolowany przez Wi-Fi, które zapewnia dostateczny zasięg dla systemu.

Robot ten porusza się na gąsienicach, zawieszonych na sprężynowych wahaczach zoptymalizowanych pod kątem podłoża pustynnego. Gąsienice zbudowane są ze stalowego łańcucha rolkowego połączonego wydrukowanymi w 3D ogniwami. Gąsienice znajdują się po obu stronach obudowy robota i są połączone z specjalnie zaprojektowanymi zębatkami o podwójnym napędzie, połączonymi bezpośrednio z silnikami prądu stałego z przekładniami planetarnymi. Silniki napędowe są zasilane czterema bateriami litowo-jonowymi w formacie 18650, a sterowane przez komputer jednopłytkowy Raspberry Pi 4 z podłączonymi driverami mocy dla silników. Aby uzyskać łączność, urządzenie mobilne może połączyć się z zewnętrzną anteną, ponieważ komputer działa, jako punkt dostępu Wi-Fi. Kierunki poruszania robota można do niego wysyłać z np. urządzenia mobilnego za pomocą interfejsu graficznego stworzonego w Node-Red, a dodatkowo można uzyskać dostęp do całości głównego komputera Raspberry Pi np. przez SSH, w celu wysyłania niestandardowych poleceń do autonomicznego ruchu.

Desert Eye jest cały czas rozwijany. Autorzy mają zamiar wkrótce dodać obsługę pokładowego odbiornika GPS, a także zastosować bardziej wyrafinowaną i niezawodną kamerę. Planowane jest także dodanie dodatkowych osłon czy też poprawę możliwości ukrywania się pojazdu.

https://bit.ly/3HkuSFv



eprasa.pl b682cee0b1



Konkurs Instructables.com na projekty związane z technikami audio

W tym konkursie do wygrania jest jedna z 19 nagród. Uczestniczyć mogą w nim wszyscy Ci, którzy opublikowali swoje konstrukcje związane z systemami audio na portalu Instructables. Konkurs nie ma określonych zasad – wszystko, co wydaje jakiś dźwięk, może być projektem, zgłoszonym do konkursu. Projekty publikować można do połowy listopada, więc w momencie publikacji grudniowego numeru EP znane powinny być wyniki. Na moment pisania tego artykułu zgłoszono 17 projektów. Główna nagroda to cyfrowy bon na 250 dolarów. Oprócz niego do wygrania są bony po 150 dolarów (3 sztuki), 100 dolarów (pięć sztuk) oraz 50 dolarów (10 sztuk).

https://bit.ly/3CchWh2



Ultratroninator 3000 – cyfrowa zabawka z diodami LED, wyświetlaczami, przełącznikami... i algebrą boola w tle

Zaprezentowane urządzenie jest bardzo ciekawe, aczkolwiek początkowo projekt może się wydawać dosyć chaotyczny. System ma alfanumeryczne wyświetlacze LED, dyskretne diody LED, przełączniki, przyciski, pokrętła i selektory. Wszystko podłączone do układów Holtek 16K33, które realizują fizyczny interfejs dla przełączników i wyświetlacza LED do Raspberry Pi Zero, które jest mózgiem tego systemu.

Ultratroninator 3000 jest mocno inspirowany starszymi filmami SF – przypomina komputer, czy inne urządzenie, które można zobaczyć na pokładzie pojazdów ze Star Treka. Układ zawiera trzy rzędy urządzeń wejściowych związanych z sci-fi. Ich nazwy oczywiście nie mają nic wspólnego z rzeczywistym działaniem – „Warp Core" z funkcją wyboru Wash/Rinse/Spin/Dry do joysticka nawigacyjnego Math Blaster... Projekt ma być w zamyśle autora zabawką do nauki programowania i do demonstracji interfejsów i innych możliwości. Wśród urządzeń wejściowych znajdują się przełączniki dwustanowe, przyciski, enkodery obrotowe i dwa przełączniki selektora z gitary Fender Telecaster. Pod maską znajduje się komputer jednopłytkowy Raspberry Pi Zero z wieloma układami Holtek HT16K33 do kontrolowania LED i odczytywania stanu przycisków i przełączników. Układ ten to scalony kontroler LED i klawiatur macierzowych, chętnie stosowany w projektach Arduino itp.

relpol® S.A.

Przekaźniki półprzewodnikowe

1-fazowe i 3-fazowe

Przemysłowe

Miniaturowe

Szybkość działania, duża liczba łączeń

Wysoka odporność na wstrząsy i wibracje

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

REKLAMA

eprasa.pl b682ce0b1

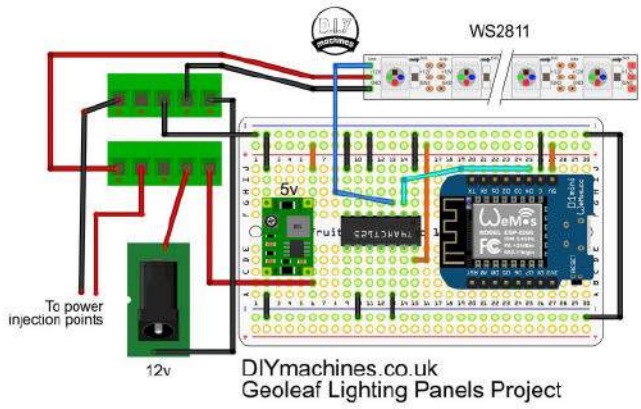
Opracowywane oprogramowanie pozwala na uruchomienie kilku prostych gier i innych zabawnych aplikacji. Na stronie z projektem autor umieścił kilka filmów demonstracyjnych. Urządzenie może działać jako prosty, 8-bitowy kalkulator z dwoma rejestrami. Na urządzeniu można uruchomić, także prostą wersję znanej gry Space Invaders pod nazwą Hex Invaders. Inne opcje pozwalają m.in. na emulowanie automatu perskusyjnego w stylu Rolanda TR-909.

https://bit.ly/3nedHgG

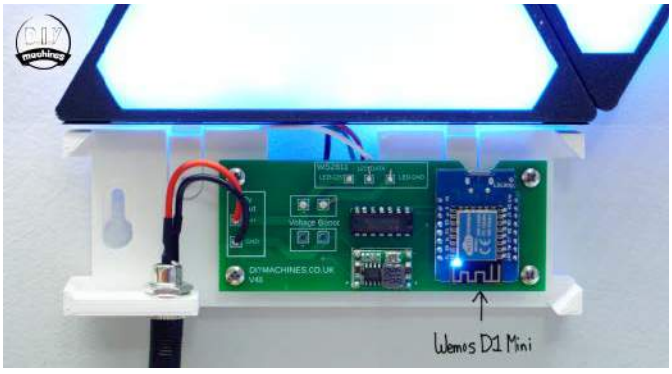


Geoleaf – drukowane panele świetlne RGB

Geoleaf to ekonomiczna wersja paneli oświetleniowych Nanoleaf, wykonana w technice druku 3D. Można je układać w dowolny wzór, aby pasowały do każdej przestrzeni, a dzięki niskiemu kosztowi (zaledwie około 3,40 funta brytyjskiego za panel) każdy może sobie na nie pozwolić. Moduły posiadają wbudowany kontroler Wi-Fi bazujący na module WLED i wykorzystuje funkcje działające na płytce Wemos D1 Mini.

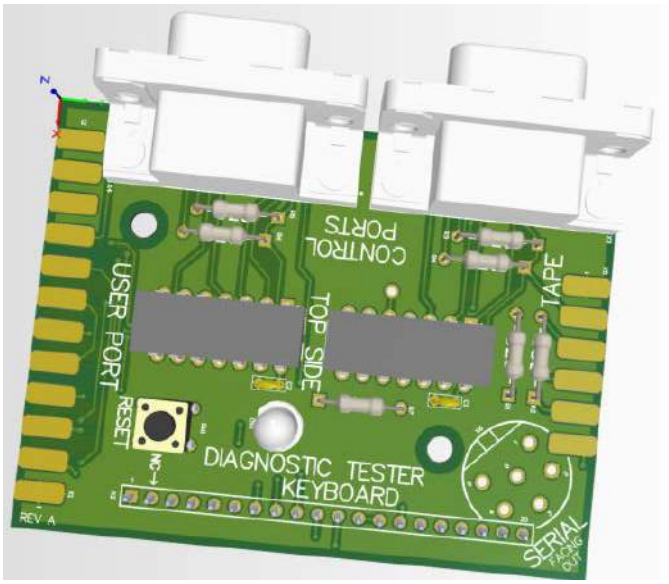


„Od dawna marzyłem o lampach Nanoleaf, ale cena zawsze była dla mnie za wysoka. Pomyślałem więc, że zabiorę się za wykonanie własnej wersji za pomocą drukarki 3D" – pisze autor o swoim projekcie. „Jestem bardzo zadowolony z efektu końcowego" – podsumowuje. Moduły można montować w dowolnej kolejności, aby dopasować je do przestrzeni na ścianie, a także można uwzględnić inne kształty, takie jak np. opcjonalne kwadratowe panele. Autor delikatnie odsunął je od powierzchni ściany, aby wieczorami lepiej ją oświetlały, jednak same panele są wystarczająco jasne, aby można je było zobaczyć w ciągu dnia.



W module zastosowano ESP8266 z diodami LED RGB sterowanymi za pomocą genialnego oprogramowania WLED i wbudowanego serwera internetowego. Te elementy urządzenia są zamknięte w dyskretnej obudowie na dole całej instalacji. Można je również zaprogramować tak, aby automatycznie naśladowały żarówkę Philips Hue lub reagowały na polecenia wydawane za pomocą Amazon Alexa.

https://bit.ly/3wRJAPd



Moduł diagnostyczny dla Commodore 64

W przeszłości, aby uruchomić diagnostykę C64 w celu sprawdzenia, czy wszystkie wejścia i wyjścia działają poprawnie, Commodore dostarczało oprogramowanie diagnostyczne do uruchomienia na komputerze, a także dostarczało szczegółowe informacje na temat budowy dosyć złożonego kabla (null modemu – pętli zwrotnej) do automatycznej, samodzielnej diagnozy komputera. Z biegiem lat uległo to jednak uproszczeniu. Dzięki postępowi elektroniki, obecnie można kupić 4 proste płytki drukowane i adapter do kabli i portów Commodore 64, aby wykonać to zadanie. Obecnie, autor pokazywanej tutaj konstrukcji – wspomnianych płytek do diagnostyki C64 – pracuje, nad zintegrowaniem ich wszystkich w pojedynczy moduł.

Komputer Commdore 64 ma pięć portów, które są testowane w systemie:

- port użytkownika,
- port kaset,



eprasa.pl b682cee0b1

- port szeregowy,
- dwa porty kontrolne,
- interfejs klawiatury.

Wymienione dwa porty kontrolne, liczą się jako jeden, ponieważ znajdują się tuż obok siebie i obsługuje je jeden moduł. Port klawiatury, port użytkownika i port szeregowy wymagają tylko prostych przewodów z pętlą zwrotną. Port kaset musi posiadać dwa dodatkowe rezystory. Porty kontrolne są nieco bardziej skomplikowane. Mają po dwa rezystory dla każdego z dwóch portów. Ale piny joysticka przechodzą przez zestaw przełączników analogowych (multiplekser 4066). Multiplekser ten jest sterowany przez pin WRITE na porcie kaset. Do przejścia z portu kasety do portu sterowania potrzebny jest dodatkowy przewód.

Niektóre podobne projekty mają całą logikę na jednej płytce drukowanej z kablami biegnącymi do każdego portu. Niektóre projekty z kolei mają osobną płytkę drukowaną dla każdego portu. Autor zastosował częściowo drugie rozwiązanie. Pierwotnie planował zamówić jedną PCB, ale na PCBWay minimalna ilość zamówionych płytek to 5 sztuk, nie było sensu projektować jednej PCB, by skończyć z jej pięcioma klonami. Zamiast tego autor stworzył jedną płytkę z 5 różnymi opcjami montażu. Pozwoliło to znacznie zredukować koszt.

https://bit.ly/3cccbFB



Gentoo – prosty inkubator dla rynków wschodzących

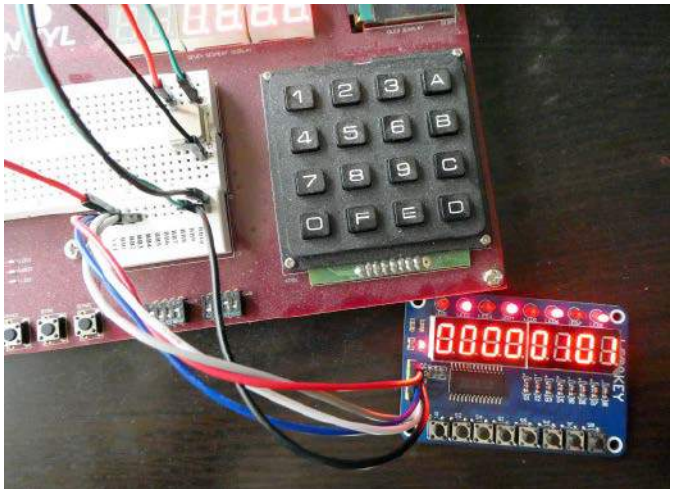
Gentoo to łatwy do wdrożenia inkubator zaprojektowany tak, by pasował do istniejących łóżek i łóżeczek w szpitalach o ograniczonych zasobach. Zawiera gotowe komponenty oraz proste i niedrogie procesy produkcyjne, aby 100-krotnie obniżyć koszty tego rodzaju urządzenia. Obecny koszt urządzenia wynosi około 150 dolarów – to niewiele w porównaniu ze zwykłymi inkubatorami, które mogą kosztować szpital ponad 5000 dolarów. Jest łatwy w montażu, czyszczeniu i zarządzaniu, co ułatwia użytkowanie w ekstremalnych warunkach. System ten idealnie nadaje się do zastosowania w biedniejszych krajach czy też w wyjątkowych sytuacjach, takich jak katastrofy naturalne itp.

https://bit.ly/3qDxR5P

Oprogramowanie modułu TM-1638 jako pamięci w VHDL

TM-1638 to moduł wyposażony w diody LED, wyświetlacze siedmiosegmentowe oraz prostą klawiaturę. Całość dołączona jest do specjalizowanego kontrolera o tej samej nazwie – TM1638. Konwertuje on dwukierunkowe dane szeregowe – dwie linie danych (DIO) i zegar (CLK), na szeroki zakres wejść i wyjść, kontrolujących wyświetlacze siedmiosegmentowe, diody LED i przyciski.

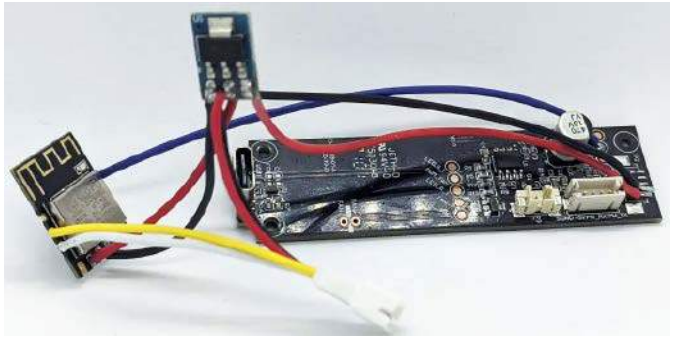
Istnieją szerokie zastosowania dla tego rodzaju modułów. Przy jego pomocy można łatwo konstruować interfejsy do obsługi różnych układów elektronicznych bazujących na mikrokontrolerach, czy układy programowalne. Tą ostatnią klasą układów zajął się autor projektu. Opracował on bibliotekę napisaną w VHDL, która pozwala



w prosty sposób używać tego modułu. Wystarczy 16 bajtów pamięci RAM w projekcie, aby zmapować diody LED i klawiaturę TM1638. Biblioteka obsługuje tryby: binarny, dziesiętny, szesnastkowy i ASCII. Dzięki jej zastosowaniu nie ma potrzeby implementowania protokołu komunikacyjnego z modułem w VHDL.

Z pomocą biblioteki można bardzo łatwo dodać do swojego projektu interfejs, jako nośnik pamięci – to, co zostanie zapisane w pamięci, pojawia się na 7-segmentowych wyświetlaczach LED, a wciśnięte przyciski pojawiają się w innym miejscu, które można odczytać, jak zwykła pamięć. Mapowanie adresów na razie wymaga pewnej kompilacji, ale autor pracuje nad tym, aby w przyszłości było jeszcze prostsze.

https://bit.ly/3cgstgt



Przeróbka sensora pyłów z IKEA – dodanie Wi-Fi, MQTT i wsparcie w Tasmota

Okazuje się, że funkcjonalność niedrogiego czujnika jakości powietrza VINDRIKTNING PM2.5 od IKEA można w łatwy sposób rozszerzyć za pomocą karty lub modułu Wi-Fi z mikrokontrolerem ESP8266 oraz otwartego oprogramowania układowego. W ten sposób do urządzenia można dodać obsługę MQTT lub popularnego oprogramowania układowego Tasmosta, aby uzyskać więcej funkcji i zintegrować czujnik z domową siecią Internetu Rzeczy (IoT).

Po wyjęciu z pudełka ten czujnik jakości powietrza pokazuje po prostu kolor: zielony, gdy powietrze ma dobrą jakość, żółty, gdy jest ona jeszcze akceptowalna i kolor czerwony gdy spadnie poniżej akceptowalnego progu. W ten sposób układ komunikuje użytkownikowi, jaki jest poziom zanieczyszczeń pyłami PM2.5 (poniżej 2,5 µm) w otoczeniu. Sören Beye (znany w sieci jako Hypfer) dodał do tego modułu płytkę Wemos D1 Mini i opracował oprogramowanie układowe typu open source z obsługą MQTT. Wystarczy otworzyć czujnik i przylutować trzy przewody między płytką z ESP8266 a pinami 5 V, GND i Tx (linia danych) z płyty głównej IKEA VINDRIKTNING. Po zaprogramowaniu oprogramowaniem układowym urządzenie nadal działa jak oryginalny wskaźnik LED, ale teraz również wysyła dane o jakości powietrza PM2.5 przez MQTT i Wi-Fi. System aktualizacji obsługuje funkcję Home Assistant Autodiscovery z biblioteką WifiManager

eprasa.pl b682cee0b1

obsługującą konfigurację w locie, a także umożliwia bezprzewodowe aktualizacje oprogramowania układowego ArduinoOTA w przyszłości, po całkowitym złożeniu urządzenia.

Podczas modyfikacji ważne jest jedynie, aby nie blokować przepływu powietrza do wewnętrznego czujnika PM1006, ponieważ może to poważnie wpłynąć na dokładność pomiaru danych, dlatego ważne jest odpowiednie położenie płytki lub modułu ESP8266 wewnątrz obudowy. Wszystko to jest szczegółowo wyjaśnione w wyżej wymienionych projektach oprogramowania układowego, na przykład w repozytorium Hypfera na Githubie.

Ale to nie koniec, ponieważ koder podpisujacy się jako Blakadder zauważył projekt Hypfera i postanowił spróbować podobnego rozwiązania, ale z modułem ESP-M3 z płytką z stabilizatorem napięcia AMS1117, aby zamienić 5 V na 3,3 V w celu zasilania modułu bezprzewodowego. Zmodyfikował on oprogramowanie Tasmota, zainstalował je na module i skonfigurował pin 5 GPIO jako pin Rx, aby uzyskać dane o jakości powietrza z VINDRIKTNING, a ponieważ obudowa jest wystarczająco duża, ostatecznie dodał w niej dwa kolejne czujniki, a mianowicie BME680 i iAQ- moduł pozwalający na pomiar temperatury, wilgotności i ciśnienia powietrza, a także wykrywanie niebezpiecznych gazów, CO_2 i pomiary stężenia lotnych związków organicznych TVOC.

Ponieważ Ikea VINDRIKTNING kosztuje tylko 12 dolarów (w Polskich Ikeach dostępny za 39,99), jest to niedrogi bezprzewodowy system monitorowania środowiska, który z łatwością można zintegrować z domowym systemem automatyki.

https://bit.ly/3negbf0, https://bit.ly/3wLO1v7, https://bit.ly/323rxKK



Laserowa bramka ze stoperem

Laserowa bramka czasowa to prosty stoper, który jest wyzwalany optycznie w celu pomiaru czasu okrążenia. Autor chciał go zastosować głównie do monitorowania zawodów sportowych itp. W związku z czym system musi być bezpieczny dla oczu i nadawać się do użytku wewnątrz lub na zewnątrz. Założona dokładność miała być nie gorsza iż 0,01 s. Układ powinien być zasilany bateryjnie i umożliwiać montaż na statywie, aby w łatwy sposób ustawiać go w terenie. Konieczna jest możliwość uruchamiania go albo przez sportowca albo przez inną osobę. Dalsze pomysły obejmowały aplikacje na telefon, czy też możliwość synchronizacji wielu takich bramek i integracja ich w jednej obudowie.

Początkowy projekt bazuje na ESP32, który oprócz prostego interfejsu fizycznego (przyciski, diody LED, mały wyświetlacz przez I^2C) może również zapewnić połączenie bezprzewodowe przez Wi-Fi lub Bluetooth. Wbudowany przetwornik ADC służy do monitorowania poziomu jasności oświetlenia na fotorezystorze, a wartość określa, czy światło jest na poziomie wiązki czy otoczenia. Przerwania są używane do pomiaru czasu. Dwie diody LED wskazują status, a wbudowany wyświetlacz wskaże stan bramki i pokaże czas stopera podczas okrążenia. Układ jest cały czas doskonalony i rozbudowywany, więc warto obserwować projekt i postępy autora.

https://bit.ly/3FgohKf
https://bit.ly/3nh6HQ7



Zarządzanie niezarządzalnymi switchami sieciowymi

Pomysł zaprezentowany w tym projekcie polega na zmodyfikowaniu istniejących switchy sieciowych za pomocą interfejsu sterującego i użyciu zwykłych narzędzi przestrzeni użytkownika do zarządzania danym urządzeniem. Wraz z pojawieniem się architektury switchy rozproszonych (DSA) w jądrze systemu Linux obsługiwana jest szeroka gama rdzeni switchy, co może potencjalnie przynieść korzyści milionom urządzeń sieciowych.

Autor projektu, w celu demonstracji, wykorzystuje switch Netgear GS108, ale wiele innych modeli może pozwalać na bardzo podobne modyfikacje. Podejście to jest bardzo proste. Modyfikacja sprzętowa polega na podłączeniu modułu USB-UART do wewnętrznego portu szeregowego urządzenia, aby można było komunikować się nim z zewnątrz za pomocą USB. Teraz, w jądrze systemu należy zainstalować potrzebne moduły. Dzięki temu finalnie można korzystać ze switcha z narzędziami sieciowymi, takimi jak iproute, bridge, ethtool i podobnymi.

https://bit.ly/3osR47v
https://bit.ly/3ngRvCA



Trójfazowy miernik zużycia energii elektrycznej

Moduł jest zintegrowanym miernikiem energii elektrycznej dla wielofazowych systemów monitorowania mocy. Jest przeznaczony do monitorowania w czasie rzeczywistym różnych typowych konfiguracji trójfazowych w zastosowaniach przemysłowych. Układ MAX78630 zapewnia do sześciu wejść analogowych do współpracy z czujnikami napięcia i prądu. Skalowane napięcia z czujników są podawane do pojedynczego procesora przy użyciu konwertera analogowo-cyfrowego typu delta-sigma o wysokiej rozdzielczości. Obsługiwane czujniki prądu obejmują przekładniki prądowe (CT), cewki Rogowskiego i boczniki rezystancyjne.

Układ wyposażony jest w optoizolowane linie Rx oraz Tx do komunikacji z zewnętrznymi procesorami, zbierającymi dane. Podaje on szeroki zakres danych na temat prądu i napięcia, (RMS, średniego etc), wylicza chwilowy pobór mocy (w watach, VARach i woltoamperach, w zależności od tego, jaka moc nas interesuje). Pozwala także na monitorowanie częstotliwości prądu w sieci oraz raportowanie temperatury samego sensora.

https://bit.ly/3cjad64
https://bit.ly/3nijzFz

Nikodem Czechowski, EP

eprasa.pl b682cee0b1

Podstawowe parametry:

- urządzenie składa się z dwóch części – karty przekaźników i pilota zdalnego sterowania,
- karta przekaźników ma 7 wyjść,
- pilot ma 6 przycisków do załączania 6 wyjść i dodatkowy przycisk awaryjny, który rozłącza 7 wyjście,
- karta może być zasilana napięciem z zakresu 24...42 V AC/DC,
- pilot wymaga zasilania w postaci dwóch baterii 1,5 V.

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

AVT5876	Energooszczędny przekaźnik bistabilny (EP 8/2021)
AVT5794	Moduł przekaźnikowy z gasikami (EP 8/2020)
AVT5710	8-kanałowy moduł przekaźnikowy z USB (EP 8/2019)
AVT5682	Przekaźnik elektromagnetyczny 230 V sterowany optoelektronicznie (EP 6/2019)
AVT5632	Moduł przekaźników z interfejsem USB (EP 3/2019)
AVT5588	Sterownik-timer z 8 przekaźnikami (EP 6/2017)
AVT1916	Konfigurowalny przełącznik 4-kanałowy (EP 8/2016)
AVT1890	Moduł przekaźników z USB (EP 6/2016)
AVT5538	Moduł załączający z triakami (EP 5/2016)
AVT3130	Moduł I/O sterowany przez USB (EdW 5/2015)
AVT1815	4-kanałowy przełącznik sterowany dowolnym pilotem IR (EP 8/2014)
AVT5368	Programowalny moduł przekaźników (EP 11/2012)
AVT5353	Moduł przekaźników z interfejsem USB (EP 7/2021)
AVT1691	Uniwersalny moduł przekaźnikowy (EP 8/2012)
AVT1679	Moduł wykonawczy z triakami (EP 6/2012)
AVT1659	8-kanałowy miniaturowy moduł przekaźników (EP 1/2012)
AVT1656	Uniwersalny moduł wykonawczy (EP 12/2011)
AVT1560	8-kanałowa karta przekaźników (EP 2/2010)
AVT1481	Przekaźnikowy moduł wykonawczy (EP 8/2008)
AVT925	Karta przekaźników na USB (EP 4/2006)

W ofercie AVT*

AVT5907

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

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

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

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

CassetteRXTX

– karta przekaźników sterowanych radiowo z pilota

Prezentowany projekt to karta przekaźników sterowana drogą radiową w paśmie 433 MHz za pomocą pilota. Urządzenie zostało opracowane na potrzeby zdalnego ręcznego sterowania nawadnianiem w ogródku. Co prawda do tego celu były mi potrzebne tylko trzy wyjścia przekaźnikowe, ale postanowiłem od razu zwiększyć ilość wyjść, aby projekt w przyszłości mógł być zastosowany do innych celów.



Urządzenie składa się z dwóch części – karty przekaźników i pilota zdalnego sterowania. Karta może być zasilana napięciem z zakresu 24...42 V AC/DC, natomiast pilot należy zasilać z dwóch baterii 1,5 V połączonych szeregowo. Do wyjść przekaźnikowych mogą zostać podłączone napięcia 230 V AC, przy czym należy pamiętać, aby zastosować przekaźniki z cewką na 12 V, które mają wystarczającą zdolność łączeniową, odpowiednią do podłączonych obciążeń.

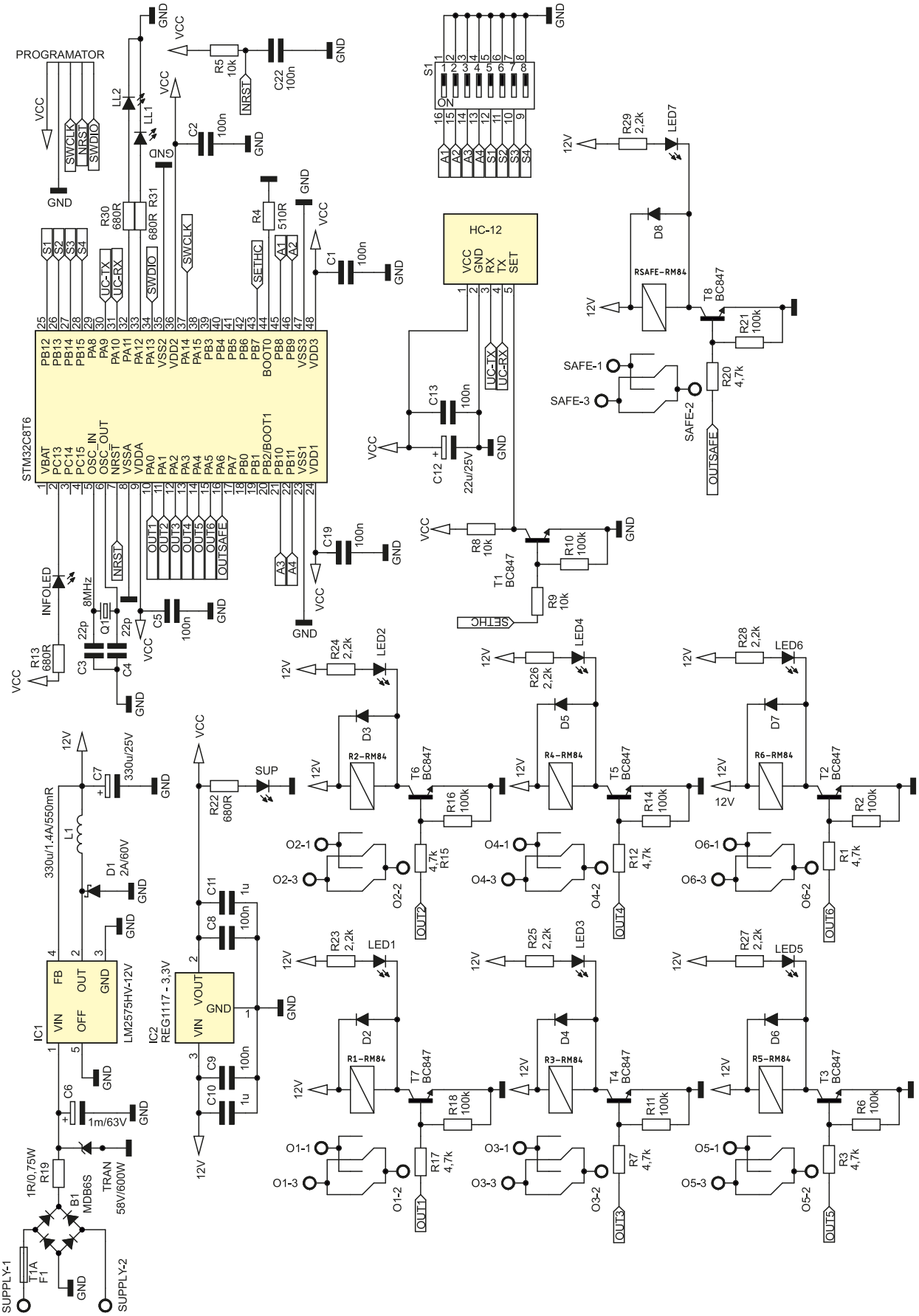
Budowa i działanie

Schemat ideowy karty wykonawczej, która ma wyjścia przekaźnikowe, został pokazany na **rysunku 1**. Jest to układ, który odbiera sygnał z pilota zdalnego sterowania a następnie załącza określony przekaźnik, dlatego płytka została nazwana CassetteRX. Na wejściu zasilania karty znajduje się bezpiecznik zwłoczny T1 o prądzie znamionowym 1 A, a za nim mostek prostowniczy B1. Za mostkiem znajduje się rezystor R19 o odpowiedniej mocy, który wraz z kondensatorem C6 tworzy filtr dolnoprzepustowy dla przetwornicy IC1. Za rezystorem znajduje się także dioda TRAN zabezpieczająca przed przepięciami, której napięcie przebicia wynosi 58 V. Jako przetwornicę obniżającą napięcie zasilania do wartości 12 V wybrano układ LM2575HV-12V, która ma maksymalne napięcie wejściowe wynoszące 63 V. Układ IC1 wraz z dławikiem L1, diodą D1 kondensatorem C7 tworzy typowy układ BUCK. Przetwornica ma na stałe ustawioną wartość napięcia wyjściowego na 12 V. Z tego napięcia, za pomocą stabilizatora LM1117-3.3, jest uzyskiwane napięcie 3,3 V niezbędne do zasilania mikrokontrolera oraz transceivera HC-12.

Złącze HC-12 służy do podłączenia modułu radiowego. Kondensatory C12, C13 filtrują zasilanie modułu HC-12. Do modułu należy podłączyć antenę, aby zwiększyć zasięg ponieważ bez dodatkowej anteny układ ma niewielki zasięg – tylko kilka metrów. Za pomocą tranzystora T1, wraz z rezystorami R8, R9, R10, mikrokontroler może sterować wejściem SET ustawiając na nim stan wysoki lub niski. W zależności od stanu na wyprowadzeniu SET, mikrokontroler znajduje się w stanie, w którym może zmieniać ustawienia modułu lub jest w stanie nadawania i odbierania. Za pomocą przełącznika S1 możemy zmieniać ustawienia odbiornika.

eprasa.pl b682cee0b1

Karta przekaźników ma siedem wyjść. Każdy tor wyjściowy ma taką samą budowę, dlatego dalej opisana zostanie budowa tylko jednego toru. Przekaźnik R1 typu RM84 z cewką na 12 V jest sterowany za pomocą tranzystora T7. Rezystor R17 ogranicza prąd płynący na bazę tranzystora natomiast rezystor R18 uodparnia układ na zakłócenia. Dioda D2 zabezpiecza tranzystor T7 przed uszkodzeniem związanym z przełączaniem przekaźnika. Rezystor R23 wraz z diodą LED1 sygnalizuje o załączeniu przekaźnika.

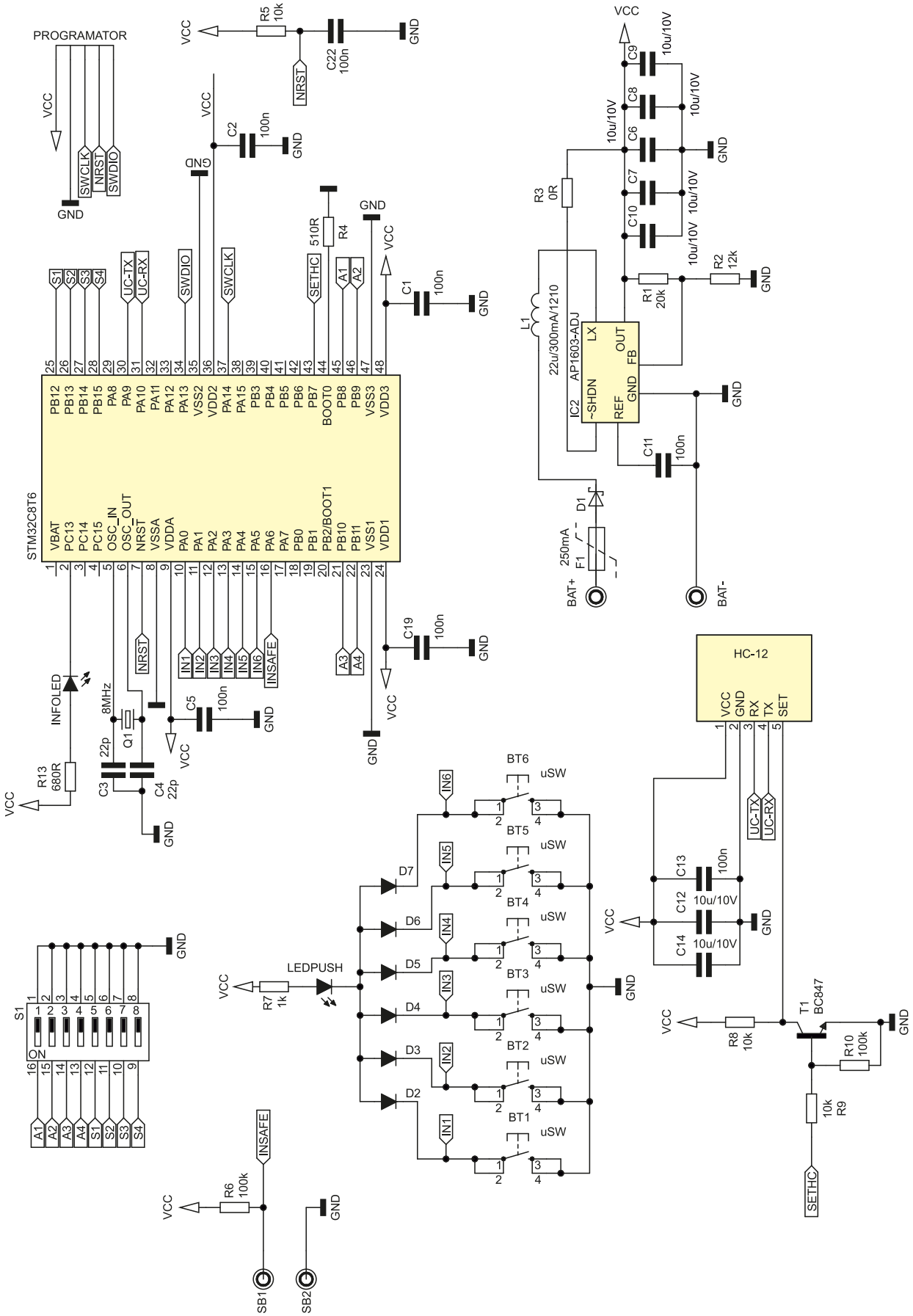


Rysunek 1. Schemat ideowy odbiornika

eprasa.pl b682cee0b1

Jako mikrokontroler sterujący został wybrany STM32F103C8T6, który jest taktowany za pomocą zewnętrznego rezonatora kwarcowego. Diody led LL1, LL2, INFOLED są diodami sygnalizacyjnymi. Rezystor R5 oraz kondensator C22, tworzą sprzętowy układ resetu. Kondensatory C5, C19, C1, C2 filtrują zasilanie układu. Złącze PROGRAMATOR służy do programowania oraz debugowania mikrokontrolera za pomocą interfejsu SWD.

Na **rysunku 2** zaprezentowano schemat pilota, który nosi nazwę CassetteTX.



Rysunek 2. Schemat ideowy nadajnika

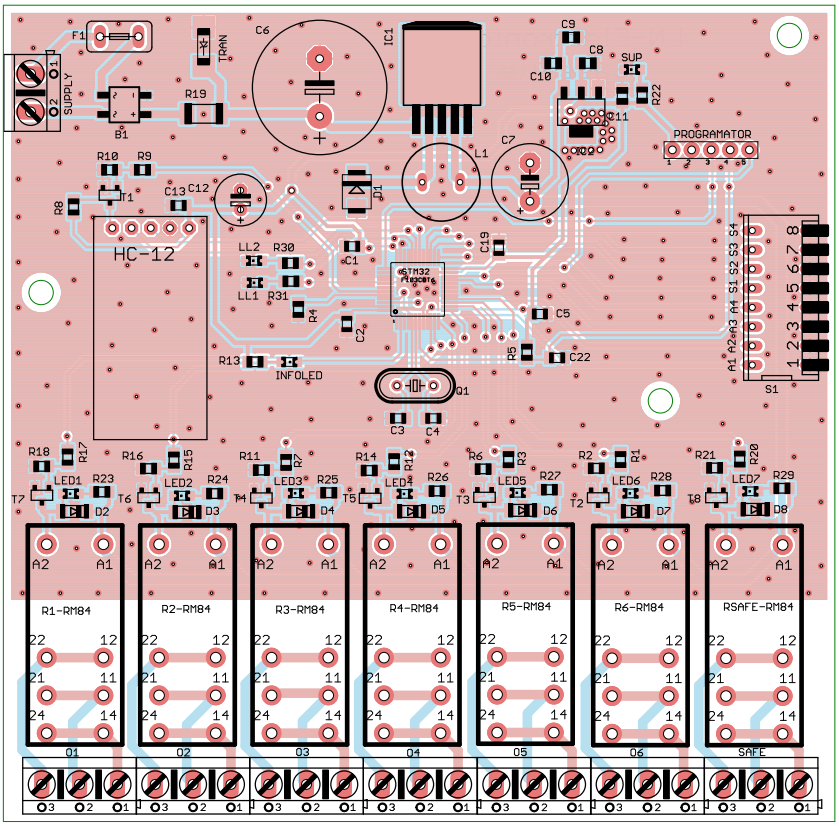
eprasa.pl b682cee0b1

Do padów BAT+ oraz BAT– należy dołączyć dwie baterie 1,5 V połączone szeregowo. Na samym wejściu znajduje się bezpiecznik resetowalny F1 o prądzie znamionowym 250 mA. Bezpośrednio za bezpiecznikiem umieszczono diodę Schottky'ego, która zabezpiecza cały układ przed podłączeniem zasilania o odwróconej polaryzacji. Dioda D1 zapewnia także mały spadek napięcia. Przetwornica IC2 wraz z dławikiem L1, kondensatorami C6, C7, C8, C9, C10 oraz dzielnikiem rezystancyjnym R1, R2 tworzy układ podwyższający. Dzielnik został tak dobrany aby za przetwornicą otrzymać napięcie 3,3 V, z którego jest zasilany mikrokontroler oraz moduł HC-12.

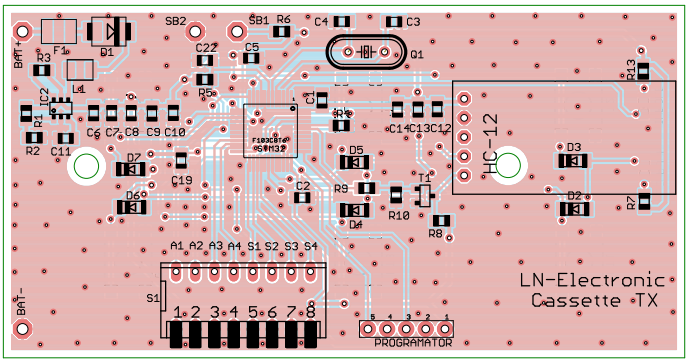
Przełącznik typu dipswitch S1 służy do zmiany ustawień tzn. ustawienia adresu oraz kanału nadawania. Ustawienia tego przełącznika muszą być zgodne z ustawieniami przełącznika odbiornika – CassetteRX. Kondensatory C12, C13, C14 filtrują zasilanie do transceivera HC-12, natomiast poprzez tranzystor T1 mikrokontroler steruje czy do modułu są wprowadzane nowe ustawienia czy po prostu znajduje się on w trybie nadawania oraz odbierania danych.

Do padów SB1, SB2 można podłączyć wyłącznik awaryjny (tzw. Grzybek), który jest normalnie zwarty i działa na ostatni przekaźnik płytki PCB odbiornika. Przekaźnik ten w normalnym trybie pracy jest wysterowany. W momencie wciśnięcia przycisku bezpieczeństwa, następuje wyłączenie przekaźnika.

Jako mikrokontroler sterujący na płytce nadajnika został wybrany STM32F103C8T6, który ma obudowę LQFP48. Procesor jest taktowany z zewnętrznego rezonatora kwarcowego 8 MHz. Kondensatory C1, C2, C5, C19 są kondensatorami filtrującym zasilanie mikrokontrolera. Rezystor R4 zapewnia prawidłowe bootowanie mikrokontrolera. Układ RC tworzony przez R5, C22 zapewnia sprzętowy reset procesora. Złącze PROGRAMATOR służy do programowania oraz debugowania mikrokontrolera za pomocą interfejsu SWD. Elementy BT1...BT6 są przyciskami typu microswitch. Naciśnięcie przycisku jest sygnalizowane zaświeceniem diody LEDPUSH. Za pomocą diody INFOLED jest sygnalizowane potwierdzenie załączenia danego wyjścia.



Rysunek 3. Schemat płytki PCB odbiornika



Rysunek 4. Schemat płytki PCB nadajnika

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

Karta przekaźników CassetteRX

Rezystory: (SMD0805)
R1, R3, R7, R12, R15, R17, R20: 4,7 kΩ
R2, R6, R10, R11, R14, R16, R18, R21: 100 kΩ
R4: 510 Ω
R5, R8, R9: 10 kΩ
R13, R22, R30, R31: 680 Ω
R19: 1 Ω/0,75 W SMD2010
R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29: 2,2 kΩ

Kondensatory:
C1, C2, C5, C8, C9, C13, C19, C22: 100 nF SMD0805
C3, C4: 22 pF SMD0805
C6: 1 mF/63 V
C7: 330 µF/25V
C10, C11: 1 µF SMD0805
C12: 22 µF/25 V

Półprzewodniki:
D1: dioda 2 A/60 V SMB
TRAN: transil 58 V/600 W DO214AC
D2...D8: 4148 MINIMELF
B1: mostek prostowniczy MDB6S
INFOLED, LED1...LED7, LL1, LL2, SUP: dioda LED SMD0805
T1...T8: BC847 (SOT23)
IC1: LM2575HV-12V (TO263-5)
IC2: REG1117 – 3,3 V (SOT223)
U2: moduł radiowy HC12
STM32F103: mikrokontroler STM32F103C8T6 (LQFP48)

Pozostałe:
F1: bezpiecznik 1 A
L1: dławik 330 µH/1,4 A/550 mΩ THT
Q1: rezonator kwarcowy 8 MHz HC49/S-THT
PROGRAMATOR: szpilki goldpin
S1: dipswitch8
O1...O6, SAFE: złącza AK500/3
SUPPLY: złącze AK500/2
R1-RM84...R6-RM84, RSAFE-RM84 RM84: przekaźnik RM84 12 V

Pilot zdalnego sterowania CassetteTX

Rezystory: (SMD0805)
R1: 20 kΩ
R2: 12 kΩ
R3: 0 Ω
R4: 510 Ω
R5, R8, R9: 10 kΩ
R6, R10: 100 kΩ
R7: 1 kΩ
R13: 680 Ω

Kondensatory:
C1, C2, C5, C11, C13, C19, C22: 100 nF SMD0805
C3, C4: 22 pF SMD0805
C6...C10, C12, C14: 10 µF/10 V SMD0805

Półprzewodniki:
D1: dioda schottky SMB
D2...D7: 4148 MINIMELF
INFOLED, LEDPUSH: dioda LED SMD0805
T1: BC847 (SOT23)
IC2: AP1603-ADJ (SOT26)
U2: moduł radiowy HC12
STM32F103: mikrokontroler STM32F103C8T6 (LQFP48)

Pozostałe:
F1: bezpiecznik 250 mA SMD
L1: dławik 22 µH/300 mA/SMD1210
PROGRAMATOR: szpilki goldpin
Q1: rezonator kwarcowy 8 MHz HC49/S-THT
S1: dipswitch8
BT1...BT6: mikroswitch SMD

eprasa.pl b682cee0b1

Montaż i uruchomienie

Płytka PCB odbiornika CassetteRX jest dwuwarstwowa. Na warstwie TOP oraz BOTTOM zostały wylane obszary masy, z wyjątkiem obszaru zawierającego styki wykonawcze przekaźników. Obszar masy został oddzielony od styków wykonawczych aby w momencie sterowania napięciem 230 V AC nie nastąpiło jego przebicie na masę oraz żeby odseparować masę od zakłóceń pochodzących z linii, która jest sterowana. Na całej płytce zostały rozmieszone przelotki łączące ze sobą obszary masy po obu stronach i wyrównujące tym samym ich potencjał. Płytka zawiera trzy otwory montażowe 3 mm umożliwiające przykręcenie jej do obudowy. Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 3**.

Płytka PCB nadajnika także jest dwuwarstwowa. Na warstwie BOTTOM zostały umieszczone przyciski typu SMD (microswitch) oraz dwie diody sygnalizacyjne. Na stronie TOP zostały rozmieszczone wszystkie pozostałe elementy elektroniczne. Obie warstwy zawierają wylewki masy, które połączono licznymi przelotkami wyrównującymi potencjał. Płytka nie ma otworów montażowych dlatego do obudowy należy ją przytwierdzić za pomocą kleju. Schemat płytki PCB pilota został pokazany na **rysunku 4**.

Montaż należy rozpocząć od przylutowania wszystkich elementów zasilania na obu płytkach. Po tej czynności należy podłączyć odpowiednie wartości napięcia zasilania dla obu płytek, np. 30 V DC dla płytki odbiornika oraz np. 2 V do płytki nadajnika, a następnie należy sprawdzić czy na wyjściu przetwornicy nadajnika uzyskujemy 3,3 V, natomiast na wyjściu przetwornicy odbiornika 12 V. W odbiorniku trzeba także sprawdzić czy stabilizator LDO poprawnie stabilizuje napięcie do wartości 3,3 V. Jeżeli napięcia są prawidłowe można przystąpić do przylutowania wszystkich pozostałych elementów zaczynając od elementów SMD. Elementy przewlekane należy przylutować na samym końcu.

Listing 1. Definicje określające przypisanie przycisku pilota do danego wyjścia

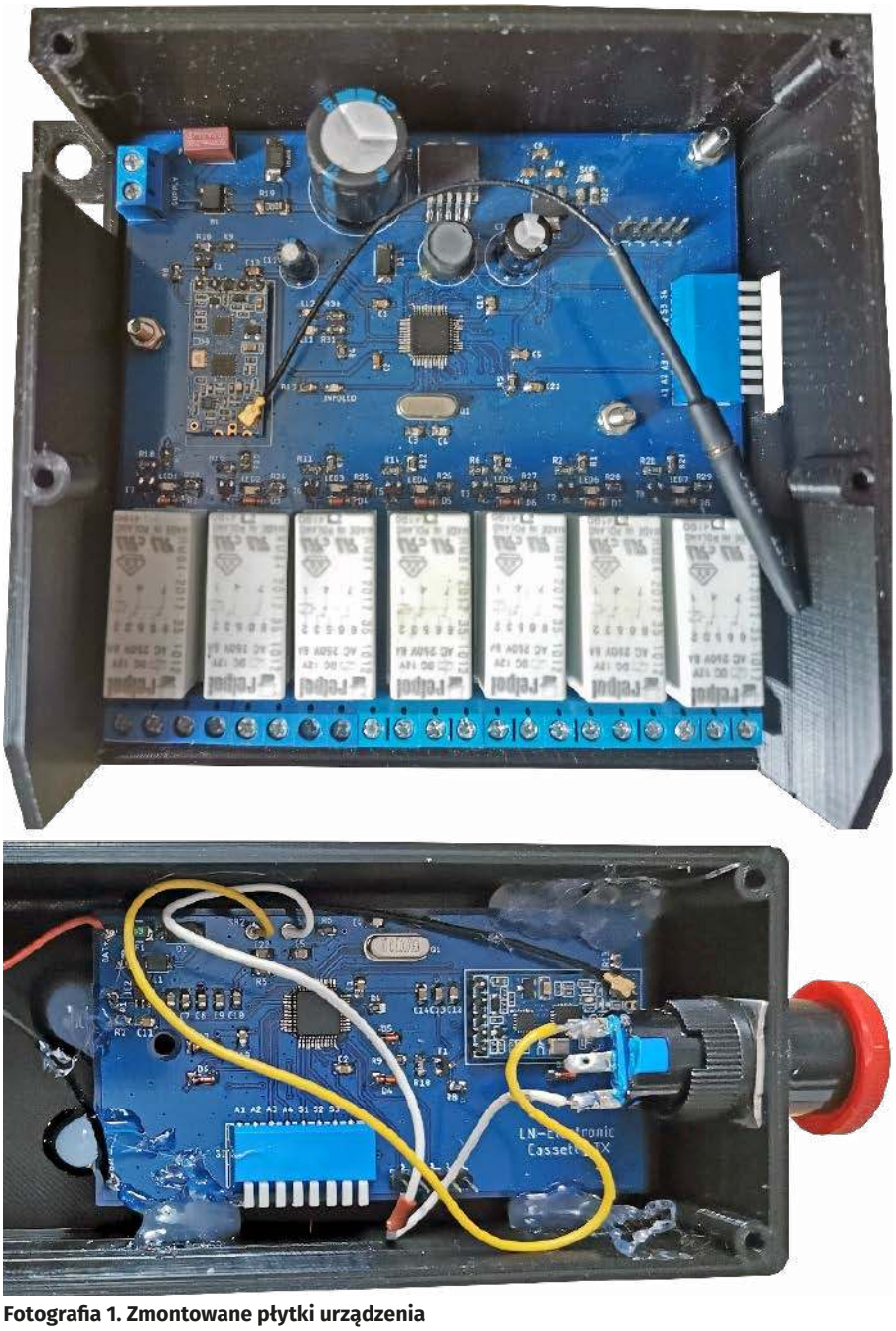
```
#define wPB1        !((GPIOA->IDR) & GPIO_Pin_0)
#define wPB2        !((GPIOA->IDR) & GPIO_Pin_1)
#define wPB3        !((GPIOA->IDR) & GPIO_Pin_2)
#define wPB4        !((GPIOA->IDR) & GPIO_Pin_3)
#define wPB5        !((GPIOA->IDR) & GPIO_Pin_4)
#define wPB6        !((GPIOA->IDR) & GPIO_Pin_5)
#define wPBsafe      ((GPIOA->IDR) & GPIO_Pin_6)
```

Następnie, za pomocą przełączników dipswitch, należy ustawić taki sam kanał dla odbiornika oraz nadajnika. Kanał jest ustawiany za pomocą przełączników S1...S4. Kanał można ustawiać tylko przed podłączeniem zasilania do nadajnika oraz odbiornika.

Po wykonaniu powyższych czynności można podłączyć programator np. ST LINK V2 i załadować programy do nadajnika oraz odbiornika. Do tego zadania można użyć programu STM32 ST-LINK Utility. Po zaprogramowaniu procesorów należy podłączyć antenki do gniazd IPEX modułów HC-12, a następnie podłączyć powtórnie odpowiednie zasilanie do odbiornika oraz nadajnika.

Za pomocą pinow A1...A4 od przełącznika dipswitch należy ustawić taki sam adres dla nadajnika oraz odbiornika (Uwaga adres musi być różny od zera). Po naciśnięciu przycisku na pilocie powinien się zmienić stan danego przekaźnika, który jest przypisany do tego przycisku. Jeśli wszystko działa prawidłowo można przystąpić do zamontowania odbiornika oraz nadajnika w obudowie. Zmontowane płytki nadajnika oraz odbiornika zostały pokazane na **fotografii 1**.

Plik główny programu nadajnika CasseteTX – *main.c* zawiera definicje pokazane na **listingu 1**. Zamieniając numery wyprowadzeń można zmienić przypisanie przycisku do danego wyjścia. W programie odbiornika CassetteRX, także w pliku głównym programu – *main.c*, znajdują się definicje przyporządkowania przekaźników do danego przycisku. Zmieniając numery portów także tutaj mamy możliwość łatwej zmiany przydzielonych przycisków do przekaźników. Definicje w programie odbiornika zostały pokazane na **listingu 2**.

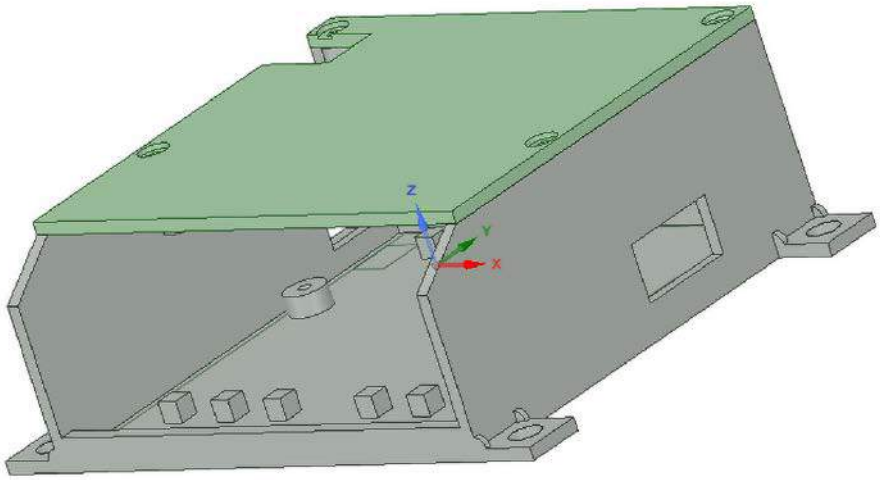


Fotografia 1. Zmontowane płytki urządzenia

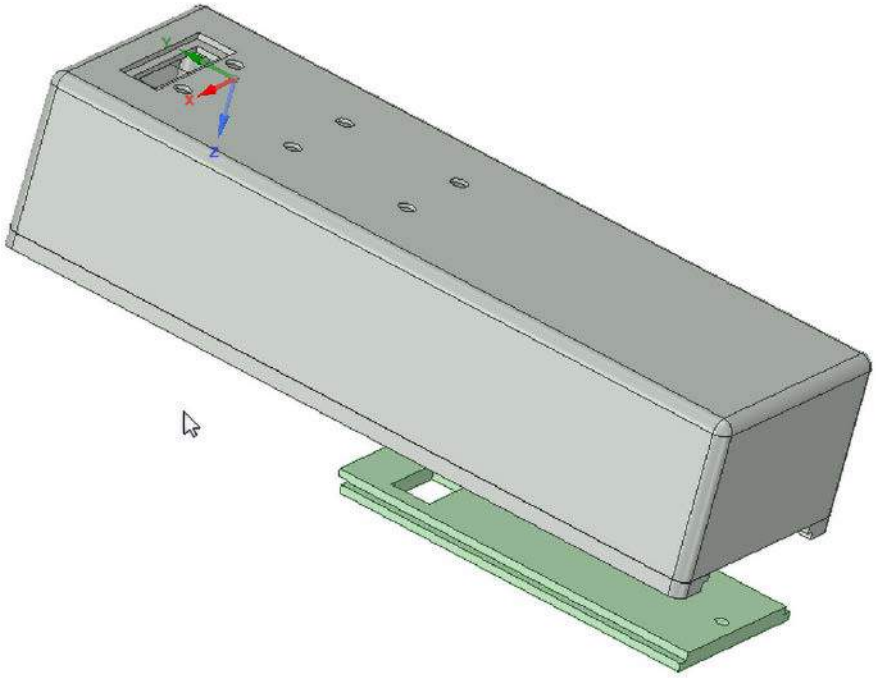
Listing 2. Definicje wyjść w programie odbiornika

```
#define R1off GPIOA->BRR = GPIO_Pin_0
#define R1on GPIOA->BSRR = GPIO_Pin_0
#define R2off GPIOA->BRR = GPIO_Pin_1
#define R2on GPIOA->BSRR = GPIO_Pin_1
#define R3off GPIOA->BRR = GPIO_Pin_2
#define R3on GPIOA->BSRR = GPIO_Pin_2
#define R4off GPIOA->BRR = GPIO_Pin_3
#define R4on GPIOA->BSRR = GPIO_Pin_3
#define R5off GPIOA->BRR = GPIO_Pin_4
#define R5on GPIOA->BSRR = GPIO_Pin_4
#define R6off GPIOA->BRR = GPIO_Pin_5
#define R6on GPIOA->BSRR = GPIO_Pin_5
```


eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 5. Projekt obudowy odbiornika



Rysunek 6. Projekt obudowy pilota

Obudowy

Obudowy nadajnika oraz odbiornika zostały wykonane w technice druku 3D. Obudowa odbiornika składa się z dwóch części: podstawy głównej oraz pokrywki. Część główna zawiera wypusty z otworami na śrubki 3 mm służące do przymocowania płytki PCB. Po przymocowaniu płytki PCB pokrywkę należy przykręcić używając śrubek 3 mm. Model obudowy odbiornika został pokazany na **rysunku 5**.

Obudowa nadajnika składa się z trzech części – frontowej, do której należy przymocować płytkę PCB nadajnika, tylnej oraz klapki na baterie. Część tylną oraz frontową należy podłączyć za pomocą śrubek 3 mm. Część frontowa ma z przodu otwór prostokątny, aby można było zobaczyć stan diod sygnalizacyjnych. W projekcie w to miejsce został przyklejony prostokąt z białego filamentu o grubości 1 mm. Nieduża grubość tego elementu zapewnia prześwit światła diod LED. Model obudowy nadajnika został pokazany na **rysunku 6**.

Obsługa

Tak jak wcześniej wspomniano, kanał pracy nadajnika oraz odbiornika musi być ustawiony przed podaniem napięcia zasilania. Mikrokontroler odbiornika podczas uruchamiania sprawdza aktualnie ustawiony kanał pracy i jeżeli jest inny niż był przy poprzednim uruchomieniu wtedy przepisuje nowy kanał do pamięci flash oraz uruchamia procedurę zmiany ustawienia kanału w module HC-12. W momencie trwania powyższej procedury diody LL1, LL2 migają naprzemiennie, natomiast po jej zakończeniu zaczynają migać razem przez około 2 s.

W nadajniku zmiana kanału także jest sygnalizowana miganiem diody INFOLED. Kanał w odbiorniku musi być zgodny z kanałem nadajnika aby urządzenia mogły się ze sobą komunikować. Adresy nadajnika oraz odbiornika, także muszą być takie same, przy czym ich wartość musi być różna od zera (przynajmniej jeden wybrany przełącznik każdego DIPSWITCH). Po naciśnięciu przycisku na pilocie następuje wysterowanie danego przekaźnika.

Odbiornik, po wysterowaniu wyjścia, wysyła potwierdzenie do nadajnika, wtedy ten miga diodą INFOLED jeden raz w przypadku załączenia danego wyjścia lub dwa razy w przypadku jego wyłączenia. Po wciśnięciu przycisku awaryjnego następuje zamiganie diody INFOLED trzy razy oraz wyłączenie ostatniego przekaźnika bezpieczeństwa. Po odblokowaniu przycisku awaryjnego następuje ponowne wysterowanie przekaźnika bezpieczeństwa oraz zamiganie diody INFOLED dwa razy na pilocie.

Urządzenia nie należy stosować w celu zastąpienia fabrycznych profesjonalnych kaset sterowniczych lub urządzeń radiowych, służących np. do sterowania suwnicami.

Należy także pamiętać, że nie należy za pomocą prezentowanego projektu sterować rzeczami, które mogłyby zagrażać życiu ludzkiemu, mieniu lub zwierzętom.

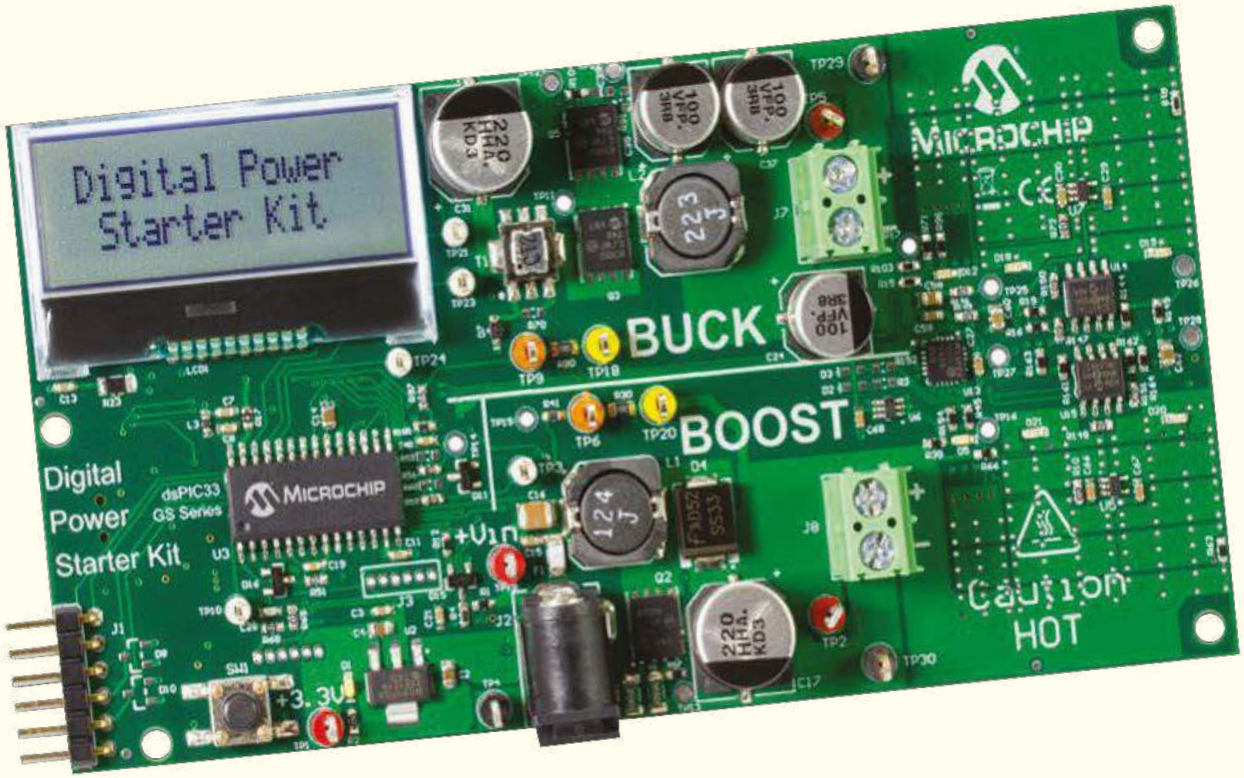
Krzysztof Miękus
lordwest1989@tlen.pl

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?

Zajrzyj na **www.ep.com.pl/EPwtoku**



eprasa.pl b682cee0b1



Wygraj zestaw ewaluacyjny Starter Kit for Digital Power

Firma Microchip organizuje konkurs dla czytelników „Elektroniki Praktycznej”, w ramach którego można wygrać płytkę ewaluacyjną DM330017-2 (MPLAB Starter Kit for Digital Power), która pozwoli poznać możliwości mikrokontrolera dsPIC33EP64GS502 przeznaczonego do realizacji cyfrowych konwerterów zasilania.

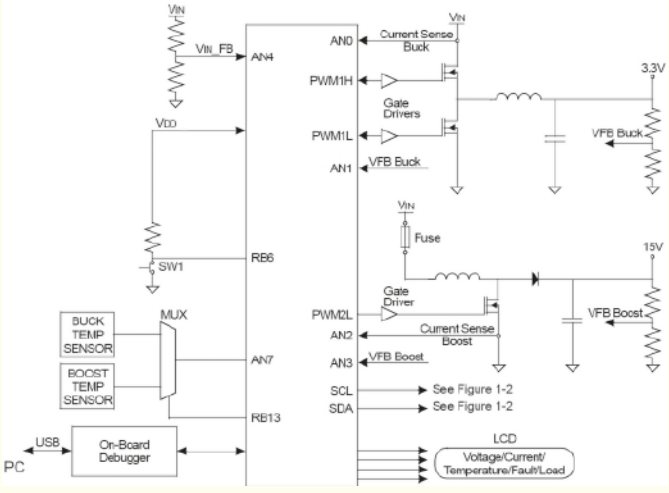
Zestaw startowy MPLAB Starter Kit for Digital Power jest wyposażony w DSC (*Digital Signal Contrtoller*) typu dsPIC33EP64GS502 przeznaczony do implementacji konwertera buck (obniżający napięcie) i konwertera boost (podwyższający napięcie). Na płytce znajdują się dwa kompletne, sterowane cyfrowo bloki konwersji zasilania – jedna niezależna synchroniczna przetwornica DC/DC buck i jedna niezależna przetwornica DC/DC Boost. Każdy konwerter został wyposażony w sterowane obciążenie rezystancyjne załączane kluczami MOSFET, ale może być też dołączone obciążenie zewnętrzne. Dodatkowo płytka Zawiera wyświetlacz LCD pokazujący napięcie, prąd, temperaturę i stany usterek oraz zintegrowany programator/debugger. Wszystko zasilane jest z dołączonego zasilacza 9 V.

Mikrokontrolery Microchip serii dsPIC33EPXXGS50X to cyfrowe kontrolery sygnału do impulsowych układów przetwarzania zasilania SMPS (*Switch Mode Power Supply*) i cyfrowych układów konwersji mocy. Kontrolery oferują funkcje obsługujące wspólne, wielopętlowe cyfrowe zasilacze impulsowe i inne aplikacje do cyfrowej konwersji mocy, takie jak konwertery AC na DC i DC na DC.

Rodzina układów dsPIC33EP serii „GS” zapewnia wydajność niezbędną do implementacji bardziej wyrafinowanych nieliniowych, predykcyjnych i adaptacyjnych algorytmów sterowania przy wyższych częstotliwościach przełączania w cyfrowych blokach zasilania. Te zaawansowane algorytmy umożliwiają projektowanie zasilaczy, które są bardziej energooszczędne i mają lepsze parametry zasilania. Wyższe częstotliwości przełączania umożliwiają rozwój fizycznie mniejszych zasilaczy, które oferują wyższe gęstości i niższe koszty.

Aby mieć szansę na wygranie zestawu ewaluacyjnego MPLAB Starter Kit for Digital Power lub otrzymać kupon rabatowy 20% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie: https://bit.ly/3kEr8EU.

Szczegółowe informacje na temat płytki ewaluacyjnej oraz układu dsPIC33EP64GS502 można znaleźć pod adresem: https://bit.ly/3cltMuS.



Rysunek 1. Uproszczony schemat zestawu Starter Kit for Digital Power

eprasa.pl b682cee0b1

Podstawowe parametry:

- nieskomplikowana konstrukcja,
- niska cena implementacji,
- łatwość montażu,
- atrakcyjny wygląd,
- duża funkcjonalność,
- doskonała ergonomia obsługi,
- napięcie zasilania: 3...5 V, pobór prądu 10 mA.

W ofercie AVT*

AVT5906

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

----	Zegar na rękę (EP 12/2020)
----	µClock (EP 9/2020)
AVT5735	Estetyczny zegar (EP 1/2020)
AVT5677	Zegar ClockRDS (EP 6/2019)
AVT5640	Rozbudowany zegar (EP 7/2018)
AVT5522	Zegar ustawiany za pomocą GPS (EP 9/2015)
AVT3132	Prosty zegar LED (EdW 7/2015)
AVT1832	Zegar z budzikiem (EP 10/2014)
AVT5281	„Inteligentny" zegar z wyświetlaczem LED (EP 3/2011)
AVT5377	Mega stoper – wielofunkcyjny licznik, nie tylko czasu (EP 12/2012)
AVT513	Zegar ze stuletnim kalendarzem i termometrem (EP 10-11/2011)
AVT5273	Zegar cyfrowy z analogowym sekundnikiem (EP 1/2011)
AVT2632	Gigantyczny zegar (EdW 5/2002)
AVT5022	Programowany zegar z DCF77 (EP 6-7/2001)
AVT5002	Zegar cyfrowy z wyświetlaczem analogowym (EP 3/2001)

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

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

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

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

Clock

Zegar to w portfolio każdego elektronika konstruktora przysłowiowe „must have". Nie ma w tym nic dziwnego, wszak są to z reguły urządzenia dość proste, lecz dające dużo niekłamanej satysfakcji podczas własnoręcznej implementacji. Nie inaczej było w moim przypadku. Wśród wielu konstrukcji, jakie dane mi było zaprojektować, było kilka zegarów – zarówno samodzielne urządzenia jak i takie, które stanowiły element większej całości. Co ciekawe, mimo że zegar z natury ma dość prostą funkcjonalność, projektowane przeze mnie urządzenia zawsze w pewien sposób się wyróżniały, np. cechami użytkowymi. Tak samo jest z zaprezentowanym tu zegarem Clock.



Ostatnią moją konstrukcją tego typu był projekt µClock opublikowany na łamach naszego miesięcznika w wydaniu 9/2020 – cieszył się on sporym zainteresowaniem Czytelników. Tym razem postanowiłem połączyć funkcjonalności wcześniej projektowanych urządzeń rozszerzając możliwości wspomnianego wcześniej urządzenia µClock o bardzo ciekawą funkcję pokazywania imienin dla bieżącego dnia roku – wbudowany kalendarz imienin. Zgodnie z tymi założeniami powstał nowy projekt o nazwie Clock

Budowa i działanie

Podobnie, jak poprzednio, stanąłem przed dylematem wyboru źródła zegara czasu rzeczywistego – RTC. Początkowo wydawało się, że tego rodzaju peryferium z powodzeniem możemy zrealizować programowo przy współudziale wbudowanego w strukturę mikrokontrolera układu RTC. Niemniej jednak w przypadku takiej implementacji nierozwiązany pozostaje problem podtrzymania zasilania układu RTC w czasie braku zasilania systemu mikroprocesorowego. Ostatecznie wybrałem układ firmy Microchip pod postacią peryferium o nazwie MCP79410, który ma tą ważną zaletę, że obsługuje automatyczny mechanizm podtrzymania bateryjnego zegara RTC pobierając w takim trybie pracy prąd rzędu kilkuset nA. Co więcej, układ ten cechuje się następującymi, wybranymi walorami użytkowymi:

- obsługa dokładnego zegara RTC oraz kalendarza do roku 2399,
- tryb pracy 12/24 godzinny,
- możliwość regulacji dokładności wbudowanego oscylatora w zakresie ±129 ppm,
- funkcja podwójnego alarmu sprzętowego z możliwością sterowania wyprowadzeniem MFP,
- funkcja automatycznego podtrzymania zasilania bateryjnego ustawień RTC,
- funkcja automatycznego znacznika czasu wypadnięcia/przywrócenia zasilania,
- wielofunkcyjne wyjście MFP wyposażone w możliwość generowania przebiegów prostokątnych o wybranej częstotliwości,
- wbudowana pamięć RAM o wielkości 64 bajty podtrzymywana bateryjnie,
- wbudowana pamięć EEPROM o wielkości 1 kb,
- szeroki zakres napięć zasilających 1,8...5,5 V.

Jak widać, układ MCP79410 idealnie wpisuje się w wymagania naszej aplikacji.

Schemat aplikacyjny urządzenia Clock, został pokazany na **rysunku 1**. Zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy, który bazuje na niewielkim ale nowoczesnym mikrokontrolerze firmy Microchip o oznaczeniu ATtiny3216. Układ jest taktowany wewnętrznym generatorem o wynikowej częstotliwości 2,66 MHz. Mikrokontroler ten realizuje kilka kluczowych zadań w ramach programu obsługi aplikacji a mianowicie:

- Steruje pracą wbudowanego wyświetlacza OLED o organizacji 128×32 piksele

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

Rezystory: (SMD0805)
R1: 1 kΩ
R2, R3: 4,7 kΩ

Kondensatory: (SMD 0805, ceramiczne)
C1, C2: 12 pF
C3: 100 pF
C4...C6: 100nF

Półprzewodniki:
D1: BAS85.115 (MINIMELF)
U1: MCP79410-I/SN (SO-08)
U2: ATtiny3216 (SOIC-20)
OLED: wyświetlacz OLED 128×32 px., 0,91", sterownik SSD1306, magistrala I²C, wymiary 38×12 mm

Pozostałe:
Q1: rezonator kwarcowy zegarkowy 32768 Hz
PLUS, MINUS: mikroprzełącznik SMD typu DTSM31NB
BATT: gniazdo baterii CR1220 typu CONNFLY DS1092-12-N8S
VCC: bateria CR1220

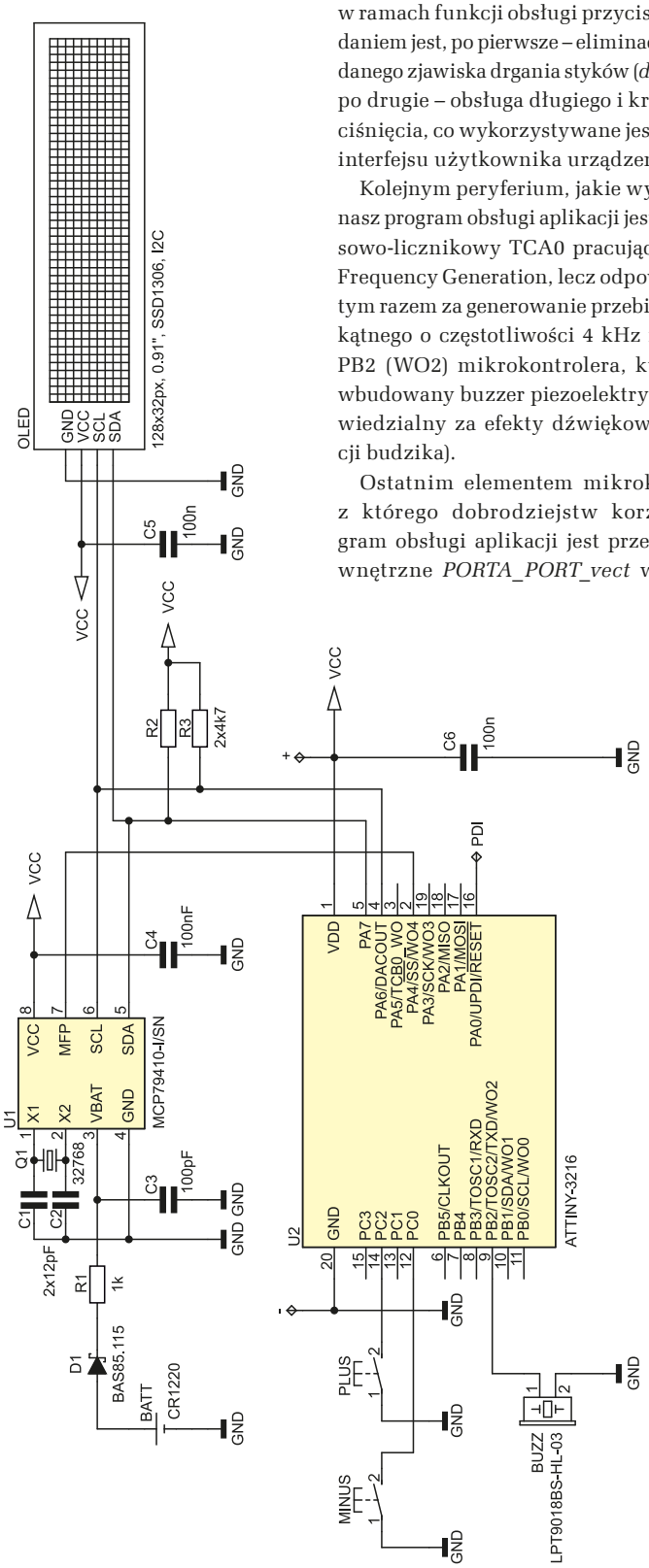
eprasa.pl b682cee0b1

stanowiącego element interfejsu użytkownika angażując w tym celu interfejs I²C;
- Zarządza współpracą ze wspomnianym wcześniej scalonym układem RTC pod postacią peryferium o nazwie MCP79410 angażując, jak poprzednio, ten sam sprzęg I²C;
- Obsługuje dwa przyciski funkcyjne PLUS i MINUS oraz buzzer piezoelektryczny BUZZ będące elementami interfejsu użytkownika.

Warto w tym miejscu zaznaczyć, że obsługa przycisków funkcyjnych odbywa się bez jakichkolwiek opóźnień (typu *_delay_ms*), gdyż korzysta z wbudowanego w strukturę mikrokontrolera układu czasowo-licznikowego TCB0 pracującego w trybie Periodic Interrupt (100 Hz), którego zadaniem jest generowanie i obsługa sprzętowych opóźnień w ramach funkcji obsługi przycisków. Jej zadaniem jest, po pierwsze – eliminacja niepożądanego zjawiska drgania styków (*debouncing*), po drugie – obsługa długiego i krótkiego naciśnięcia, co wykorzystywane jest w ramach interfejsu użytkownika urządzenia Clock.

Kolejnym peryferium, jakie wykorzystuje nasz program obsługi aplikacji jest układ czasowo-licznikowy TCA0 pracujący w trybie Frequency Generation, lecz odpowiedzialny tym razem za generowanie przebiegu prostokątnego o częstotliwości 4 kHz na wyjściu PB2 (WO2) mikrokontrolera, który zasila wbudowany buzzer piezoelektryczny odpowiedzialny za efekty dźwiękowe (w funkcji budzika).

Ostatnim elementem mikrokontrolera, z którego dobrodziejstw korzysta program obsługi aplikacji jest przerwanie zewnętrzne *PORTA_PORT_vect* wyzwalane opadającym zboczem na wyprowadzeniu PA4 mikrokontrolera. Co ważne, do tego wyprowadzenia mikrokontrolera podłączono wielofunkcyjne wyprowadzenie MFP układu RTC MCP79410, na którym, po odpowiednim skonfigurowaniu, pojawia się bardzo dokładny sygnał 1 Hz niezbędny w programie obsługi aplikacji. Po pierwsze służy do cyklicznego odświeżania ekranu interfejsu użytkownika, zaś pod drugie obsługuje mechanizm programowego stopera będącego jedną z funkcji urządzenia. Tyle w kwestiach konstrukcyjnych.



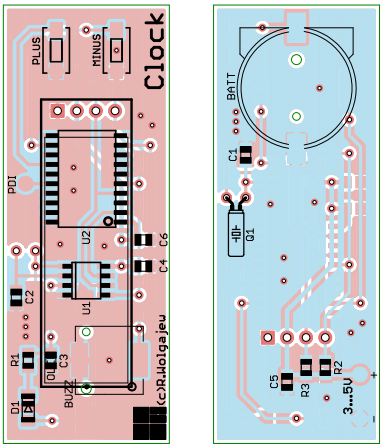
Rysunek 1. Schemat ideowy urządzenia Clock

Montaż i uruchomienie

Przejdźmy zatem do zagadnień montażowych. Celowo nie omawiam zagadnień programowych, gdyż te w większości pokrywają się z tymi z projektu µClock, w związku z czym zainteresowane osoby odsyłam do wydania 9/2020 naszego miesięcznika. Kilka różnic programowych wynika na pewno z faktu zastosowania innego typu mikrokontrolera o dużo większej wielkości pamięci Flash i zupełnie innej organizacji peryferiów. Nie są to jednak zagadnienia nazbyt skomplikowane, więc nie będę w tym miejscu przytaczał szczegółów implementacyjnych.

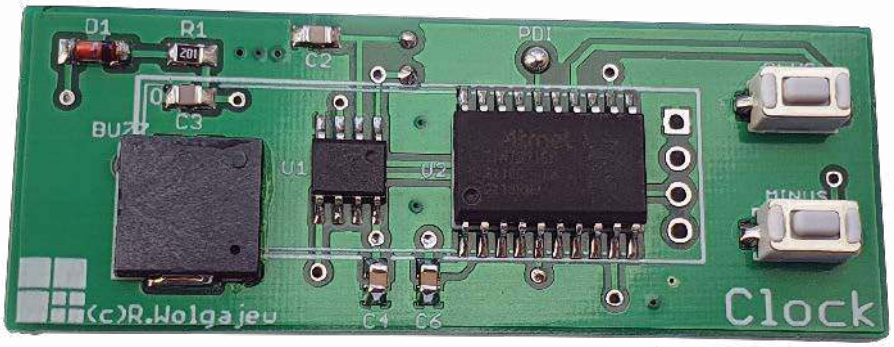
Schemat płytki PCB urządzenia Clock został pokazany na **rysunku 2**. Zaprojektowano niewielki, dwustronny obwód drukowany z zastosowaniem elementów o niezbyt wymagających obudowach, co w założeniu miało uprościć jego implementację, spełniając jedno z założeń konstrukcyjnych. Montaż urządzenia rozpoczynamy od warstwy TOP, gdzie w pierwszej kolejności montujemy wszelkiego rodzaju półprzewodniki. Następnie przylutowujemy elementy bierne a na końcu przyciski PLUS i MINUS oraz buzzer piezoelektryczny BUZZ.

Dalej przechodzimy na warstwę BOTTOM, gdzie podobnie jak poprzednio montujemy wszelkie elementy bierne (w tym rezonator kwarcowy) a na końcu koszyk baterii podtrzymującej zasilanie BATT. W tym momencie wracamy na warstwę TOP, gdzie montujemy

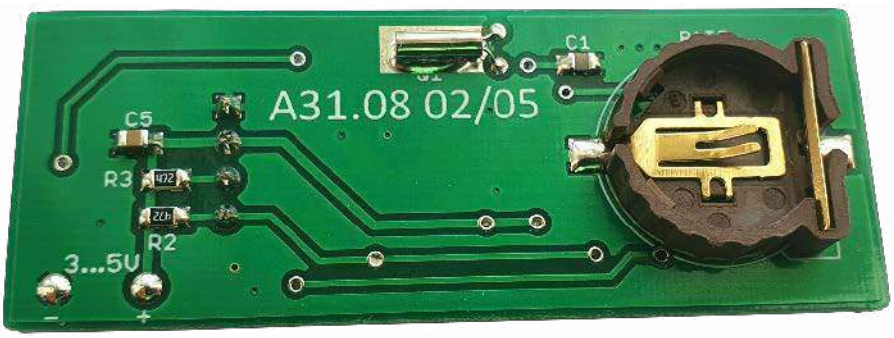


Rysunek 2. Schemat montażowy urządzenia Clock

eprasa.pl b682cee0b1



Fotografia 1. Zmontowane urządzenie Clock od strony warstwy TOP (tuż przed przylutowaniem wyświetlacza OLED)



Fotografia 2. Zmontowane urządzenie Clock od strony warstwy BOTTOM

moduł wyświetlacza OLED zwyczajnie lutując jego wyprowadzenia typu GOLDPIN do stosownych otworów na obwodzie drukowanym co jednocześnie zapewnia mu wystarczająco stabilny montaż mechaniczny. Wykonując to zadanie musimy jednak zwrócić uwagę na wzajemne położenie płaszczyzny wyświetlacza w stosunku do zamontowanych wcześniej przycisków funkcyjnych.

Zasilanie urządzenia podłączamy za pomocą przewodów przylutowanych od strony warstwy BOTTOM w miejscach oznaczonych +, –. Należy pamiętać by nie przekroczyć dopuszczalnej wartości napięcia zasilającego (5 V), gdyż mogłoby to uszkodzić nasze urządzenie. Poprawnie zmontowany układ nie wymaga żadnych regulacji i powinien działać tuż po włączeniu zasilania. Na **fotografii 1** pokazano zmontowane urządzenie (od strony TOP) tuż przed przylutowaniem wyświetlacza OLED, zaś na **fotografii 2** pokazano to samo urządzenie od strony BOTTOM.

Obsługa

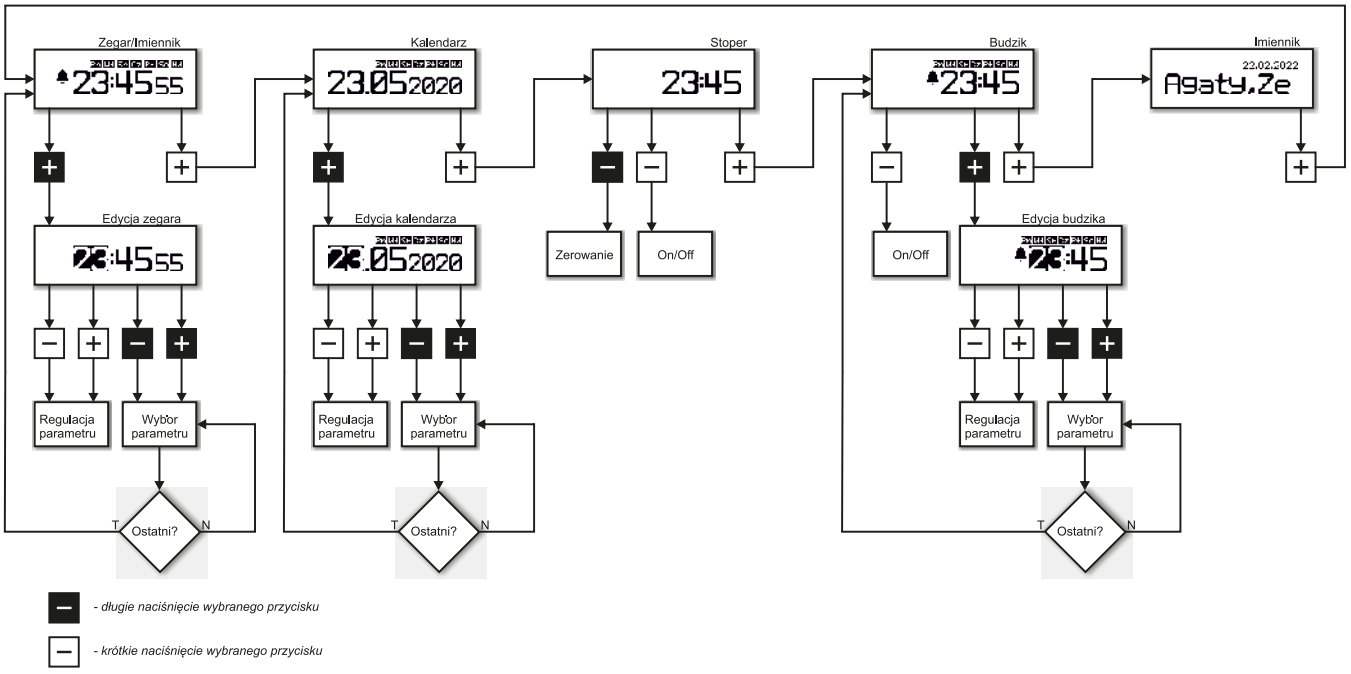
Konstruując program obsługi aplikacji kierowałem się jednym z początkowych założeń, a mianowicie prostotą obsługi. Biorąc to pod uwagę zdecydowałem się na zastosowanie wyłącznie dwóch przycisków sterujących oznaczonych umownie PLUS i MINUS, ale zaimplementowano obsługę krótkiego i długiego wciśnięcia tych przycisków. Właśnie dzięki takiemu podejściu możliwe stało się znaczne uproszczenie sposobu obsługi urządzenia nie wpływając negatywnie na ergonomię lub, co gorsza, na funkcjonalność urządzenia.

Urządzenie Clock dysponuje pięcioma w pełni konfigurowalnymi funkcjonalnościami:

- zegar (z sekundnikiem) i funkcją imiennika,
- kalendarz (z dniem tygodnia),
- stoper,
- budzik (z planem tygodniowym),
- imiennik.

Co ważne, wszystkie te funkcjonalności obsługuje się w bardzo intuicyjny sposób za pomocą wyłącznie dwóch klawiszy funkcyjnych (obsługujących krótkie i długie naciśnięcie). Klawisze te, co oczywiste, przyjmują różne funkcjonalności zależne od trybu pracy urządzenia w jakim aktualnie się znajduje. Sposób obsługi urządzenia wraz z zaznaczeniem funkcji każdego z klawiszy (PLUS i MINUS) pokazano na **rysunku 3**.

Konstruując graficzny interfejs użytkownika GUI urządzenia stawiałem bardzo duży nacisk na przejrzystość prezentowanych informacji, jak i ich walory estetyczne. Właśnie dlatego posłużyłem się wyłącznie trzema krojami czcionek ekranowych o prostej i eleganckiej formie, co w połączeniu z niezaprzeczalnymi zaletami zastosowanego wyświetlacza OLED postawiło na dość wysokim poziomie osiągnięty efekt końcowy. Całość prezentuję się po prostu ładnie a ergonomia i łatwość obsługi urządzenia potęgują te walory.



Rysunek 3. Diagram obrazujący sposób obsługi urządzenia Clock (w tym funkcjonalność przycisków funkcyjnych)

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 4. Dostępne menu urządzenia Clock

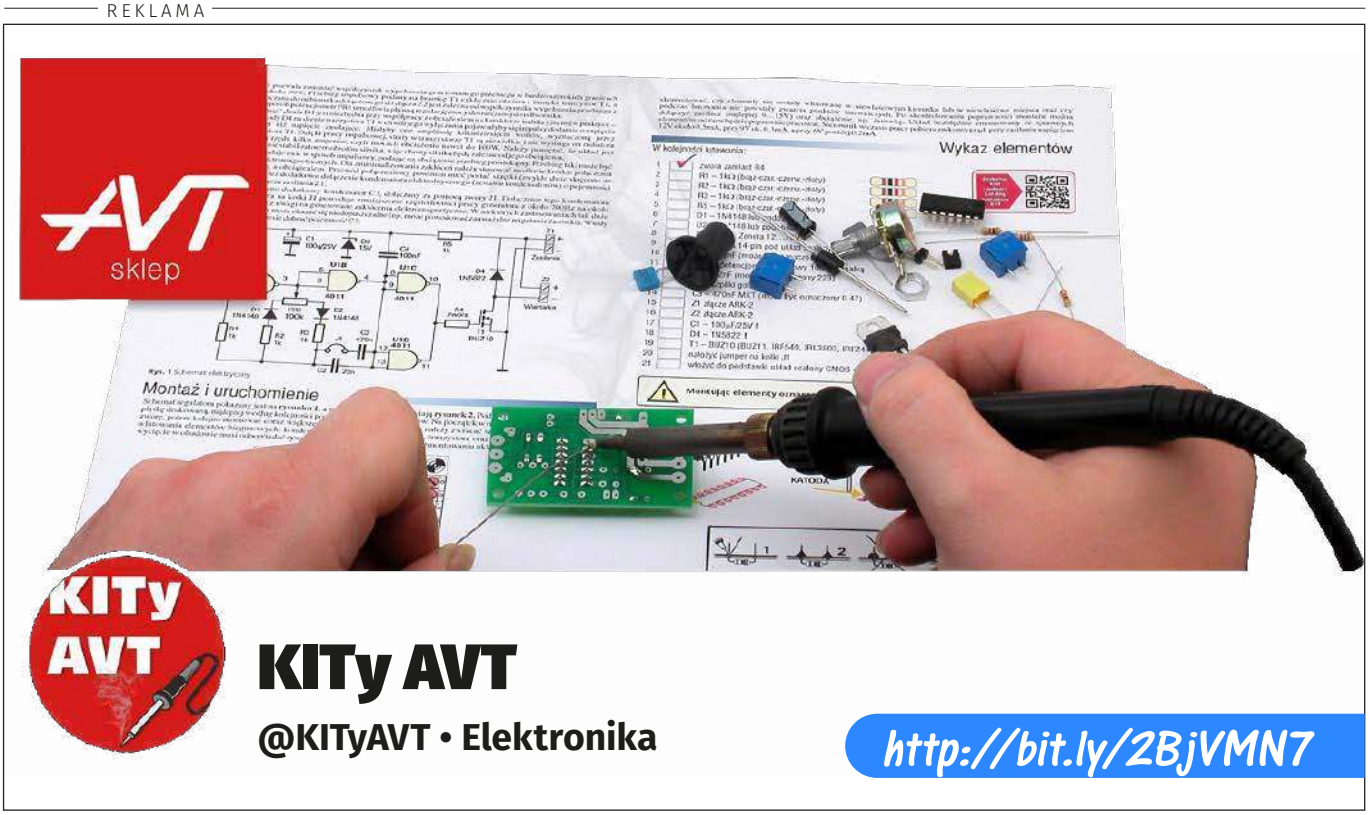
Warto podkreślić, że funkcja pokazywania imienin aktywna jest wyłącznie w trybie zegara oraz, co oczywiste, w trybie imiennika. W trybie zegara na początku każdej minuty w polu nazw dni tygodnia (w pierwszej linii wyświetlacza) pokazywane są imiona osób obchodzących w tym dniu imieniny. Forma tego przekazu jest statyczna, w przypadku, gdy cały tekst mieści się na ekranie lub dynamiczna (przewijanie), w przypadku, gdy tekst nie mieści się na ekranie. W trybie imiennika wspomniane wcześniej informacje przewijane są bez przerwy w głównej części ekranu (linie 2...4), tym razem z zastosowaniem znacznie większej czcionki ekranowej, co w zamyśle miało poprawić czytelność prezentowanych informacji.

Dla jasności, na **rysunku 4** pokazano wszystkie dostępne menu urządzenia Clock. W ramach menu Zegar/Imiennik pokazywany jest również dzień tygodnia oraz aktywność alarmu budzika. Warto podkreślić, że sekundy zegara pokazywane są w sposób animowany. Kolejna sekunda przesuwa się z dołu do góry, jak miało to miejsce w przypadku mechanicznych liczników z cyframi umieszczonymi na bębnie. Muszę przyznać, że efekt końcowy przerósł moje oczekiwania i całość wygląda bardzo atrakcyjnie. Z kolei w ramach menu Alarm pokazywane są wszystkie aktywne dni tygodnia, dla których zaprogramowano funkcję alarmu.

Robert Wołgajew, EP

Opis projektu µClock opublikowanego w EP 9/2020: https://bit.ly/3p1QNZC

REKLAMA



eprasa.pl b682cee0b1

W ofercie AVT*
AVT5911

Podstawowe parametry:

- regularne błyskanie wbudowaną diodą LED co 2,5 s,
- czas trwania jednego błysku około 15 ms,
- zasilanie 3 V baterią CR2032,
- średni pobór prądu ok. 220 µA,
- szacowany czas pracy około 900 h.

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

AVT791 Błyskacz – sygnalizator optyczny (EdW 11/2016)
AVT790 Mrygałka LED – energooszczędny sygnalizator optyczny (EdW 8/2016)

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

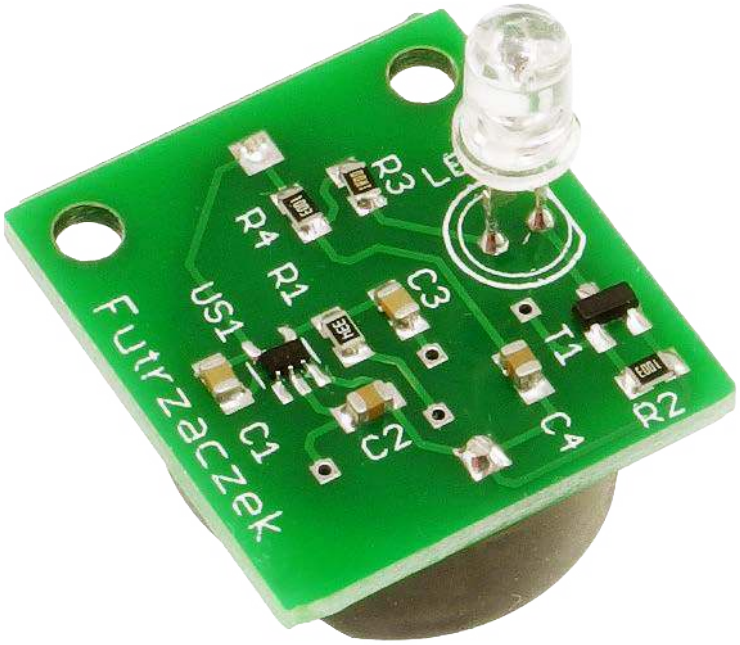
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Energooszczędny sygnalizator LED

Dioda LED, która emituje krótkie, intensywne błyski światła w regularnych odstępach czasu może przydać się w wielu miejscach. Mogą to być reklamy przykuwające uwagę przechodniów albo tabliczki kierujące do wyjścia ewakuacyjnego. Taki sygnalizator powinien jak najdłużej pracować zasilany z jednej baterii.



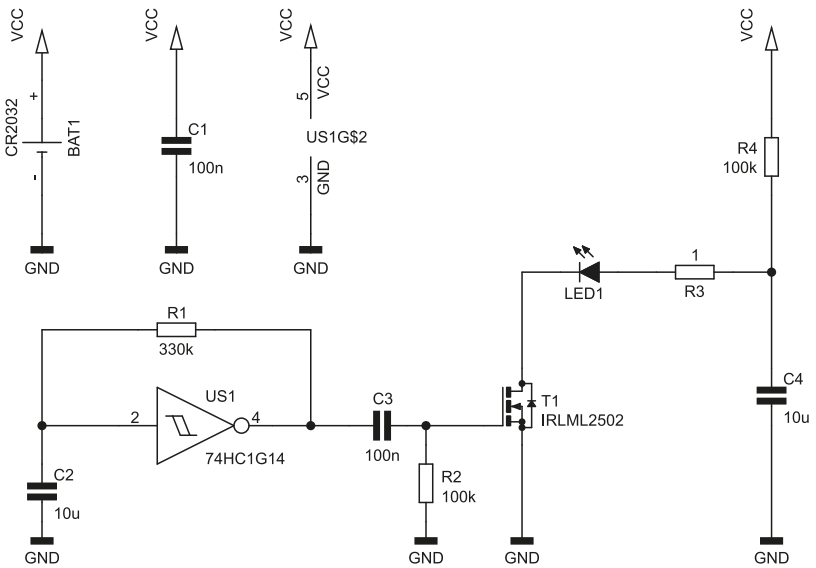
Typowe diody LED, które są sprzedawane jako migające, pracują z wypełnieniem ok. 50%. To powoduje, że ich średnie zapotrzebowanie na prąd wynosi kilka lub kilkanaście miliamperów. Przy ciągłym obciążeniu o takiej wartości, nawet pojemny komplet baterii szybko ulegnie wyczerpaniu. Zaprezentowany energooszczędny sterownik tak steruje zwykłą diodą LED, aby ta emitowała tylko krótkie błyski, dzięki czemu urządzenie może pracować znacznie dłużej. Układ ten może działać przez kilka tygodni przy zasileniu wyłącznie jedną baterią CR2032.

Budowa i działanie

Schemat ideowy energooszczędnego sterownika diody LED został pokazany na **rysunku 1**. Jego głównym obwodem jest bardzo prosty generator sygnału prostokątnego, zrealizowany z użyciem bramki NOT z wejściem Schmitta. Rezystor R1 powoduje powolne przeładowywanie kondensatora C2, a wyjście bramki cyklicznie zmienia swój stan logiczny.

Narastające zbocze przebiegu prostokątnego powoduje chwilowe otwarcie tranzystora T1. Jest ono wydzielone z sygnału przez prosty układ różniczkujący, w skład którego wchodzą kondensator C3 i rezystor R2. Zbocze narastające powoduje zwiększenie potencjału bramki powyżej napięcia progowego, co umożliwia przepływ prądu przez dren. Warto dodać, że zbocze opadające nie uszkodzi tranzystora T1, ponieważ amplituda sygnału z generatora to około 3 V, zaś izolacja podbramkowa tego tranzystora może wytrzymać napięcie 12 V. Zadaniem R2 jest przeładowywanie kondensatora C3 i utrzymywanie T1 w stanie zatkania pomiędzy impulsami.

Szybkie otwarcie tranzystora T1 wywołuje przepływ prądu przez diodę LED1. Jego wartość jest ograniczana przez rezystor R3 i wynosi nawet powyżej 1 A, ale tylko przez krótką chwilę. Otóż dioda LED1 jest zasilana energią zgromadzoną wcześniej w kondensatorze C4, ładowanym powoli przez rezystor R4. Stała czasowa tego obwodu została tak dobrana, aby C4 był w pełni naładowany w momencie otwarcia tranzystora T1. Jednocześnie



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

eprasa.pl b682cee0b1

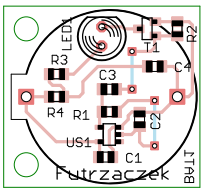
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1: 330 kΩ SMD0805
R2, R4: 100 kΩ SMD0805
R3: 1 Ω SMD0805

Kondensatory:
C1, C3: 100 nF SMD0805
C2, C4: 10 µF 16 V SMD0805

Półprzewodniki:
LED1: OSHR5111P (opis w tekście)
T1: IRLML2502
US1: MC74HC1G14DTT1G (opis w tekście)

Pozostałe:
BAT1: koszyk baterii CR2032 do druku leżący THT + bateria



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

średnia moc wydzielana w złączu diody LED1 jest niewielka, znacznie mniejsza niż wartość dopuszczalna (120 mW). Dzięki temu bateria nie jest obciążana prądem o charakterze udarowym. Jego natężenie zmienia się nieznacznie i ma niewielką wartość. Wzrost rezystancji wewnętrznej ogniwa, który może być spowodowany jego zestarzeniem się lub niską temperaturą otoczenia, nie będzie miał negatywnego wpływu na jasność emitowanych błysków. Takie warunki pracy odpowiadają bateriom litowym, które powinny być rozładowywane powoli. Pozwala to wydobyć z nich więcej energii elektrycznej.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 24×26 mm, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazło się miejsce dla dwóch otworów montażowych, każdy o średnicy 3,2 mm. Ich rozstaw to 18 mm.

Zalecane jest, aby montaż płytki przeprowadzić w sposób typowy, czyli zacząć od przylutowania elementów w obudowach do montażu powierzchniowego. Ich zagęszczenie na płytce jest nieznaczne i nie powinno stanowić dużego problemu nawet dla mniej doświadczonych osób. Będzie to doskonały trening z montażu SMD. Następnie należy wlutować diodę LED1, a na samym końcu koszyk baterii BAT1, który powinien znaleźć się po przeciwnej stronie płytki. Zmontowany i gotowy do działania układ został pokazany na **fotografii tytułowej.**

Prawidłowo zmontowany układ działa od razu. Natomiast, w związku z koniecznością naładowania kondensatora C2 od zera do górnego progu przerzutu wejścia Schmitta, oczekiwanie na pierwszy błysk światła jest nieco dłuższe. Pobór prądu waha się w trakcie pracy między 100 µA a 350 µA, zaś jego średnia wartość wynosi około 220 µA. Zakładając typową pojemność baterii CR2032, która wynosi około 200 mAh, możemy uzyskać ponad 900 h (czyli ponad 5 tygodni) ciągłej pracy tego układu.

W układzie prototypowym został użyty układ US1 o dokładnym oznaczeniu MC74HC1G14DTT1G. Analogiczny układ z innej serii może powodować zwiększone zużycie prądu przez układ – na przykład w przypadku 74LVC1G14 wynosił on (średnio) ponad 3 mA. Dlatego warto zwrócić uwagę, aby zastosowany układ był z serii HC, choć można eksperymentować również z innymi, takimi jak AHC.

Zastosowana dioda to super-jasna, czerwona LED typu OSHR5111P. Ma najniższe napięcie przewodzenia ze wszystkich diod. Możliwe jest również zastosowanie innej, na przykład świecącej na żółto lub zielono. Istotne jest, aby wybrana dioda przystosowana była do przewodzenia prądu o natężeniu większym niż standardowe 20 mA dla diod sygnalizacyjnych, ponieważ przez jej strukturę popłynie prąd osiągający wysoką wartość szczytową. Trzeba się jednak liczyć z mniejszą jasnością oraz szybszym zakończeniem pracy przez układ, co ma związek z malejącym napięciem na zaciskach baterii w trakcie jej rozładowywania.

Michał Kurzela, EP

Podstawowe parametry:

- sterowanie poprzez magistralę I²C,
- sterowanie czterema silnikami o prądzie maksymalnym 400 mA,
- napięcie znamionowe silników musi mieścić się w zakresie 2,5...5,5 V,
- konstrukcja płytki PCB przystosowana do RPi Zero ale może współpracować także z innymi komputerkami.

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

AVT5896	Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero (EP 10/2021)	AVT5776	Miniaturowa czujka ruchu dla Raspberry Pi, Arduino i nie tylko (EP 6/2020)
AVT5890	Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero (EP 9/2021)	AVT5689	Budżetowy interfejs USB-I²S (EP 7/2019)
AVT5858	Płytka bazowa dla Raspberry Pi Pico (EP 5/2021)	AVT5680	Sensor smogu z technologią Bluetooth Low Energy (EP 4/2019)
AVT5851	Dwukanałowy port szeregowy dla Raspberry (EP 3/2021)	AVT1937	Płytka „domowej automatyki" dla Raspberry Pi Zero (EP 10/2016)
AVT5837	Moduł do pomiaru napięcia i prądu z interfejsem I²C (EP 1/2021)	AVT1936	Combo Audio DAC dla Raspberry Pi (EP 10/2016)
AVT5811	Odtwarzacz audio z Raspberry Pi (EP 10-12/2020)	AVT1905	Interfejs Ethernet dla Raspberry Pi Zero (EP 4/2016)

W ofercie AVT*
AVT5909

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

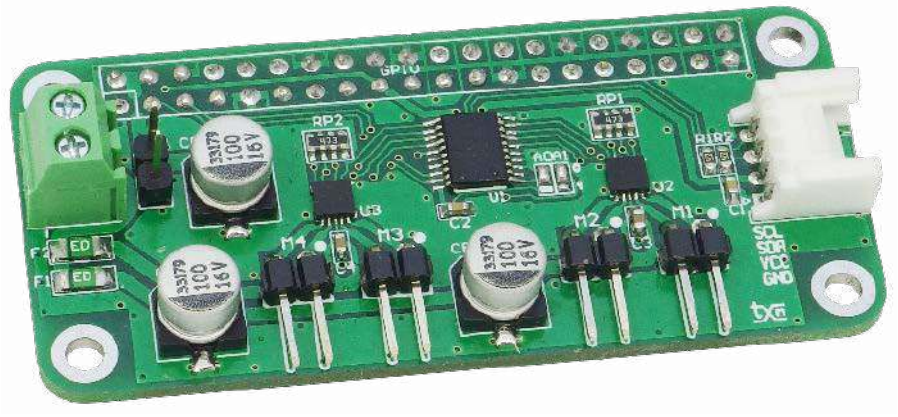
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero

Zaprezentowany układ to nakładka na Raspberry Pi pozwalająca na wysterowanie czterech mikrosilników prądu stałego. Moc lub prędkość obrotowa każdego silnika może być regulowania dzięki sterowaniu sygnałem PWM. Takie rozwiązanie doskonale sprawdzi się w realizacji projektów związanych z robotką i nie tylko.



eprasa.pl b682cee0b1

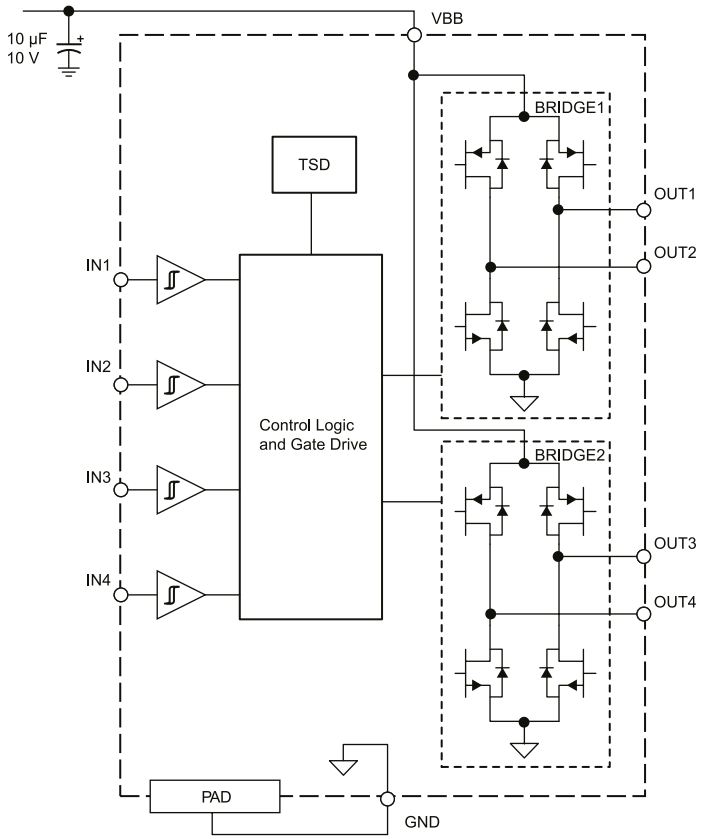
Moduł zawiera trzy układy scalone – dwa podwójne mostkowe drivery silników typu A3901 oraz ośmiokanałowy generator PWM typu PCA9634. Budowę wewnętrzną pierwszego pokazuje **rysunek 1**. Driver A3901 umożliwia sterowanie dwoma silnikami o prądzie maksymalnym 400 mA zasilanymi napięciem z zakresu 2,5...5,5 V. Regulacja prędkości obrotowej może odbywać się poprzez sterowanie sygnałem PWM o częstotliwości do 250 kHz. Układ został wyposażony w zabezpieczenie termiczne. Logika wejść sterujących została pokazana w **tabeli 1**.

Uproszczony schemat wewnętrzny drugiego układu – PCA9634, został pokazany na **rysunku 2**. Sterowanie układem odbywa się poprzez magistralę I²C. Funkcje układu oraz jego konfiguracja i sterowanie zostaną omówione w dalszej części artykułu.

Budowa i działanie

Schemat ideowy nakładki został pokazany na **rysunku 3**. Sterowniki U2 i U3 typu A3901 są sterowane z wyjść generatora PWM U1 typu PCA9634. Wyprowadzenia adresowe A0, A1 umożliwiają ustawienie jednego z 4 adresów na magistrali I²C, czyli teoretycznie możliwe jest sterowanie do szesnastu mikrosilników na jednej magistrali. Wejście !OE sterujące trójstanowym buforem wyjściowym PCA9634 nie jest w układzie wykorzystane i jest połączone z masą (!OE = 0).

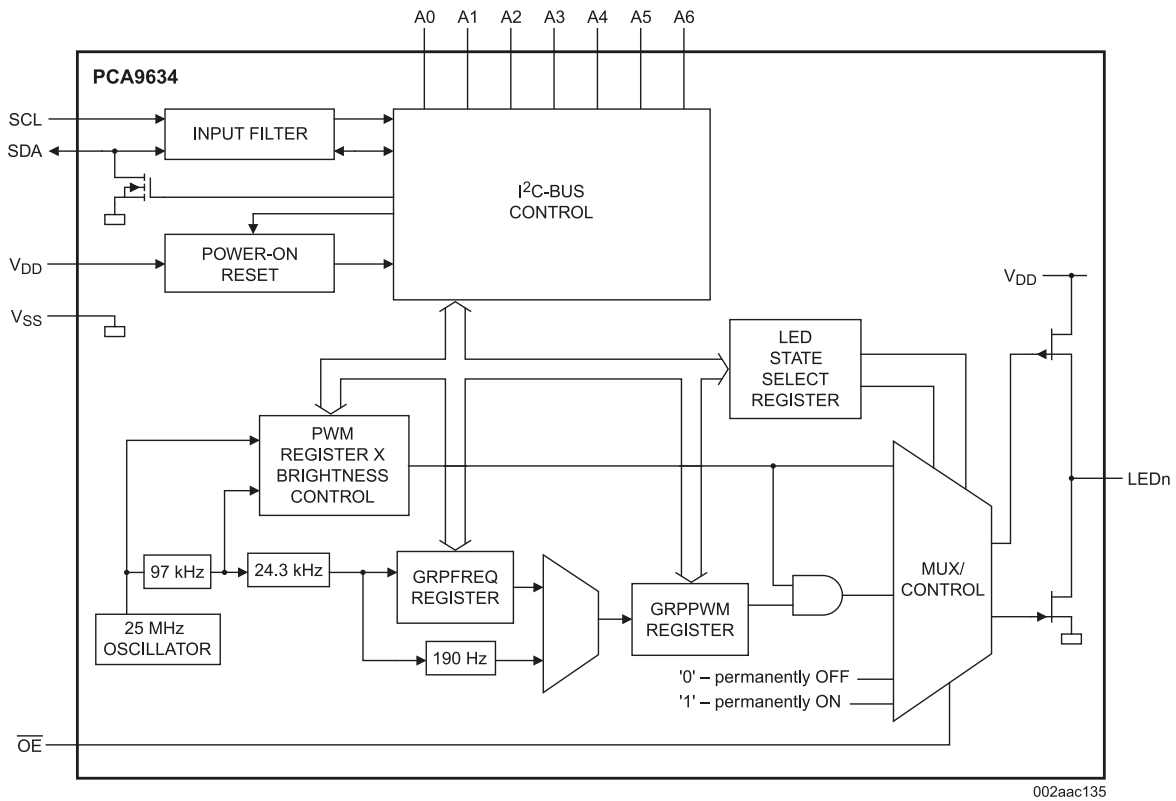
Zasilanie modułu doprowadzone jest do złącza PWR. Zwora V50 umożliwia zasilanie Raspberry Pi napięciem zasilania silników.



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu A3901

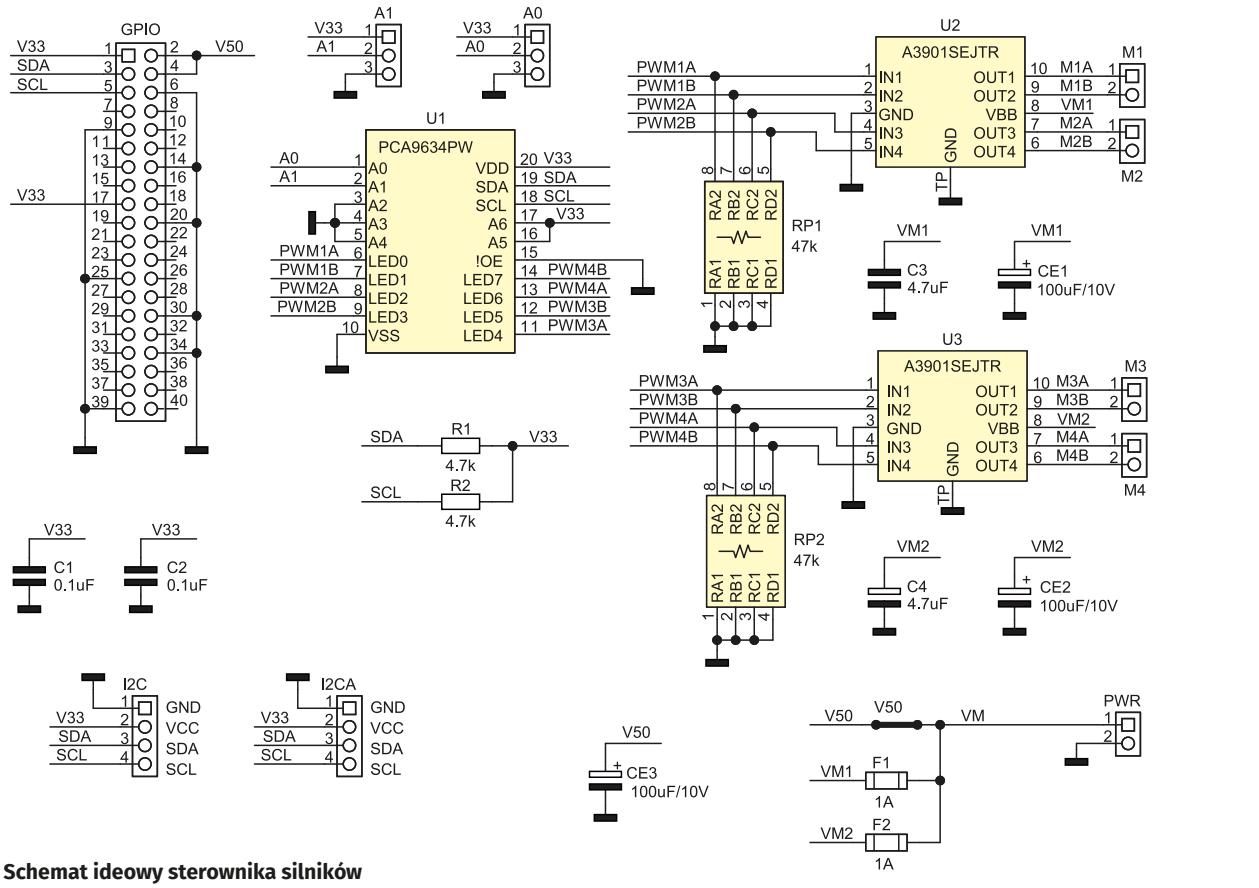
Tabela 1. Logika wejść sterujących układu A3901

IN1/3	IN2/4	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	Tryb
0	0	OFF	OFF	OFF	OFF	Hi-Z (Sleep Mode)/Coast
1	0	H	L	H	L	Forward
0	1	L	H	L	H	Reverse
1	1	L	L	L	L	Brake



Rysunek 2. Schemat wewnętrzny układu PCA9634

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 3. Schemat ideowy sterownika silników

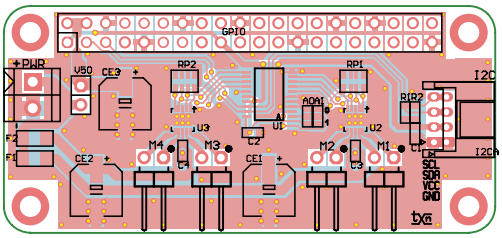
Zasilanie z jednego źródła Raspberry Pi i silników należy każdorazowo odpowiednio przeanalizować, aby nie doprowadzić do nieprawidłowego działania Pi, z mocno zakłócanego przez silniki źródła zasilania. Zasilanie silników z Raspberry Pi nie jest zalecane ze względu na małą wydajność prądową systemowego napięcia 5 V. Należy także pamiętać o odpowiedniej wydajności źródła zasilania PWR, kondensatory CE1, CE2, CE3 zapewnią tylko podstawową filtrację. Dla zwiększenia stabilności zasilania można dołączyć dodatkowy kondensator poza modułem.

Każdy z układów U2 i U3 zabezpieczony jest przed uszkodzeniem przy pomocy bezpiecznika polimerowego (F1, F2). Magistrala I²C została doprowadzona do złącza I²C (Grove) lub złącza I2CA (PH 2 mm) które umożliwiają dołączenie jej do współpracujących układów. Rezystory R1, R2 zapewniają właściwą polaryzację magistrali.

Montaż i uruchomienie

Moduł został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach zgodnych z Raspberry Pi Zero, ale oczywiście może być stosowany także w innych wersjach komputerka i z innymi płytkami uruchomieniowymi (Arduino, Pi Pi Pico, STM32). Wymaga tylko doprowadzenia zasilania silników do złącza PWR, i magistrali I²C do złącza I²C (można nawet nie lutować złącza GPIO). Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 4**. Montaż jest typowy, należy tylko zwrócić uwagę na przylutowanie pada termicznego na dolnej stronie obudów układów U2 i U3. Jest to niezbędne dla zapewnienia prawidłowego odprowadzania ciepła. Na koniec należy ustawić adresu modułu na magistrali I²C zworami A1, A0.

Sterowanie silnikami odbywa się poprzez odpowiednią konfigurację generatorów PWM układu PCA9634.



Rysunek 4. Schemat płytki PCB

Tabela 2. Rejestry konfiguracyjne układu PCA9634

Adres	Nazwa	Funkcja
0	MODE1	Rejestr konfiguracji układu
1	MODE2	Rejestr konfiguracji buforów
2	PWM0	Rejestr PWM 0
3	PWM1	Rejestr PWM 1
4	PWM2	Rejestr PWM 2
5	PWM3	Rejestr PWM 3
6	PWM4	Rejestr PWM 4
7	PWM5	Rejestr PWM 5
8	PWM6	Rejestr PWM 6
9	PWM7	Rejestr PWM 7
0A	GRPPWM	Rejestr grupowego PWM
0B	GRPFREQ	Rejestr grupowego "migania"
0C	LEDOUT0	Konfiguracja trybu grupy LED0 (LD0...3)
0D	LEDOUT1	Konfiguracja trybu grupy LED0 (LD4...7)
0E	SUBADR1	Konfiguracja podadresu globalnego grupa 1
0F	SUBADR2	Konfiguracja podadresu globalnego grupa 2
10	SUBADR3	Konfiguracja podadresu globalnego grupa 3
11	ALLCALLADR	Konfiguracja adresu globalnego ALL CALL LED

eprasa.pl b682cee0b1

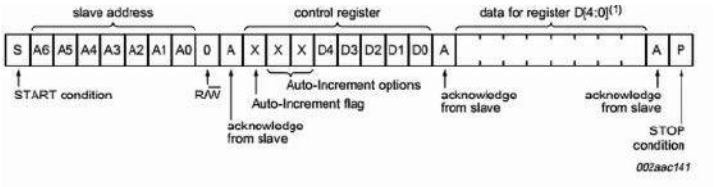
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1, R2: 4,7 kΩ SMD0603
RP1, RP2: 47 kΩ drabinka rezystorowa CRA06S08

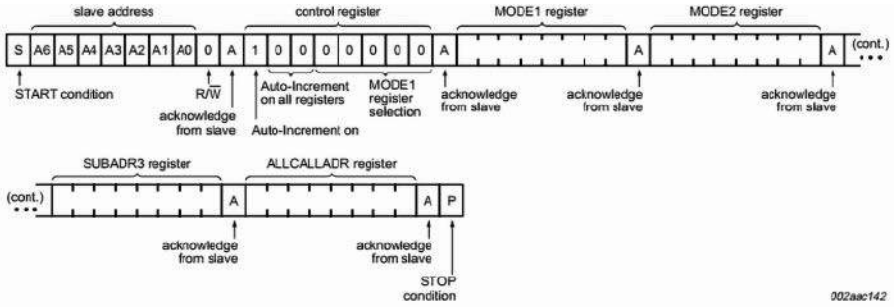
Półprzewodniki:
U1: PCA9634PW (SSOP20)
U2, U3: A3901SEJTR-T (DFN10)

Pozostałe:
F1, F2: 1 A SMD1206 bezpiecznik polimerowy
A0, A1: zwora SMD0603
GPIO: złącze IDC40 żeńskie 2×20
M1, M2, M3, M4: złącze SIP2 2,54 mm kątowe
PWR: złącze śrubowe DG381-3,5-2
V50: złącze SIP2 2,54 mm + zwora

Kondensatory:
C1, C2: 0,1 µF SMD0603 X7R/50 V
C3, C4: 4,7 µF SMD0603 X7R/16 V
CE1, CE2, CE3: 100 µF/10 V elektrolityczny miniaturowy SMD 6,3 mm



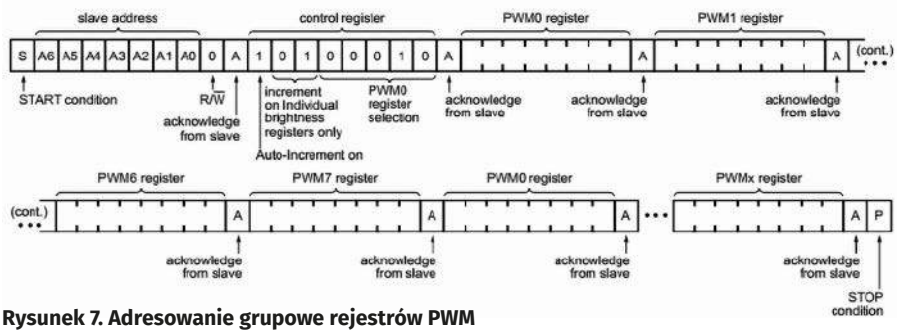
Rysunek 5. Adresowanie indywidualne rejestrów



Rysunek 6. Adresowanie grupowe rejestrów

Na niektórych wyjściach należy ustawić tylko stany logiczne 0 lub 1, określając w ten sposób kierunek obrotów. Generowanie sygnału PWM podłączonego do jednego z wejść A3901 umożliwi płynną regulację obrotów w odpowiadającym kierunku.

Strukturę rejestrów konfiguracyjnych układu PCA9634 zawiera **tabela 2**.



Rysunek 7. Adresowanie grupowe rejestrów PWM

Tabela 3. Podstawowa konfiguracja PCA9634

Adres	Nazwa rejestru	Funkcja Bitu
0	MODE1 (0x80)	B7, 1/0 = autoinkrementacja rejestrów, adresowanie bezpośrednie B4, 0/1 = praca/uśpienie Pozostałe domyślnie = 0
1	MODE2 (0x04)	B5 0 = grupowe PWM; 1 = grupowe miganie B4 1 = negacja wyjścia B3 0/1 = zmiana stanu wyjść I²C po STOP/ACK B2 0/1 = wyjścia open-drain/totem-pole Pozostałe domyślnie = 0
2:9	PWM0:9	Indywidualne PWM 0:7 0x00...0xFF
0C/0D	LEDOUT0/1	Konfiguracja LED3...0/LED7...4 B7/6,B5/4,B3/2,B1/0: 00 = LEDx OFF 01 = LEDx ON 10 = LEDx indywidualny PWMx 11 = LEDx indywidualny PWMx z grupowym PWM/miganie w zależności od MODE2:B5

Listing 1. Skrypt testowy dla układu PCA9634

```
#!/bin/bash
echo "Pi Zero UDCM4 PCA9634 + A3901
MicroMotor Driver ADR:0x60"

i2ctransfer -y 1 w17@0x60 0x80 0x80 0x04
0x7F 0x7F 0x7F 0x7F 0x7F 0x7F 0x7F 0x7F
0x80 0x00 0xff 0xe2 0xe4 0xe8

  echo "Stop"
  i2cset -y 1 0x60 0x0C 0x00
  i2cset -y 1 0x60 0x0D 0x00
  sleep 2

  echo "Left 50%"
  i2cset -y 1 0x60 0x0C 0x88
  i2cset -y 1 0x60 0x0D 0x88
  sleep 2

  echo "Brake"
  i2cset -y 1 0x60 0x0C 0x55
  i2cset -y 1 0x60 0x0C 0x55
  sleep 2

  echo "Right 50%"
  i2cset -y 1 0x60 0x0C 0x22
  i2cset -y 1 0x60 0x0D 0x22
  sleep 2

  echo "Stop"
  i2cset -y 1 0x60 0x0C 0x00
  i2cset -y 1 0x60 0x0D 0x00
  sleep 2
```

W zależności od potrzeb możliwa jest komunikacja z poszczególnymi rejestrami poprzez adresowanie indywidualne rejestrów, wskazujące na konkretny rejestr, zgodnie z **rysunkiem 5**. Drugim sposobem jest adresowanie grupowe wszystkich rejestrów, co pokazano na **rysunku 6**. Ostatnim sposobem jest adresowanie grupowe rejestrów PWM po wcześniejszej konfiguracji układu, co zostało pokazane na **rysunku 7**. Odczyt odbywa się podobnie. Dokładniejsze informacje zamieszczone są w nocie katalogowej. Podstawową konfigurację dla omawianego modułu zawiera **tabela 3**.

Dla sprawdzenia działania modułu można wykorzystać skrypt z **listingu 1**. Po podłączeniu zasilania silników, obecność układu na magistrali sprawdzamy poleceniem: i2cdetect -y 1. Powinien zostać wskazany adres układu PCA9634 z zakresu 0x60...0x63 odpowiadający ustawieniu zworek A1, A0. Jeżeli adres został zmieniony z domyślnego 0x60, należy uwzględnić to edytując skrypt testowy. Skrypt testowy steruje jednocześnie wszystkimi silnikami z wypełnieniem sygnału PWM równym 50% poprzez rejestry PWM0:9. Zmiana kierunku ich obrotów odbywa się poprzez odpowiednią konfigurację wyprowadzeń w rejestrze LEDOUT0/1 oraz MODE2.

Adam Tatuś, EP

eprasa.pl b682cee0b1

Podstawowe parametry:

- zasilacz beztransformatorowy – brak separacji galwanicznej,
- dostarcza napięcia 12 V przy obciążalności do 200 mA,
- bardzo szeroki zakres napięć zasilania: 48...380 V DC lub 90...250 V AC,
- niewielkie wymiary.

W ofercie AVT*

AVT5908

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

AVT5872	Regulowany zamiennik stabilizatora 78xx (EP 7/2021)
AVT1990	Regulowany zasilacz do płytek stykowych (EP 8/2018)
----	Precyzyjny regulowany zasilacz stabilizowany (EP 2/2018)
AVT5585	Zasilacz laboratoryjny 0...30 V/5 A ze sterowaniem mikroprocesorowym (EP 12/2017-1/2018)
----	Multizasilacz (EP 10/2017)
AVT1976	Precyzyjny, regulowany zasilacz uniwersalny 1,5-32 V/3 A (EP 8/2017)
AVT3172	Praktyczny zasilacz warsztatowy (EP 5/2017)
AVT1946	Zasilacz napięcia symetrycznego z LM27762 (EP 2/2017)
AVT1895	Uniwersalny moduł zasilający (EP 10/2016)
AVT1913	Moduł miniaturowego zasilacza (EP 8/2016)
AVT1857	Zasilacz modułowy (EP 7/2015)
AVT3072	Zasilacz płytek stykowych (EP 9/2013)
AVT1667	Stabilizator impulsowy 3 A z układem LM2576 (EP 3/2012)
AVT1731	Regulowany zasilacz uniwersalny 1,5... 32 V/3 A (EP 8/2011)
AVT1572	Symetryczny zasilacz warsztatowy ±1,25 V...±25 V 1,5/5 A (EP 6/2010)
AVT1461	Uniwersalny zasilacz laboratoryjny 5 i 12 VDC/1 A (EP 1/2008)
AVT727	Uniwersalny moduł zasilający (EdW 8/2004)
AVT5083	Mikroprocesorowy zasilacz laboratoryjny (EP 10/2002)
AVT2462	Zasilacz 10 A 10...20 V (EdW 1/2001)
AVT1253	Zasilacz symetryczny (EP 11/1999)
AVT1066	Miniaturowy zasilacz uniwersalny (EP 8/1995)

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

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

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

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

Beztransformatorowy impulsowy zasilacz sieciowy

W artykule zaprezentowano impulsowy zasilacz beztransformatorowy, który został zrealizowany z użyciem scalonej przetwornicy DC/DC typu MP9488. Układ ma zintegrowany klucz MOSFET oraz szereg zabezpieczeń i pracuje w aplikacji przetwornicy obniżającej High-Side Buck.

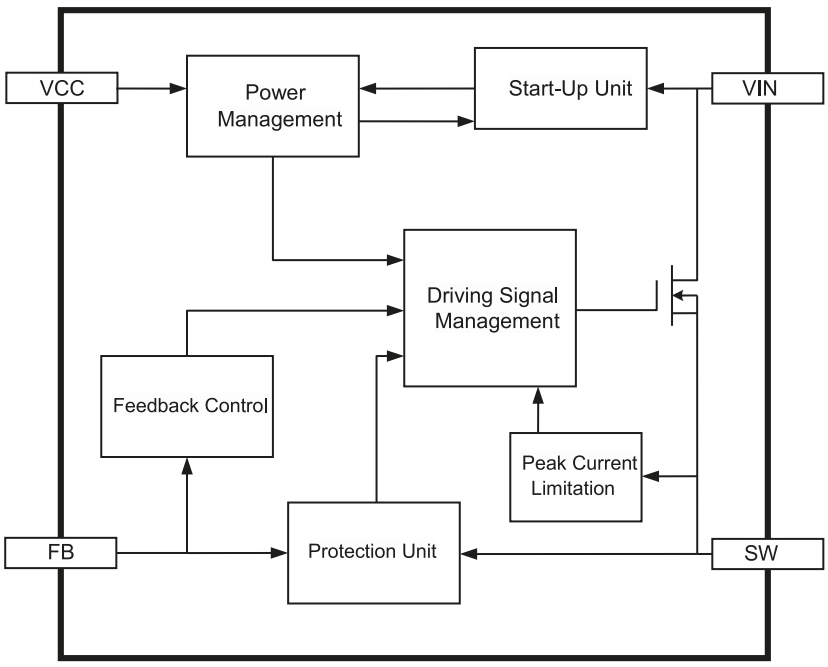


UWAGA! W układzie występują napięcia niebezpieczne dla życia, wszelkie czynności uruchomienie należy przeprowadzić zachowując szczególną ostrożność.

Konstrukcja charakteryzuje się bardzo szerokim uniwersalnym zakresem napięć zasilania, wynoszącym 48...380 V DC lub 90...250 V AC. Umożliwia to zasilanie budowanych układów z wysokonapięciowych źródeł, takich jak instalacje solarne PV, instalacje baterii akumulatorów rowerów lub innych pojazdów elektrycznych oraz sieci energetycznej. Na wyjściu dostępne jest napięcie 12 V o obciążalności do 200 mA.

Budowa i działanie

W roli sterownika przetwornicy wybrany został układ MP9488 firmy MPS, którego budowa wewnętrzna została pokazana na **rysunku 1**. Jest to uniwersalna przetwornica DC/DC ze zintegrowanym kluczem MOSFET, dopuszczalnym napięciem zasilania 450 V, prądzie przełączania do 0,5 A i wbudowanymi zabezpieczeniami. W modelu wybrano



Rysunek 1. Budowa wewnętrzna układu MP9488

UWAGA! W przypadku zasilania układu z sieci energetycznej 110/230 V AC należy pamiętać, że układ nie zapewnia separacji galwanicznej napięcia wyjściowego.

eprasa.pl b682cee0b1

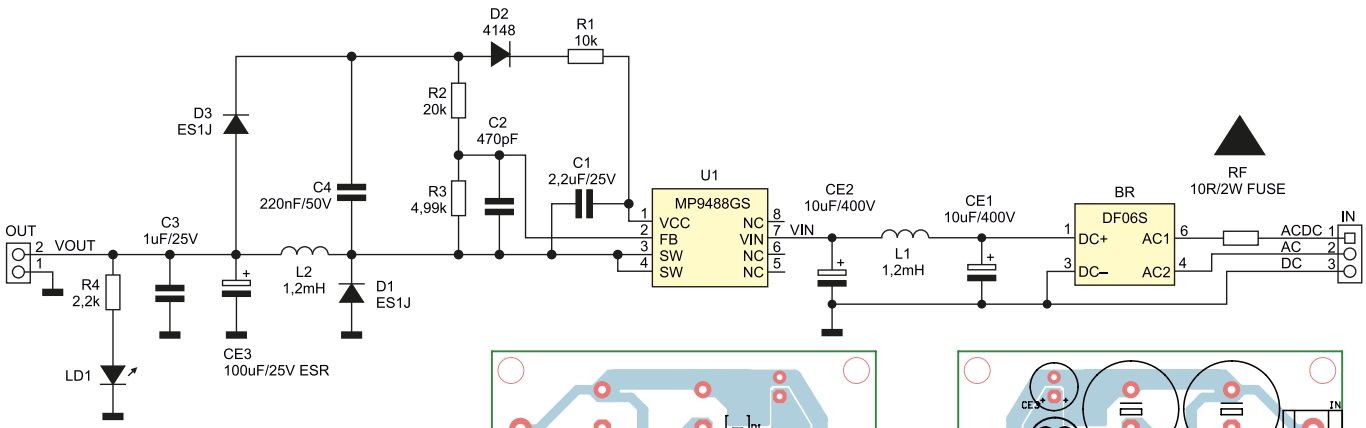
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1: 10 kΩ SMD1206 1%
R2: 20 kΩ SMD0805 1%
R3: 4,99 kΩ SMD0805 1%
R4: 2,2 kΩ SMD1206 1%
RF: 10 Ω bezpiecznikowy 2 W

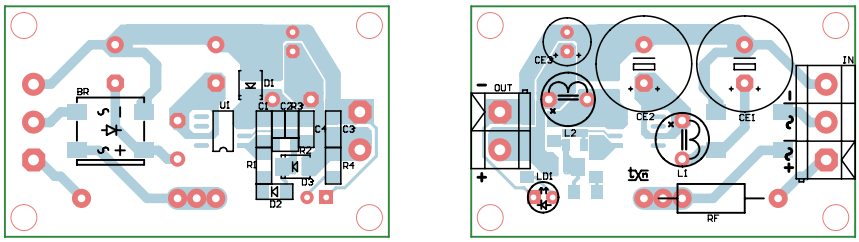
Kondensatory:
C1: 2,2 µF/25 V SMD1206
C2: 470 pF/50 V SMD805 C0G
C4: 220nF/50 V SMD1206
CE1, CE2: 10 µF/400 V elektrolityczny
CE3: 100 µF/25 V elektrolityczny Low ESR

Półprzewodniki:
BR: mostek prostowniczy DF06S SMD
D1, D3: dioda szybka ES1J SMA
D2: 4148 SMD
LD1: dioda LED THT
U1: MP9488GS (SO8)

Pozostałe:
IN: złącze DG126-5.0-3
L1, L2: dławik THT 1,2 mH/400 mA (COIL0608-1.2 FERROCORE)
OUT: złącze DG126-5.0-2



Rysunek 2. Schemat ideowy zasilacza



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

aplikację przetwornicy obniżającej (High-Side Buck).

Stałe napięcie wejściowe doprowadzone jest do zacisków ACDC i DC złącza IN, mostek BR pełni w tym przypadku funkcję zabezpieczenia przed odwrotnym podłączeniem zasilania. Układ może być zasilany sieciowym napięciem przemiennym, w tym przypadku napięcie zasilania doprowadzone jest do zacisków ACDC i AC złącza IN, a mostek BR zapewnia prostowanie pełnookresowe. Kondensatory CE1, CE2 filtrują napięcie zasilania przetwornicy U1, dławik L1 pełni funkcję filtra zakłóceń. Dzielnik R2, R3 ustala wartość napięcia wyjściowego (Vfb=2,55 V). Schemat zasilacza jest pokazany na **rysunku 2**. Napięcie wyjściowe dostępne jest na złączu OUT, dioda LD1 sygnalizuje jego obecność i zapewnia wstępne obciążenie przetwornicy.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej jednostronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż nie wymaga opisu, należy tylko poprawnie przylutować pad termiczny układu U1 i dokładnie oczyścić płytkę z topników. Przed podłączeniem układu należy dokładnie sprawdzić poprawność montażu i jakość zastosowanych elementów, szczególnie kondensatorów, gdyż mają one kluczowy wpływ na działanie układu.

Uruchomienie sprowadza się do wstępnego obciążenia wyjścia np.: rezystorem 68 Ω/10 W lub sztucznym obciążeniem i doprowadzenia odpowiedniego napięcia z zasilacza laboratoryjnego. Po włączeniu zasilania na wyjściu układu powinno pojawić się napięcie 12 V, ±5%. Zmieniając obciążenie oraz wartość napięcia zasilania należy sprawdzić poprawność stabilizacji napięcia wyjściowego. Jeżeli wszystko działa poprawnie układ zasilamy z transformatora separacyjnego 115 V/230 V lub 230 V/230 V i ponownie kontrolujemy zachowanie. Wyniki pomiarów prototypu zestawiono w **tabeli 1**.

Tabela 1. Pomiary parametrów egzemplarza prototypowego

	Uwe	Iwe	Uwy	Iwy	Pwe	Pwy	n
	[V]	[A]	[V]	[A]	[W]	[W]	[%]
DC	48,00	0,004	12,36	0,01	0,19	0,12	64,4%
	48,00	0,033	12,29	0,10	1,58	1,23	77,6%
	48,00	0,066	12,20	0,20	3,17	2,44	77,0%
	60,00	0,004	12,35	0,01	0,24	0,12	51,5%
	60,00	0,027	12,21	0,10	1,62	1,22	75,4%
	60,00	0,053	12,16	0,20	3,18	2,43	76,5%
	96,00	0,003	12,34	0,01	0,24	0,12	51,4%
	96,00	0,017	12,16	0,10	1,63	1,22	74,5%
	96,00	0,033	12,09	0,20	3,17	2,42	76,3%
AC	125,00	0,004	12,33	0,01	0,49	0,12	25,3%
	125,00	0,020	12,15	0,10	2,50	1,22	48,6%
	125,00	0,038	12,09	0,20	4,71	2,42	51,3%
	250,00	0,003	12,33	0,01	0,69	0,12	17,8%
	250,00	0,013	12,55	0,10	3,16	1,26	39,7%
	250,00	0,022	12,07	0,20	5,40	2,41	44,7%

Adam Tatuś, EP

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

eprasa.pl b682cee0b1

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

PROJEKT NR 253



Wzmacniacz lampowy Single Ended Bis

W EP 09/2020 ukazał się artykuł opisujący wzmacniacz Single Ended z lampami KT 88 w stopniu mocy. Niestety ta konstrukcja nie cieszyła się dużym zainteresowaniem, gdyż, jak się domyślam, powodem tego był brak dostępu do dobrej jakości transformatora sieciowego. Jest to element o stosunkowo dużej mocy – 250 VA, a z powodu braku dostępności na rynku trzeba taki zamówić i zapłacić niebagatelną cenę kilkuset złotych. W moim nowym wzmacniaczu lampowym zrezygnowałem z tej opcji i zastosowałem przetwornicę step-up o napięciu wyjściowym 380 V.

Schemat wzmacniacza został pokazany na **rysunku 1**. Od konstrukcji opisanej wcześniej różni się tym, że zastosowano mniejsze pojemności w filtrze zasilającym R7, R8, C4, C5 – teraz jest to 10 µF, oraz zmieniono układ Bias na wersję automatyczną – elementy R11, R14 oraz C7.

Blok zasilacza

Schemat bloku zasilającego został pokazany na **rysunku 2**. Wysokie napięcie zasilające obwody anodowe jest uzyskiwane z przetwornicy DC/DC dostępnej w formie gotowego modułu. Pracuje ona z częstotliwością 20 kHz i jako element impulsowy generuje niewielkie straty mocy. Zasilanie przetwornicy jest dostarczane z zewnętrznego zasilacza 230 V AC/12 V DC o wydajności 16 A. Na wyjściu przetwornicy uzyskiwane jest napięcie o wartości ok. 380 V AC, które trafia na szybką diodę prostowniczą oraz niewielką

eprasa.pl b682cee0b1

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

Wzmacniacz (jeden kanał)

Rezystory: (metalizowane, 0,25 W, o ile nie wskazano inaczej)
R1, R5: 1 MΩ
R2: 10 kΩ
R3: 510 Ω
R4: 51 Ω
R6: 330 kΩ
R7: 68 kΩ 1 W
R8: 33 kΩ 1 W
R9: 10 kΩ
R11: 220 kΩ
R12: 1,5 MΩ
R13: 1 kΩ
R14: 240Ω 5 W ceramiczny
R15: 220 Ω
R16: 47 Ω 1 W

Kondensatory:
C1: 0,1 µF 100 V MKT
C2: 100 µF 25 V elektrolityczny
C3: 0,22 µF 250 V MKT
C4: 10 µF 400 V elektrolityczny
C5: 0,1 µF 400 V MKT
C6: 56 pF ceramiczny 100 V
C7: 0,22 µF 400 V MKT
C7': 100 µF 100 V elektrolityczny
C8: 0,1 µF 100 V MKT

Pozostałe:
L1, L2: 6SN7 (1 szt.)
L3: KT88
Trafo głośnikowe: TTG EL34 SE TOROIDY
P1: potencjometr 2×100 kΩ log
Podstawki typu noval ceramiczne, 2 szt.
Gniazda typu cinch podwójne (gniazda wejściowe)
Gniazdo typu cinch pojedyncze (gniazdo wyjściowe subwoofer)
Złącza ARK3: 6 szt.
Złącze ARK: 2 szt.

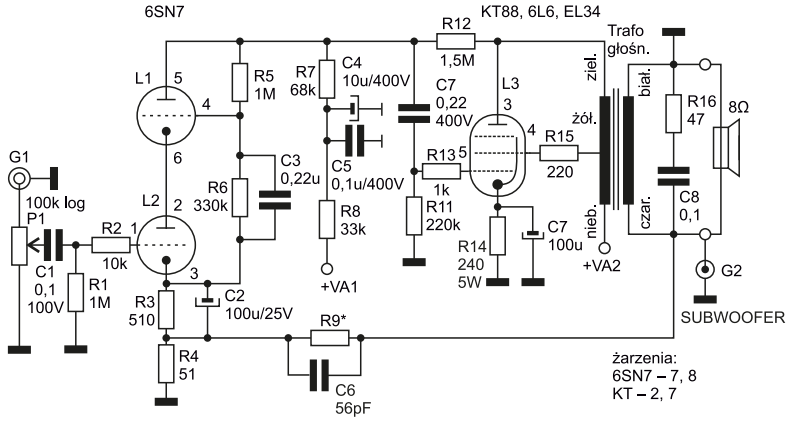
Zasilacz

Rezystory: (metalizowane, 0,25 W, o ile nie wskazano inaczej)
R1: 100 Ω 10 W (dobrany do napięcia anodowego UA1, UA2 = 320 V, przy prądzie spoczynkowym lamp mocy = 70 mA)
R2: 47 kΩ 0,5 W
R3: 1 MΩ 0,5 W
R4: 2,7 kΩ 0,25 W

Kondensatory:
C1: 0,1 µF 630 V MKT
C2: 10 µF 450 V elektrolityczny
C3: 10 µF 400 V elektrolityczny
C4: 10 µF 400 V elektrolityczny
C5: 0,1 µF 400 V MKT
C ż: 10 µF 16 V tantalowy

Półprzewodniki:
D1, D2: UF4007
D3: dioda Zenera 12 V 5 W
T1: MOSFET P3NK902

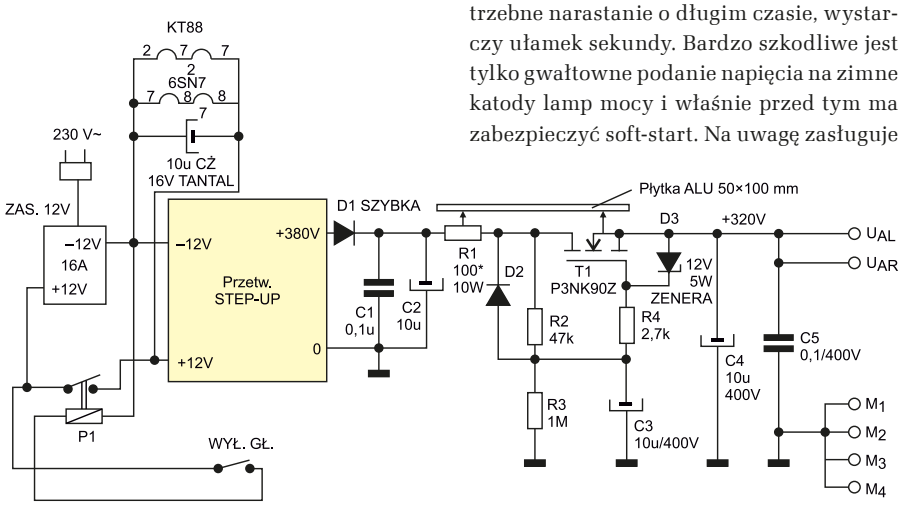
Pozostałe:
P1: przekaźnik SRD 12 V DC 10 A
Gniazdo DC 2,5/5,5 do obudowy
Zasilacz 12 V, 16 A (model PE 2121 03M1 Xboks lub podobny)
Przetwornica step-up: 12 V DC na 380 V AC, 20 kHz,
Wyłącznik: przechylny 6 A, 250 V AC



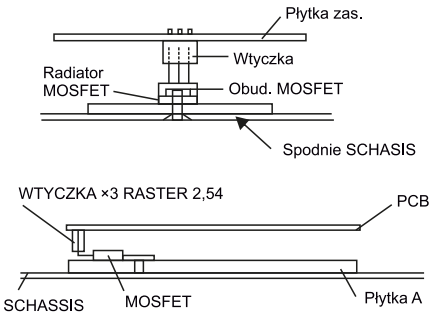
Rysunek 1. Schemat wzmacniacza

pojemność 10 µF. W dalszej kolejności wyprostowane napięcie podawane jest przez rezystor R1 dobrany tak, aby na wyjściu zasilacza, w trakcie pracy wzmacniacza, było napięcie 320 V.

Ostatnim blokiem zasilacza jest układ soft-startu. Elementy R2, C3 i T1 oraz kila elementów pomocniczych, powodują łagodne narastanie napięcia anodowego. Nie jest potrzebne narastanie o długim czasie, wystarczy ułamek sekundy. Bardzo szkodliwe jest tylko gwałtowne podanie napięcia na zimne katody lamp mocy i właśnie przed tym ma zabezpieczyć soft-start. Na uwagę zasługuje



Rysunek 2. Schemat zasilacza



Rysunek 3. Sposób montażu tranzystora T1

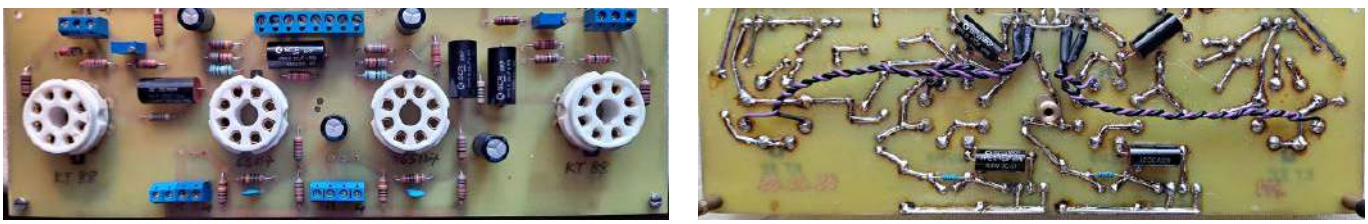
tylko sposób montażu tranzystora T1 – został pokazany na **rysunku 3**. Ciepło z tranzystora odbiera płytka z blachy aluminiowej o powierzchni kilkudziesięciu centymetrów kwadratowych przykręcona do spodu obudowy z użyciem pasty sylikonowej. Tranzystor połączony jest z płytką drukowaną poprzez wtyczkę rastrową z trzema wyprowadzeniami przylutowanymi od spodu płytki drukowanej, natomiast do blachy aluminiowej jest przykręcony z zastosowaniem podkładki i tulejki izolacyjnej.

Podsumowanie

Opisany wzmacniacz traktuję jako propozycję innej wersji wykonania konstrukcji opisanej w EP9/20. Wykonanie płytek drukowanych i zastosowane rozwiązania mechaniczne mogą być indywidualnie dostosowywane do własnych konstrukcji.

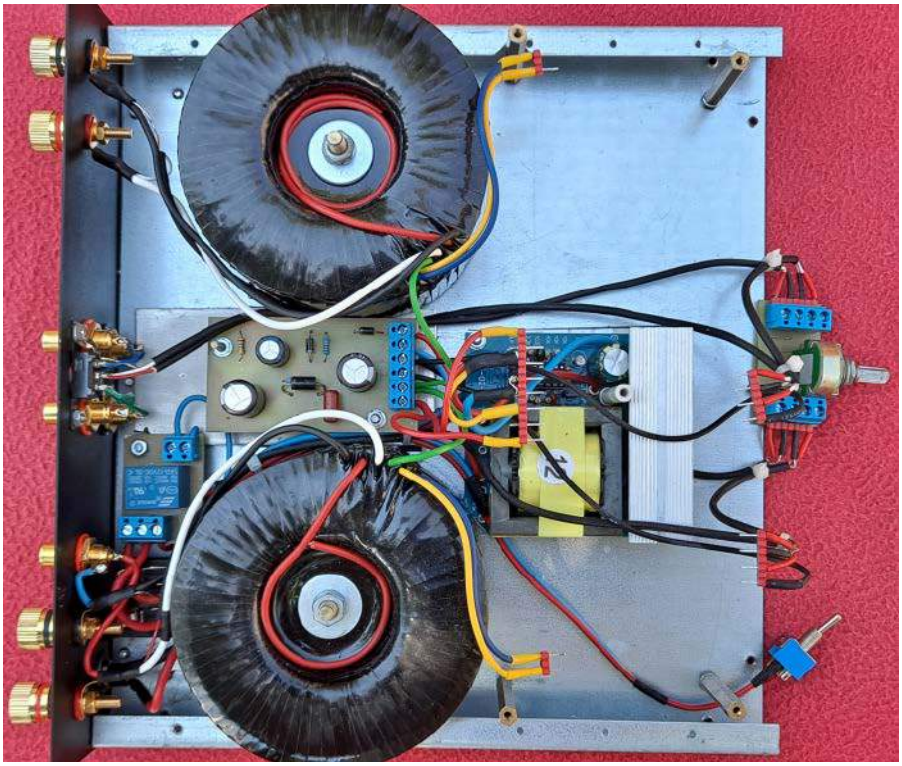
inż. Henryk Michałowski
michalowskihenio@gmail.com

Opis wzmacniacza lampowego Single Ended z EP9/2020: https://bit.ly/32J4HZa



Fotografia 1. Wygląd zmontowanej płytki wzmacniacza

eprasa.pl b682cee0b1



Fotografia 2. Wygląd wnętrza wzmacniacza z zamontowanym blokiem zasilania i przetwornicą (bez płytki wzmacniacza)



Fotografia 3. Wygląd gotowej konstrukcji z dołączonym zewnętrznym zasilaczem

KLUB AVT ELEKTRONIKA

Wstąp do Klubu AVT Elektronika

będziesz miał prawo do korzystania z szeregu przywilejów:

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

HTTP://BIT.LY/2GADWTQ

REKLAMA

eprasa.pl b682cee0b1



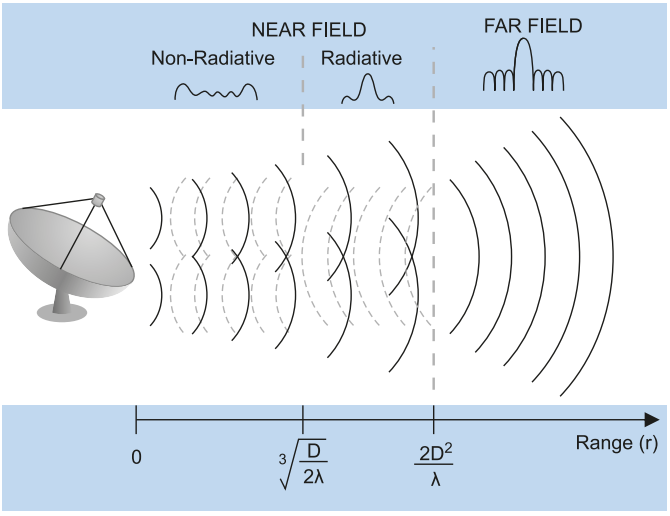
Pozyskiwanie energii z fal elektromagnetycznych

Pozyskiwanie energii elektrycznej, tzw. energy harvesting, może zachodzić z udziałem różnych źródeł. Najczęściej wykorzystywane są: energia słoneczna, energia kinetyczna, energia cieplna i energia elektromagnetyczna. Ostatni z wymienionych rodzajów jest w wielu kwestiach wyjątkowy. Sygnał RF (Radio Frequency) potrafi pokonać wiele ograniczeń, ma znaczny zasięg, jest dostępny zarówno w pomieszczeniach, jak i na zewnątrz, nie zależy od pory dnia. Fale elektromagnetyczne mogą być emitowane przy pomocy takich urządzeń, jak routery Wi-Fi, nadajniki radiowe i telewizyjne, stacje bazowe telefonii mobilnej, czy różnego rodzaju transmitery multimedialne, takie jak urządzenia Bluetooth. Pozyskiwanie energii z fal elektromagnetycznych jest jedną z głównych technologii kreujących rozwój Internetu Rzeczy – IoT.

Marzenie Nikoli Tesli o bezprzewodowym przesyłaniu energii na duże odległości zaczęło się urzeczywistniać. Fale elektromagnetyczne RF stają się alternatywnym źródłem energii zastępującym baterie w wielu zastosowaniach [4]. Pozyskiwanie energii w ten sposób już jest stosowane w różnych urządzeniach medycznych i związanych z opieką zdrowotną, które mają niski pobór mocy, zapewniając dzięki temu mobilność użytkowania.

Przetwarzanie zużytych baterii jest problemem krytycznym. Wiele baterii trafia na wysypiska, co prowadzi do zanieczyszczenia gruntu i wody. Najskuteczniejszym rozwiązaniem na zahamowanie tego zjawiska jest ograniczenie stosowania baterii. Postęp w integracji obwodów zbierających energię RF z technologią CMOS pozwala na konstrukcję urządzeń całkowicie bez baterii. Zastosowanie technologii RFH pomoże zmniejszyć uzależnienie od baterii, co ostatecznie będzie miało pozytywny wpływ na środowisko. Co więcej, proces wykorzystania energii elektromagnetycznej nie generuje odpadów, ponieważ jest czystym źródłem energii.

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 1. Rozkład obszarów bliskiego i dalekiego pola w przestrzeni [4]

Produkty z wbudowaną technologią zasilania bezprzewodowego mogą być zabezpieczone przed warunkami środowiskowymi, takimi jak wilgoć i dostęp użytkownika. Ponadto można wyeliminować złącza i kable. W rezultacie można znacznie poprawić niezawodność i wydłużyć cykl życia produktu. W zasięgu odpowiedniego źródła RF ładowanie jest automatyczne i niewidoczne dla użytkownika końcowego, co zapewnia też większą wygodę użytkowania.

Propagacja fal elektromagnetycznych

Zachowanie fal elektromagnetycznych zależy w dużym stopniu od odległości od anteny nadawczej [4], dlatego istotny jest podział na dwa obszary: bliskiego i dalekiego pola. Podczas gdy wzór fali elektromagnetycznej w polu dalekim jest stosunkowo jednorodny, w polu bliskim elementy elektryczne i magnetyczne są bardzo silne i niezależne tak, że jeden element może dominować nad drugim. Obszar bliskiego pola jest uważany za przestrzeń, która leży do odległości Fraunhofera, a obszar dalekiego pola leży poza tą odległością. Rozkład obszarów bliskiego i dalekiego pola został pokazany na **rysunku 1**, gdzie D to maksymalny wymiar promiennika (lub średnica anteny), a λ to długość fali elektromagnetycznej.

W małej odległości od anteny (pierwszy wzór na rysunku 1) znajduje się niepromieniujący/reaktywny obszar bliskiego pola, w którym pola E i H nie są w fazie i powodują zniekształcenie wypadkowej wartości energii. Dalej napotykamy promieniujące pole bliskie (obszar Fresnela), gdzie reaktywne zachowanie fal elektromagnetycznych nie jest dominujące, ale fazy pól E i H wciąż zmieniają się wraz z odległością. Zależność między falami elektrycznymi i magnetycznymi w polu bliskim zmienia się w nieprzewidywalny sposób w czasie i przestrzeni i jest zbyt skomplikowana do przewidzenia. Granica między regionami Fresnela i Fraunhofera to czterokrotność odległości Rayleya (wzór drugi na rysunku 1).

Korzystając z równania strat ścieżki, możliwe jest wskazanie mocy sygnału w obszarze pola dalekiego. Jednak trzeba uwzględnić także wpływ dodatkowych czynników wpływających na proces propagacji, takich jak odbicie, dyfrakcja, absorpcja itp. Dodatkowo trzeba uwzględnić czynniki pogodowe jak chmury, wiatr, mgła, śnieg i deszcz. Jeśli pogoda jest mglista, deszczowa lub powietrze jest wilgotne to tłumienie fal EM wzrasta 40 razy więcej niż w słoneczny dzień.

Bezprzewodowy transfer energii

Istnieją dwie główne formy bezprzewodowego transferu energii (WPT – *Wireless Power Transfer*) [9]. Pierwszy polega na ścisłym sprzężeniu nadajnika i odbiornika poprzez wytworzenie między nimi pola elektrycznego lub magnetycznego, a następnie użycie go do przesyłania energii. Niektóre schematy przenoszenia mocy wykorzystują pole elektryczne do sprzężenia dwóch elektrod. Wiele innych, takich jak płyty indukcyjne, elektryczne szczoteczki do zębów i bezprzewodowe ładowarki do telefonów, wytwarza pole elektromagnetyczne w nadajniku, które powoduje indukowanie prądu elektrycznego w pobliskim odbiorniku i umożliwia jego działanie (ładowanie baterii). Stosowanych jest kilka technologii ładowania, np. Qi (Wireless Power Consortium), z których każda oferuje różne metody ładowania i maksymalne odległości.

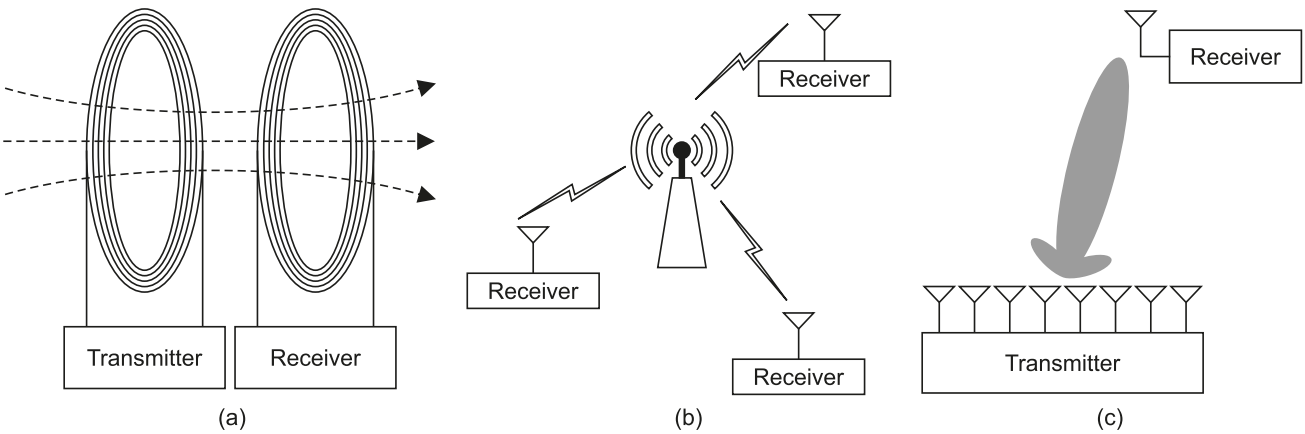
Drugim ważnym podejściem jest sprzężenie radiacyjne, które polega na kierowaniu wiązki energii, często w postaci fal radiowych o wysokiej częstotliwości, do odbiornika, który jest dobrze dostrojony do przechwytywania jak największej ilości tej energii.

Systemy WPT bliskiego pola przesyłają energię przy pomocy cewek indukcyjnych (**rysunek 2a**), podczas gdy systemy dalekiego pola do nadawania i odbierania energii wykorzystują anteny dookólne (**rysunek 2b**) lub matryce anten do formowania wiązki (**rysunek 2c**).

Na **rysunku 3** został pokazany schemat blokowy toru pozyskiwania energii z fal elektromagnetycznych uzupełniony o wykaz problemów występujących na każdym etapie [4]. Kluczowymi elementami systemu pozyskiwania energii z fal o częstotliwości radiowej są obwody anteny i prostownika. Te bloki odpowiadają za przetwarzanie energii fal EM na energię prądu stałego. Dalsza część toru jest podobna dla wszystkich rozwiązań pozyskiwania energii, nie tylko z fal EM.

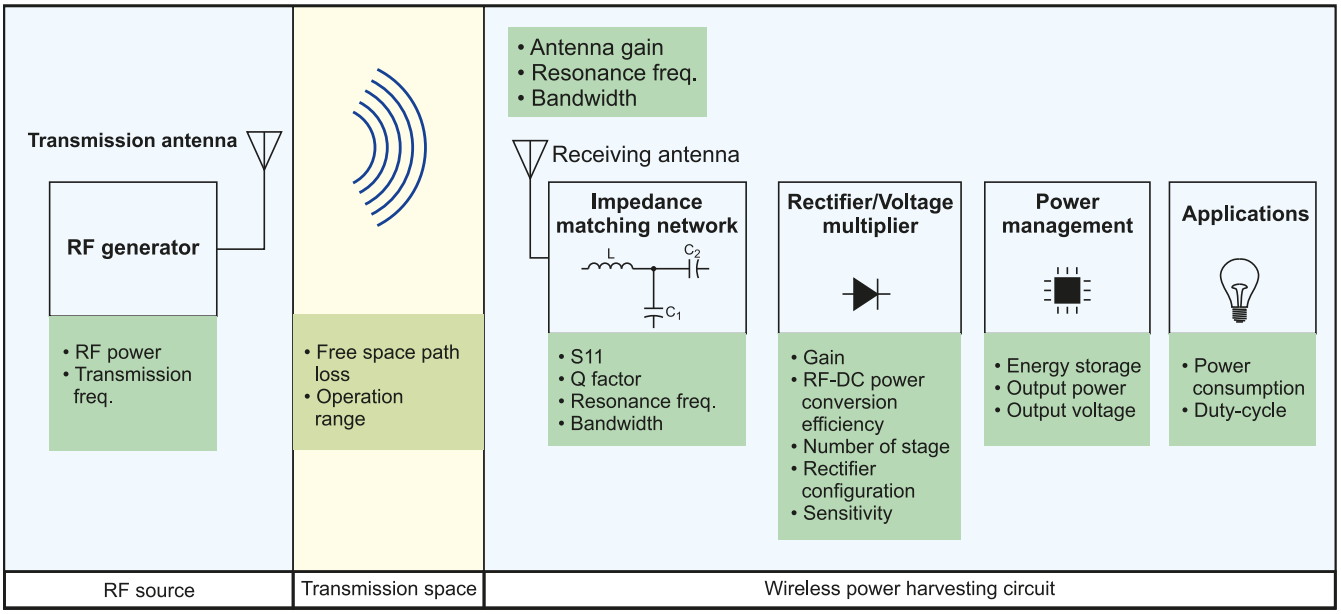
Odrobina historii
Radio kryształkowe

Jednym z pierwszych urządzeń, które korzystało z pozyskiwania energii z fal elektromagnetycznych z modulacją amplitudy, było radio kryształkowe z przełomu dziewiętnastego i dwudziestego wieku [5]. Występują w nim wszystkie potrzebne elementy: antena, układ dopasowania (i strojenia), element prostownika (kryształ) i odbiornik energii (słuchawki). Detektor kryształkowy był pierwszym elementem półprzewodnikowym stosowanym w technice. Do jego budowy



Rysunek 2. Różne typy systemów bezprzewodowego transferu energii WPT [7]

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 3. Tor pozyskiwania energii z fal elektromagnetycznych [4]

był potrzebny kryształ półprzewodnika (stąd nazwa) – głównie naturalna galena. Kryształ galeny niezbyt pewnie pracował jako dioda, faktyczne złącze powstawało w miejscu styku cienkiego drucika stalowego z kryształem. Drucik osadzony był w manipulatorze umożliwiającym dotykanie nim do różnych miejsc na powierzchni kryształu w poszukiwaniu najbardziej czułych punktów (**fotografia 1**). Zaletą układu kryształkowego była niezależność od zasilania – całą energię odbiornik czerpał z anteny, co było też wadą tego odbiornika – był mało czuły i mało selektywny oraz wymagał dużej anteny i dobrego uziemienia.



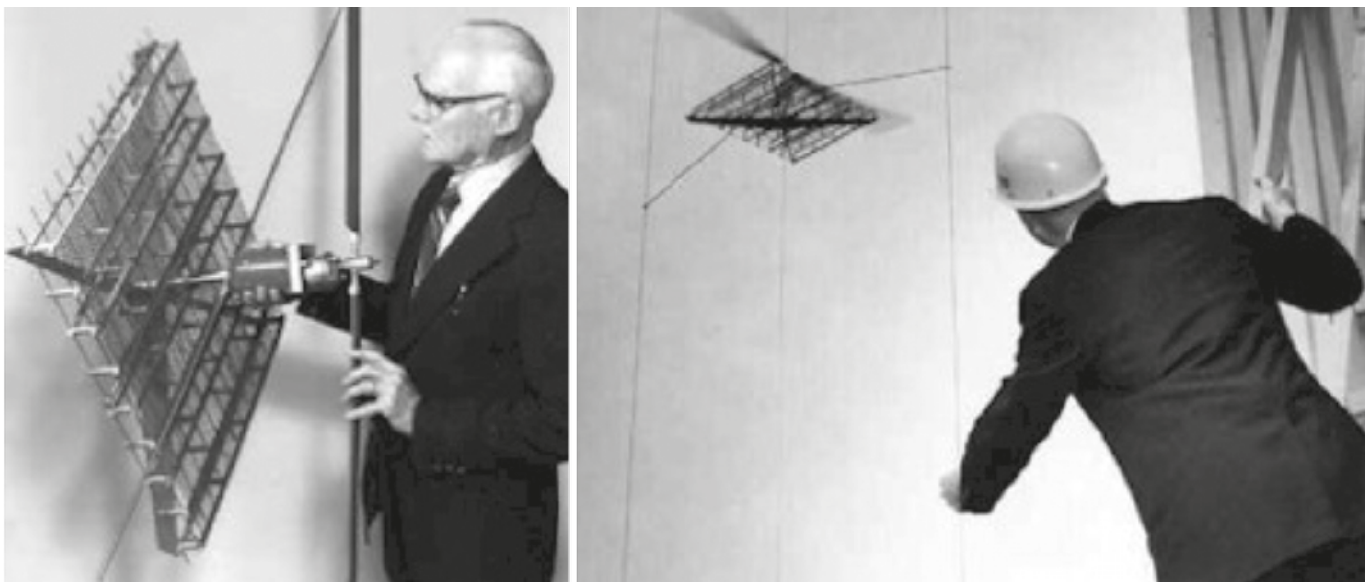
Fotografia 1. Szwedzkie radio kryształkowe z roku 1922 [5]

Rektenna

Specjalny rodzaj anteny odbiorczej, która służy jednocześnie do przetwarzania energii elektromagnetycznej na prąd stały [14] to rektenna, czyli antena prostownicza. Stosowane są one w bezprzewodowych systemach przesyłania energii za pomocą fal radiowych. Układ składa się z anteny dipolowej z połączoną diodą RF. Dioda prostuje prąd przemienny indukowany w antenie, aby wytworzyć prąd stały, który zasila obciążenie podłączone do diody. Duże układy składają się z matrycy takich elementów dipolowych. Rektenna została wynaleziona w 1964 roku i opatentowana w 1969 przez amerykańskiego inżyniera elektryka Williama C. Browna. W 1964 roku wynalazca zademonstrował w wiadomościach CBS model helikoptera zasilanego mikrofalami 2,45 GHz (**fotografia 2**). Helikopter miał śmigło podłączone do anteny typu rektenna, która bezpośrednio przekształcała odbierane mikrofale na prąd stały.

Wielka Pieczęć

W roku 1946 delegacja radzieckich Pionierów podarowała ambasadorowi USA w Moskwie dwumetrową drewnianą replikę wielkiej pieczęci



Fotografia 2. Model helikoptera zasilany mikrofalami z roku 1964 [14]

eprasa.pl b682cee0b1



Fotografia 3. „The Great Seal bug" z roku 1946 (dziś w zbiorach NSA) [13]

stanów zjednoczonych (**fotografia 3**) [13]. Ambasador zawiesił pieczęć w swoim gabinecie na ścianie koło biurka. Eksperci ocenili, że nie ma czego się bać. Wprawdzie znaleziono wzbudzający pewne podejrzenia drucik, ale ponieważ przebiegał w miejscu spojenia drewnianych płyt, to na pewno nie mógł pozwalać na podsłuch. Jednak potem okazało się, że Sowieci wiedzieli wszystko o rozmowach ambasadora w gabinecie.

Dopiero w 1952 roku Peter Wright, z brytyjskiego MI5, w odbiorniku kryształkowym usłyszał rozmowę z gabinetu w rezydencji ambasadora. Odkryto, że pieczęć zawiera mikrofon z wnęką rezonansową i sprzężoną pojemnościowo antenę. Wymiary wnęki były dobrane tak, aby pracowała przy bardzo wysokiej częstotliwości – w zakresie 1650...1800 MHz. Podczas pracy była na nią kierowana silna wiązka radiowa z zewnątrz. Każdy dźwięk w pomieszczeniu (mowa) powodował drgania membrany, co zmniejsza i zwiększa przestrzeń wewnątrz wnęki, a także pojemność. W rezultacie układ generował sygnał radiowy będący kombinacją modulacji amplitudy (AM) i modulacji częstotliwości (FM). W praktyce Rosjanie używali tylko komponentu AM. Układ podsłuchu skonstruował Lew Termen (Leon Termion), twórca elektronicznego instrumentu muzycznego Termen z roku 1919, gdzie do grania wystarczyły ruchy rąk w powietrzu.

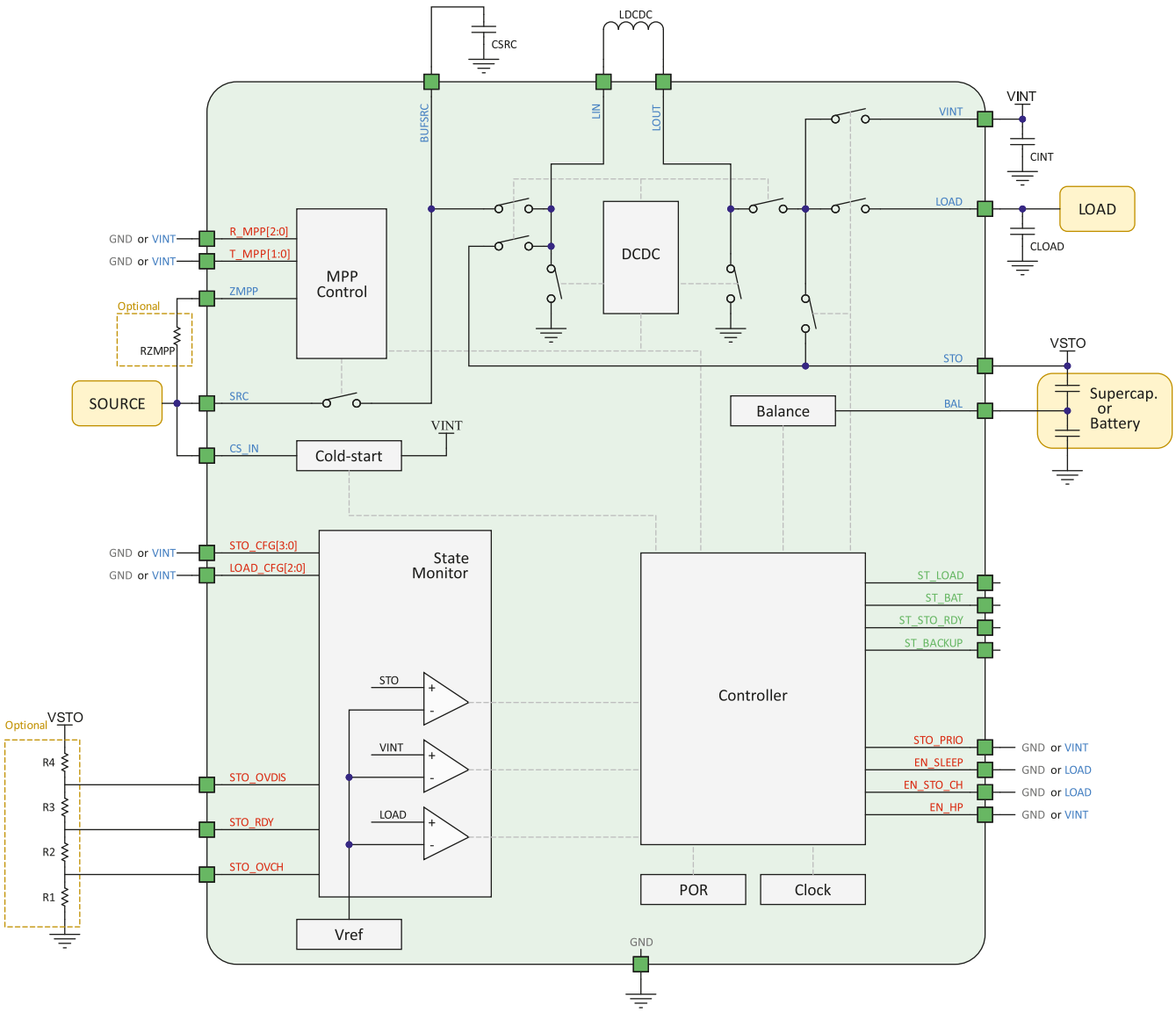
Triumfem układu Wielkiej Pieczęci była jego prostota. Nie miał własnego zasilacza, żadnych przewodów, które można by było znaleźć, ani baterii, która mogłyby się zużyć. Radiowy sygnał pobudzający nadawany był z furgonetki zaparkowanej w pobliżu budynku. Jego wykrycie zawdzięczamy również pasywnemu układowi radiowemu.

Zarządzanie energią

Drugim najważniejszym elementem systemu pozyskiwania energii jest układ scalony do zarządzania energią – PMIC (*Power Management Integrated Circuit*). Wiele firm produkuje własne układy PMIC przeznaczone dla pozyskiwania energii RF, ale szczegóły wewnętrzne układów scalonych udostępnia tylko firma e-peas.

Układ AEM30330 firmy E-peas

Nazwa firmy „E-peas" (e-groszek) to skrót od *Electronic Portable Energy Autonomous Systems* [7]. Firma E-peas opracowała rodzinę układów o nazwie AEM (*Ambient Energy Managers*). Zarządzają one pozyskiwaną energią dostarczaną do elementu magazynującego i ostatecznie



Rysunek 4. Schemat blokowy układu AEM30330 firmy E-peas [15]

eprasa.pl b682cee0b1

do urządzenia o niskiej mocy. Układy AEM charakteryzują się niskimi stratami i umożliwiają pozyskiwanie energii z różnych źródeł, przede wszystkim dla urządzeń IoT.

Do pozyskiwania energii ze źródeł RF firma E-peas opracowała (w roku 2018) parę urządzeń półprzewodnikowych AEM30940 oraz AEM40940 [7]. Układ AEM30940 do przetwarzania wejściowego napięcia przemiennego wymaga zastosowania zewnętrznego prostownika. Umożliwia to pozyskiwanie energii z takich źródeł, jak generator piezo (wibracja), mikro turbina oraz RF. Układ AEM40940 jest przeznaczony do pozyskiwania energii tylko z fal RF i posiada wewnętrzny układ prostowniczy bardzo niskiej mocy. Sposób działania obu układów jest właściwie taki sam. Układy zostały opisane artykule [9].

Nowy układ firmy E-peas, zaoferowany w połowie roku 2021, należący do trzeciej generacji – AEM30330 [15], charakteryzuje się znacznym postępem w stosunku do poprzednich generacji. Jest przeznaczony do pozyskiwania energii z sygnału elektromagnetycznego (RF) oraz energii wibracyjnej (piezo). Wejściowy sygnał DC jest dołączony do wyprowadzenia SRC (**rysunek 4**). W przypadku sygnału RF wymagany jest zewnętrzny układ dopasowania anteny i prostownik. Obsługę wejścia zapewnia moduł śledzenia maksymalnego punktu mocy MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) oraz moduł sterowania zimnym startem. Gdy napięcie wejściowe przekroczy 275 mV a moc 3 µW (zimny start) to układ wchodzi w stan WAKE-UP. Teraz układ pracuje w bardzo dużym zakresie napięcia wejściowego – od 100 mV do 4,5 V. Układ można skonfigurować z różnymi napięciami elementu magazynującego energię (od 1,50 V do 4,35 V), do pracy z pojedynczym lub podwójnym superkondensatorem, akumulatorami, np.: Li-Ion, LiFePO4, Ni-MH, NGK Ni-Cd, Tadiran TLI1020A oraz HLC1020. Układ zawiera balanser zapewniający wyrównanie napięcia na dwóch szeregowo połączonych superkondensatorach. Konfigurowanie wyjścia pozwala ustawić napięcie wyjściowe na jedną z wartości: 1,20; 1,61; 1,79; 2,5; 3,28 V.

Układ integruje wszystkie elementy aktywne potrzebne do zasilania typowego modułu czujnikowego IoT. Wystarczy dołączyć trzy kondensatory i jeden dławik. Do wyprowadzenia STO musi być dołączony akumulator lub kondensator o pojemności minimum 100 µF. W przeciwnym wypadku układ może zostać zniszczony. Kondensator na wyjściu LOAD (min 40 µF) redukuje poziom tętnień oraz poprawia pracę przy obciążeniach impulsowych.

Układ AEM30330 jest dostarczany w obudowie QFN40 z zakresem temperatur roboczych od –40°C do 125°C. Wersja o oznaczeniu AEM30300 jest uproszczonym rozwiązaniem (w obudowie QFN28) bez wyprowadzenia LOAD i z bardzo zbliżonymi możliwościami funkcjonalnymi oraz parametrami pracy.



Fotografia 4. Inteligentna metka z technologią ładowania bezprzewodowego Cota [2]

Układ jest kompatybilny z układem AEM10330 do pozyskiwania energii ze źródeł fotowoltaicznych. Właściwie jedyna różnica dotyczy parametrów pracy automatyki MPPT – zmiana parametrów czasowych dwóch ustawień. Dokładny opis budowy i działania układu AEM10330 oraz zestawu ewaluacyjnego (kompatybilnego) jest zamieszczony w artykule „Zestaw ewaluacyjny EVK10330 pozyskiwania energii słonecznej" (w tym samym numerze EP).

Zestawy ewaluacyjne

E-peas oferuje zestawy ewaluacyjne przeznaczone do pozyskiwania energii z układami serii AEM. Dla układu AEM30330 jest przeznaczona płytka EVK30330 [7]. W październiku 2021 firma Energous wprowadziła zestaw deweloperski WattUP 1W do aktywnego zbierania energii, który umożliwia ładowanie wielu urządzeń IoT za pomocą bezprzewodowego ładowania na odległość. Konstrukcja bazuje na układzie AEM30940 firmy E-peas [3]. Zestaw deweloperski jest dostarczany z nadajnikiem oraz co najmniej jednym odbiornikiem.

Systemy pozyskiwania energii z fal elektromagnetycznych

„Zasilanie bezprzewodowe" to jeden z najczęściej używanych i nadużywanych terminów powiązanych z najnowocześniejszymi technologiami [2]. Aby uzyskać *Real Wireless Power* potrzebujemy systemu, który charakteryzuje się następującymi cechami:

- wydajność – moc musi być skoncentrowana, musi tylko, lub w większości, trafiać bezpośrednio do wybranych urządzeń, aby zapewnić wymaganą wydajność;
- ukierunkowanie – zasilanie powinno być dostarczane tylko do wybranego urządzenia, a nie do wszystkich urządzeń w pobliżu;
- mobilność – musi umożliwiać przemieszczanie się, gdy zasilanie jest dostarczane. Nie powinno występować odłączanie się od źródła zasilania;
- dowolne umiejscowienie – nie powinno wymagać umieszczenia odbiornika w polu widzenia nadajnika zasilania. Zasilanie powinno być uzyskiwane, podobnie jak w przypadku korzystania z Wi-Fi, bez wiedzy, gdzie znajduje się koncentrator Wi-Fi;
- bezpieczeństwo – zasilanie bezprzewodowe powinno być na tym samym poziomie bezpieczeństwa co Wi-Fi i Bluetooth.

Technologia Smart RF Lensing firmy GuRu Wireless

Większość dostępnych produktów do ładowania bezprzewodowego opiera się na otwartym standardzie ładowania bezprzewodowego Qi opracowanym przez WPC (*Wireless Power Consortium*). W tym standardzie cewki zasilania wbudowane w ładowarkę bezprzewodową muszą być wyrównane z urządzeniem, aby mogło się ładować. Nowatorskie podejście firmy GuRu Wireless wykorzystuje wiązki fal radiowych o wysokiej częstotliwości – to samo pasmo częstotliwości co używane przez 5G, do bezprzewodowego ładowania urządzeń [10]. Platforma firmy inteligentnie kieruje sygnały radiowe do urządzeń z małą płytką drukowaną, zwaną jednostką odzyskiwania, która informuje o swojej obecności generator prądu i wysyła informacje o tym, gdzie znajduje się urządzenie i ile energii potrzebuje. Główna różnica między technologią Smart RF Lensing firmy GuRu a standardową technologią ładowania bezprzewodowego polega na tym, że GuRu selektywnie wysyła energię do bardzo małego miejsca, czasami nawet lokalizując energię w obrębie jednego lub dwóch cali wokół urządzenia na biurku, albo stacjonarnego lub mobilnego urządzenia w pokoju. GuRu kontroluje technologię fal milimetrowych za pomocą szeregu algorytmów do indywidualnego sterowania dużą matrycą nadajników do lokalizacji fal. Dzięki technologii Smart Lensing, można zlokalizować i wskazać energię dokładnie tam, gdzie jej potrzeba.

W maju 2021 Motorola ogłosiła inicjatywę wyposażenia niektórych smartfonów nowej generacji w funkcje ładowania bezprzewodowego. Motorola zamierza stosować opatentowaną przez GuRu technologię,

eprasa.pl b682cee0b1

aby stworzyć pierwszą generację smartfonów zdolnych do bezprzewodowego odbioru mocy w odległości do metra od nadajnika bezprzewodowego [10].

Rozwiązania firmy Powercast

Pionierem i liderem technologii bezprzewodowego ładowania dalekiego zasięgu, wykorzystującej energię RF zamienianą na prąd stały jest Powercast [6]. Od 2003 roku firma dostarcza rozwiązania łączące nadajniki i chipy odbiorcze (46 patentów), umożliwiające automatyczne, bezprzewodowe ładowanie wielu urządzeń, bez mat ładujących lub bezpośredniej linii wzroku. Ta technologia zdalnego ładowania zachowuje się jak sieć Wi-Fi, w której włączone urządzenia ładują się automatycznie, gdy znajdują się w zasięgu nadajnika mocy. Inteligentny, konfigurowalny i kontrolowany układ, może automatycznie aktywować się, gdy urządzenia wymagają ładowania i wyłączać się, gdy skończą pracę, lub może dostarczać zasilanie w sposób ciągły. Firma oferuje szeroki zestaw komponentów:

- Układy scalone:
  - układ PCC110 (obudowa SC-70) w połączeniu z komponentami dostrajającymi i anteną, może pozyskiwać energię z fal RF o częstotliwościach od 10 MHz do 6 GHz i mocy w zakresie od –18 dBm do +2 dBM ze sprawnością do 75% [6];
  - układ PCC114 ma te same parametry lecz mniejszą obudowę 1×0,6×0,3 mm i jest wersją przeznaczoną do zastosowań wbudowanych, takich jak karty inteligentne lub aparaty słuchowe;
  - układ PCC210 (obudowa SOT23-6) zawiera przetwornik podwyższający DC/DC – pracuje od napięcia 0,4 V na wejściu, ze sprawnością do 95% i dostarcza napięcie do 5,5 V i prąd do 50 mA.
- Moduły odbiorcze – są łatwe w integracji i są zalecane w przypadku projektów o małej skali produkcji oraz wymagających nieskomplikowanego wdrożenia [6]. Moduły zawierają wszystkie pasujące komponenty do odbioru bezprzewodowego zasilania RF w pasmie 850...950 MHz, z optymalizacją także dla 915 MHz:
  - moduł P111B (obudowa 0,55×0,43×0,091 cala) pracuje z sygnałem radiowym o mocy od –5 do +20 dBm i dostarcza napięcia w zakresie 1,8 do 4,2 V, ze sprawnością do 70%;
  - moduł P211B zawiera przetwornik RF/DC (energia magazynowana w kondensatorze) oraz dodatkowo przetwornik podwyższający DC/DC dostarczający regulowane napięcie od 2 do 5,5 V (3,3 V typ.) i prąd do 275 mA (0 dBm) ze sprawnością 85%. Układ pracuje dla mocy radiowej od –12 do +10 dBm. Całkowita wydajność RF-DC może osiągnąć 55%. Jednak moduł ten działa tylko wtedy, gdy moc wejściowa RF przekracza –11 dBm, co jest dość wysokim poziomem w porównaniu z minimalną czułością WLAN (w zakresie od –88 dBm do –65 dBm). Dlatego urządzenie do zbierania energii RF musi być umieszczone w pobliżu źródła energii RF, co znacznie ogranicza zastosowania takiego pozyskiwania energii. Weźmy na przykład nadajnik, którego moc wypromieniowanego sygnału wynosi 60 W (47,8 dBm), wtedy w odległości 100 m moc padająca wynosi tylko 4,2 μW (−23,8 dBm). Jednak, gdy Powercast P2110-EVB znajduje się blisko telefonu komórkowego, który jest źródłem energii zapewniającym 250 mW, wtedy w odległości 15 cm siła padającego sygnału RF może osiągnąć 7,9 mW (9 dBm). Maksymalna moc, jaką telefony komórkowe mogą transmitować w paśmie częstotliwości 900 MHz, wynosi 2 W, ale średnia moc transmitowana przez telefon jest zwykle niższa niż jedna ósma tej maksymalnej wartości, tj. 0,25 W.
- Nadajniki – źródłem zasilania modułów odbiorczych może być, zatwierdzony przez FCC w roku 2010, nadajnik Powercaster o mocy 3 W, który działa na odległość do 80 stóp [6]. Nadajnik stosuje modulację DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) do modulacji mocy i kluczowanie z przesunięciem amplitudy (ASK) dla przesyłania danych, a także zawiera zintegrowaną antenę kierunkową 6 dBi z 70-stopniową charakterystyką wiązki. Mniejszy nadajnik PowerSpot do elektroniki użytkowej może być samodzielną ładowarką, lub może być wbudowany w inne produkty konsumenckie.
- Zestawy uruchomieniowe – Powercast oferuje różne zestawy ewaluacyjne przeznaczone do pracy w pasmie 915 MHz [6]. Podstawowe zestawy zawierają odbiornik RF (z różnymi układami), anteny i zmontowaną płytkę drukowaną. Duże zestawy zawierają nadajnik RF, płytkę odbiornika RF, anteny i (niektóre) moduł radiowy lub zegarkowy. Ciekawą propozycją jest detektor energii radiowej PS915 RF z zakresu 902...928 MHz. Energia uzyskiwana z anteny dipolowej przez układy firmowe jest przekazywana do diody LED. Można nim optycznie sprawdzić polaryzację fali oraz jej poziom mocy.
- Bezbateryjne monitorowanie temperatury – Powercast został zwycięzcą nagrody BIG Innovation Awards 2021 przyznanej przez Business Intelligence Group w kategorii Inicjatywa Roku na rzecz Zrównoważonego Rozwoju za nowy, zasilany bezprzewodowo system skanowania temperatury RFID [6]. System umożliwia firmom łatwe i bezpieczne monitorowanie temperatury pracowników w celu wsparcia protokołów monitorowania COVID-19. System skanowania temperatury składa się z zasilanego bezprzewodowo pilota do skanowania temperatury dla każdego pracownika, czytnika RFID i monitora telewizyjnego. Pracownicy otrzymują spersonalizowany wystarczająco mały breloczek. Brelok szybko się ładuje, gdy jest umieszczany w pobliżu czytnika RFID przy wejściu do firmy, korzystając z technologii pozyskiwania energii firmy Powercast. Pracownicy skanują własne czoło za pomocą breloka, aby odczytać swoją temperaturę. W zależności od odczytu, która automatycznie pojawia się na monitorze, mogą wejść lub mają odmowę wstępu.

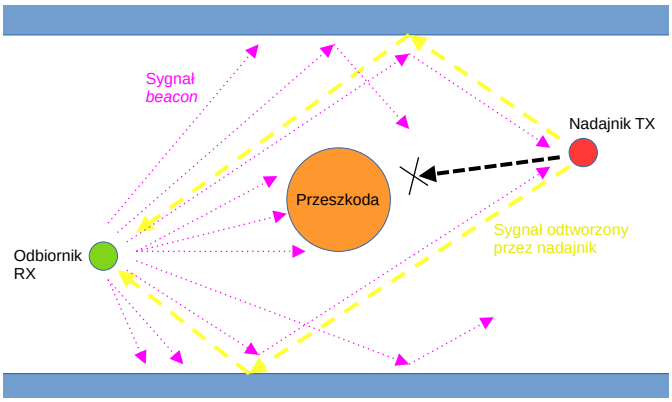
Technologia Cota firmy Ossia

Nowe podejście do zasilania bezprzewodowego opracowała firma Ossia [2]. Ich technologia – *Cota Real Wireless Power*, dostarczania energii w sposób bezprzewodowy (*Over the Air* – OTA) za pomocą wiązek RF 2,4 lub 5,8 GHz. System jest w stanie dostarczać znaczące ilości energii do urządzeń oddalonych o wiele metrów, bez narażania pobliskich użytkowników na niebezpieczne poziomy energii fal elektromagnetycznych. Większość systemów innych firm przesyła moc z różnym stopniem wydajności, ale nie ma pewności, że mechanizmy bezpieczeństwa pozwalają na uniknięcie narażenia użytkowników. Technologia Cota jest zgodna z częścią 15. i 18. Federalnej Komisji Łączności (FCC). Technologia Cota ma wyjątkową, zdolność do przenoszenia mocy z jednoczesnym unikaniem ludzi i zwierząt. Jako pierwsza tego rodzaju spełnia normy bezpieczeństwa FCC w dynamicznym środowisku.

System Cota to pierwszy certyfikowany system (w USA, EU i UK), który nie wymaga czujnika ruchu ani strefy wykluczenia. To znaczy, że jest to jedyny bezprzewodowy system zasilania certyfikowany jako bezpieczny w użyciu, gdy w obszarze ładowania obecne są żywe organizmy. Ma najwyższy poziom mocy częstotliwości radiowych, co oznacza, że urządzenia będą otrzymywały znaczące ilości energii, ale dopuszczalny dla certyfikowanego systemu. To bardzo istotne, ponieważ inne systemy bezprzewodowego zasilania „dużego zasięgu", w tym GuRu i Powercast, przesyłają energię przy transmisji z zachowaniem linii wzroku (bez zasłaniania), a wartości mocy są wystarczająco duże, aby to powodowało niepokój użytkownika.

Technologia Cota wykorzystuje niektóre właściwości efektu bliskiego pola, aby zwiększyć odległość, na jaką system może przesyłać wystarczającą moc. W polu bliskim zachowanie sygnału można modelować za pomocą szeregu nieskończonego, którego człony powodują, że wartość natężenia pola zmniejsza się wolniej wraz z odległością, niż przewidywałby prostszy model pola dalekiego. Obszar bliskiego pola nadajnika może zostać zwiększony przez zastosowanie większej matrycy lub wyższej częstotliwości. Pole bliskie obecnej jednostki demonstracyjnej systemu Cota 2,4 GHz, który ma układ anten 60×60 cm, rozciąga się do 5,7 m. Pole bliskie systemu 5,8 GHz (o tych samych wymiarach) rozszerza się prawie 2,5 razy dalej (12 do 13 m). System Cota 5,8 GHz może dostarczyć od 2 do 3 W do odbiornika

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 5. Sposób pracy technologii Cota [16]

w odległości jednego metra od nadajnika, 1 W na dwa metry i od 10 do 50 mW na 10 metrów.

Chociaż nie jest to całkowicie dokładne, to można określić podejście firmy Ossia do zasilania bezprzewodowego jako „Holografia RF" [16]. Cota jest jedyną technologią, która może wykorzystywać ścieżki odbić, umożliwiając dostarczanie energii poza zasięgiem wzroku. Może dostarczać zasilanie bez konieczności bezpośredniej widoczności pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem. Gdy linia wzroku jest zasłonięta, system zastosuje inne ścieżki odbicia, które będą (z definicji) dłuższe niż linia wzroku. Cota wykorzystuje wszystkie dostępne ścieżki (bezpośrednie i odbicia), aby dostarczyć maksymalną moc do odbiornika. Dobre omówienie tego rozwiązania zawiera materiał wideo: Electronic design with Hatem Zeine and Lee Goldberg" [16]. Jeden z poglądowych rysunków powstających w trakcie prezentacji jest pokazany na **rysunku 5**.

Technologia Cota działa w następujący sposób:

- odbiornik (Rx) ma co najmniej jedną antenę dostosowaną do częstotliwości zasilania, a nadajnik (Tx) ma setki anten spolaryzowanych zarówno poziomo, jak i pionowo (zwykle 250+). Wszystkie anteny w systemie są urządzeniami nadawczo-odbiorczymi (mają funkcję nadajnika i odbiornika);
- urządzenie odbiorcze wysyła sygnał nawigacyjny – *beacon*, krótki (dziesiątki mikrosekund), sygnał o małej mocy (około 5 mW), zawierający identyfikator urządzenia;
- sygnał nawigacyjny jest rozpraszany po całym otoczeniu, odbijając i załamując się, a część sygnału dociera do setek anten nadajnika Tx (w linii widzenia lub innych), gdy wszystkie anteny są w trybie wykrywania fazy;
- w trybie wysyłania energii, każda antena emituje sygnał sprzężony zespolony wykrytej fazy – czyli negatyw wykrytej fazy. Spowoduje to powstanie sygnału, który wróci do odbiornika Rx, wykorzystując każdą możliwą dostępną ścieżkę, a dokładnie te same ścieżki, które wyznaczył sygnał beacon. Ten krok prawie nie wymaga obliczeń, co oznacza, że może być wykonany przez własny lokalny układ anteny w czasie krótszym niż 1 µs. Zmniejsza to złożoność systemu, zapewniając jednocześnie niezawodność. Różne ścieżki obierane przez wsteczne sygnały mocy dodają się (tj. docierają do urządzenia odbiorczego w fazie ze sobą) tak, że dostarczana jest maksymalna możliwa moc;
- sygnał nawigacyjny jest powtarzany w odpowiednich odstępach czasu (co 100 ms), aby zapewnić, że urządzenie na bieżąco aktualizuje fazy w macierzy Tx, tak aby moc zawsze była skoncentrowana na urządzeniu odbiorczym.

Udowodniono matematycznie, że technika kierunku wstecznego pozwala na osiągnięcie najwyższego możliwego połączenia między dowolnymi dwoma zestawami anten (maksymalny transfer mocy). Żadna inna technika, taka jak formowanie wiązki, algorytm genetyczny lub sztuczna inteligencja, nie może osiągnąć więcej [16].

System Cota firmy Ossia składa się ze stacji bazowej (nadajnika mocy) i jednego lub więcej zdalnych odbiorników mocy. Stacja bazowa zawiera dużą liczbę elementów nadawczo-odbiorczych, które zwykle są wyłączone i transmitują tylko w odpowiedzi na żądanie w postaci sygnału beacon, generowanego przez odbiornik mocy wbudowany w urządzenie klienckie. Nadajnik mocy Cota wykorzystuje czystą nośną (fala ciągła lub CW) do bezprzewodowej transmisji mocy. Sygnał nawigacyjny odbiornika zawiera numer identyfikacyjny urządzenia oraz inne informacje o kliencie, takie jak wymagania dotyczące zasilania i stan naładowania. Odbiornik wykorzystuje wysokosprawne diody prostownicze do konwersji sygnału RF na prąd stały. Po konwersji, regulatory buck/boost są używane do zapewnienia stabilnego, niskoszumowego zasilania prądem stałym do akumulatora lub urządzenia.

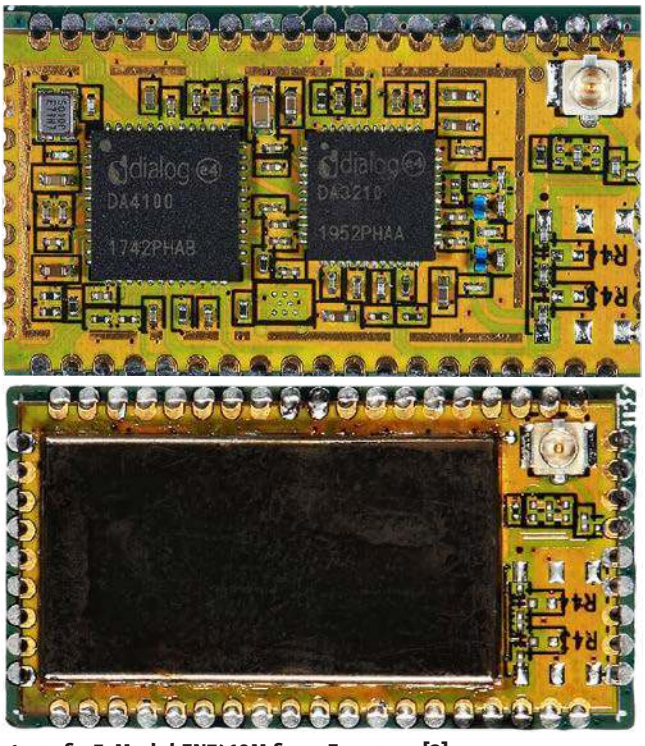
Technologia Cota jest bezpieczna i wydajna podczas jej działania, uwzględniając otoczenie i lokalizację urządzeń odbiorczych Cota, które są zasilane. Dzięki możliwości zdalnego zasilania urządzenia przez technologię Cota, nie jest wymagane skanowanie ani triangulacja. Komponenty Cota mogą bezproblemowo zasilać urządzenia w ruchu i w różnych środowiskach. Wbudowana inteligencja technologii Cota zapewnia, że zasilanie nie jest przesyłane, dopóki urządzenia nie znajdą się w zasięgu. Gdy urządzenie odbierające energię jest całkowicie naładowane lub gdy urządzenie nie są ładowane, nadajnik zasilania albo jest w stanie uśpienia/hibernacji, albo zasila dziesiątki innych małych urządzeń bezprzewodowych, które mogą wymagać ładowania, takich jak piloty, zegary, klawiatury, czujniki dymu, itd.

Firma Ossia opracowuje inteligentną metkę z ceną, która pozwala sprzedawcy aktualizować informacje o cenie i produkcie za pomocą tego samego kanału bezprzewodowego, który utrzymuje naładowane baterie (**fotografia 5**). Każdy nadajnik może obsługiwać 1000 lub więcej takich urządzeń o niskim poborze mocy.

Technologia WattUp firmy Energous

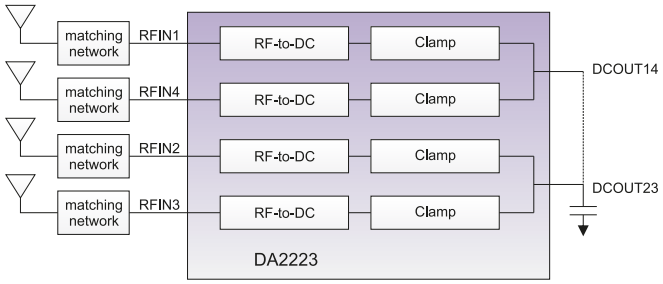
Energous Corporation (członek AirFuel Alliance) jest liderem nowej generacji bezprzewodowego zasilania i bezprzewodowego ładowania Wireless Charging 2.0 [3]. Wielokrotnie nagradzana technologia WattUp jest skalowalną technologią opartą na częstotliwości radiowej, która umożliwia zarówno bezprzewodowe ładowanie kontaktowe, jak i bezprzewodowe ładowanie dla małych urządzeń elektronicznych. WattUp przesyła moc przez inne pasma niż Wi-Fi lub Bluetooth nie powodując zakłóceń.

Układy w technologii WattUp są produkowane w partnerstwie strategicznym przez firmę Dialog Semiconductor (obecnie odział firmy Renesas) na licencji firmy Energous [18]. Kluczowe komponenty to:



Fotografia 5. Moduł EN7410M firmy Energous [3]

eprasa.pl b682cee0b1

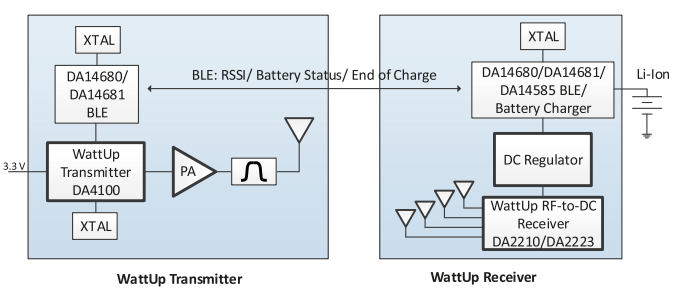


Rysunek 6. Schemat blokowy układu DA2210 firmy Dialog Semiconductor [18]

- Układy DA2210 i DA2223 – są wyposażone w cztery ścieżki odbiorcze RF-DC, co umożliwia podłączenie od 1 do 4 anten w zależności od wymaganej mocy i dostępnej anteny (**rysunek 6**). Anteny mogą być na tyle małe, że mieszczą się w wewnątrz usznych aparatów słuchowych. Zarówno DA2210, jak i DA2223 posiadają zewnętrzne dopasowanie wejścia RF dla większej elastyczności i wydajności konwersji RF do DC. Wyjścia DC układu mają ograniczniki napięcia wyjściowego. Układ DA2223 ma połączone razem po dwa wyjścia DC oraz mniejszą obudowę 1,69×1,39×0,5 mm;
- Układ DA4100 – to wysoce zintegrowany nadajnik RF, zaprojektowany w celu zapewnienia optymalnego ładowania. Wyposażony jest w rozwiązanie do zarządzania energią. Układ zawiera procesor ARM Cortex, pamięć RAM, ROM, oscylator kwarcowy, zegar, konwerter RF i wzmacniacz o zmiennym wzmocnieniu;
- Układ DA3210 – to wysokowydajny wzmacniacz mocy RF wysokiej mocy (1 W maks.), który został zaprojektowany po to, aby razem z bezprzewodowym nadajnikiem mocy DA4100, zapewnić optymalne ładowanie urządzeń odbiorczych WattUp. Zawiera detektory mocy wejściowej i wyjściowej, co umożliwia sterowanie mocą w pętli zamkniętej, oraz zintegrowany czujnik temperatury;
- Firma Energous zaprojektowała także moduł EN7410M, który łączy w sobie nadajnik DA4100 firmy Dialog oraz wzmacniacz mocy DA3210 RF (fotografia 5). Układy są połączone szeregowo z filtrem harmonicznych, aby zapobiec niepożądanym zniekształceniom;

System Near Field WattUp firmy Dialog Semiconductor składa się z bezprzewodowego nadajnika mocy WattUp (DA4100), bezprzewodowego wzmacniacza mocy WattUp (DA3210), bezprzewodowego odbiornika mocy WattUp (DA2210 lub DA2223), regulatora DC, akumulatora Li-Ion/Li-Poly i ładowarki (**rysunek 7**) [18]. Opcjonalnie zawiera łącze komunikacyjne BLE (DA14680, DA14681 lub DA14585), które realizuje monitorowanie stanu baterii między odbiornikiem WattUp a nadajnikiem. To samo łącze może służyć do zapewnienia użytkownikowi pełnych możliwości zarządzania energią za pomocą aplikacji WattUp działającej na smartfonie lub tablecie. Anteny są produkowane z taniego materiału PCB, elastycznego PCB lub metalu.

Firma Energous udostępnia kilka zestawów deweloperskich [3]. Zestaw Smart Glasses Developer Kit do inteligentnych okularów zapewnia producentom zestaw narzędzi i zasobów. Po stronie odbiornika chipset zawiera układ DA2223 RX optymalizowany dla akumulatora 0,5 C (20 mA) oraz układ DA14585 BLE (optymalizowany SoC ultra niskiej mocy). Podobnie wygląda zestaw deweloperski do aparatów słuchowych.



Rysunek 7. System Near Field WattUp firmy Dialog Semiconductor [18]

Bardzo ciekawe są zestawy WattUp 1/5.5W Active Energy Harvesting Developer Kit zawierające po stronie odbiorczej układy scalone AEM30940 firmy E-peas, co umożliwia bezpośrednie ładowanie superkondensatorów lub akumulatorów litowych.

Firma Energous nawiązuje ścisłą współpracę także z innymi firmami. W lutym 2021 Energous nawiązała partnerstwo z firmą Thin Film Electronics w celu uproszczenia integracji technologii WattUp i technologii półprzewodnikowej mikrobaterii litowej Thinfilm, w zastosowaniach wrażliwych na czynniki kształtu. W czerwcu 2021 Energous nawiązała współpracę z firmą Atmosic Technologies, co pozwoliło połączyć technologię bezprzewodowego ładowania WattUp z chipsetem Atmosic z serii M3. Innowacyjne technologie Atmosic Lowest Power Radio, On-demand Wake Up i Controlled Energy Harvesting mają na celu umożliwienie układom serii M3, z obsługą standardu Bluetooth 5, wieczną żywotność baterii.

W maju 2021 zestaw WattUp PowerHub otrzymał europejskie zatwierdzenie regulacyjne. We wrześniu FCC wydał zgodę na rozszerzenie strefy ładowania w technologii WattUp do 1 metra. W październiku FCC wydał zgodę na użytkowanie aparatu słuchowego Primo W firmy NewSound z zastosowaniem technologii WattUp.

Platforma „Sensing as a Service" firmy Williot

Od momentu powstania w 2017 roku startup Wiliot projektuje układy Bluetooth, które byłyby na tyle małe, aby dały się na czymkolwiek przyczepić, i na tyle tanie, aby traktować je jako produkt jednorazowego użytku [9]. IoT Pixels firmy Wiliot to samozasilająca się niskoenergetyczna bezprzewodowa jednostka mikrokontrolera (MCU) Bluetooth, która oferuje możliwość wykrywania, obliczania i komunikacji [8]. Zawiera jednostkę zarządzania zasilaniem, kilka interfejsów czujników, mechanizm bezpieczeństwa i nieulotną pamięć do programowania i konfiguracji. Wykorzystuje tanie, szybkie procesy produkcyjne, dzięki czemu obniża koszty. Chip jest wytwarzany przy użyciu tych samych narzędzi i procesów, co znaczniki wysokiej częstotliwości (HF) i ultrawysokiej częstotliwości (UHF). IoT Pixels, w połączeniu z platformą opartą na chmurze może zapewnić podstawowe funkcje wykrywania w czasie rzeczywistym, takie jak pomiar temperatury i wilgotności, wykrywanie manipulacji i ruchu, monitorowanie szybkości wypełniania i wiele innych. Chipy wysyłają zaszyfrowane i uwierzytelnione pakiety bezprzewodowo, podczas gdy chmura zapewnia deszyfrowanie, uwierzytelnianie, kontrolę dostępu i przetwarzanie inteligentnych czujników. Natomiast algorytm ML oparty na chmurze Wiliot tłumaczy surowe informacje sensoryczne na odpowiednie domeny fizyczne, takie jak zmiana temperatury czy pobudzenie/ruch.

Platforma Wiliot's Sensing as a Service to zwycięzca konkursu Low-Cost Food Traceability Challenge Amerykańskiej Agencji ds. Żywności i Leków (FDA) na tanie lub bezkosztowe śledzenie żywności. Znaczniki IoT Pixels mogą być wykonane w postaci cienkich, przypominających znaczki etykiet i są na tyle małe, że można je nanosić na etykiety fiolek ze szczepionkami (**rysunek 8**).



Rysunek 8. Znaczniki IoT Pixels firmy Wiliot [8]

eprasa.pl b682cee0b1

Obecnie Wiliot licencjonuje swoją technologię IoT Pixel innym firmom, w tym głównym dostawcom tagów RFID, takim jak Avery Dennison. Te firmy mogą wytwarzać piksele IoT na tych samych maszynach, których używają do produkcji tagów RFID. W październiku 2021 firma Wiliot nawiązała partnerstwo z fimą Energous i zintegrowała technologię aktywnego pozyskiwania energii Energous WattUp 1W jako nową opcję zasilania tagów Wiliot IoT Pixel.

Innowacje

Innowacje będą odgrywać wiodącą rolę w stymulowaniu rozwoju. Co ciekawe, większość firm z dziedziny pozyskiwania energii zaczynała jako startupy badawcze. Ostatnie interesujące osiągnięcia z tej dziedziny są owocem prac instytucji naukowych i badawczych.

Grafen

Warstwa atomów węgla o grubości jednego atomu ułożona w dwuwymiarową sześciokątną siatkę to Grafen [1]. Jest więc najcieńszym znanym materiałem, a jednocześnie niesamowicie wytrzymałym (około 200 razy mocniejszym niż stal). Jest doskonałym przewodnikiem ciepła i elektryczności oraz posiada ciekawe właściwości pochłaniania światła. Zespół z Materials Research Laboratory w Massachusetts Institute of Technology (MIT) wymyślił sposób na zebranie energii RF, od mikrofal do pasma terahercowego [1]. Odkryli, że łącząc grafen z innym materiałem – w tym przypadku azotkiem boru, elektrony w grafenie powinny skręcać swój ruch we wspólnym kierunku, powodując w ten sposób przepływ prądu. Daje to alternatywne podejście do prostowania prądu, które wykorzystuje wewnętrzne właściwości elektronowe kryształów kwantowych bez użycia złączy półprzewodnikowych. Zespół badawczy zaproponował prostownik terahercowy składający się z małego kwadratu grafenu umieszczonego na wierzchu warstwy azotku boru. Może być umieszczony w antenie, która zbiera i koncentruje promieniowanie terahercowe z otoczenia, wzmacniając sygnał na tyle, aby przekształcić go w prąd stały. Naukowcy współpracują z fizykami eksperymentalnymi z MIT, aby opracować fizyczne urządzenie na bazie tych założeń.

System antenowy z soczewką Rotmana dla pasma 28 GHz

Naukowcy z laboratorium ATHENA Georgia Institute of Technology pokazali na początku roku 2021 innowacyjny sposób wykorzystania nadmiernej przepustowości sieci 5G, przekształcając je w bezprzewodową sieć energetyczną do zasilania urządzeń Internetu rzeczy [12]. Powodem, dla którego systemy 5G mogą dostarczać tę energię, jest zezwolenie na wyższy poziom mocy 5G w porównaniu z poprzednimi generacjami sieci bezprzewodowych.

Do odbioru energii RF została zastosowana macierz antenowa składająca się z ośmiu podmacierzy, każda z pięciu szeregowo połączonych elementów antenowych zapewniających działanie wyśrodkowane na częstotliwość 28,55 GHz. W tej konfiguracji wybrano sześć wiązek, co daje kąt pokrycia 120°. Soczewka Rotmana jest następnie używana jako element pośredni między antenami odbiorczymi a prostownikami do zbierania energii 5G. To nowatorskie podejście rozwiązuje kwestię kompromisu między pokryciem kątowym a czułością. Dzięki temu rozwiązaniu cała energia elektromagnetyczna zebrana przez tablice antenowe z jednego kierunku jest łączona i przekazywana do jednego prostownika, co maksymalizuje jego wydajność. Taka topologia jest optymalna, gdy pojedyncze, dominujące źródło mocy naświetla tę konstrukcję z określonego kierunku. Jako prostownik zostały zastosowane diody Schottky'ego Macom (MA4E2038). Projekt został wydrukowany na elastycznym podłożu z polimeru ciekłokrystalicznego (kapton o grubości 125 µm), wielkości karty do gry 5,5×8,7 cm, pokrytego miedzią przy użyciu techniki maskowania metodą druku atramentowego, a następnie trawienia (widok na zdjęciu tytułowym) [12]. Badania wykazały doskonałe działanie karty w warunkach zginania wypukłego i wklęsłego.

Badania karty dla oświetlenia promieniowaniem padającym ok. –6 dBm cm^{-2} (EIRP około 54 dBm) zdolność dostarczenia napięcia wyjściowego na poziomie ok. 10 mV (bez obciążenia) z odległości 2,83 m. Przy nadajniku emitującym dopuszczalne dla 5G 75 dBm EIRP (ok. 7,8 µW cm^{-2}), teoretyczny maksymalny zasięg zbierania mógłby zostać rozszerzony poza 180 m.

Dioda wsteczna na nanodrutach

Japońska Agencja Naukowo-Techniczna (JST), Fujitsu Limited i Tokyo Metropolitan University opracowały bardzo czuły element prostowniczy w postaci diody wstecznej na nanodrutach (*nanowire*), która może przekształcać mikrofale o małej mocy w energię elektryczną [11]. W przeciwieństwie do konwencjonalnych diod Schottky'ego, diody wsteczne mają stromo nachyloną charakterystykę prostowniczą z zerową polaryzacją. Na półprzewodnikowym podłożu powstały niezwykle cienkie nanodruty o szerokości około jednej tysięcznej włosa (**rysunek 9**). Udało się wyhodować kryształy w nanokryształach o średnicy 150 nm. Diody działały dla napięcie sygnału wejściowego od 0,1 do 10 µV dla częstotliwości 2,4 GHz. Dla dopasowanej impedancji uzyskano czułość napięciową diody 700 kV/W. W paśmie częstotliwości mikrofal 2,4 GHz, które jest obecnie używane w 4G LTE i Wi-Fi, osiągnięto poziom czułości 11 razy większy niż w przypadku konwencjonalnej diody barierowej Schottky'ego.

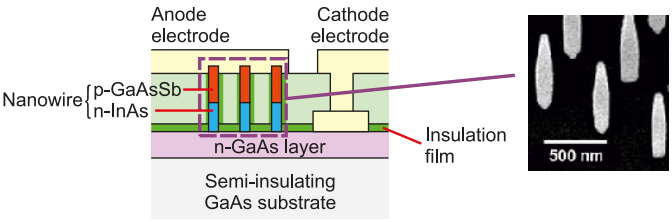
Nowa technologia może umożliwić konwersję mikrofal emitowanych do otoczenia ze stacji bazowych telefonii komórkowej na obszarze ponad 10 razy większym niż było to możliwe dotychczas (co pokrywa 10% obszaru, w którym możliwa jest komunikacja przez telefon komórkowy).

Standaryzacja

AirFuel Alliance (**rysunek 10**) to globalna koalicja firm, które są zaangażowane w rozwój świata, w którym możemy zasilać się bez podłączania prądu [17]. W pracach biorą udział wiodące firmy, takie jak Energous, Ossia, Powercast. Organizacja opracowuje standardy dla najnowocześniejszych bezprzewodowych technologii zasilania i przyspiesza ich przyjęcie. AirFuel Resonant to dwuwymiarowe ładowanie powierzchniowe będące bezpośrednim ulepszeniem technologii

Bibliografia:
[1] Graphene: Another Option for Energy Harvesting?, Bill Schweber, Mar 5th, 2021, https://bit.ly/3HlLFrC
[2] Ossia, Cota Real Wireless Power, https://bit.ly/3222Uht
[3] Energous, https://bit.ly/3ncyfpI
[4] RF power harvesting: a review on designing methodologies and applications, Le-Giang Tran, Hyouk-Kyu Cha & Woo-Tae Park, Micro and Nano Systems Letters volume 5, Article number: 14 (2017), https://bit.ly/3C95sqs
[5] Energy harvesting, Wikipedia, https://bit.ly/3Cd72r9
[6] Powercast, https://bit.ly/3mz3nNU
[7] Energy harvesting ambient energy managers (AEM family), E-peas Semiconductors, https://bit.ly/3hIzGpT
[8] Battery-Free Bluetooth Technology, Wiliot, https://bit.ly/32JEQ0C
[9] Pozyskiwanie energii z fal radiowych, Henryk A. Kowalski, „Elektronika Praktyczna" 10/2020, https://bit.ly/31Q0bYe
[10] This Week in PowerBites: Electricity is in the Air, Lee Goldberg, June 1, 2021, EETimes, https://bit.ly/3neC9i7
[11] JST, Fujitsu, and Tokyo Metropolitan University Develop Highly Sensitive Diode, Converts Microwaves to Electricity, Tokyo, September 24, 2019, https://bit.ly/30mxLnU
[12] Eid, A., Hester, J.G.D. & Tentzeris, M.M. 5G as a wireless power grid. Sci Rep 11, 636 (2021), https://bit.ly/30tb95J
[13] The Great Seal Bug Part 1, 04.03.2021, Crypto Museum, https://bit.ly/3F9yfNo
[14] Rectenna, Wikipedia, 21 August 2021, https://bit.ly/30mixPO
[15] AEM30330 RF Energy Harvesting, E-peas, https://bit.ly/3cbRbyG
[16] Rethinking Wireless Power: A Closer Look at Ossia's Technology, Lee Goldberg, Oct. 13, 2021, Electronic Design, https://bit.ly/3oyBmYO
[17] AirFuel Alliance, https://bit.ly/3CjA2xA
[18] Wireless Charging, WattUp Wire-Free Charging, Dialog Semiconductor (Renesas), https://bit.ly/30kK8RI

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 9. Przekrój poprzeczny diody wstecznej na nanodrutach i nanokryształach [11]

indukcyjnych pierwszej generacji, do zapewniania ładowania bez wyrównania telefonów komórkowych, laptopów, miejsc pracy i nie tylko. Standard AirFuel Resonant wykorzystuje technologię rezonansu magnetycznego do jednoczesnego zasilania wielu urządzeń z prędkością odpowiadającą ładowaniu przewodowemu, bez konieczności precyzyjnego umieszczania na powierzchni ładowania. Standard rezonansu magnetycznego AirFuel działa w paśmie ISM o częstotliwości 6,78 MHz, z mocą dostarczaną w zakresie 100 mW...300 W.

AirFuel RF emituje fale o częstotliwości radiowej do bezprzewodowego przesyłania energii na odległości od kilku centymetrów do kilku metrów, zapewniając prawdziwą swobodę przestrzenną. Fale RF ułatwiają ładowanie 3D lub wolumetryczne, znane również jako niesprzężone. Technologia RF może być zintegrowana z najmniejszymi urządzeniami elektronicznymi, takimi jak urządzenia do noszenia, aparaty słuchowe i czujniki IoT.

AirFuel™ Alliance

Rysunek 10. Logo AirFuel Alliance

Podsumowanie

Pozyskiwanie energii z fal elekromagnetycznych nie jest łatwym zagadnieniem. Na przykład – firmę E-peas utworzyły w roku 2014 (po 10 latach badań) dwie osoby w Belgii (jedna z nich studiowała w ramach programu Erazmus na Politechnice Warszawskiej). W roku 2016 powstał pierwszy układ scalony. Dopiero po wsparciu finansowym w roku 2018 powstały następne cztery układy. Od roku 2019 firma zdobywa nagrody za innowacyjność oraz kolejne dofinansowanie. Rozmach dało dopiero otworzenie biur w Szwajcarii i Kaliforni oraz ogólnoświatowa dystrybucja kompletnego portfolio za pośrednictwem dystrybutorów elektroniki – Mouser Electronics i DigiKey.

Olbrzymią zaletą nowych układów firmy E-peas jest możliwość konfigurowania pracy z użyciem tylko zworek, bez konieczności stosowania i doboru rezystorów. W celu minimalizowania poboru mocy takie rezystory mają bardzo duże oporności (w MΩ). Powoduje to duże problemy z upływnościami po powierzchni płytki drukowanej z powodu pozostałości lutowania lub wilgotności powietrza. A tym samym, ze zmianą parametrów pracy układu scalonego.

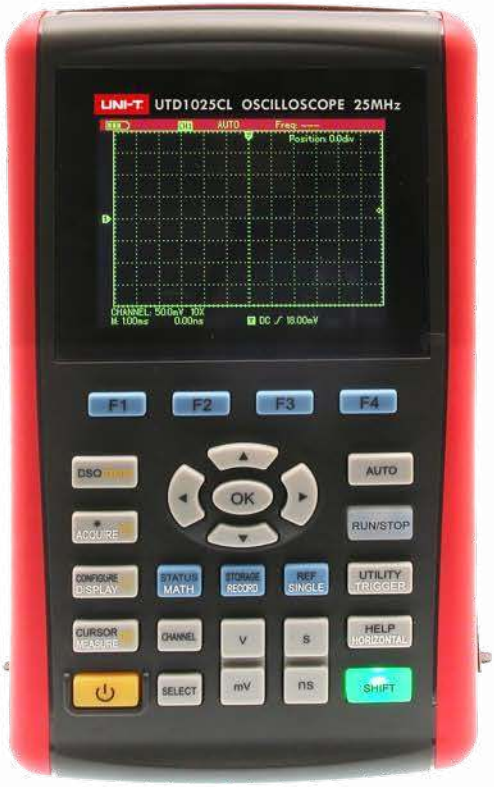
Podobnie długą drogę przeszła, utworzona w roku 2003, firma Powercast. Pierwszy produkt wprowadziła do dystrybucji dopiero w roku 2010. Obecnie firmy przechodzą od sprzedaży elementów (cewki, anteny, układy scalone) w kierunku kompletnych układów SoC i modułów bezprzewodowego zasilania. Potrzebne jest jednak rozwiązanie/specyfikacja bezprzewodowego zasilania, która mogłaby stać się standardem branżowym.

Czy to wszystkie sposoby pozyskiwania energii RF? Na satelitach NASA serii CubeSat energia jest pozyskiwana z plazmy elektrotermicznej w pasmie 13,8 MHz z mocą 15 W. Jednak jest to zagadnienie na oddzielny artykuł.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

REKLAMA

UNI-T®
Oscyloskop UTD1025CL



UTD-1025CL
1255zł

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



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



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

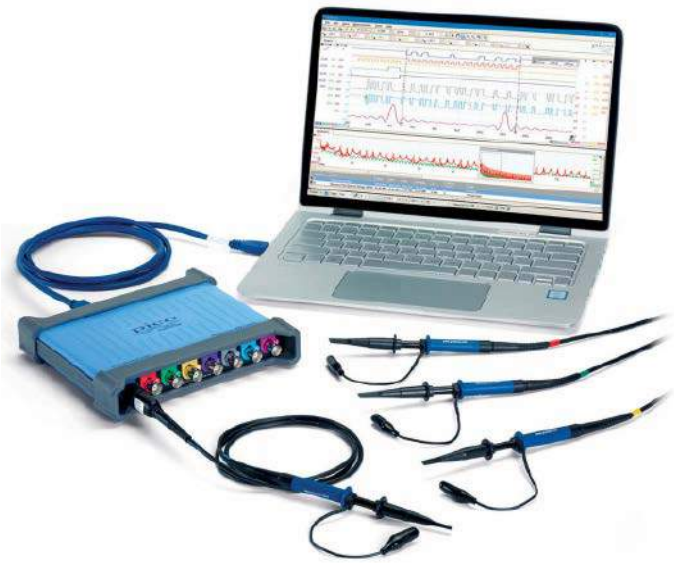
sklep.avt.pl

eprasa.pl b682cee0b1

Oscyloskopy USB PicoScope

– alternatywa czy konkurencja dla tradycyjnej aparatury?

Oscyloskopy PC Pico Technology to kompaktowe urządzenia, które potrafią dorównać oscyloskopom stacjonarnym, a nawet przewyższają wiele modeli tradycyjnych pod względem funkcjonalności. Te zaawansowane technologicznie urządzenia korzystają z portu USB w celu przesyłania danych do komputera PC. Obsługą i przetworzeniem danych zajmuje się aplikacja komputerowa. Rozbudowane możliwości analizy zarejestrowanych sygnałów i elastyczne sposoby prezentacji to tylko niektóre zalety takiego rozwiązania.



Oprogramowanie działające na komputerze PC pozwala na wykonywanie skomplikowanych badań, łącznie z analizą protokołów komunikacyjnych i dostarcza informacji łatwych do wyświetlenia i zarchiwizowania. Wszystkie zaawansowane funkcje programu, zawarte są w standardowej wersji – nie ma opcji bardziej rozbudowanych, za które trzeba dodatkowo zapłacić. Producent zapewnia także długą listę nowych funkcjonalności, do których dostęp możliwy jest poprzez bezpłatne aktualizacje oprogramowania.

Więcej informacji:
Computer Controls Sp. z o.o.
ul. Budowlanych 1, 43-300 Bielsko-Biała
tel. 33 485 94 90, 22 718 31 90
info@ccontrols.pl, www.ccontrols.pl

Firma Pico Technology

Firma powstała w 1991 roku i szybko stała się liderem w dziedzinie oscyloskopów pracujących jako przystawki do komputerów PC. Producent zawsze był doceniany przez klientów za dostarczanie innowacyjnych i jednocześnie korzystnych cenowo alternatyw dla tradycyjnych urządzeń testujących i produktów do akwizycji danych. Efektem tych działań jest oprzyrządowanie wysokiej jakości osiągalne dla wielu użytkowników.

Pico Technology jest firmą, która wkłada ogromny wysiłek w rozwój systemów pomiarowych, aby dostarczać klientom dobrze zaprojektowane i solidnie wykonane produkty, w konkurencyjnej cenie. Wytwarzane oscyloskopy oznaczone są znakiem CE, zgodnie z odpowiednimi dyrektywami europejskimi. Oprogramowanie i dokumentacja dostarczane są w wielu wersjach językowych.

Oprogramowanie PicoScope 6

Oprogramowanie dla urządzeń PicoScope charakteryzuje się dużą łatwością użytkowania, nawet dla osób mniej doświadczonych. Tradycyjne oscyloskopy są autonomicznymi przyrządami, bez możliwości przetwarzania sygnału i wymagające kosztownej rozbudowy dla uzyskania dodatkowych funkcjonalności, takich jak przechowywanie zarejestrowanych pomiarów. W późniejszych generacjach korzystano z nowych technologii cyfrowych, umożliwiając realizację większej liczby funkcji pomiarowych. W konsekwencji tych działań urządzenie pomiarowe stawało się wysoce specjalistyczne i tym samym kosztowne.

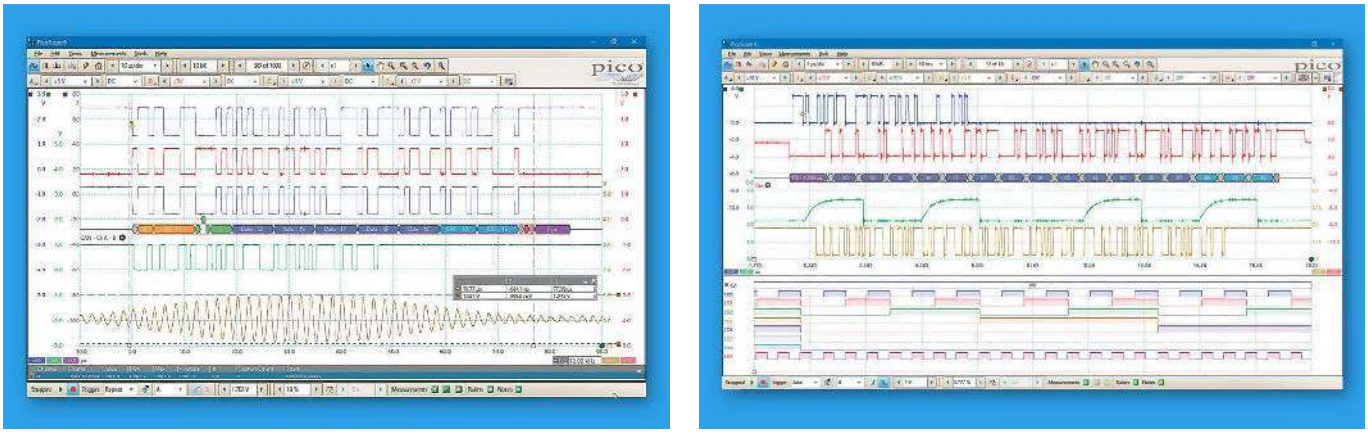
Oscyloskopy komputerowe to najnowszy etap w rozwoju technologii aparatury pomiarowej. Efektem jest łączenie dużych możliwości pomiarowych z wygodą obsługi. Wizualizacja wyników pomiarów odbywa się za pośrednictwem komputera użytkownika. W programie PicoScope można wyświetlać proste widoki, pokazujące podstawowe informacje oscyloskopu, lub można korzystać z wielu zaawansowanych funkcji. Na **rysunku 1** zaprezentowano przykładowe okna programu PicoScope 6 pokazujące różne sposoby prezentacji pomiarów.

Tryb przechwytywania

Program Picoscope 6 służy do obsługi i wizualizacji przebiegów i może pracować w trzech trybach przechwytywania: w trybie oscyloskopu, trybie prezentacji widma i trybie nadpisywania. Właściwe ustawienie można wybrać przy pomocy przycisków znajdujących się na pasku narzędzi.

- **Tryb oscyloskopu** – umożliwia wizualizację głównego przebiegu, a także pozwala na ustawienie czasu przechwytywania w sposób bezpośredni. Korzystając z tego trybu można jednocześnie wyświetlać kilka obwiedni sygnału;
- **Tryb widma** – wyświetla główny przebieg, a także umożliwia ustawienie zakresu częstotliwości w sposób analogiczny do specjalistycznych urządzeń – analizatorów widma. Korzystając z tego trybu można jednocześnie wyświetlać kilka widoków przebiegów;
- **Tryb nadpisywania** – w trybie tym program prezentuje pojedynczy wykres, wyświetla także poprzednie zarejestrowane obwiednie w kolorach o mniejszej intensywności. Nowe przebiegi sygnału są bardziej widoczne, gdyż mają bardziej jaskrawe barwy

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 1. Przykładowe okna programu PicoScope 6

Widok oscyloskopu wyświetla dane zmierzone w postaci amplitudy sygnału w jednostce czasu. Menu „Widoki" umożliwia otworzenie większej liczby widoków, natomiast w chwili uruchomienia programu, pojawia się jeden znajdujący się w oknie głównym. W tradycyjnych, autonomicznych urządzeniach również wyświetlana jest wspólna oś czasu dla przebiegów oraz poziom sygnału na minimum jednej osi pionowej. W każdym widoku oprogramowania PicoScope 6 może być wyświetlane tyle przebiegów, w ile kanałów został zaopatrzony dany oscyloskop. Dodatkowo w oscyloskopach sygnałów mieszanych (MSO) wyświetlane mogą być dane mieszane, analogowe i cyfrowe na tej samej podstawie czasu.

Podsumowanie

Oscyloskopy PC Pico Technology, dzięki zaawansowanym parametrom mogą z powodzeniem konkurować z urządzeniami autonomicznymi. Budowa systemu pomiarowego jest odmienna od tradycyjnych rozwiązań, gdyż PicoScope wymaga podłączenia do komputera PC. Jednak takie rozwiązanie wprowadza szereg korzyści, gdyż samo urządzenie pomiarowe ma niewielkie wymiary, a zainstalowanie nowszej wersji aplikacji umożliwia pracę z rozszerzoną funkcjonalnością. Nie bez znaczenia jest też możliwość wyświetlenia wyników na dużym monitorze bez utraty jakości wyświetlanego obrazu. Wybór oscyloskopów USB firmy Pico Technology oznacza pracę z uniwersalnym i ekonomicznym urządzeniem, o konkurencyjnych parametrach i dużej szybkości działania, które wspomaga pracę elektroników i elektryków w wielu zakresach działalności.

Grzegorz Cuber, technical manager
Computer Controls
www.ccontrols.pl

REKLAMA



eprasa.pl b682cee0b1

BDMS – nowe możliwości techniczne

W poprzednim artykule opisywaliśmy innowacyjne układy BMS (Battery Management System) opracowywane przez firmę Intellectronic Solutions Sp. z o.o. Ze względu na swoją podstawową cechę, którą jest modułowość oraz możliwość dynamicznego skalowania, zostały one nazwane jako BDMS (Brick Dynamic Management System). W poniższym artykule zaprezentujemy nowe interesujące możliwości techniczne, jakie daje stosowanie układów BDMS w dużych systemach inżynieryjnych.

Przypomnijmy – BDMS jest zaawansowanym układem BMS, różniącym się od układów typowych takimi cechami jak modułowość, skalowalność i uniwersalność. Modułowość systemu BDMS polega na tym, że w jego skład wchodzą trzy podstawowe moduły: Master, Slave oraz Gateway. Skalowalność układu polega na możliwości dołączania kolejnych modułów Slave do istniejącego magazynu energii – a to oznacza możliwość zwiększania jego pojemności w przyszłości (w razie pojawienia się takiej potrzeby).

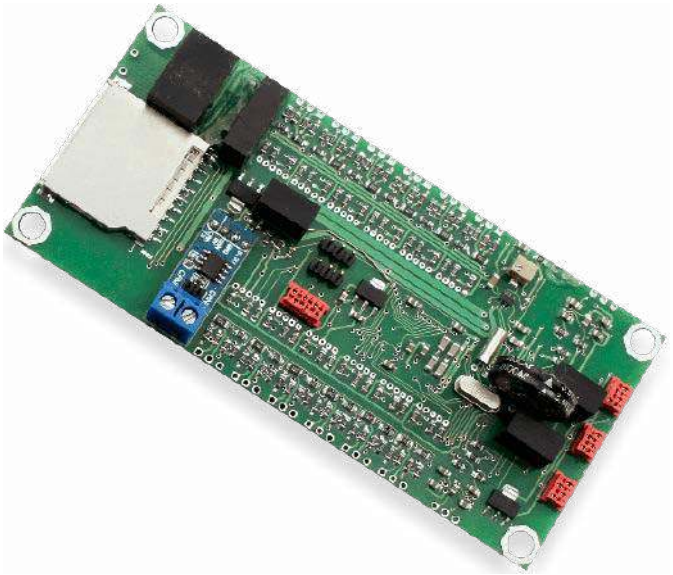
Komunikacja

Bardzo częstą potrzebą w przypadku różnych układów magazynowania energii są wymagania dotyczące możliwości komunikacji z układem BMS. Potrzeba ta pojawia się zwykle w dużych układach sterowania zarządzanych przez system nadrzędny typu SCADA lub MES, w których magazyn energii jest jedną z części składowych większego systemu (np. w zastosowaniach przemysłowych). Innym przykładem są układy magazynowania energii w instalacjach OZE, gdzie jest wymagana obustronna komunikacja pomiędzy wyspecjalizowanym falownikiem oraz modułem BMS w akumulatorze w celu zapewnienia bezpiecznego działania całego układu. Falowniki poszczególnych producentów do komunikacji najczęściej używają własnych wersji protokołów Modbus RTU lub CAN.

Oferowany przez nas układ BDMS, wyposażony w moduł Gateway (będący komunikacyjną częścią modułu Master) zawiera spreparowane galwanicznie interfejsy komunikacyjne, takie jak MODBUS RTU oraz CAN. W przypadku magistrali MODBUS układ BDMS pracuje jako slave. W przypadku CAN układ ma możliwość wysyłania ramek informujących o różnych zdarzeniach, np. alarmach lub informacjach o przekroczeniu zdefiniowanych parametrów, takich jak np. temperatura ogniw. Zastosowanie interfejsów komunikacyjnych umożliwia systemowi nadrzędnemu pełen podgląd parametrów pracy magazynu energii, jak również zmianę ustawień urządzenia.

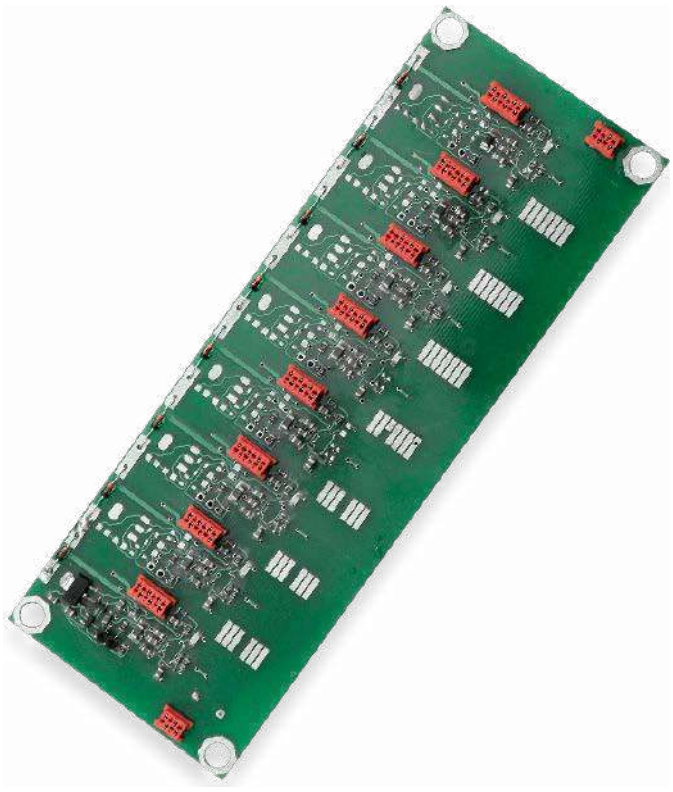
Sygnały sterujące

Inną ważną cechą dotyczącą większych układów sterowania jest możliwość zaimplementowania prostych sygnałów sterujących. W przypadku typowych układów BMS musimy w takim celu zastosować zewnętrzne urządzenia, takie jak np. proste sterowniki logiczne PLC. Oferowany przez nas układ BDMS jest wyposażony we własny podsystem konfigurowalnych wejść/wyjść. Dostępnych jest 12 kanałów, z których każdy można skonfigurować jako wejście lub wyjście cyfrowe oraz przypisać mu odpowiednią funkcję. Przykładowo, jeden



Fotografia 1. Element systemu BDMS – moduł master

Więcej informacji:
Intellectronic Solutions sp. z. o.o.
Kraczkowa 1647, 37-124 Kraczkowa
tel. +48 695 904 655
info@intellectronic.eu, http://intellectronic.eu



Fotografia 2. Element systemu BDMS – moduł slave

eprasa.pl b682cee0b1

z kanałów może być zaprogramowany jako wyjście z funkcją informowania o wystąpieniu dowolnego alarmu. Obciążalność każdego kanału wynosi 3 A w przypadku wyjścia. Wszystkie kanały są separowane galwanicznie. Opisywane rozwiązanie znacząco zwiększa funkcjonalność układu BDMS zarówno w dużych układach sterowania, gdzie magazyn energii jest tylko jednym z wielu składników większego systemu, jak również w mniejszych zastosowaniach, w których akumulator odgrywa kluczową rolę.

Dodatkowe funkcje

Kolejną istotną funkcją układu BDMS jest możliwość rejestrowania parametrów pracy urządzenia oraz dziennika zdarzeń na karcie pamięci. Pozwala to na łatwe prześledzenie cykli pracy magazynu energii w celach diagnostycznych lub związanych z utrzymaniem ruchu w większych systemach.

Ważną własnością układu BDMS mającą wpływ na jego cechy takie jak skalowalność i uniwersalność jest sposób oraz organizacja komunikacji pomiędzy modułem Master oraz modułami Slave. Komunikują się one przy zastosowaniu protokołu USART, za pomocą optoizolowanej szyny komunikacyjnej. Takie rozwiązanie zwiększa bezpieczeństwo całego magazynu energii, jak również samego układu BDMS. Tak zorganizowany układ jest w stanie obsłużyć do 196 modułów Slave połączonych do jednej magistrali. Dzięki temu układ BDMS nadaje się nawet do dużych, rozbudowanych magazynów energii.

Rozwój firmy

Przy okazji prezentacji szczegółów technicznych naszego rozwiązania, chcemy pochwalić się rebrandingiem firmy Intellectronic Solutions Sp. z o.o. Od nowego roku spółka będzie działać pod szyldem Kon-TEC Sp. z o.o. Firma Kon-TEC jest jednym z wiodących producentów w segmencie akumulatorów LiFePO4 na krajowym rynku. W ciągu pięciu lat swojej obecności rynkowej firma zdobyła uznanie oraz zaufanie klientów.

Obecnie dynamicznie rozwija swoją działalność również na rynku europejskim. Dzięki połączeniu sił, opracowywany przez nas układ BDMS będzie miał szansę trafić do nowych klientów, którzy mają dobre skojarzenia oraz dotychczasowe doświadczenia z brandem Kon-TEC. Z drugiej strony akumulatory litowo-żelazowo-fosforanowe



Fotografia 3. Przykładowy akumulator LiFePO4 z prostym układem BMS oferowany przez Kon-TEC

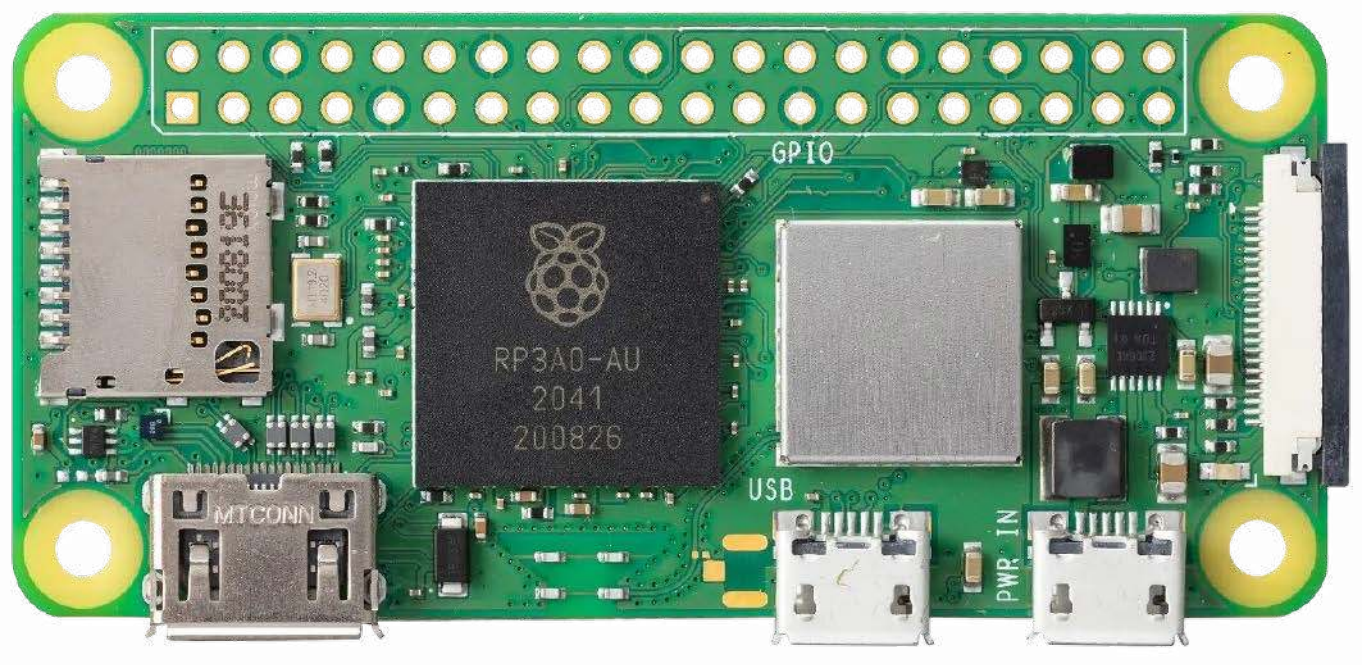
oferowane przez Kon-TEC, dotychczas wyposażone w podstawowe układy BMS (przykładowy akumulator składający się z ogniw pryzmatycznych został pokazany na fotografii tytułowej), będą oferowane w wersji z układem BDMS dla zaawansowanych zastosowań. Znacznie poszerzy to możliwości implementacji akumulatorów, m.in. jako magazyny energii do instalacji solarnych, przemysłowe systemy zasilania awaryjnego zabezpieczające przed zanikiem energii, czy wyspecjalizowane urządzenia mobilne stosowane w przemyśle.

Intellectronic Solutions

REKLAMA



eprasa.pl b682cee0b1



Raspberry Pi Zero 2W

– najlepszy prezent na święta?

Pomimo trwającego na rynku kryzysu podzespołów, który wydaje się nie mieć końca i całkowicie odzwyczaił nas od natłoku nowości, nastąpiło duże zaskoczenie. Po koniec października Fundacja Raspberry wprowadziła nowy model budżetowej serii Raspberry Pi Zero 2W, który jest już dostępny w sprzedaży. Czy zapowiada się dobry prezent na święta dla elektronika?

Komputerki Raspberry Pi w wersji Zero, pomimo uproszczenia konstrukcji, znajdują spore zainteresowanie konstruktorów i dzięki niskiej cenie w wielu miejscach wypierają rozwiązania mikroprocesorowe, stanowiąc silną konkurencję dla wielu modułów STM czy Arduino. Wygląd nowej wersji RPi Zero 2W pokazuje fotografia tytułowa. Specyfikacja jest następująca:

- procesor BCM2701A1 (czterordzeniowy, taktowany 1 GHz) + 512 MB LPDDR2 RAM,
- obsługa kart MicroSD,
- złącze Mini HDMI + audio, dla zewnętrznego monitora,
- 1 port Micro USB dla zasilania, wymagany zasilacz 5 V/ 2,5 A
- 1 port Micro USB OTG dla urządzeń,
- GPIO zgodny z HAT, (bez wlutowanego złącza IDC40),
- złącze kamery CSI,
- wbudowane Wi-Fi 2,4 GHz (802.11b, g, n),
- Bluetooth BLE4.2, BLE,
- zintegrowana zespolona antena Wi-Fi/BT,
- zakres temperatury pracy –20...70°C,
- rozmiar 65×30×5 mm,
- wsparcie programowe systemów operacyjnych wydanych po 01.2021,
- gwarantowana dostępność do 01.2028.

Cena samej płytki została ustalona na 15 $. Dostępne są oczywiście zestawy z adapterami (Mini HDMi, Micro USB) oraz nowym oficjalnym zasilaczem o wydajności zwiększonej do 2,5 A. Zakres temperatur pracy został poszerzony i obejmuje –20...70°C, co ułatwi stosowanie w mniej wymagających aplikacjach zewnętrznych. Nie zmieniły się położenia głównych złącz, co zapewnia zgodność z dostępnymi obudowami.

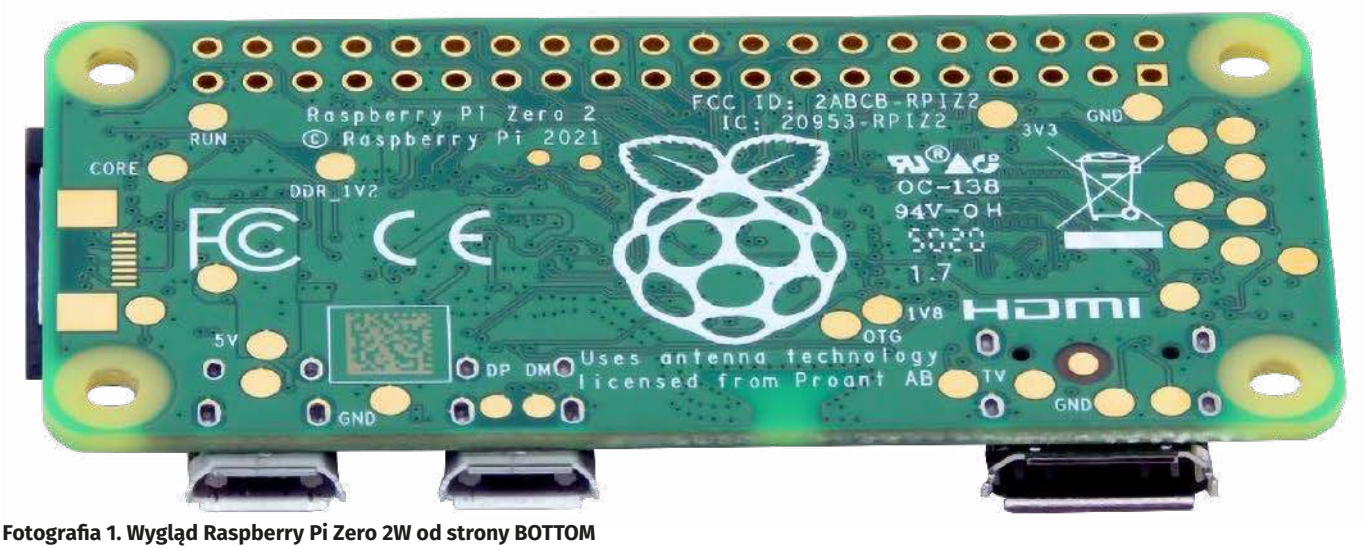
Procesor

Patrząc na specyfikację, nie znajdujemy najnowszego BCM2711, a nowo opracowany SoC RP3A0 składający się ze struktury układu BCM2701A1(Broadcom) i układu pamięci 512 MB LPDDR2 RAM zmontowanych w „kanapkę". Zgodnie z zapewnieniami fundacji SoC ma mieć 40% większą wydajność w zastosowaniach jednowątkowych i pięciokrotnie wyższą wydajność przy zastosowaniach wielowątkowych w porównaniu z Pi Zero.

Łączność bezprzewodowa

W chwili ogłoszenia dostępna jest tylko jedna wersja Pi Zero 2W, bez możliwości wyboru wielkości RAM, typu nośnika systemowego oraz interfejsu bezprzewodowego. Moduł łączności bezprzewodowej został ekranowany, co dobrze maskuje zastosowane rozwiązanie. Wbudowanie komunikacji bezprzewodowej Wi-Fi/BLE, oprócz zapewnienia łączności dla IoT, pozwala na rezygnację ze stosowania dodatkowych kart sieciowych, zajmujących jedyny port USB lub konieczności użycia nakładek HAT z interfejsem przewodowym (co znacząco zwiększało rozmiar rozwiązania i wymagało wlutowania złącza IDC40). Nie jest znana specyfikacja układu obsługującego łączność bezprzewodową, ale zgodnie z informacjami znalezionymi na stronie Jeffa Geerlinga jest to układ SYN43436 Synaptics, zbliżony do BCM43438. Jest to prawdopodobne ponieważ Synaptics wykupił w zeszłym roku prawo do opracowań bezprzewodowych Broadcom. Obok gniazda USB na górnej stronie płytki, przy krawędzi modułu

eprasa.pl b682cee0b1



Fotografia 1. Wygląd Raspberry Pi Zero 2W od strony BOTTOM

widoczne są pady lutownicze dla gniazda anteny zewnętrznej, jednak w oficjalnej dokumentacji nie wspomina się o możliwości ich wykorzystania. Poprawiono sposób lutowania ewentualnego rezystora mostkującego gniazdo antenowe z wyjściem układu Wi-Fi, tym razem nie musi być wlutowany pod skosem, jak w poprzedniej wersji Pi Zero W.

Jednak czegoś zabrakło

Zmiany to zawsze decyzja trudna dla konstruktora, bo przy aktualizacji części sprzętowej trzeba zdecydować o zachowaniu zgodności wstecznej, rezygnując z zastosowania nowocześniejszych gniazd np.: micro HDMI, USB3 (przy okazji ujednolicając interfejsy z Pi4). Szkoda, że zamiast poświęcić siły na implementację USB3 (chociażby tylko w trybie zgodności z USB), energia poszła na zaprojektowanie nowego wydajniejszego zasilacza micro USB. Zastosowanie USB3 zapewniłoby nowoczesność interfejsu na jakiś czas oraz dostosowanie do zapowiadanych wymogów EU. Z całą pewnością wiązało by się to z dodatkowymi kosztami menedżera zasilania, w porównaniu z groszowymi cenami zastosowanej od lat w Pi Zero przetwornicy PAM2306, ale według mnie warto było spróbować. W obwodach zasilania PAM2306 dla napięć 1,8 V/3,3 V widoczna jest zmiana typu dławików przetwornic na kubkowe, która wymuszona została zwiększonym poborem prądu układu SoC.

Płytka

Po bliższych oględzinach płytki można zauważyć brak miejsca na wlutowanie złącz SIP2 dla, raczej sporadycznie używanych, sygnałów RUN/TVOUT. Złącza zostały zastąpione padami lutowniczymi na dolnej stronie płytki. Niektóre z punktów testowych także zmieniły lokalizację. Zachowany jest na szczęście układ padów umożliwiających wyprowadzenie interfejsu USB, konieczny w przypadku użycia płytek typu pogo/stick USB-A (min. AVT5802). Szkoda, że nie uzupełniono projektu PCB w możliwość wlutowania złącza USB typu FPC, jak to ma miejsce po lewej stronie dla złącza JTAG. Wyprowadzenie krótkiego odcinka taśmy FPC, jest znacznie wygodniejsze niż użycie kabla micro USB lub nietypowego łącznika USB/USB.

Szybka ocena wydajności pozwala na stwierdzenie, że nowe Pi uruchamia się zdecydowanie szybciej niż poprzednik, praca ze środowiskiem graficznym, nie jest tak płynna jak w Pi4, ale jest jak najbardziej wykonalna.

Podsumowując

Nowe RPi Zero nie jest przełomem, nie stało się okrojoną z interfejsów wersją Pi4 i nie zastąpi jej w zastosowaniach desktoowych. Zwiększona wydajność Pi Zero 2W zostanie zapewne przyjęta przez konstruktorów z entuzjazmem, szczególnie we wbudowanych aplikacjach IoT/AI i podstawowego rozpoznawania obrazu, gdzie implementacja Pi Zero 2W wraz z integracja z np. kamerą CSI jest tańsza od wydajniejszego Pi4/CM4. Podsumowując – dostajemy moduł zbliżony do Pi3 z okrojonymi interfejsami, który bezproblemowo zastąpi Pi Zero W i nie zagrozi pozycji Pi4. Czyli jednak jest fajny prezent na święta.

Adam Tatuś, EP

PS Na następne święta poproszę RPi Zero 3W z USB3, micro HDMI i wbudowanym eMMC.



eprasa.pl b682cee0b1



Czujnik stężenia pyłów HM3301

Pod koniec każdego roku w mediach powraca temat jakości powietrza w naszym kraju. Jesteśmy na pierwszym miejscu w rankingu największych zanieczyszczeń wśród krajów UE i na jednym z czołowych miejsc na świecie. W świadomości społecznej zanieczyszczone powietrze było zawsze kojarzone z wielkim przemysłem ciężkim głównie na Śląsku i z centrami dużych miast z duża liczbą przejeżdżających samochodów. Dobre samopoczucie mieszkańców małych miejscowości w tym względzie popsuły dopiero powszechnie pomiary zanieczyszczenia wykonywane w ich okolicy. Szybko się okazało, że bardzo dobre powietrze jest tylko tam, gdzie jego jakość nie jest mierzona.

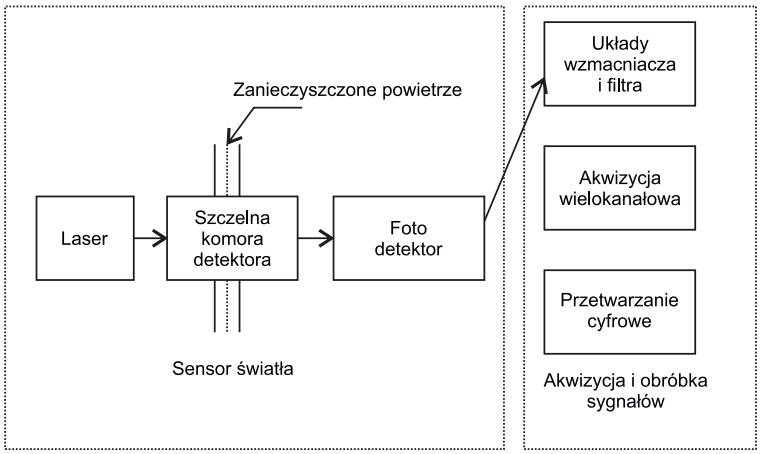
Zanieczyszczenia w małych miastach i na wsiach potrafią być w sezonie zimowym większe niż w centrum dużego miasta. Ich głównym źródłem są prymitywne domowe piece grzewcze i spalane w nich tanie paliwo kiepskiej jakości. Paradoksalnie do dużego poziomu zanieczyszczeń przyczyniają się lekkie zimy i dobra izolacja ścian domów. Prymitywne piece pracują wtedy krótko, z przerwami i niedostatecznie rozgrzane palenisko nie jest w stanie spalić dokładnie paliwa. Generują wtedy do atmosfery duże ilości pyłów i innych szkodliwych związków. Wieloletnie narażenie na takie warunki przyczynia się wielu chorób, od nowotworowych, poprzez kardiologiczne, aż do chorób płuc. Jest szkodliwe dla każdego, ale szczególnie dla małych dzieci i osób starszych.

Przy bardzo dużych stężeniach pyłów smog można zobaczyć, bo przybiera postać szarej lub żółtawej mgły. Niższe, ale ciągle zbyt wysokie długotrwałe stężenia pyłów nie są widoczne ale są równie szkodliwe. Dzisiaj bez większego problemu można dość precyzyjnie mierzyć poziom zanieczyszczeń w miejscu naszego przebywania nawet niezbyt drogimi czujnikami. Jednym z takich czujników jest moduł czujnika laserowego HM3301 PM2.5 firmy Grove.

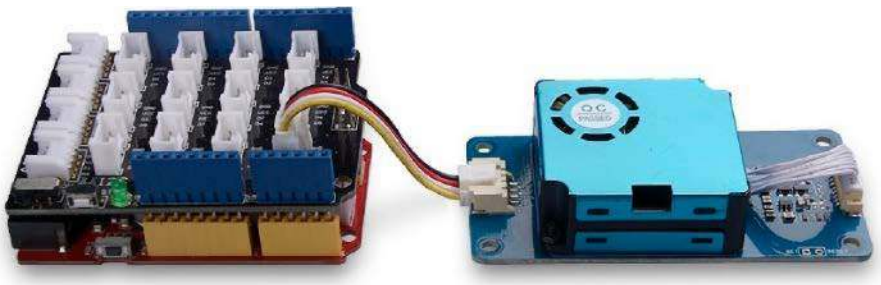
Laserowy czujnik stężenia pyłów

Rodzina detektorów HM3300/HM3600, do której należy HM3301, to nowa generacja laserowych czujników przeznaczonych do ciągłego wykrywania w czasie rzeczywistym stężenia pyłu w powietrzu. Działanie detektorów jest bazuje na zaawansowanej teorii rozpraszania stosowanej miedzy innymi do pomiarów wielkości małych cząstek metodami optycznymi. Kiedy światło przechodzi przez cząstki zawieszone w powietrzu, to powodują one rozproszenie światła. Rozproszone światło jest skoncentrowane na bardzo czułej fotodiodzie. Sygnał z tej fotodiody jest

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 1. Zasada działania sensora HM301

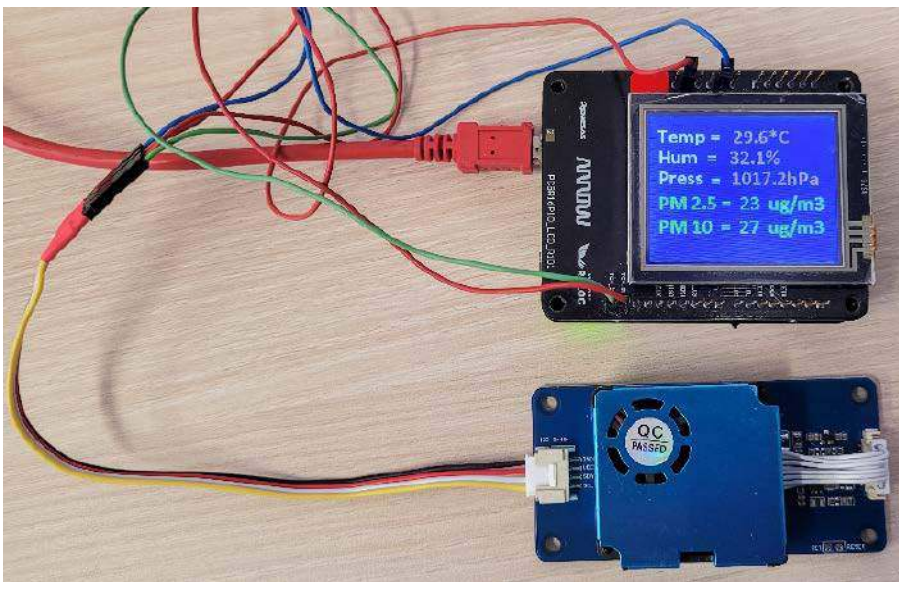


Fotografia 1. Moduł podłączony do Arduino przez płytkę Grove Base Shield

wzmacniany i analizowany przez układy detektora. Za pomocą określonego modelu matematycznego i algorytmu uzyskuje się informację o stężeniu masowym cząstek pyłu.

Zanieczyszczone powietrze jest dostarczane do układu czujnika przez mały wentylator. Przepływa przez specjalną komorę, gdzie zanieczyszczenia są oświetlane przez światło lasera pracującego w podczerwieni. Światło, jak już wiemy, ulega rozszczepieniu na cząstkach pyłu i trafia na powierzchnie fotodetektora. Sygnał z fotodetektora jest następnie filtrowany, wzmacniany i przetwarzany cyfrowo (**rysunek 1**).

Układ elektryczny czujnika może być zasilany napięciem w zakresie 3,3…5 V. Temperatura pracy wynosi od –10°C do +60°C, a wilgotność otoczenia nie może być niższa niż 10%, ani wyższa od 90% RH, przy czym nie dopuszcza się kondensacji pary wodnej. Tor pomiarowy rozróżnia 3 zakresy wielkości pyłów: 2,5 µm, 5 µm i 10 µm. Rozdzielczość pomiarowa wynosi 1 µg/m³ a efektywny zakres pomiarowy 1...500 µg/m³. Maksymalny zakres pomiarowy dla kanału 2,5 µm wynosi 1000 µg/m³. Pomiary stają się miarodajne 30 sekund po włączeniu napięcia zasilania. Układ HM3301 ma 2 interfejsy komunikacyjne: UART i I²C, przy czym podstawowym interfejsem jest UART. Można za jego pomocą nie tylko odczytywać pomiary, ale też programować tryby pracy.



Fotografia 2. Układ testowy

Interfejs I²C umożliwia tylko odczytywanie danych pomiarowych. Producent modułu wyprowadził tylko sygnały interfejsu I²C i nie ma sprzętowych możliwości korzystania z UART.

Moduł czujnika jest umieszczony na płytce drukowanej do której jest przymocowana obudowa detektora z wentylatorem tak jak to zostało pokazane na fotografii tytułowej. W komplecie z czujnikiem jest dodawany kabel z wtyczkami pasującymi do gniazd płytki Grove Base Shield przeznaczonej do łączenia modułów Grove z płytką Arduino. Przygotowano też gotowy projekt dla tej platformy. Wystarczy złącze modułu połączyć z portem I²C płytki Base Shield, tak jak to pokazano na **fotografii 1**, uruchomić gotowy projekt w Arduino i powinno wszystko działać.

Programowanie

W testach nie używałem klasycznego systemu Arduino. Zastosowałem zestaw ARIS EDGE firmy RELOC składający się za modułu mikrokontrolera ARIS EDGE IoT Board i modułu wyświetlacza LCD ARIS EDGE LCD sprzętowo zgodnych ze standardem Arduino. Ponieważ nie miałem płytki Base Shield, to połączenie z czujnikiem wykonałem za pomocą kabli zakończonych wtykami (**fotografia 2**). Wyprowadzenia zasilania i magistrali I²C zostały pokazane na **rysunku 2**.

Program testowy został napisany w języku C dla 32-bitowego mikrokontrolera Renesas Synergy R7FSA37A3 z rdzeniem Cortex. Zostało użyte środowisko IDE e² studio firmy Renesas i firmowe biblioteki SSP. Aplikacja odczytująca dane z czujnika i wyświetlająca je na ekranie jest rozszerzeniem wcześniej napisanej aplikacji czujnika parametrów środowiskowych mierzącego temperaturę, wilgotność i ciśnienie atmosferyczne z użyciem sensora BM280 umieszczonego na płytce ARIS EDGE IoT Board. Na ekranie LCD są wyświetlane: temperatura otoczenia, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne, koncentracja zanieczyszczeń pyłów PM2.5 i koncentracja zanieczyszczeń PM10.

Komunikację z czujnikami realizuje sprzętowy interfejs IIC1 skonfigurowany przez konfigurator Synergy Configuration wbudowany w pakiet e² studio. W pierwszym kroku konfiguracji wybieramy zakładkę *Threads*. Sterownik zostanie skonfigurowany w domyślnym wątku HAL/Common. Wybierany w oknie *HAL/Common Stacks* ikonę *New Stack* i w rozwijanym menu wybieramy: *New Stack → Driver → Connectivity → I2C Master Driver on r_iic* (**rysunek 3**).

Dodany sterownik (driver) pojawia się w oknie *HAL/Common Stacks* i można go skonfigurować w oknie *Properties*. W oknie *Name* nadajemy swoją nazwę. W naszym przypadku jest to BME280. Ta nazwa potem występuje w funkcjach sterownika. Okno

eprasa.pl b682cee0b1

Channel wybiera numer kanału interfejsu I²C. Prędkość transmisji wybiera się w oknie *Rate*. Ze względu na wymagania magistrali I²C sensora HM3301 trzeba ustawić opcję *Standard*. Adres układu slave wpisuje się w oknie *Adres Slave*, a format adresu w oknie *Address Mode* (adres 7-bitowy). Dla układu BME280 wpisujemy adres 0x77, który potem będzie zmieniany zależnie od potrzeb. Priorytety przerwań zgłaszanych przez moduł I²C są ustawiane w 4 ostatnich oknach.

Trochę szerszego opisu wymaga okno Callback. W interfejsach szeregowych, które nie mają bufora FIFO wysłanie kolejnego bajtu na magistralę jest możliwe po zakończeniu wysyłania poprzedniego bajtu. W I²C nie ma znaczenia, czy jest to adres slave, dane wysyłane, czy dane odbierane. Funkcje wysyłania pojedynczych bajtów w warstwach niższych są oparte o przerwania i nie musimy się martwić o kolizję na magistrali. Ale wysłanie sekwencji składającej się z wysłania i odczytania określonej ilości danych wymaga sprawdzenia warunku zakończenia transmisji. Dlatego funkcje drivera wysyłające i dobierające dane muszą albo czekać na zakończenie transmisji (funkcje blokujące), albo kończyć swoje działanie po zainicjowaniu transmisji wielobajtowej i wprowadzać mechanizmy sygnalizacji zakończenia transmisji. Funkcje blokujące nigdy nie są dostatecznie dobrym rozwiązaniem. Jeżeli coś pójdzie nie tak, to możemy całkowicie stracić kontrolę nad programem. Jeżeli w oknie *Callback* umieścimy wpis *NULL*, to funkcje transmisji będą się wykonywać jako blokujące. Wpisanie do *Callback* swojej nazwy spowoduje, że funkcje nie będą czekać na zakończenie transmisji. Użytkownik musi sam sobie napisać funkcję o nazwie z okna właściwości drivera Callback i zadbać o wykrywanie zakończenia transmisji. Opiszę ten mechanizm oddzwaniania przy okazji opisywania działania funkcji obsługi I²C. Zastosowana konfiguracja sterownika I²C została pokazana na **rysunku 4**.

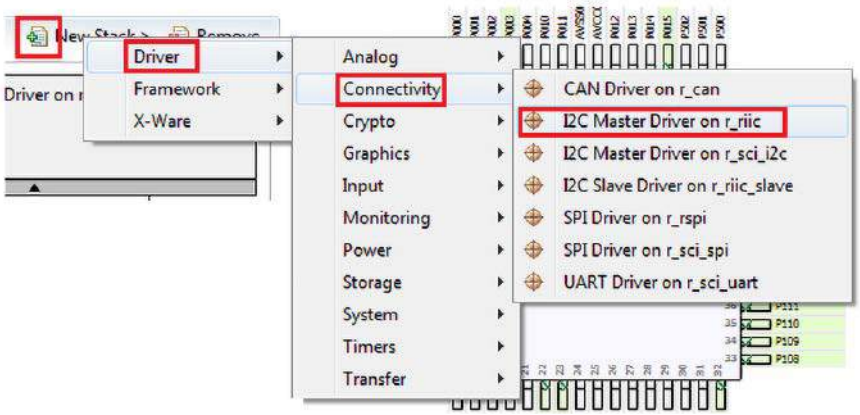
W kolejnym kroku trzeba wybrać zakładkę *Pins* konfiguratora Synergy Configurator i skonfigurować wyprowadzenia interfejsu I²C, tak by był sprzętowo zgodny z płytką Arduino. Interfejs I²C musi używać portów P206 i P207. Zostało to pokazane na **rysunku 5**.

Po konfiguracji i wygenerowaniu przez konfigurator odpowiednich plików, po kliknięciu na *Generate Project Content* można używać funkcji sterownika magistrali I²C. Pierwszą rzeczą jaką należy zrobić jest otwarcie sterownika za pomocą funkcji *open* (**listing 1**). Argumentami funkcji *open* są dwie struktury: *p_ctrl* i *p_cfg*. Struktura *p_ctrl* zawiera informację opisującą interfejs i flagę określającą czy interfejs został prawidłowo otwarty. Struktura *p_cfg* zawiera wszystkie konfiguracje pokazane na rysunku 4.

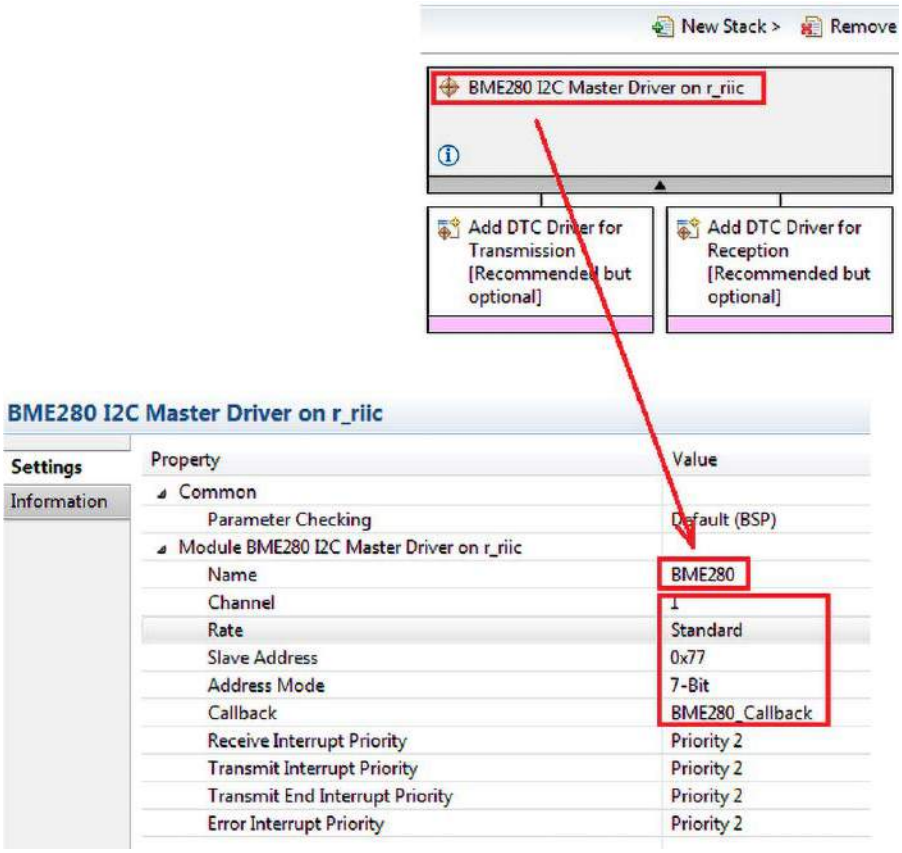
Funkcja *open* zwraca jeden ze statusów:



Rysunek 2. Wyprowadzenia modułu HM3301



Rysunek 3. Wybór sterownika interfejsu I²C



Rysunek 4. Konfiguracja sterownika I²C

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 5. Konfiguracja wyprowadzeń I²C

Listing 1. Otwarcie interfejsu I²C

```
//otwarcie magistrali I2C BME280
ssp_err_t BME280_BUS_Open(){
    ssp_err_t status;
    status=BME280.p_api -> open(BME280.p_ctrl, BME280.p_cfg);
    return status;
}
```

Listing 2. Funkcja BME280_Callback

```
volatile void BME280_Callback(i2c_callback_args_t * p_args);
volatile uint8_t BME280_data_tx,BME280_data_rx;
//*********************************************************
//prototyp funkcji callback dla kontroli transmisji I2C
//*********************************************************
volatile void BME280_Callback(i2c_callback_args_t * p_args){

    if(I2C_EVENT_TX_COMPLETE == p_args->event){
        //zapis danych na magistralę zakończony sukcesem
        BME280_data_tx = 1;
    }

    if(I2C_EVENT_RX_COMPLETE == p_args->event){
        //odczyt danych z magistrali zakończony sukcesem
        BME280_data_rx = 1;
    }

    if(I2C_EVENT_ABORTED == p_args->event){
        //transfer danych zakończony niepowodzeniem
        BME280_data_rx = 10; BME280_data_tx = 10;
    }
}
```

- SSP_SUCCESS – interfejs został poprawnie otwarty i może być używany,
- SSP_ERR_IN_USE – interfejs jest już otwarty i nie można go powtórnie otworzyć,
- SSP_ERR_INVALID_RATE – nie można wyliczyć wybranej prędkości transmisji.

Ponieważ w konfiguracji określiliśmy nazwę Callback, to funkcje przesyłania porcji danych po magistrali nie są blokujące. Użytkownik musi zdefiniować funkcję callback wywoływaną przez zdarzenia zgłaszane przez funkcje zapisywania i odczytywania danych z magistrali. Dla sterownika magistrali I²C zdefiniowano w SSP zdarzenia:

- I2C_EVENT_ABORTED – transfer nie dokończony,
- I2C_EVENT_RX_COMPLETE – operacja odczytywania zakończona sukcesem,
- I2C_EVENT_TX_COMPLETE – operacja zapisywania zakończona sukcesem.

Dla naszych potrzeb zdefiniowałem 2 zmienne globalne i funkcję *BME280_Callback*, której kod został pokazany na **listingu 2**. Poprawnie zakończenie odczytania lub zapisania danych jest sygnalizowane wpisaniem jedynki do odpowiednich zmiennych. Wpisanie wartości 10 sygnalizuje transfer danych, który nie zakończył się sukcesem. Użytkownik musi przed wywołaniem funkcji zapisu i odczytu wyzerować odpowiednią zmienną i po wykonaniu funkcji *write*, lub *read* czekać na wpisanie do tej zmiennej wartości 1.

Do odczytywania i zapisywania danych z czujnika BME280 zostały napisane dwie funkcje: *BME280_I2C_Write* i *BME280_I2C_Read*. Te funkcje adresują urządzenie slave o adresie 0x77. Do tej samej magistrali I²C jest dołączony czujnik pyłów o adresie 0x40. W rozbudowanych systemach, gdzie transmisja może być inicjowana asynchronicznie w dowolnym momencie można wykorzystywać frameworka używającego jednego interfejsu i wielu driverów o różnych adresach. Synchronizacja pomiędzy wątkami wykorzystującymi transfer po magistrali I²C może się opierać o mechanizm semaforów. To wygodne i wydajne rozwiązanie możliwe do szybkiego skonfigurowania z poziomu Synergy Configurator. Ale w naszym przypadku, gdzie mamy dwa urządzenia slave odczytywane sekwencyjnie jedno po drugim to trochę przerost formy nad treścią. Przypomnijmy: mamy zdefiniowany i skonfigurowany sterownik BME_280 Master Driver z parametrami umieszczonymi w strukturze *p_cfg*. Oba urządzenia slave: MBE280 i HM3301 mogą pracować z takimi samymi konfiguracjami, w tym z taką samą prędkością transmisji. Jedyna różnica to transfer danych z różnymi adresami slave. Wystarczy tylko przed wysłaniem danych do HM3301 zmienić w strukturze *p_cfg* domyślnie wygenerowany adres 0x77 przypisany do czujnika BME280 na adres 0x40 przypisany do czujnika HM3301 i powinno wszystko zadziałać.

Oczywiście skoro nie używamy frameworka, to musimy szczególnie zadbać o prawidłowy ruch na magistrali żeby nie powodować kolizji. Jak wspomniałem do tego celu wykorzystamy mechanizm oddzwaniania callback. Będziemy blokować wysyłanie kolejnych danych jeżeli poprzedni transfer się jeszcze nie zakończył. Do zmiany adresu wykorzystamy funkcję biblioteczną *slaveAddressSet*. Jej argumentami są wskaźnik na strukturę *p_ctrl* sterownika BME280, adres slave i rozmiar adresu (7 bitów lub 10 bitów).

Na **listingu 3** pokazano funkcję zapisu danych na magistralę I²C dla układu BME280,

REKLAMA



eprasa.pl b682cee0b1

a na **listingu 4** funkcję odczytu danych z BME280. W każdej z nich przed zainicjowaniem transferu jest ustawiany jawnie adres 0x77, pomimo tego, że domyślnie został ustawiony w konfiguratorze. Jest o niezbędne, bo poprzedni transfer danych mógł zmienić ten adres na 0x40 dla układu HM3301.

Funkcje wymiany danych z układem HM3301 będą się różniły tylko adresem slave (**listing 5** i **listing 6**). W tym przypadku nazwy drivera i struktur (BME280 zamiast HM3301) mogą być mylące, ale jak wspomniałem program jest uzupełnieniem wcześniej powstałej aplikacji obsługi układu BME280 i wykorzystałem tutaj istniejące definicje i konfiguracje.

Funkcje z listingów 3...6 nadają się dobrze do zademonstrowania programowania transmisji, ale mają podstawową wadę – są to nadal funkcje blokujące program, kiedy coś z transmisją pójdzie nie tak, jak powinno. Mimo, że użycie mechanizmu oddzwaniania callback powoduje, że same funkcje biblioteczne transferu danych po magistrali nie są blokujące. W praktycznych aplikacjach czekanie na coś w nieskończonej pętli, bez możliwości wyjścia z niej, prędzej czy później skończy się całkowitym zablokowaniem programu. Ponieważ są to nasze funkcje to możemy oczekiwanie na zakończenie transmisji w dowolny sposób zorganizować. Ja w takich przypadkach stosuje na przykład proste kryterium czasowe określające maksymalny czas czekania na zmianę jakiejś flagi – w tym przypadku *BME280_data_rx*, lub *BME280_data_tx*. Jest połączone z obsługą błędu.

Odczyt danych pomiarowych

Jak wspomniałem – podstawowym interfejsem komunikacyjnym HM3301 jest UART, ale producent modułu postanowił udostępnić tylko rezerwowy I²C. Dlatego przed odczytywaniem danych z sensora należy najpierw uaktywnić przesyłanie zmierzonych wartości przez interfejs I²C, a nie przez UART. Robi się to wysyłając przez I²C komendę z kodem 0x88. Bez niej dane z czujnika są kierowane do interfejsu UART, a przez I²C będą odczytywane przypadkowe wartości. Dokumentacja podaje, ze adres slave wynosi 0x80, a komenda ma strukturę pokazaną na **rysunku 6**.

W czasie testów przez jakiś czas nie udawało się wysłać komendy aktywującej I²C. Funkcja wysyłania danych z listingu 5 uporczywie zawieszała się na nieskończonej pętli oczekiwania na wpisanie do *BME280_data_tx* jedynki przez funkcje oddzwaniania. Argumentem wszelkich funkcji transferu danych po I²C jest 7-bitowy adres, który jest potem przesuwany o 1 w lewo i uzupełniany o bit R/W na najmłodszej pozycji. Z tego wynika, że 7-bitowy adres slave nie może mieć wartości 0x80, tak jak to jest podane w dokumentacji. W rzeczywistości adres slave ma wartość 0x40 i taka wartość należy podać w funkcji *slaveAddressSet*. Po przesunięci w lewo o jedna pozycję będzie to 0x80. Przy uruchamianiu nowego urządzenia, kiedy w wielu miejscach coś może pójść nie tak, nieścisłość dokumentacji bardzo utrudnia.

Funkcja odczytująca dane z HM3301 została pokazana na **listingu 8**. Do bufora *HM3301_buffer* zadeklarowanego jako zmienna globalna odczytujemy kolejno 16 bajtów. Na **rysunku 7** pokazano transfer danych

Listing 3. Funkcja zapisu danych do układu BME280

```
ssp_err_t BME280_I2C_Write(uint8_t *buff,uint8_t size, bool stop ){
    ssp_err_t status;
    BME280_data_tx=0;

    //zmiana adresu slave
    status = BME280.p_api->slaveAddressSet(BME280.p_ctrl,0x77,I2C_ADDR_MODE_7BIT );
    status=BME280.p_api->write(BME280.p_ctrl, buff, size, stop);
    if(status != SSP_SUCCESS){
        return(status);
    }

    while (BME280_data_tx != 1);
    return(status);
}
```

Listing 4. Funkcja odczytu danych z układu BME280

```
ssp_err_t BME280_I2C_Read(uint8_t *buff, uint8_t size, bool stop){
    ssp_err_t status;
    BME280_data_rx = 0;
    //zmiana adresu slave
    status = BME280.p_api->slaveAddressSet(BME280.p_ctrl,0x77,I2C_ADDR_MODE_7BIT );
    status=BME280.p_api->read(BME280.p_ctrl, buff, size, stop);

    if(status != SSP_SUCCESS)
        return status;

    while (BME280_data_rx != 1);
    return(status);
}
```

Listing 5. Funkcja zapisu danych do układu HM3301

```
ssp_err_t HM3301_I2C_Write(uint8_t *buff,uint8_t size, bool stop ){
    ssp_err_t status;
    BME280_data_tx=0;

    status = BME280.p_api->slaveAddressSet(BME280.p_ctrl, 0x40 , I2C_ADDR_MODE_7BIT );
    status=BME280.p_api->write(BME280.p_ctrl, buff, size, stop);
    if(status != SSP_SUCCESS){
        return(status);
    }

    while (BME280_data_tx != 1);
    return(status);
}
```

Listing 6. Funkcja odczytu danych z układu HM3301

```
ssp_err_t HM3301_I2C_Read(uint8_t *buff, uint8_t size, bool stop){
    ssp_err_t status;
    BME280_data_rx = 0;
    status = BME280.p_api->slaveAddressSet(BME280.p_ctrl,0x40,I2C_ADDR_MODE_7BIT );
    status=BME280.p_api->read(BME280.p_ctrl, buff, size, stop);

    if(status != SSP_SUCCESS)
        return status;

    while (BME280_data_rx != 1)
    return(status);
}
```

Listing 7. Wysłanie komendy aktywującej I²C do przesyłania danych z sensorów

```
ssp_err_t HM3301_writeControlRegisters(void){
    ssp_err_t status;
    uint8_t data[2];
    data[0] = 0x88;
    status = HM3301_I2C_Write(data, 1, false);
    return(status);
 }
```

Listing 8. Odczytanie 16 bajtów z czujnika HM3301

```
ssp_err_t HM3301_Read (void){
    ssp_err_t status;
    status = HM3301_I2C_Read(HM3301_buffer, 16, false);
    return status;
}
```

Start	Address write	Answer	command	answer	end
Start	0x80	ACK	0X88	ACK	Stop

Rysunek 6. Komenda uaktywnienia przesyłania danych przez I²C

eprasa.pl b682cee0b1

Start	Address read	Answer	data	answer	data…	answer	end
Start	0x81	ACK	Data1	ACK	Data…n	ACK	Stop

Rysunek 7. Odczytywanie danych z czujnika przez magistralę I²C

Data1~Data2	reserved
Data3~Data4	Sensor number
Data5~Data6	PM1.0 concentration (CF=1 , Standard particulate) unit μg/ m³
Data7~Data8	PM2.5 concentration (CF=1 , Standard particulate) unit μg/ m³
Data9~Data10	PM10 concentration (CF=1 , Standard particulate) unit μg/ m³
Data11~Data12	PM1.0 concentration (Atmospheric environment) unit μg/ m³
Data13~Data14	PM2.5 concentration (Atmospheric environment) unit μg/ m³
Data15~Data16	PM10 concentration (Atmospheric environment) unit μg/ m³
Data17~Data18	the number of particles with diameter 0.3um or above in 1 liter of air
Data19~Data20	the number of particles with diameter 0.5um or above in 1 liter of air
Data21~Data22	the number of particles with diameter 1.0um or above in 1 liter of air
Data23~Data24	the number of particles with diameter 2.5um or above in 1 liter of air
Data25~Data26	the number of particles with diameter 5.0um or above in 1 liter of air
Data27~Data28	the number of particles with diameter 10um or above in 1 liter of air
Data29	Data0~Data28 Checksum

Rysunek 8. Dane przesyłane z czujnika HM301 przez I²C

w czasie ich odczytywania z czujnika przez magistralę I²C, a na **rysunku 8** fragment dokumentacji z rozmieszczeniem danych odczytywanych z układu sensora. Odczytujemy 16 bajtów, a wykorzystujemy do wyświetlania dane DATA7, 8, 9 i 10. Zawierające stężenie pyłów 2,5 μg/m³ i 10 μg/m³.

Funkcja *HM3301_disp* kompletuje 16-bitowe wartości PM2.5 i PM10, konwertuje je na łańcuch znaków ASCII i wyświetla na ekranie w miejscu określonym przez współrzędne x i y (argumenty funkcji). Dodatkowo dodałem wyróżnienie kolorem zakresów mierzonych wielkości. Na przykład dla PM2.5 mniejszym od 36 (μg/m³) wartość wyświetla się na zielono (wartości bezpieczne), dla PM2.5 od 36 do 84 wartość wyświetla się na żółto (stan ostrzegawczy), a dla wartości powyżej 84 wartość wyświetla się na czerwono (stan alarmowy).

Podsumowanie

Czujnik HM3301 jest rozbudowanym sensorem wykorzystującym zaawansowaną teorię do mierzenia stężenia zanieczyszczeń. Nie jest przy tym drogi, a odczytywanie danych, jak wyżej pokazaliśmy, nie jest skomplikowane. Układ nie wymaga od strony programowej wykonywania żadnych zaawansowanych obliczeń, kalibracji i tym podobnych działań. Wystarczy odczytać kilka bajtów, złożyć z nich wartości 16-bitowe i je wyświetlić. Można go bez żadnych ograniczeń stosować w pomieszczeniach zamkniętych, a po wykonaniu odpowiednich osłon chroniących przed deszczem i śniegiem można go umieścić na zewnątrz. Producent podaje w dokumentacji kilka wskazówek jak zamontować czujnik, żeby pomiar nie był zafałszowany zasysaniem, na przykład brudu z podłoża. Jest wiele obszarów zastosowania na przykład w automatycznych układach filtrowania i nawiewu powietrza, w układach klimatyzacji, stacjach monitorowania jakości powietrza, układach IoT itp.

W czasie testów wykonywałem pomiary w pomieszczeniach zamkniętych i na zewnątrz. Jak się okazało – szczególnie jesienią i zimą wietrzenie pomieszczeń zamkniętych często skutkowało znaczącym wzrostem zanieczyszczeń pyłowych. Niestety tam gdzie mieszkam poziom zanieczyszczeń potrafił czasami osiągać w okresie jesienno – zimowym wartości powyżej 150 μg/m³ mimo, że nie jest to centrum miasta z dużym ruchem samochodowym, a raczej spokojne miejsce z dużą ilością zieleni. Jak się łatwo domyśleć całkiem sprawnie wytwarzają takie poziomy zanieczyszczeń kominy okolicznych domów, bo w lecie poziom zanieczyszczeń prawie nigdy nie przekracza 35 μg/m³.

Tomasz Jabłoński, EP

REKLAMA

KSIĄŻKI
W ULUBIONYM KIOSKU

Wybieraj spośród naszych nowości i bestsellerów!



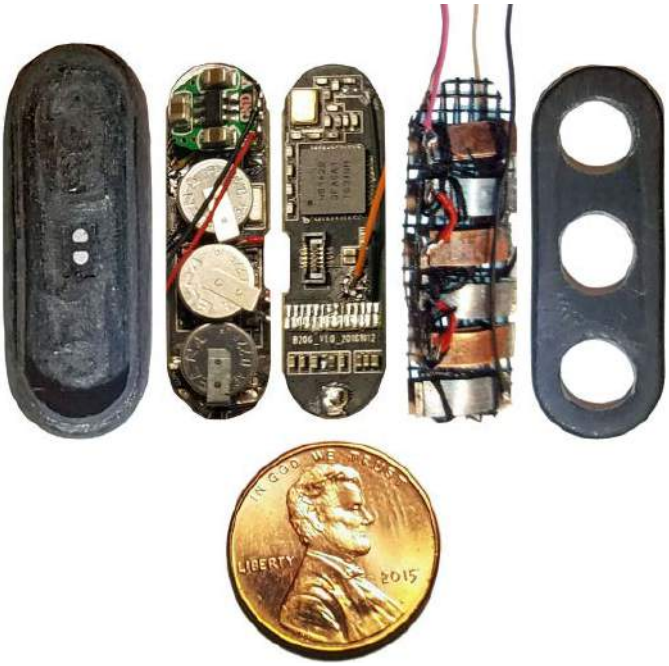
Zobacz pełną ofertę książek na UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl b682cee0b1

UWAGA! **Opisane rozwiązanie nie jest urządzeniem medycznym. Ten nietypowy system został zaprezentowany ze względu na ciekawy sposób pozyskiwania energii z otoczenia i kreatywne zastosowanie komercyjnie dostępnego modułu z procesorem ARM, obsługiwanego przez Arduino IDE. Pod żadnym pozorem nie połykajcie tego rodzaju tabletki!**

Elektroniczna pigułka dojelitowa zasilana... kwasem żołądkowym

Użycie cytryn, ziemniaków lub słonej wody do wykonania prostej baterii jest dobrze znane. Kwas żołądkowy, czyli rozcieńczony kwas solny, może być używany dokładnie w ten sam sposób i ma znacznie większy potencjał! Można w ten sposób zasilić małe urządzenie elektroniczne. Ta ciekawa aplikacja ma istotny znaczenie w zakresie diagnostycznych urządzeń medycznych.



Zasilanie implantowanych urządzeń elektronicznych od zawsze było dużym problemem. Ogniwa, jakie wykorzystuje się w medycynie muszą spełniać szereg krytycznych wymagań. Z jednej strony baterie, które znają się w naszym organizmie muszą być w pełni bezpieczne dla człowieka – nie mogą np. rozszczelnić się, gdyż to doprowadziłoby do przedostania się elektrolitu do wnętrza organizmu. Z drugiej strony muszą one dostarczać sporą ilość energii, aby mogły długo zasilać dane urządzenie. Wymiana ogniw w urządzeniu implantowanym w ciele czy nawet znajdującym się w żołądku, jest niezwykle problematyczna.

Rozwiązaniem obu tych problemów jest zastosowanie systemu do zbierania energii z otoczenia. W ten sposób eliminuje się w ogóle konieczność korzystania z jakiejkolwiek baterii, a dodatkowo przedłuża się czas życia urządzenia – system może funkcjonować tak długo, jak długo występuje w otoczeniu energia, którą można pozyskać, lub dopóki coś innego nie uszkodzi się w urządzeniu.

Problemem przy pozyskiwaniu energii jest jednak fakt, że we wnętrzu człowieka nie ma zbyt wielu źródeł energii, z których można korzystać. Typowe systemy zbierania energii korzystają np. z ogniw fotowoltaicznych, modułów termoelektrycznych (modułów Peltiera) lub systemów pozyskujących energię np. z ruchu bądź wibracji lub z promieniowania radiowego. Niestety, we wnętrzu organizmu ludzkiego większość tych systemów nie będzie skutecznie działać. Światło słoneczne (ani żadne inne) w zasadzie nie dociera do wnętrza naszego organizmu. Podobnie jest z promieniowaniem radiowym – złożone w dużej mierze z wody tkanki dosyć dobrze pochłaniają energię fal radiowych, więc do wnętrza dociera ich niewiele. Pozostaje zatem wykorzystanie energii mechanicznej lub coś totalnie innego... Zaprezentowany projekt jest właśnie przykładem takiego, zupełnie nietypowego podejścia.

Typowe ogniwo galwaniczne składa się z dwóch metalowych (wykonanych z różnych metali) elektrod, zanurzonych w elektrolicie. Reakcje chemiczne zachodzące pomiędzy elektrolitem, a metalami elektrod są źródłem różnicy potencjałów, która przekłada się na wytworzenie napięcia pomiędzy elektrodami. Zamknięcie takiego obwodu spowoduje przepływ prądu. Kwaśne środowisko żołądka dostarcza elektrolitu w postaci soku żołądkowego, którego jednym z istotnych składników jest kwas solny (który nadaje wnętrzu naszego żołądka pH na poziome około 1,5). Zatem urządzenie musi tylko zanurzone w nim, odpowiednie elektrody.

Zasada działania

Ogniwo galwaniczne jest bardzo proste, jego historia sięga XVIII wieku. Badanie zjawisk galwanicznych rozpoczął w latach '80 XVIII wieku włoski fizjolog, Luigi Galvani. Zauważył on, że mięśnie żabiego uda kurczą się pod wpływem elektryczności. Efekt występuje, gdy dotknie się je dwoma różnymi, ale połączonymi ze sobą metalami. Oznacza to, że w takim układzie – dwa metale i mięsień, płynie prąd. Około dziesięciu lat później Alessandro Volta wyjaśnił to zjawisko – wymagało ono elektrolitu, którym w przypadku żabiego udka były płyny ustrojowe. Volta nie rozumiał jeszcze stojącej za tym chemii czy fizyki, ale nie przeszkodziło mu to w zbudowaniu w 1799 pierwszej baterii elektrycznej, korzystającej z tego zjawiska.

Podobnie, jak w przypadku pierwszych ogniw elektrochemicznych, tak w opisywanym projekcie zastosowano elektrodę cynkową i miedzianą. Zanurzone są one w elektrolicie w postaci kwasu znajdującego się w żołądku. W uproszczeniu można przyjąć, że elektrolit w tej

eprasa.pl b682cee0b1

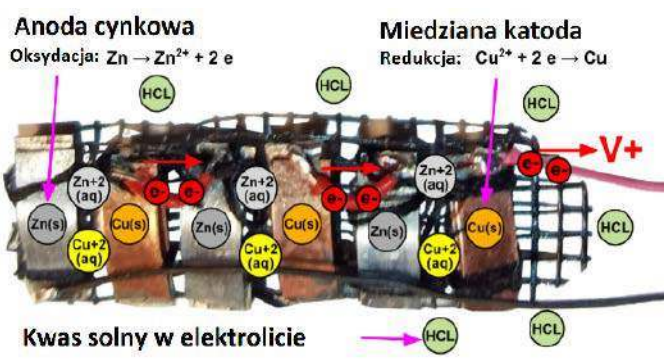
Tabela 1. Potencjały standardowe wybranych metali

Metal	Potencjał standardowy
Sód	–2,71 V
Magnez	–2,38 V
Aluminium	–1,67 V
Cynk	–0,76 V
Chrom	–0,71 V
Żelazo	–0,44 V
Kadm	–0,4 V
Ołów	–0,13 V
Miedź	+0,34 V
Srebro	+0,8 V
Złoto	+1,42 V

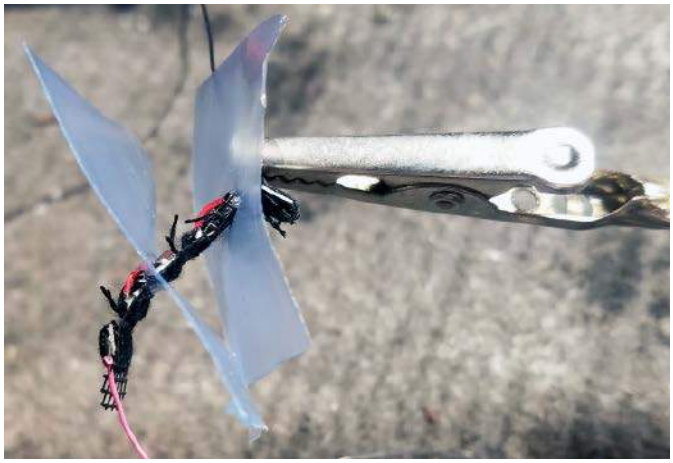
sytuacji jest mieszanką wody i kwasu solnego (HCl). Ten drugi rozdziela się na dodatnie jony wodorowe (H^+) i ujemne jony chlorkowe (Cl^-). Jony chlorkowe łączą się z atomami cynku, tworząc dodatnie jony cynku (Zn^{++}). Pozostawia to wolne elektrony na elektrodzie cynkowej, nadając jej ładunek ujemny. Dodatnie jony cynku łączą się z jonami wolnego chloru, tworząc chlorek cynku (ZnCl), ciało stałe, które wytrąca się podczas reakcji elektrochemicznych. Dodatnie jony wodorkowe przemieszczają się do drugiej elektrody (miedzianej), gdzie łączą się z elektronami na powierzchni tej elektrody i stają się obojętnymi atomami wodoru, który uwalnia się podczas reakcji w fazie gazowej. Wodór zbiera się w postaci bąbelków, które unoszą się na powierzchnię elektrolitu i ulatniają. Usunięcie elektronów z elektrody miedzianej powoduje, że ma ona ładunek dodatni, a ogniwo ma potencjał równy różnicy między ładunkiem ujemnym na elektrodzie cynkowej i dodatnim na elektrodzie miedzianej. Ta różnica potencjałów wynosi zwykle około 1,1 V dla pary cynk-miedź. Zależy ona od tzw. potencjałów standardowych obu metali. W **tabeli 1** zebrano przykładowe potencjały standardowe różnych metali. Napięcie ogniwa jest różnicą pomiędzy potencjałami standardowymi metali elektrod, zastosowanych do budowy danego ogniwa.

To proste ogniwo nie jest zbyt praktyczne, ponieważ elektroda miedziana zostaje szybko pokryta gazowym wodorem, co uniemożliwia jonom wodoru zabieranie kolejnych elektronów z jej powierzchni. Ten efekt ogranicza wydajność pracy ogniwa, jednak do opisywanego tutaj zastosowania ogniwo to jest dostatecznie dobre.

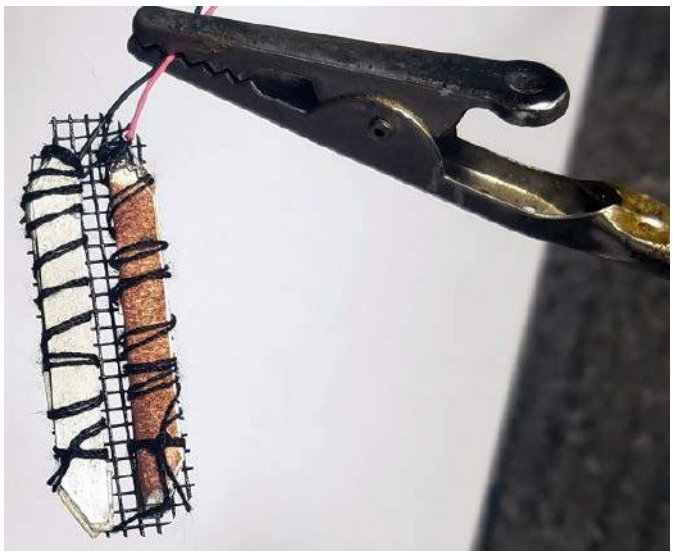
W zrealizowanym ogniwie zastosowano po trzy miedziane i cynkowe elektrody. Umieszczone są one na podkładzie z siatki, wykonanej z tworzywa sztucznego. Zapewnia ono mechaniczne wsparcie elektrod – są one przyszyte do tego podkładu, a jednocześnie luźne oczka siatki nie utrudniają przepływu elektrolitu wokół elektrod. Na **rysunku 1** pokazano moduł elektrod, wraz ze schematycznym opisem reakcji, zachodzących na elektrodach i w elektrolicie. Poszczególne ogniwa, utworzone z par elektrod, połączone są ze sobą szeregowo,



Rysunek 1. Ogniwa elektrochemiczne, wykonane z elektrod miedzianych i cynkowych na podkładzie z siatki; na rysunku zaznaczono również przepływ ładunków oraz jonów



Fotografia 1. Przekładki izolujące ogniwa od siebie



Fotografia 2. Testowe ogniwo elektrochemiczne, wykonane z elektrod miedzianych i magnezowych

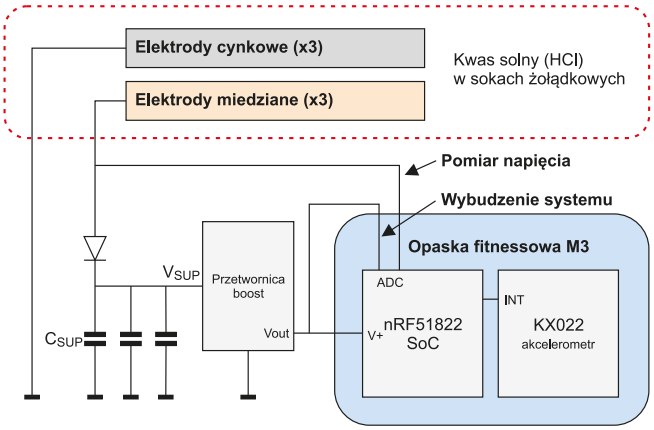
aby dać na wyjściu wyższe napięcie. Muszą one być od siebie oddzielone, co jest realizowane za pomocą przekładek z folii, które pokazano na **fotografii 1**. W ramach testów autor zbudował również ogniwa magnezowo-miedziane (**fotografia 2**). Z uwagi na większą różnicę potencjałów standardowych teoretyczne napięcie tego ogniwa to ponad 2,7 V – wystarczyłoby pojedyncze ogniwo. Jednak z uwagi na wyższą reaktywność magnezu oraz problemy z montażem – elektrod magnezowych nie można lutować, połączenia muszą być klejone, do finalnej konstrukcji zastosowano ogniwa cynkowo-miedziane.

Komponenty elektroniczne

Na **rysunku 2** pokazano schemat blokowy omawianego urządzenia. Cynkowa elektroda podłączona jest do masy, a z miedzianej elektrody pobierana jest energia do ładowania kondensatorów C_{SUP} podtrzymujących zasilanie. Kondensatory ładowane są przez diodę, aby uniknąć sytuacji, w której prąd płynie z kondensatorów do ogniw (np. gdy koncentracja kwasu w żołądku spadnie albo powierzchnia elektrod ogniwa pokryje się innymi związkami). Napięcie z kondensatorów – V_{SUP}, jest podawane do przetwornicy impulsowej typu boost (podnoszącej napięcie). Jej zadaniem jest stabilizacja napięcia na poziomie wymaganym przez pozostałe układy. Typowo może to być np. 1,8 V lub 3,3 V, zależnie od elementów systemu.

Opisane ogniwo może mieć szerokie spektrum zastosowań. Autor projektu zdecydował się na użycie popularnej wśród hobbystów opaski fitness, która służyła do śledzenia aktywności fizycznej. Jest ona chętnie stosowana przez hobbystów. Z jednej strony jest niedroga – kosztuje około 25 dolarów, a z drugiej strony bazuje na dobrze opisanym

eprasa.pl b682cee0b1



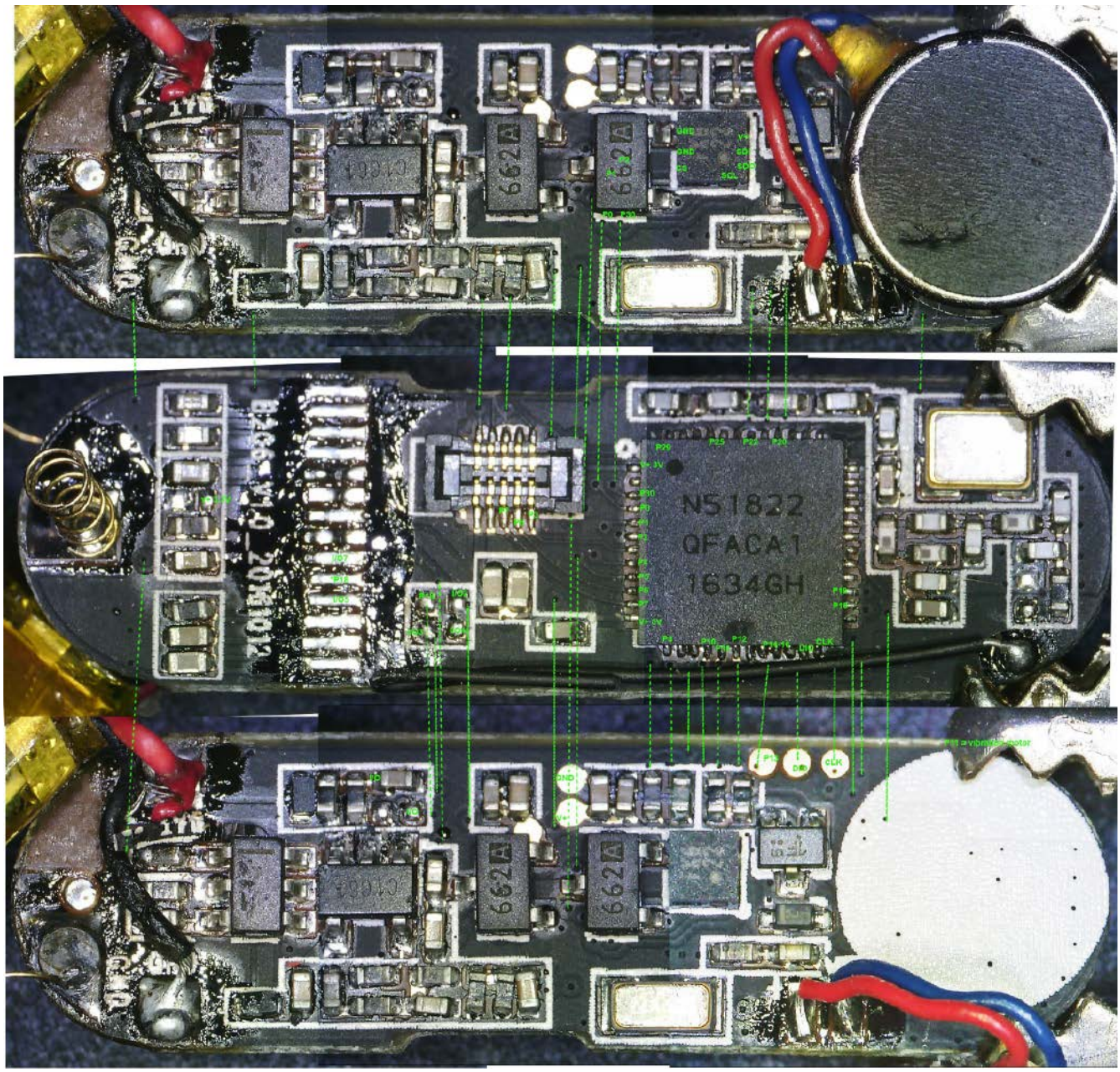
Rysunek 2. Schemat blokowy pigułki dojelitowej wraz z sekcją zasilania

mikrokontrolerze, który można programować, między innymi, z poziomu środowiska Arduino IDE. Na **fotografii 3** pokazano zdjęcia płytki PCB opaski wraz z elementami oraz oznaczonymi przebiegami kluczowych sygnałów. Jej specyfikacja jest następująca:

- Wyświetlacz: ekran OLED o rozdzielczości 16×64 i przekątnej 0,69 cala;
- Mikrokontroler: Nordic nRF51822 z 258 kB pamięci raz 32 kB pamięci RAM;
- Akcelerometr: układ Kionix KX022-1020, z interfejsem SPI;
- Monitor pracy serca: moduł PixArt PAH8001 z zieloną diodą LED;
- Oryginalna bateria: ogniwo litowo-polimerowe o pojemności 40 mAh;
- Wymiary opaski: 18,0×11,2 mm, w oryginalnej obudowie wodoszczelność IP67.

W wersji dojelitowej urządzenia nie jest potrzebny ani ekran, ani ogniwo litowo-jonowe. Na **fotografii 4** pokazano elementy zmodyfikowanego urządzenia. Po prawej stronie widoczna jest oryginalna płytka opaski fitness, odchudzona ze zbędnych elementów, po środku pokazano jak została dołączona dodatkowa płytka z przetwornicą DC/DC podnoszącą napięcie (na dodatkowej płytce przylutowanej na płytkę bazową), oraz 3 superkondensatory, które widać na schemacie z rysunku 2. Po lewej stronie widoczna jest plastikowa obudowa kapsułki, wykonana w technologii druku 3D.

Płytka bazowa jest nieznacznie zmodyfikowana – pozytywny biegun superkondensatorów podłączony jest do jednego z wejść



Fotografia 3. Zdjęcia mikroskopowe płytki opaski fitness M3 wraz z zaznaczonymi kluczowymi sygnałami i przebiegiem ich ścieżek

eprasa.pl b682cee0b1

Listing 1. Szkic programu dla procesora

```
#include <SPI.h>
#include <BLEPeripheral.h>
#include <BLEUtil.h>
#include "Arduino_nRF5x_lowPower.h"

// Szeregowy port debugowy
bool  debug = true;
// Ograniczenie prędkości pętli; natywnie cykl ma ok. 35 ms
int   speedHz = 1;
// Natywna maksymalna prędkość pęti (62.5 ms lub 16 Hz)
float speedMs = 1000 / speedHz;

bool  awake = true;
bool  wakeAttached = true;

// logowanie do portu szeregowego
#define VERBOSE_SERIAL
// pin do którego podłączono linię TX konwertera USB-UART
#define PIN_SERIAL_TX           13
// przerwanie od naładowanych kondensatorów
#define SLEEP_INT               18
// ADC do pomiaru napięcia ogniwa
#define SENSE_VOLTAGE           2

// Timestamp
float     clocktime;
int       secondCounter =     0;
int       tenSecondCounter =  0;

int cellVoltage = 0;
volatile int cycles = 0;
volatile bool int1 = false;

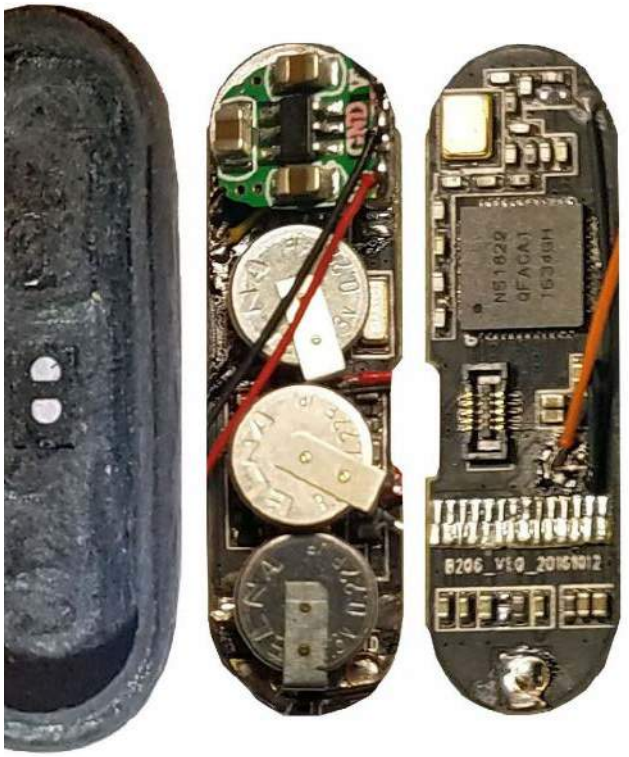
// inicjalizuje peryferium Bluetooth.
BLEPeripheral blePeripheral =   BLEPeripheral();
// inicjalizuje usługę Bluetooth
BLEService customService = BLEService("a000");

void wakeUp() {
    cycles = 0;
    int1 = true;
}

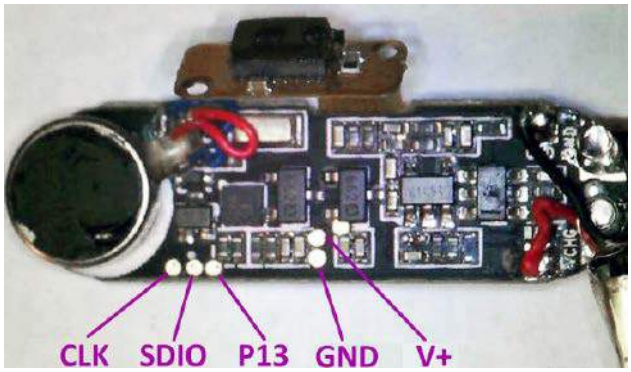
void setup() {
  // zarządzanie zaslaniem
  nRF5x_lowPower.powerMode(POWER_MODE_LOW_POWER);
#ifdef VERBOSE_SERIAL
  Serial.begin(115200);
  if(debug) {
    Serial.print("STARTING\t");
  }
  delay(50);
#endif
  // wyłączenie UART aby oszczędzać energię,
  // gdy deugowanie jest zbędne
#ifndef VERBOSE_SERIAL
  NRF_POWER->DCDCEN = 0x00000001;
    NRF_UART0->TASKS_STOPTX = 1;
    NRF_UART0->TASKS_STOPRX = 1;
    NRF_UART0->ENABLE = 0;
#endif
  // konfiguracja pinu do wybudzaania układu z stanu uśpienia
    pinMode(SLEEP_INT, INPUT);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(SLEEP_INT), wakeUp, RISING);
    nRF5x_lowPower.enableWakeupByInterrupt(SLEEP_INT, RISING);
  // konfigurcja nazwy i UUID usługi Bluetootgh
    blePeripheral.setLocalName("data");
    blePeripheral.setDeviceName("smartpill");
    blePeripheral.setAdvertisedServiceUuid(customService.uuid());
    blePeripheral.setAppearance(0xFFFF);
    // konfiguracja atrybutów peryferium Bluetooth
    blePeripheral.addAttribute(customService);
    // inicjalizacja Bluetooth
    blePeripheral.begin();
    if(debug){
    Serial.println("BLE MOBILE APP PERIPHERAL");
  }
  delay(500);
}

void loop() {
  if(wakeAttached == false){
    wakeAttached = true;
    }
  if((clocktime + speedMs < millis())) {
    clocktime = millis();
#ifdef VERBOSE_SERIAL
    Serial.println(" ");
    Serial.print("TIME: ");
    Serial.print( clocktime/1000 );
    Serial.println(" s");
#endif
    // pomiar napięcia ogniwa
    cellVoltage = analogRead(SENSE_VOLTAGE);
#ifdef VERBOSE_SERIAL
    Serial.print("cell voltage: ");
    Serial.println(cellVoltage);
#endif
    blePeripheral.end();
    char buffer [8];
    // Zamień 10 na 16 dla systemu szesnastkowego
    itoa(int(cellVoltage), buffer, 10);
    blePeripheral.setLocalName(buffer);
    blePeripheral.begin();
#ifdef VERBOSE_SERIAL
    Serial.print("TIME LOOP: ");
    Serial.print(millis() - clocktime);
    Serial.print("\tSeconds: ");
    Serial.print(secondCounter);
#endif

}
```



Fotografia 4. Elementy elektroniczne kapsułki dojelitowej



Fotografia 5. Dostępne na płytce sygnały

REKLAMA



eprasa.pl b682cee0b1

mikrokontrolera, w celu monitorowania napięcia zasilania układu (poziomu naładowania baterii superkondensatorów). Do modułu dołączony jest także konwerter USB-UART, który służy jako emulator konsoli szeregowej i pozwala na komunikację systemu z komputerem. Jest to niezwykle przydatne w trakcie uruchamiania urządzenia czy wprowadzania poprawek do jego konstrukcji, w docelowym systemie UART nie jest wykorzystywany. W module dostępne są następujące wyprowadzenia GPIO:

- P2 – interfejs sterujący silnikiem wibracyjnym, niepotrzebnym w tej aplikacji. Pad tej linii znajduje się pomiędzy układem KX022 a złączem baterii,
- P18 – odkryty PAD przy złączu dla wyświetlacza OLED,
- P7, P6 i P3 – seria padów (w tej kolejności), które normalnie służą do podłączenia sensora pulsu.

Pozostałe łatwo dostępne na PCB sygnały w systemie pokazano na **fotografii 5**.

Firmware

Opaska fitness M3 może być programowana w środowisku Arduino IDE. Na **listingu 1** znajduje się szkic programu, który obsługuje urządzenie w jego nowej aplikacji. W listingu pominięto pewne proste funkcje, pełna wersja dostępna jest w repozytorium projektu na GitHubie. Oprócz samego pliku **.ino* potrzebne są dodatkowe pliki z bibliotekami dla systemu. One również zawarte są w repozytorium.

Aplikacja niewiele różni się od innych programów Arduino. Po inicjalizacji programu, gdzie konfigurowany jest m.in. pin odpowiedzialny za wybudzanie układu oraz moduł Bluetooth, układ zapada w stan uśpienia, aż do momentu, gdy napięcie na wejściu P18 przekroczy odpowiedni próg, który spowoduje wyzwolenie przerwania. Wzrost napięcia oznacza, że napięcie na kondensatorach systemu jest na tyle wysokie, że układ może normalnie pracować przez pewien czas.

Układ mierzy napięcie ogniwa oraz wysyła informację o nim do zewnętrznej aplikacji. System komunikacji wykorzystuje bardzo ciekawą sztuczkę, mającą pozwolić na oszczędzanie energii. Komunikacja odbywa się poprzez interfejs Bluetooth, ale nie służy on do przesyłania danych. Pomiary są kodowane w nazwie (UUID) urządzenia, dzięki czemu system nie musi czekać z przesłaniem danych do momentu, gdy połączenie zostanie nawiązane. Pozwala to włączać transceiver Bluetooth tylko na ułamek chwili, co przekłada się na znaczną oszczędność energii zasilania.

Nie ma problemu, aby rozbudować układ o pomiar innych parametrów i przesyłanie ich na zewnątrz z pomocą tego rodzaju systemu. Układ ma szereg wolnych wejść, więc możliwe jest podłączenie dodatkowych sygnałów.

Aplikacja

Aplikacja pozwala bezprzewodowo rejestrować dane z pigułki – tak ma działać ten system, ma przesyłać dane z wnętrza naszego ciała. Najważniejsze pytanie brzmi, jak to zrobić za pomocą Bluetooth Low Energy – szeroko dostępnego standardu, który nie jest nastawiony na przerywaną łączność w ułamku sekundy. Samo nawiązanie połączenia (parowanie) z komputerem PC przez BLE może zająć kilka sekund, podczas gdy w tej aplikacji założenie jest takie, aby włączyć radio w pigułce tylko na ułamek sekundy.

Na szczęście istnieje sposób przesyłania danych przez BLE bez nawiązywania połączenia: przesyłanie informacje w postaci tzw. reklam GAP. Każde urządzenie BLE stale przesyła podstawowe informacje o sobie – to właśnie widoczne jest podczas skanowania dostępnych urządzeń Bluetooth w otoczeniu. Tylko część tych informacji (UUID) jest konieczna, wypisana nazwa („macbookabc", „fitbit123", „smartpillxyz" itp.) jest dla wygody użytkownika. Zamiast używać tych dodatkowych informacji o nazwie do nazywania kapsułek, system wykorzystuje to pole do przesyłania danych.



Rysunek 3. Panel aplikacji mobilnej (po lewej) oraz zrzut ekranu ze środowiska Evothings (po prawej stronie)

Za każdym razem, gdy pigułka zgromadzi na tyle dużo energii, aby włączyć się na ułamek sekundy, zmienia swoją nazwę widoczną dla urządzeń BLE na najnowsze wartości czujnika (na razie jest to odczyt z ADC mierzący napięcie baterii galwanicznej).

Aplikacja przeznaczona do współpracy działa na smartfonie. Stale skanuje ona w poszukiwaniu nowych urządzeń Bluetooth Low Energy (zbierając informacje o reklamach GAP). Pigułka nie musi czekać na nawiązanie połączenia ze smartfonem, bo aplikacja pobiera wartości czujników z informacji – nazwy urządzenia, w momencie wykrycia zmiany przez aplikację. To drastycznie skraca czas, w którym radio Bluetooth musi być włączone na pokładzie pigułki, co ma kluczowe znaczenie dla zminimalizowania zużycia energii.

Do zbudowania hybrydowej aplikacji (na Androida i na iOS) autor użył platformy Evothings (**rysunek 3**) bazującej na Cordova. To wygodny sposób na pisanie aplikacji na telefony komórkowe, wykorzystując do tego narzędzia klasycznie związane z web-devem, takie jak Javascript, HTML i CSS. Wystarczy elementarna wiedza na temat budowania stron internetowych, aby przygotować własne aplikacje współpracujące z urządzeniami BLE. Kody źródłowe aplikacji na smartfona również dostępne są w repozytorium autora na GitHubie. Analiza kodu źródłowego tej aplikacji wykracza poza ramy tego artykułu.

Podsumowanie

Zaprezentowany system pokazuje nietypowe podejście do problemu pozyskiwania energii z otoczenia. Jak się okazuje możliwe jest ekstrahowanie energii z otoczenia z naprawdę najmniej oczywistych źródeł. Tego rodzaju systemy mogą pracować przez wiele tygodni bądź miesięcy bez konieczności wymiany baterii czy dostarczania energii spoza systemu. Układ tego rodzaju można zastosować nie tylko we wnętrzu ludzkiego organizmu, ale także w dowolnych innych miejscach, gdzie mamy do czynienia z kwasami czy nawet szerzej – z roztworami, które mogą pełnić rolę elektrolitu.

Opisany produkt nie jest urządzeniem medycznym (w dowolnym znaczeniu tego słowa). O ile rozważa się faktyczne zastosowanie systemów tego rodzaju, czy nawet testowane na zwierzętach, to żadne z podobnych urządzeń medycznych, jakie udało mi się znaleźć, nie zawiera takiego systemu zasilania. Samodzielne wykonywanie pigułki jest dobrą metodą do nauki czy poznania nowych technologii, ale nie zastąpi certyfikowanych urządzeń medycznych.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
https://hackaday.io/project/159098-stomach-acid-powered-smart-pill
https://github.com/curtpw/biogalvanic-smartpill

eprasa.pl b682cee0b1



Wieniec świąteczny automatycznie pozdrawiający gości

Święta Bożego Narodzenia to taki moment w roku, w którym każdy elektronik myśli o wykonaniu jakiejś ozdoby czy innego elementu wpisującego się w ten piękny okres. Obecnie możliwości są większe niż kiedykolwiek – z łatwością można wykonać coś, co wygląda i działa imponująco i z pewnością ucieszy wszystkich domowników oraz świątecznych gości.

Moduły Arduino mają bardzo ogromne możliwości, ograniczone niemal tylko fantazją projektantów. W poniższym projekcie zastosowano jedną z takich możliwości – odtwarzanie plików MP3. Świąteczne piosenki są nierozerwalnie związane z tym zimowym okresem, więc co może być ciekawszego, niż urządzenie, które automatycznie będzie je odtwarzać. Sprzężenie tej funkcji z wykrywaczem ruchu, pozwala na reakcję np. na zbliżających się do naszego domu gości i pozdrawianie ich kolędami.

Zaprezentowany system zawiera moduł Arduino wraz z czujnikiem PIR do wykrywania ruchu i automatycznego odtwarzania zapisanych na karcie SD plików MP3. Autor projektu zintegrował ten system z ozdobnym wieńcem, który umieścił na drzwiach wejściowych do domu. Dzięki temu, gdy ktokolwiek pojawi się przed jego drzwiami, usłyszy jedną z zapisanych w pamięci systemu kolęd.

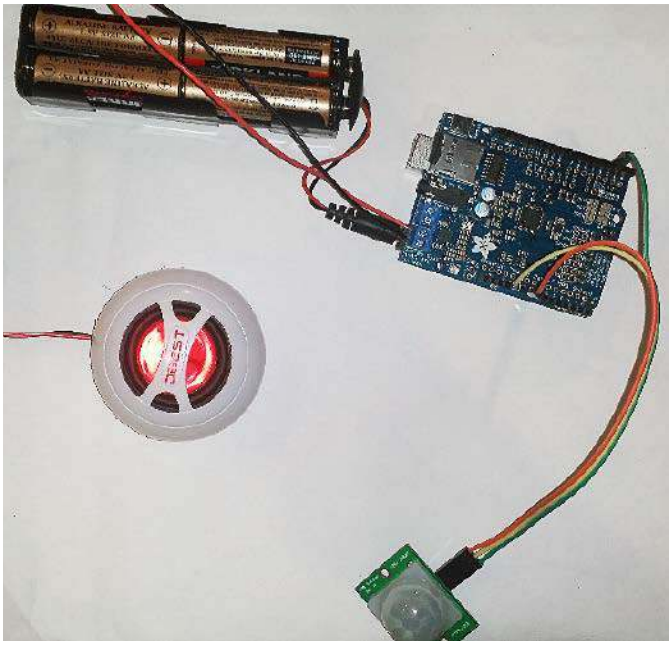
Wieniec został zbudowany na bazie modułu z mikrokontrolerem ekosystemu Arduino z shieldem Adafruit MP3 i czujnikiem ruchu Parallax PIR. Po wykryciu, że ktoś zbliża się do drzwi, następuje odtwarzanie nagranego wcześniej niestandardowego powitania, które brzmi jak świąteczny elf, a następnie odtwarzana jest losowa kolęda. Piosenki będą odtwarzane tak długo, jak czujnik PIR będzie wykrywał ruch w oknie 15 sekund od uruchomienia.

Potrzebne elementy

Do zbudowania systemu potrzebne będą:

- Arduino Uno (lub podobna płytka z mikrokontrolerem);
- shield Arduino – Adafruit Music Maker, moduł odtwarzacza plików MP3 z wbudowanym wzmacniaczem stereo o mocy 3 W;
- karta microSD do przechowywania plików MP3;
- sensor PIR, autor zastosował sensor firmy Parallax, ale do projektu nada się każdy sensor PIR z wyjściem kompatybilnym z Arduino;
- głośnik o impedancji nie mniejszej niż 4 Ω;
- obudowa na moduł Arduino;

eprasa.pl b682cee0b1



Fotografia 1. Poszczególne moduły połączone ze sobą

- zasilanie (jedno z dwojga):
  - zasilacz 9 V DC o wydajności prądowej 1000 mA lub podobny, kompatybilny z Arduino,
  - pakiet baterii, dający ok 9 V na wyjściu (nie jest to rekomendowane rozwiązanie z uwagi na brak optymalizacji systemu pod kątem aplikacji bateryjnych);
- wieniec świąteczny – musi być dostatecznie duży, aby zmieściły się za nim wszystkie komponenty.

Część elektroniczna

System składa się z kilku modułów, których integracja jest bardzo prosta. Na **fotografii 1** pokazane są wszystkie elementy połączone ze sobą.

Shield MP3

Shield Adafruit MP3 można zakupić jako niezmontowany. Upraszcza to montaż złącza w miejsce pinów, dzięki czemu można dołączyć tam złącze, które pozwala na połączenie shielda z Arduino nie na stałe. Ma to tę zaletę, że możliwe jest odłączenie shielda po świętach i zastosowanie Arduino do innych celów.

Moduł Adafruit Music Maker MP3 jest przeznaczony do odtwarzania muzyki z plików MP3, AAC, WMA, OGG i wielu innych. Zawiera scalony kodek VS1053B, który sprzętowo dekoduje dane odczytywane z karty pamięci. Moduł może być również używany do nagrywania dźwięku w formacie PCM (WAV), jak i skompresowanym Ogg Vorbis. Dodatkowo kodek pozwala na, cyfrową regulację basów, tonów wysokich i głośności. Układ ma zintegrowany przetwornik cyfrowo-analogowy (DAC), dzięki czemu wyjście z układu podać można bezpośrednio na np. wzmacniacz mocy. Dostępny jest również specjalny tryb MIDI, w którym można uruchomić układ, w trybie, w którym odczytuje on klasyczne komunikaty MIDI nadawane z prędkością 31250 kbaud z portu szeregowego Arduino i działa jak automat syntezatorowy/perkusyjny – ma wiele wbudowanych efektów perkusyjnych i sampli.

Shield ma wbudowany wzmacniacz audio, podłączony do wyjścia kodeka. Dzięki temu można do modułu podłączyć bezpośrednio głośnik, na którym odtwarzana będzie muzyka. Na płytce modułu znajduje się również miejsce do instalacji opcjonalnych filtrów itp. Moduł wyposażony jest ponadto w siedem dodatkowych linii GPIO, które można zapisywać lub odczytywać za pomocą biblioteki Arduino. Linie te można użyć np. do czytania stanu przycisków lub kontrolowania diod LED.

Na płytce shielda znajduje się gniazdo karty microSD, dla dowolnej karty SD sformatowanej w systemie plików FAT16/FAT32 o pojemności 64 MB lub większej. Shield zawiera również przesuwniki poziomów, dzięki czemu moduł może współpracować z układami Arduino (5 V), mimo że karta SD i chipset kodeka audio zasilane są napięciem 3,3 V.

Czujnik PIR

Sensor PIR (pasywny sensor pracujący w podczerwieni) to najprostszy elektroniczny sensor do wykrywania ruchu. W dużym uproszczeniu, jest to czujnik mierzący natężenie światła podczerwonego i reagujący na jego zmianę – oznacza to, że przed sensorem poruszyło się coś, odbijającego (lub absorbującego) promieniowanie w tym zakresie widmowym. Sensory PIR wykorzystują daleką podczerwień, dokładnie ten sam zakres, jaki stosuje się np. przy pomiarze temperatury lub w systemach termowizji. Dlatego czujki PIR tak dobrze reagują na ruch ludzi – emitują oni promieniowanie termiczne, które odróżnia ich od, na ogół chłodniejszego otoczenia.

Oprócz samego elementu czułego na podczerwień (piroelement) czujnik taki zawiera soczewkę Fresnela lub lustro, kierujące promieniowanie IR w kierunku sensora. Na ogół, w celu eliminacji fałszywych detekcji stosuje się skomplikowane algorytmy wykorzystujące dwa lub cztery czujniki podczerwieni. Cała logika jest zawarta w sensorze, a na zewnątrz wystawia on jedynie sygnał logiczny, informujący o ty, czy wykryty został ruch w polu widzenia czujnika.

Czujnik PIR połączony jest z modułem Arduino z pomocą trzech linii – dwie z nich to zasilanie (VCC – 5 V oraz masa – GND). Trzecia linia to cyfrowy sygnał, który podłączony jest do wejścia cyfrowego numer 2. Jeśli podłączymy sensor PIR do innego wejścia, należy zmienić to w kodzie programu. Linia, do której dołączony jest sensor PIR zdefiniowana jest w następujący sposób:

```
int inputPin = 2; // wybierz linię, do której
dołączono sensor PIR
```

Głośnik

Głośnik podłączony jest po prostu do modułu Adafruit Music Maker MP3 do przeznaczonego złącza (dwa lub cztery złącza śrubowe, zależnie, czy korzystamy z opcjo mono czy stereo). Dołączany głośnik musi mieć moc maksymalną nie mniejszą niż 3 W i impedancję nie mniejszą niż 4 Ω, inaczej możemy uszkodzić głośnik lub wzmacniacz.

Zasilanie/pakiet baterii

Ostatnim elementem systemu, jest źródło zasilania. Autor początkowo zasilał moduł z baterii, ale okazało się, że to źródło nie wytrzymuje za długo. System zasilany był z ośmiu baterii AA, jednakże energii w nich wystarczyło tylko na kilka dni działania systemu. Po kilku dniach, gdy baterie się rozładowały, autor zmienił źródło zasilania na zwykły zasilacz wtyczkowy o napięciu wyjściowym na poziomie 9 V. Istotne jest, aby był to zasilacz prądu stałego o stabilizowanym wyjściu. Wydajność prądowa zasilacza powinna być nie mniejsza niż 1 A. Jedynym problemem, przy takim źródle zasilania, może być estetyczne ukrycie kabla, który prowadzi do gniazdka.

Oprogramowanie

Pliki MP3

Pliki MP3 należy umieści na karcie SD w shieldzie MP3. Należy upewnić się, że znajduje się tam plik *merry02.mp3*, który zostanie odtworzony na powitanie po wykryciu ruchu. Można nazwać go inaczej, ale należy zaktualizować po tej zmianie kod programu **(listing 1**), aby poprawnie go obsługiwał. Należy upewnić się, że na karcie SD znajduje się, co najmniej 20 plików MP3. Należy w odpowiedni sposób zaktualizować tablicę plików, uwzględniając konwencje nazewnictwa zapisanych na karcie plików z utworami (więcej informacji na ten temat w dalszej części artykułu).

Kod programu

Na listingu 1 pokazano szkic programu Arduino, który obsługuje omawiane urządzenie. Zanim możliwe będzie skompilowanie i wgranie

eprasa.pl b682cee0b1

Listing 1. Uproszczony kod programu sterującego napisanego w Arduino

```
#include <MemoryFree.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_VS1053.h>
#include <SD.h>

// Piny mikrookontrolera używane przez system
#define BREAKOUT_RESET  9
#define BREAKOUT_CS     10
#define BREAKOUT_DCS    8
//  Piny używane przez shield
#define SHIELD_RESET    -1
#define SHIELD_CS       7
#define SHIELD_DCS      6

#define CARDCS 4
#define DREQ 3

// Utworzenie obiektu do kontroli odtwarzacza MP3
Adafruit_VS1053_FilePlayer musicPlayer =
Adafruit_VS1053_FilePlayer(SHIELD_RESET,
SHIELD_CS, SHIELD_DCS, DREQ, CARDCS);

// wybierz linię do której dołączono diodę LED
int ledPin = 13;
// wybierz linię do której dołączono sensor PIR
int inputPin = 2;
// system uruchamia się zakładając brak ruchu
int pirState = LOW;
// zmienna do odczytywania stanu pinu
int val = 0;

// moment uruchomienia aplikacji (w milisekundach)
unsigned long detectTime;
unsigned long resetTime;

char* myFiles[]={"track001.mp3", "track002.mp3", ...};

// losowy numer ścieżki
int randFile;
// zmienna do przechowywania ścieżki do pliku MP3
char MP3;
// czas kalibracji sensora
int calibrationTime = 15;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(50);
  Serial.println("Adafruit VS1053 Library Test");
  resetTime = millis();
  // Inicjalizacja odtwarzacza MP3
  if (!musicPlayer.begin()) {
     Serial.println(F("Couldn't find VS1053,
    do you have the right pins defined?"));
     while (1);
  }
  Serial.println(F("VS1053 found"));
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(inputPin, INPUT);
  // Kalibracja sensora
  Serial.print("calibrating sensor ");
  for(int i = 0; i < calibrationTime; i++){
    Serial.print(".");
    delay(1000);
    }
  Serial.println("done");
  Serial.println("SENSOR ACTIVE");
  delay(50);
  if (!SD.begin(CARDCS)) {
    Serial.println(F("SD failed, or not present"));
    while (1);
    // koniec działania, jeśli karta SD nie działa
  }
  printDirectory(SD.open("/"), 0);
  // ilość plików MP3 na liście
  int mp3ArrSize = 20;
  Serial.println("-------------------");
  Serial.print("MP3 Array Size: ");
  Serial.println(mp3ArrSize);
  for (int arrelement = 0; arrelement < mp3ArrSize;
                    arrelement++) {
    Serial.println(myFiles[arrelement]);
  }
  musicPlayer.setVolume(10,10); // ustawienie głośności
  if (! musicPlayer.useInterrupt(VS1053_FILEPLAYER_PIN_INT))
    Serial.println(F("DREQ pin is not an interrupt pin"));
}

void loop(){
  // odczytaj wartość wejścową
  val = digitalRead(inputPin);
  Serial.println(val);
  // ustaw losową ścieżkę
  randFile = random(20);
  // wybierz losowy plik MP3
  char* MP3 = myFiles[randFile];
  Serial.println(MP3);
  // sprawdza czy wejście jest w stanie wysokim
  if (val == HIGH) {
    // zapala diodę LED
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    Serial.println("Motion detected!");
    detectTime = millis();
    if (!musicPlayer.playingMusic==true){
      if (! musicPlayer.playFullFile("merry02.mp3")) {
        Serial.print("Could not open");
        Serial.println("merry02.mp3");
        musicPlayer.softReset();
        while (1);
      }
      delay(1000);
      if (! musicPlayer.startPlayingFile(MP3)) {
        Serial.print("Could not open");
        Serial.println(MP3);
        while (1);
      }
      Serial.print("Start Playing ");
      Serial.println(MP3);
    }
  }
  // Jeśli nie ma ruchu prze 15 s zatrzymaj muzykę
  if ( (millis() - detectTime) >= 15000){
    Serial.println("No motion for 15 seconds");
    musicPlayer.stopPlaying();
    musicPlayer.softReset();
    delay(200);
    digitalWrite(ledPin,LOW);
    val = 0;
    detectTime = 0;
  }

  // Monitorowanie ilości wolnej pamięci
  ...

  }
  delay(1000);
}

// Funkcja do listowania plików z karty SD
void printDirectory(File dir, int numTabs) {
  ...
  }
}
```

go do modułu Arduino, trzeba wprowadzić kilka zmian w kodzie. Pierwszym krokiem jest zmiana nazw utworów, aby odpowiadały plikom MP3, które znajdują się na karcie SD w module MP3. Istnieje pewne ograniczenie długości nazwy pliku, zdefiniowane w instrukcjach shielda MP3. W przykładzie wszystkie pliki mają nazwę w konwencji *track0##.mp3*, gdzie *##* to kolejne numery. Jeśli zdecydujemy się jednak na zmianę tej konwencji, edytować musimy następującą definicję:

```
char* myFiles[]={"track001.mp3", "track002.
mp3"..."track020.mp3"};
```

Ta tablica jest inicjowana raz, a następnie w pętli pobierane są z niej losowe nazwy plików. Konieczność posiadania predefiniowanej listy plików w tablicy wynika z faktu, że ciągłe wczytywanie listy plików z karty SD może powodować jej niestabilną pracę. Autor projektu zauważył, że na etapie testów, gdy w taki sposób rozwiązana była ta sekcja kodu, powodowało to zawieszanie się modułu po około 10 cyklach. Dodatkowo, pozwala to magazynować na karcie SD pliki, których w danej chwili nie chcemy odtwarzać.

Na tym etapie można skomplikować i wgrać szkic do układu, aby sprawdzić czy działa. Po uruchomieniu czujnik czeka 15 sekund na celem kalibracji. Następnie, gdy zostanie wykryty ruch, losowy plik jest wprowadzany do bufora szeregowego i odtwarzany przez około sekundę, po czym system sprawdza, czy nadal wykrywany jest ruch. Jeśli, przez co najmniej piętnaście pętli (15 s) ruch nie zostanie wykryty, muzyka przestaje grać i moduł MP3 jest resetowany. Dzięki resetowaniu kodeka, przy każdym nowym utworze, zacznie on działać od znanego stanu. Dokumentacja Adafruit nie specyfikuje w jednoznaczny sposób, czy to poprawne podejście, ale doświadczenia autora pokazują, że poprawnie działa.

Montaż wieńca

Ten krok nie jest zbyt trudny. Na **fotografii 2** pokazano wieniec świąteczny ze zintegrowaną elektroniką. Autor włożył Arduino do filcowej torby z wywieszonym na zewnątrz czujnikiem PIR (**fotografia 3**) i wejściem zasilania Arduino. Samą torbę z Arduino umieszczono pomiędzy świerkowymi gałązkami tak, aby nie była zbyt widoczna z zewnątrz. Do zamocowania kabli w nierzucający się w oczy sposób autor zastosował czyściki do fajek w kolorze zielonym. Pozwalają one też umieścić sensor PIR w odpowiedni miejscu. Dodatkowo, można go zamaskować np. jakąś ozdobną wstążką, która jest nieco luźniejszą siateczką i nie utrudnia wykrywania ruch z odległości około półtora metra od sensora.

eprasa.pl b682cee0b1



Fotografia 2. Układ zainstalowany w wieńcu



Fotografia 3. Miejsce umieszczenia czujnika ruchu

Podsumowanie i dalszy rozwój systemu

Autor ma kilka innych pomysłów na ulepszenie tego systemu, na których uwzględnienie nie miał jeszcze czasu. Jest to kilka kwestii, które mogą ulepszyć, bądź rozbudować to ciekawe urządzenie.

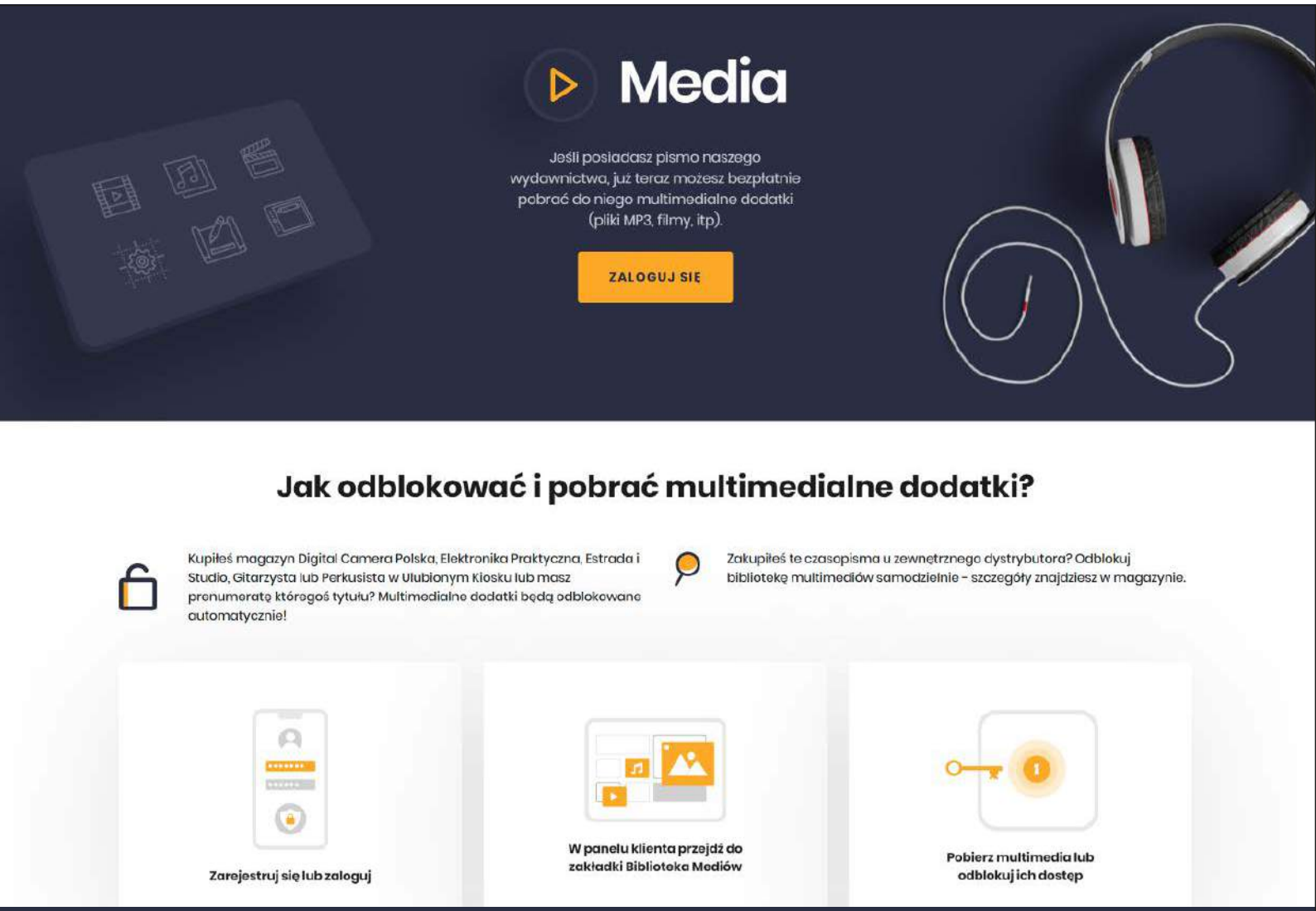
Ulepszone zarządzanie energią – dostępny jest samouczek Arduino, który opisuje, jak wyłączyć większość elementów, odpowiedzialnych za zużycie energii w mikrokontrolerze, aby oszczędzać energię z baterii i wybudzić system tylko wtedy, gdy czujnik PIR wykryje ruch. Autor wskazuje, że chce to w pewnym momencie wprowadzić, aby urządzenie mogło być całkowicie zasilane bateryjnie.

Synchronizacja muzyki i światła – w module pozostawiono zapasowe światełka, które mają swój własny zegar, ale teoretycznie możliwe jest zsynchronizowanie ich z momentem włączenia muzyki i użycie czujnika światła, aby automatycznie włączały się po zmroku.

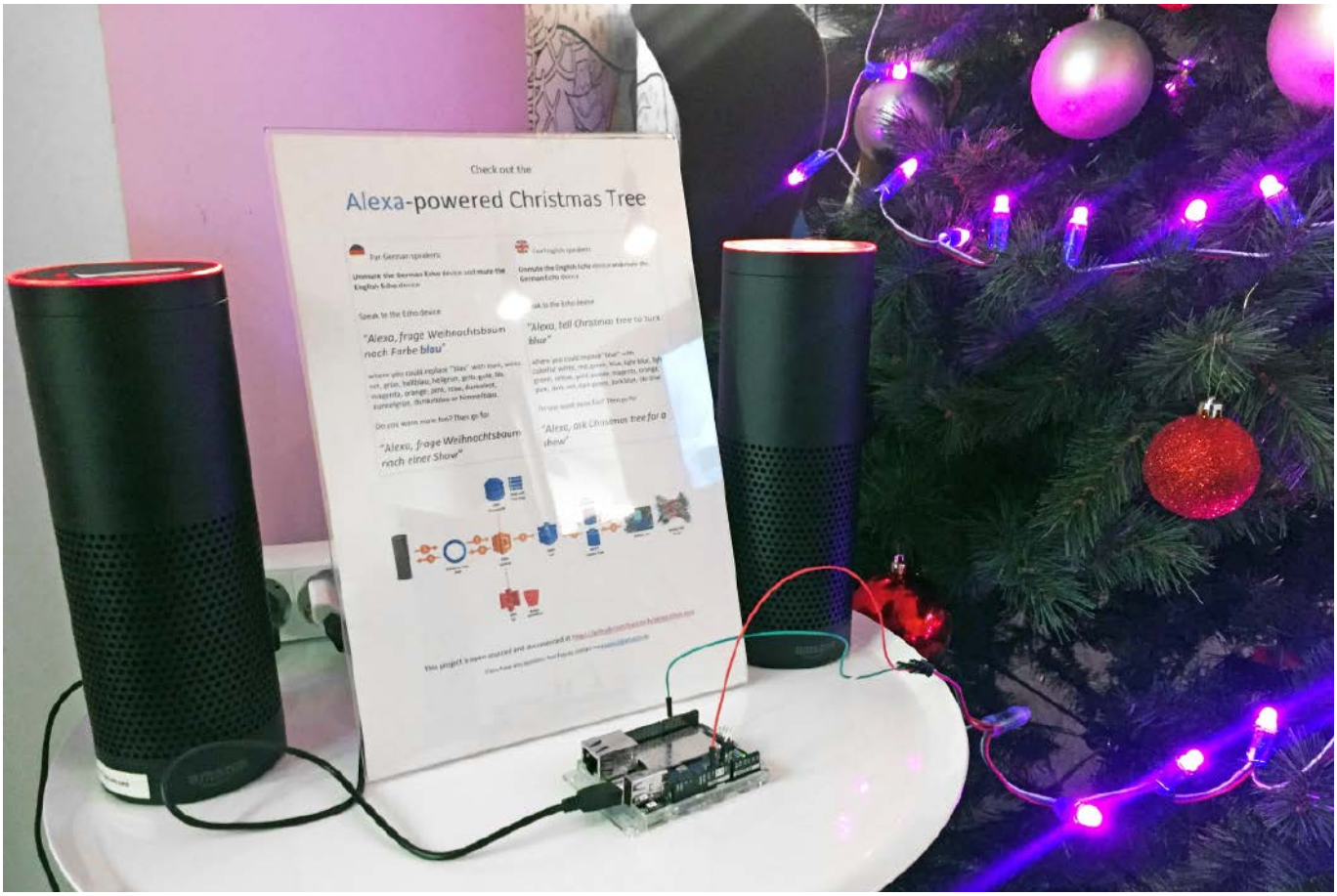
Nikodem Czechowski, EP

Źródło: https://bit.ly/3FQ38Xo

REKLAMA



eprasa.pl b682cee0b1



Świąteczna choinka zintegrowana z Amazon Alexa

Lampki choinkowe mogą być sterowane na wiele sposobów. Od zwykłych, mrugających lampek po skomplikowane sekwencje wielokolorowych światełek… tylko wyobraźnia ogranicza to, co można zrobić z bożonarodzeniowymi dekoracjami. Nowoczesna elektronika tylko to potęguje, ponieważ daje niemal nieskończone możliwości sterowania oświetleniem, jakie tradycyjnie wieszamy w grudniu na choince.

Jeszcze niedawno sterowanie oświetleniem choinkowym ograniczało się do prostych sekwencji realizowanych za pomocą układów logicznych i timerów, na przykład NE555. Popularność ekosystemu Arduino i ogromna łatwość w budowaniu oprogramowania i układów z nim związanych, sprawiła, że skonstruowanie prostego systemu do sterowania lampkami choinkowymi nie jest zbyt dużym wyzwaniem, jak na okazjonalny, świąteczny projekt. Oprócz mikrokontrolerów, także same źródła światła lampek choinkowych zrewolucjonizowały takie projekty. Moduły diod elektroluminescencyjnych RGB, które w swojej strukturze integrują, oprócz trzech źródeł światła – czerwonego, zielonego i niebieskiego, także kontroler cyfrowy, pozwalają łatwo programować wynikowy kolor świecenia modułu. Moduły RGB LED, takie jak WS2811 pozwalają w prosty sposób wykonać dowolne oświetlenie – dzięki interfejsowi szeregowemu, mogą być łatwo kontrolowane przez mikrokontroler.

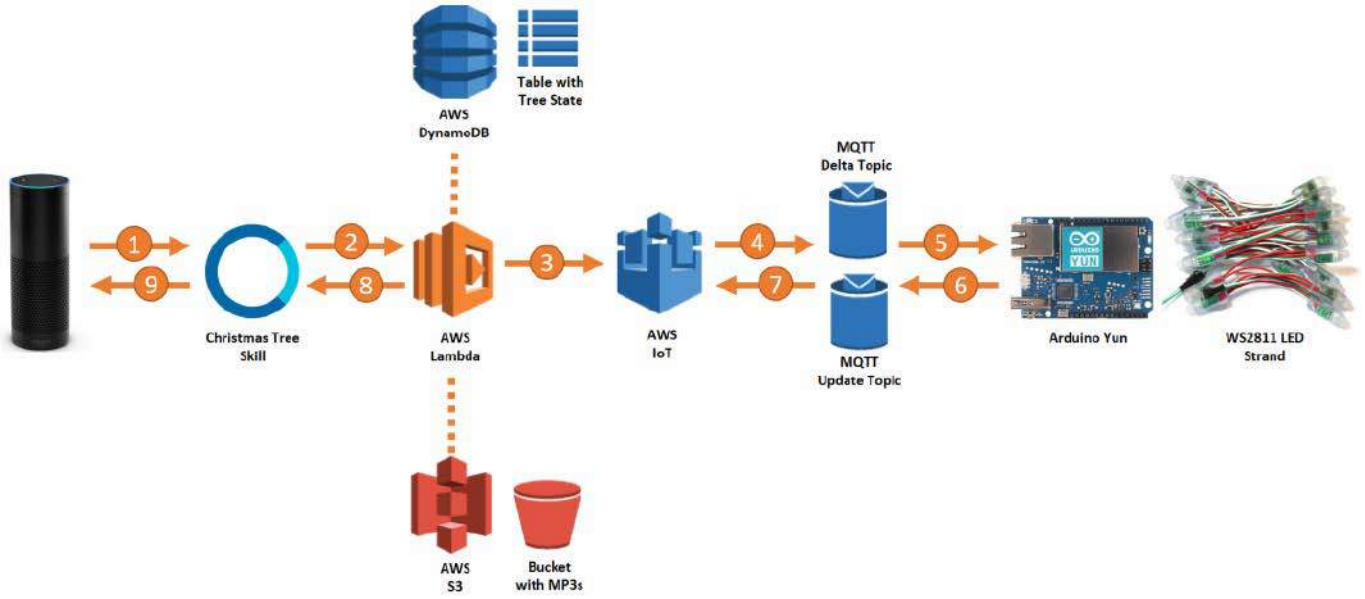
Ostatnim zaawansowanym elementem, który pozwala na tworzenie zadziwiających systemów sterowania są usługi w chmurze. W tym projekcie skorzystano z ekosystemu Amazon Web Services, który w prosty sposób można zintegrować z asystentem głosowym Amazon Alexa. Dzięki temu można sterować choinką (czy dowolnym systemem) za pomocą prostych komend głosowych. Opisany projekt wykorzystuje asystenta Amazon Alexa, do sterowania łańcuchami diod RGB, zawieszonymi na choince. Dalsza część artykułu omawia komponenty sprzętowe, zawierające moduł Arduino, oraz oprogramowanie, podzielona na dwie części – firmware, pracujące na module Arduino oraz oprogramowanie pracujące w chmurze.

Komponenty sprzętowe

Aby zbudować własny system zarządzania światełkami choinkowymi, sterowany przez Alexę potrzebne następujące komponenty:

- moduł Arduino Yun z zainstalowanym systemem Linino OS,
- dwie taśmy LED WS2811 z 50 diodami LED każda,

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 1. Schemat budowy i działania systemu

- trzy komplety przewodów połączeniowych,
- zasilacze ze złączem DC 2,1×5,5 mm,
- kabel z złączami Micro-USB i USB,
- asystent głosowy – Amazon Echo, Amazon Dot lub Amazon Tap.

Budowa systemu

Konstrukcja systemu jest bardzo prosta i nie wymaga zbyt wielu połączeń. Zasadniczo Wystarczy podłączyć moduł Arduino do sieci i zasilania oraz podpiąć listwy LED do wyjścia z modułu Arduino. Oba łańcuchy diod połączone są ze sobą szeregowo i są sterowane z pinu szóstego modułu Arduino. Jeśli wybierzemy inny pin, należy zmienić to w listingu Arduino (**listing 1** – ze względu na objętość kod dostępny jest w materiałach do pobrania ze strony ulubionykiosk.pl/media).

Moduły RGB WS2811 pozwalają na szeregowe łączenie modułów jeden za drugim. Wynika to z faktu, że dioda RGB sterowana jest za pomocą bardzo prostego, jednopinowego interfejsu szeregowego, który ma dodatkową logikę i wyjście szeregowe, które można podłączyć do wejścia kolejnego modułu. Zasada działania kontrolera jest bardzo prosta. Przyjmuje szeregowo dane i zatrzaskuje pierwsze 24 otrzymane bity (po 8 bitów na każdy składowy kolor), a dalsze dane są po prostu przekazywane na wyjście układu. W ten sposób można połączyć ze sobą nawet 1024 moduły RGB. Kontroler wbudowany w module posiada trzy generatory przebiegu PWM z driverami diod LED o składowych kolorach. Wypełnienie sygnałów sterujących poszczególnych diod sterowane jest za pomocą danych zatrzaśniętych w module – dla każdej z diod po osiem bitów.

Oprogramowanie

System sterowania choinką może wydawać się zaskakująco złożony. Na **rysunku 1** pokazano schemat zależności poszczególnych elementów. Rozwiązanie wykorzystuje szereg usług chmurowych AWS do komunikacji z zapleczem sprzętowym – choinką. Jedyne, co trzeba samodzielnie skonfigurować w chmurze Amazona, to funkcja Lambda, S3 bucket (w uproszczeniu – to rodzaj dysku chmurowego) zawierający pliki MP3 i role IAM z uprawnieniami dla AWS IoT i Dynamo. Tabela w Dynamo, a także „cień rzeczy" w AWS IoT zostaną utworzone automatycznie podczas pierwszego wywołania systemu.

Przyjrzyjmy się wysokopoziomowej architekturze systemu oraz prześledźmy, co dzieje się po otrzymaniu żądania głosowego, przekazanego do urządzenia Alexa przez użytkownika:

1. Użytkownik rozmawia z Alexą i wydaje mu komendę *„open the christmas tree"*. Magia rozpoznawania mowy z udziałem algorytmów neuronowych, dzieje się po stronie usługi chmurowej Alexa.
2. Uruchamiany jest kod, znajdujący się w AWS Lambda.
3. Jeśli użytkownik chce tylko wykonać akcję, taką jak *„turn on the tree"*, aby zapalić lampki lub *„start the show"*, aby uruchomić automatyczny pokaz bez zmieniania koloru, to system sprawdza w Dynamo DB, jaki jest ostatnio ustawiony kolor. W ten sposób Alexa zapamiętuje, jaki jest ustawiony kolor lampek drzewka. Następnie, sama akcja i informacja dotycząca koloru są zapisywane w cieniu rzeczy w AWS IoT.
4. Jeśli cień zostanie zaktualizowany, wiadomość w postaci komendy MQTT zostanie wystawiona na temat Delta odpowiedniej rzeczy. Arduino Yun subskrybuje ten temat (uwaga – nazwa rzeczy tworzonej przez kod jest równa nadchodzącemu identyfikatorowi *skill-id*, wszystkie kropki zostają jedynie zastąpione myślnikiem. To może pomóc, przy próbie przebudowania projektu).
5. Arduino odpytuje temat Delta, więc odbiera w ten sposób polecenia wysyłane wiadomością MQTT w danym temacie. Komendy przesyłane są do Arduino w formacie JSON. Informacje są wyodrębniane, a szkic Arduino wykonuje akcję na diodach LED zgodnie z tym, co jest podane w wiadomości (nowy kolor, uruchomienie pokazu, włączanie i wyłączanie lampek).
6. Na koniec Arduino wysyła wiadomość MQTT do tematu aktualizacji AWS IoT, aby poinformować system, że akcja została poprawnie wykonana.
7. Wiadomość zwrotna jest odbierana przez usługę AWS IoT, a zawarte w niej informacje o stanie lampek są zapisywane z powrotem w cieniu rzeczy, jako stan raportowany. Możliwe jest odczytywanie ostatniego stanu lampek z cienia rzeczy, zamiast szukać go w bazie Dynamo DB, jednakże z uwagi na fakt, że MQTT jest asynchroniczny i nie można polegać na Arduino, że udzieli natychmiastowej odpowiedzi, stan zapisany w cieniu rzeczy nie zawsze jest aktualny.
8. Ten krok dzieje się, zasadniczo, zaraz po kroku trzecim, ponieważ skrypt jest celowo oddzielony od zaplecza sprzętowego. Tak więc zaraz po zaktualizowaniu cienia rzeczy w AWS IoT skrypt zwraca wyjściowy tekst do modułu mowy i opcjonalnie tag SSML z zawartością audio. Pliki MP3, które są następnie odtwarzane przez asystenta Alexa są pobierane z AWS S3 bucketa.
9. Finalnie asystent Alexa odczytuje tekst zwrócony przez skrypt i odtwarza dźwięk na polecenie głosowe.

Wskaźnik statusu

Podczas gdy Arduino wykonuje swoją pracę, informuje również o swoim aktualnym stanie na pierwszej diodzie RGB LED w łańcuchu diod. Sygnalizacja jest następująca:

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 2. Gotowy system pracujący obok choinki w biurze autora projektu

- mrugająca raz czerwona dioda wskazuje na awarię konfiguracji połączenia AWS IoT,
- dwukrotne migające czerwone światło oznacza nieudaną próbę połączenia z AWS IoT,
- trzykrotne migające czerwone światło oznacza nieudaną konfigurację połączenia AWS IoT,
- zielona dioda wskazuje na udane połączenie z AWS IoT,
- niebieski kolor diody wskazuje na ciągłe odpytywanie tematu AWS IoT,
- żółta dioda oznacza z kolei błąd podczas odpytywania tematu AWS IoT.

Podczas uruchamiania można początkowo zobaczyć czerwone mrugające diody przez czas potrzebny na połączenie modułu Arduino z siecią Wi-Fi. Jeśli Wi-Fi jest połączone, zielona dioda, a następnie stale migające niebieskie światło wskazuje, że system jest gotowy na przyjmowanie polecenia.

Jeśli dioda informująca o stanie miga na żółty kolor, oznacza to, że nie można było dotrzeć do tematu AWS IoT. Jeśli tak się stanie (np. gdy Arduino utraci połączenie z siecią Wi-Fi), próbuje jeszcze dziewięć razy, aż automatycznie spróbuje ponownie się połączyć. Oznacza to, że po dziesięciokrotnym mrugnięciu diody na żółto, powinno wystąpić czerwone mrugnięcie i finalnie zapalenie się na zielono po ponownym połączeniu. Gdy Arduino ponownie połączy się z Wi-Fi i komunikacja z AWS IoT zostanie ponownie nawiązana, pojawi się mruganie na niebiesko.

Firmware

Na listingu 1 pokazano zawartość szkicu Arduino, sterującego lampkami choinkowymi. Ze szkicu usunięto część funkcji dla poprawy czytelności kodu. Kompletny kod programu, wraz z plikiem nagłówkowym (w którym zdefiniowane są dane do połączenia się z AWS IoT) można pobrać z repozytorium projektu na Githubie.

Podczas konfiguracji Arduino inicjalizuje diody LED i zapala je na pomarańczowo, a następnie łączy się z kolejką MQTT, za co odpowiedzialna jest funkcja *connect()*. Podczas połączenia do urządzenia *CLIENT_ID* dodawana jest na końcu losowa cyfra. Zapobiega to powstawaniu konfliktów z poprzednim połączeniem, na przykład po resecie połączenia. W funkcji tej zawarto także część obsługi diody statusowej w przypadku awarii połączenia z AWS IoT.

Po połączeniu z AWS układ przechodzi do głównej pętli programu *loop()*, gdzie dioda statusowa zapalana jest na żółto. Tam także zaszyta jest logika zliczania do 10 przy niepowodzeniach w komunikacji, przed zresetowaniem połączenia z MQTT.

Główna obsługa systemu zaszyta jest w funkcji *msg_callback_delta(char* src, unsigned int len, Message_status_t flag)*, która wywoływana jest przez bibliotekę obsługującą MQTT za każdym razem, gdy w systemie pojawi się wiadomość w temacie, jaki jest zasubskrybowany. Wiadomość zapisana jest w formacie JSON. Znaczna część tej funkcji odpowiedzialna jest za parsowanie tej funkcji. Przede wszystkim uzyskiwany jest tryb działania lampek, tj. komenda, jaką wydano głosowo. System obsługuje następujące komendy:

- COLOR – zmiana koloru lampek,
- ON/OFF – odpowiednio, włączenie i wyłączenie lampek,
- SHOW – zaprogramowany pokaz oświetlenia,
- STOP – zatrzymanie pokazu oświetlenia.

Oczywiście można dodać własne komendy i tryby, aby obsłużyć to, co zostanie zapisane w skrypcie, jaki pracuje w AWS Lambda.

Oprogramowanie AWS Lambda

Oprogramowanie pracujące po stronie chmury i jest rozbite jest wiele plików. Wszystkie one dostępne są w repozytorium na Githubie. Opisują one słowa kluczowe wykorzystywane do sterowania (w języku angielskim oraz niemieckim), wartości, na jakie słowa te mają się przekładać – w tym przypadku, tłumaczenie kolorów na wartości RGB. Zawarto tam też komunikaty słowne, którymi odpowiedzieć może Alexa na komunikaty od użytkownika. Każdy komunikat ma osobny *handler* obsługujący dany komunikat, który w konkretny sposób konfiguruje model urządzenia, utrzymywany w AWS. Dokładny opis oprogramowania w Javie, jaki pracuje po stronie serwera, wykracza stanowczo poza ramy tego artykułu jak i naszego miesięcznika.

Podsumowanie

Na **rysunku 2** pokazano gotowy system w postaci asystenta głosowego Alexa i znajdującej się nieopodal choinki. Na stronie projektu (patrz link źródłowy pod artykułem) można znaleźć nawet film, pokazujący światełka w działaniu. Projekt ten jest doskonałym punktem wejścia do bardziej złożonych systemów Internetu Rzeczy, wykorzystujących usługi w chmurze, takiej jak Amazon Web Services. Wykorzystanie tych usług – istniejących i ogólnie dostępnych lub tworzenie własnych, jest doskonałym sposobem na rozbudowę funkcjonalności dowolnego urządzenia Internetu Rzeczy.

Wykorzystanie asystentów głosowych jest również doskonałym sposobem na tworzenie ciekawszych i wygodniejszych w obsłudze urządzeń. Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania, systemy mogą być sterowane niemalże bez angażowania użytkownika. Jest to rozwiązanie często stosowane np. w automatyce domowej, jednak mechanizm ten można przenieść do wielu innych dziedzin.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło:
- https://bit.ly/3DfdvCv
- https://bit.ly/3rtzP9w

eprasa.pl b682cee0b1

Przekaźniki półprzewodnikowe – SSR

Przekaźniki SSR odgrywają istotną rolę w świecie dzisiejszej elektroniki i automatyki. Powstały jako alternatywa dla rozwiązań elektromechanicznych, jakie znamy od dziesięcioleci. W wielu miejscach z pewnością będą się sprawowały lepiej od ich tradycyjnych odpowiedników, ale czy są uniwersalnym rozwiązaniem? Kiedy warto je stosować? Na jakie parametry należy zwrócić uwagę? Na te pytania postaram się odpowiedzieć w tym artykule.



Słowo przekaźnik dla wielu z nas – osób aktywnie związanych z elektryką i elektroniką, kojarzy z elementem składającym się z elektromagnesu, kotwiczki i styków, który wydaje z siebie charakterystyczne stuknięcie w momencie przełączania. Kiedy styki są zwarte – prąd przepływa, natomiast, gdy styki są rozwarte, to w obwodzie prąd nie płynie. Te proste zasady mogą być zawodne. Przekaźniki potrafią przysporzyć wielu problemów. Styki wypalają się i sklejają, a nawet odpadają. Kotwiczka potrafi skorodować a sprężyna, która przeciwstawia się sile wywoływanej przez elektromagnes, z czasem się wyciąga, traci sprężystość i przestaje spełniać swoje zadanie – element staje się wrażliwy na wibracje i zmiany temperatury. Długie leżakowanie w nieprzychylnej atmosferze – zasiarczonej lub wilgotnej, również nie służy przekaźnikom, które nie mają hermetycznej obudowy. Ponadto, niemałe gabaryty mocno utrudniają stosowanie tych komponentów w nowoczesnych zminiaturyzowanych urządzeniach.

Wraz z rozwojem energoelektroniki powstał pomysł, aby te zawodne i kłopotliwe podzespoły elektromechaniczne zastąpić nową wersją, pozbawioną wad – czyli w pełni elektroniczną. Przekaźnik półprzewodnikowy – SSR (*Solid State Relay*), to odpowiedź przemysłu elektronicznego na zapotrzebowanie automatyków i elektroników na całym świecie. Pomimo tego, że nie są całkowicie bezproblemowe, to mogą pracować w wielu aplikacjach, po odpowiednim dobraniu parametrów.

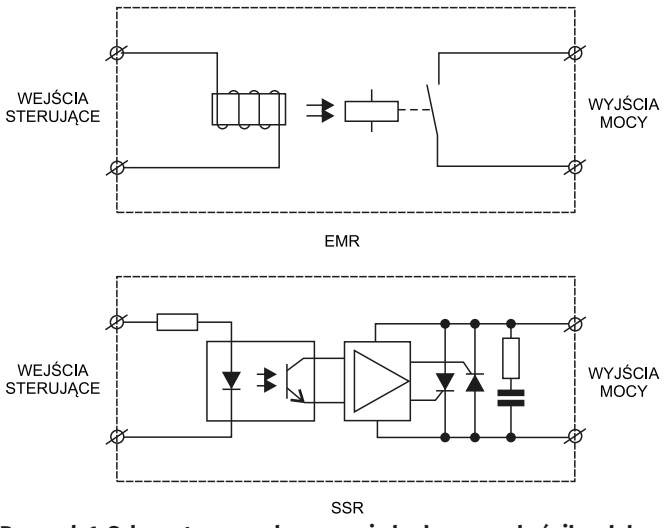
Na początku musi znaleźć się pewne wyjaśnienie – anglojęzyczny akronim SSR zawiera słowo *relay*, czyli po polsku przekaźnik. Zatem sformułowanie „przekaźnik SSR" jest pleonazmem, takim samym, jak „dioda LED". Jednak to określenie przyjęło się w polskim języku technicznym i nic nie wskazuje na jego rychłą zmianę.

Jak działa SSR?

Funkcjonalność tych elementów ma być porównywalna ze zwykłymi przekaźnikami, więc producenci musieli zadbać również o nadanie im pożądanych, z punktu widzenia instalatora i użytkownika, cech. Są to, między innymi:

- sterowanie przy użyciu niewielkiej mocy,
- izolacja galwaniczna między obwodem sterującym a sterowanym,
- łatwe podłączanie do istniejącej instalacji oraz prosta wymiana,
- możliwość pracy w szerokim zakresie napięć zasilających obwód sterowany.

W przekaźnikach elektromechanicznych te kryteria były łatwe do spełnienia. Cewka poruszająca stykami pobiera z reguły niewielką moc, a przekaźniki bistabilne nawet nie potrzebują jej wcale, gdy styki mają pozostać na swoim miejscu. Izolacja między obwodami była zrealizowana przez odizolowanie cewki elektromagnesu od pozostałych części składowych. Prostą wymianę ułatwiały podstawki, a metalowe styki umożliwiały załączanie obwodów o różnych wartościach napięć i prądów. Przekaźniki półprzewodnikowe są zbudowane w zupełnie inny sposób, a schematyczne porównanie obu technologii zostało pokazane na **rysunku 1**. Izolację między wejściem sterującym a obwodem sterowanym zapewniają elementy optoelektroniczne. Dioda LED, która uruchamia przekaźnik, choć wymaga ciągłego zasilania napięciem o określonej polaryzacji, pobiera niewielką moc, mniejszą



Rysunek 1. Schematyczne zobrazowanie budowy przekaźnika elektromagnetycznego i półprzewodnikowego

eprasa.pl b682cee0b1



Fotografia 1. SSR do obwodów prądu przemiennego firmy Relpol



Fotografia 2. SSR w miniaturowych obudowach od firmy ECE

niż elektromagnesy nawet w najmniejszych przekaźnikach klasycznych. Łatwość instalacji jest zapewniona przez obudowy z zaciskami śrubowymi, przystosowane do szyny DIN, lub wyposażone w wyprowadzenia do lutowania.

Obwody załączające obciążenie są tak zaprojektowane, aby pracowały prawidłowo w szerokim zakresie napięć i prądów, choć nie ma tu tak wysokiej dowolności jak w przypadku zwykłych przekaźników. Ponadto muszą być zabezpieczone przed przepięciami, które mogłyby je zniszczyć lub wywołać niepożądaną komutację, dlatego przekaźniki półprzewodnikowe często mają wbudowane gasiki RC, warystory i inne elementy ochronne.

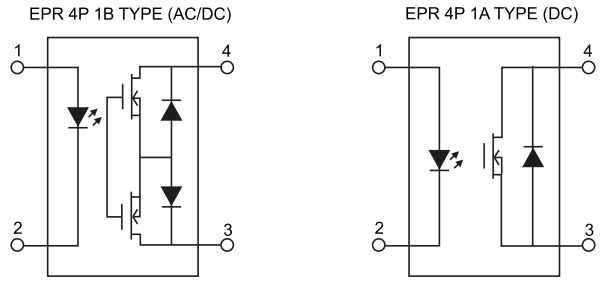
Zasada działania przekaźników SSR ma wiele zalet: brak zużywających się elementów elektromechanicznych, możliwość szybszego przełączania, brak emisji zakłóceń elektromagnetycznych pochodzących od iskrzących styków, cicha praca i łatwość miniaturyzacji. Jednak dalej przekonamy się, że mają też zasadnicze wady.

Rodzaje przekaźników SSR

Na rynku dostępnych jest kilka rodzajów przekaźników półprzewodnikowych. Te najczęściej spotykane służą do przełączania obwodów prądu przemiennego i mogą realizować sterowanie grupowe lub fazowe [1]. Jako elementy wykonawcze pracują w nich triaki, tyrystory bądź alternistory czyli triaki o poprawionych właściwościach komutacyjnych. Na **fotografii 1** można zobaczyć wygląd tego typu przekaźników oferowanych przez polską firmę Relpol. Podobnie wyglądają komponenty przystosowane do pracy w obwodach prądu stałego, gdzie załączają obciążenia o średniej mocy i wysokiej mocy. Różnią się elementami wykonawczymi, lecz zasada działania oraz kształt obudowy są zbliżone.

W przeciwieństwie do wersji elektromagnetycznych, przekaźniki półprzewodnikowe mogą oferować dodatkowe funkcjonalności oprócz załączania i rozłączania obwodu. W ofercie firmy Relpol znajdziemy SSR o takich funkcjach jak:

- załączanie w zerze napięcia (ZS), co minimalizuje prądy udarowe podczas włączania;



Rysunek 2. Schematy wewnętrzne miniaturowych SSR

- załączanie analogowe (AS), które jest sterowaniem fazowym z regulacją przy użyciu wielkości analogowej (pętla prądowa lub wejście napięciowe);
- załączanie w dowolnej chwili (IO), które jest stosowane przede wszystkim w obwodach sterowania fazowego;
- załączanie w maksimum napięcia (PS), które ma na celu zmniejszyć udar prądowy powstały podczas załączania obciążeń indukcyjnych, takich jak transformatory;
- załączanie DC (DCS), przeznaczone do obwodów prądu stałego.

Jednak na tym możliwości przekaźników półprzewodnikowych się nie kończą. Można znaleźć również miniaturowe przekaźniki sygnałowe, wykonane w 100% z elementów elektronicznych. Mają różne obudowy, a te najmniejsze wyglądają zupełnie jak zwykłe transoptory w obudowach DIP. Są również wersje do montażu powierzchniowego. Przykładowe elementy tego typu, które oferuje firma ECE, zostały pokazane na **fotografii 2**.

W miniaturowych SSR najczęściej pracują tranzystory MOSFET ze światłoczułymi bramkami. Są to tak zwane tranzystory PhotoMOS, lecz ta nazwa została zastrzeżona przez firmę Panasonic [3]. Dlatego inni producenci, posługują się w swoich notach katalogowych określeniami typu *MOS relay* choć zasada działania tych elementów jest taka sama. Mogą być umieszczone pojedynczo lub podwójnie, sprzęgnięte ze sobą. W tym pierwszym przypadku służą do pracy w obwodach prądu stałego, a w drugim mogą emulować „prawdziwy" przekaźnik, bowiem prąd może przez nie przepływać w obie strony bez przeszkód. Szczegóły zostały pokazane na **rysunku 2**, który zawiera schematy ideowe dwóch opisanych przekaźników SSR.

Parametry SSR

Mnogość typów przekaźników półprzewodnikowych jest ogromna. Do załączania silnika prądu przemiennego użyjemy innego elementu niż do selekcji jednego z wielu źródeł sygnału analogowego o niewielkiej amplitudzie. Dodatkowo producenci często stosują własne nazewnictwo, co może być sporym utrudnieniem dla osób niewtajemniczonych w tę technologie. Zawsze warto dokładnie przeanalizować wartości parametrów oraz ich znaczenie w dokumentacji danego producenta.

Rodzaj przełączanego prądu

Z fizycznego punktu widzenia, sprawa jest bardzo prosta: mamy prąd stały i zmienny. Inżynierowie postawili granicę w nieco innym miejscu, gdyż mamy terminy DC oraz AC. Pierwszy oznacza prąd, który nie zmienia kierunku swojego przepływu, zaś drugi – przeciwnie. Oznaczenie AC jest zazwyczaj stosowane do obwodów prądu przemiennego, takich jak sieć energetyczna, choć tym samym mianem można też określić inne bipolarne sygnały analogowe np. audio. Dlatego warto zwrócić uwagę na następny parametr.

Element wykonawczy

Do dyspozycji mamy SSR wyposażone w triaki, tyrystory, alternistory tranzystory IGBT i MOS. Pierwsze trzy spotkamy tylko tam, gdzie mamy do dyspozycji prąd cyklicznie osiągający zerową wartość, gdyż w przeciwnym razie po jednorazowym załączeniu nie będzie możliwe wyłączenie elementu wykonawczego. W zdecydowanej

eprasa.pl b682cee0b1

większości przypadków będą to obwody zasilane z sieci energetycznej, gdyż okresowość napięcia przechodzącego przez zero daje nam gwarancję, że raz załączony triak czy tyrystor ulegnie wyłączeniu w przewidywalnym czasie. Z tymi elementami wiąże się kilka niedogodności, takich jak konieczność zapewnienia minimalnego prądu obciążenia czy ograniczenie szybkości narastania napięcia.

Przekaźniki półprzewodnikowe z tranzystorami IGBT są spotykane stosunkowo rzadko, jednak można je znaleźć na rynku w ciągłej sprzedaży. Służą do pracy w obwodach prądu stałego o wysokiej mocy, nawet do 50 A przy 750 V [4]. Wynika to ze specyficznego przeznaczenia tego rodzaju tranzystorów, które wprowadzają znacznie niższe straty w stanie przewodzenia od wysokonapięciowych tranzystorów MOSFET. Z wysokimi napięciami stałymi mamy do czynienia, między innymi, w fotowoltaice, która jest dziedziną stale rozwijającą się.

Ostatnia grupa, czyli przekaźniki z tranzystorami MOS, dominują wśród małych przekaźników przeznaczonych do przełączania niewielkich napięć i prądów – zarówno stałych jak i przemiennych. Jednak to nie jedyny obszar ich zastosowania. Można je znaleźć w SSR przeznaczonych do fotowoltaiki [5], gdzie pełnią tę samą funkcję co tranzystory IGBT.

Maksymalne napięcie i maksymalny prąd

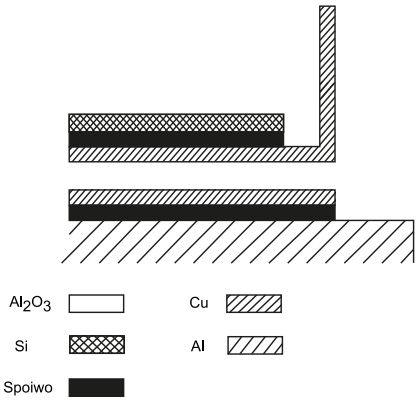
Podobnie jak w przypadku elementów stykowych, tak i tutaj mamy do czynienia z pewnymi wartościami granicznymi. Zwłaszcza napięcie nie pozostawia złudzeń – zarówno każdy izolator, jak i każdy komponent mają dopuszczalne napięcie między wyprowadzeniami. Po załączeniu przekaźnika półprzewodnikowego, wartość tego napięcia spada do pewnej, niewielkiej wartości. Wtedy znaczącą rolę zaczyna odgrywać maksymalny prąd przewodzenia. W zależności od konkretnego podzespołu, może on wynosić od dziesiątek miliamperów, aż do dziesiątek amperów. Ograniczenie może pochodzić nie tylko od samych elementów lecz również od dopuszczalnej mocy strat, bowiem tego typu podzespoły często wymagają chłodzenia. Dla niektórych osób może to być małym zaskoczeniem – przekaźnik, który trzeba chłodzić? Tak, i to przy prądzie nawet rzędu kilku amperów. Przy większych wymagane są nawet wentylatory. Szafa wypełniona przekaźnikami SSR potrafi wytwarzać pokaźne ilości ciepła.

Dlatego decydując się na dany SSR trzeba dokładnie sprawdzić, czy mamy odpowiednie warunki do jego chłodzenia. Uzyskanie maksymalnego prądu przewodzenia może być niekiedy możliwe tylko w specyficznych warunkach, na przykład przy temperaturze obudowy rzędu 25°C. Konieczna jest szczegółowa lektura noty katalogowej.

Straty

Nie sposób się od nich uwolnić. Każdy element, przez który płynie prąd, będzie wprowadzał straty energii wynikające z niezerowej rezystancji statycznej, wydzielane w postaci ciepła. Dla producentów to bardzo niewygodny temat, dlatego informacje o stratach wprowadzanych przez ich przekaźniki półprzewodnikowe są często podawane w sposób bardzo enigmatyczny. W przypadku elementów stykowych ta kwestia była możliwa do pominięcia w wielu wypadkach.

W przypadku SSR przeznaczonych do obwodów prądu przemiennego (AC) fizyka jest nieubłagana. Tyrystory i triaki, które są najczęściej używanymi elementami wykonawczymi do przełączania obwodów tego rodzaju, wprowadzają stały spadek napięcia między zaciskami elektrod. Zazwyczaj mówi się o wartości z przedziału 0,9…1 V dla małych prądów i 1,2…1,6 V dla prądu o wysokim natężeniu. Po pomnożeniu tej liczby przez wartość skuteczną płynącego przez taki element prądu uzyskujemy moc strat w watach. I żadne zabiegi marketingowe nic tutaj nie dadzą, ponieważ układ warstw półprzewodników o ściśle określonej strukturze będzie miał zbliżone napięcie przewodzenia. Można redukować pasożytnicze rezystancje czy inne niepożądane składowe, ale ten jeden parametr pozostaje stały dla określonego materiału półprzewodnikowego. Trzeba mieć świadomość, że nie są to małe wartości – przeciętny triak BTA12 podczas przewodzenia prądu o wartości skutecznej 10 A wydzieli w swojej strukturze aż 11 W mocy cieplnej [6]. Niewielka obudowa TO220 nie rozproszy takiej ilości energii. Dlatego obudowy SSR większej mocy mają od spodu metalową wkładkę na całej powierzchni, do której, na odpowiednim izolatorze, przymocowane są elementy półprzewodnikowe wydzielające dużą ilość mocy (**rysunek 3**). Taki bloczek (widoczny w całości na fotografii 1) przykręca się do odpowiedniego radiatora i chłodzi w ten sam sposób, co każdy inny element.



Rysunek 3. Przekrój obudowy typowego SSR

Tranzystory MOS cechują się określoną rezystancją otwartego kanału, więc moc strat rośnie proporcjonalnie do kwadratu wartości skutecznej płynącego prądu. Dla niewielkich prądów sprawa wydaje się banalna, gdyż kilka czy kilkanaście miliwatów rozproszy każda obudowa w niemal każdych warunkach. Ale niekiedy producenci, zdaje się, są nazbyt optymistyczni, a dowody na to można znaleźć na przykład we wspomnianym już dokumencie od firmy ECE [2]. Pewna seria SSR tego producenta może przewodzić prąd ciągły o natężeniu aż 6 A, co czyni przy rezystancji przewodzenia 0,1 Ω. Zostało to zaznaczone czerwoną ramką na **rysunku 4**. Nietrudno obliczyć, że w niewielkiej obudowie DIP, wykonanej w całości z tworzywa sztucznego, wydzieli się moc 3,6 W. Tego nie jest w stanie rozproszyć nawet obudowa TO220 z metalową wkładką, zanim nie otrzyma dodatkowego radiatora.

Inni producenci, jak Panasonic, wprost podają maksymalną moc cieplną wydzielaną w swoich SSR [7] (**rysunek 5**). Rozdzielenie dopuszczalnej mocy traconej na obwód wejściowy (diodę LED), wyjściowy (tranzystory PhotoMOS) i sumarycznej dla całego podzespołu znacznie ułatwia zaprojektowanie układu w taki sposób, aby zastosowane komponenty SSR pracowały w zakresie dopuszczalnych parametrów. Tutaj nie wolno wydzielić więcej niż 550 mW w obudowie DIP, co jest wartością znacznie bardziej zbliżoną do rzeczywistej niż w poprzednim przykładzie.

Czas reakcji

Przekaźniki półprzewodnikowe, jak każdy inny element, potrzebują określonej ilości czasu do wykonania zadania – załączenia obwodu lub jego rozłączenia. W przypadku SSR przeznaczonych do prądu przemiennego trzeba wziąć pod uwagę faktyczny moment załączenia (wystąpienie zera napięcia lub jego maksimum) oraz wyłączenia (przejście prądu przez zero), które mogą nie pokrywać się

Output Characteristics						
Load voltage (V)(AC peak or DC)(V_L)		40	30	100	30	40
Continuous rated load current (mA)(I_L)	SOP	1300	2600	800	---	---
	SMD/DIP	1600	3000	1000	6000	5500
Peak current (mA)(I_{Lpeak})	SOP	2500	5000	1500	---	---
	SMD/DIP	2500	5000	1500	12000	12000
On-state resistance Max. (Ω)(R_{ON})		0.5	0.2	0.5	0.1	0.1

Rysunek 4. Maksymalny prąd przewodzony przez SSR firmy ECE

RATING

1. Absolute maximum ratings (Ambient temperature: 25°C 77°F)

Item		Symbol	AQY211EH(A)	AQY212EH(A)	AQY210EH(A)	AQY214EH(A)	AQY216EH(A)	Remarks
Input	LED forward current	I_F	50mA					
	LED reverse voltage	V_R	5 V					
	Peak forward current	I_{FM}	1 A					f = 100 Hz, Duty factor = 0.1%
	Power dissipation	P_{in}	75mW					
Output	Load voltage (peak AC)	V_L	30 V	60 V	350 V	400 V	600 V	
	Continuous load current	I_L	1 A	0.55 A	0.13 A	0.12 A	0.05 A	
	Peak load current	I_{peak}	3 A	1.5 A	0.4 A	0.3 A	0.15 A	100 ms (1 shot), V_L = DC
	Power dissipation	P_{out}	500mW					
Total power dissipation		P_T	550mW					

Rysunek 5. Maksymalna moc tracona na SSR firmy Panasonic

eprasa.pl b682cee0b1

Output Characteristics						
Load voltage (V)(AC peak or DC)(V_L)		20	30	60	60	60
Continuous rated load current (mA)(I_L)	SOP	1500	1300	350	120	120
	SMD/DIP	2000	1800	400	120	120
Peak current (mA)(I_{Lpeak})	SOP	2500	2000	600	250	250
	SMD/DIP	2500	2000	700	250	250
On-state resistance Max. (Ω)(R_{ON})		0.5	0.5	1.4	16	8
Off-state leakage current (μA) (I_{LK})		1	1	1	1	1
Turn-on (msec)(T_{ON})		5	5	1	1.5	1.5
Turn-off (msec)(T_{OFF})		2	2	1	1	1

Rysunek 6. Czas reakcji SSR firmy ECE

Transfer characteristics	Turn on time*	Typical	T_{on}	1.5ms	1ms	0.5ms	I_F=5mA L=Max.
		Maximum		5ms	4ms	2.0ms	
	Turn off time*	Typical	T_{off}	0.1ms	0.05ms	0.08ms / 0.04ms	I_F=5mA L=Max.
		Maximum		1.0ms			
	I/O capacitance	Typical	C_{iso}	0.6pF			f=1MHz V_B=0V
		Maximum		1.5pF			

Rysunek 7. Czas reakcji SSR firmy Panasonic

z zaświeceniem lub wygaszeniem wbudowanej diody LED. Typowy czas zwłoki wprowadzanej przez sam SSR nie przekracza 1 ms [1].

Nieco inaczej sprawa wygląda w przypadku podzespołów tego typu wykonanych na tranzystorach MOS. Otóż, w przeciwieństwie do przekaźników elektromagnetycznych, załączenie trwa dłużej niż wyłączenie lub trwają one tyle samo – dowodem niech będzie fragment noty katalogowej firmy ECE, który został pokazany na **rysunku 6**. Dlatego trzeba uważać przy stosowaniu SSR w miejscu tradycyjnych przekaźników w tych miejscach, gdzie czas ich przełączania ma istotne znaczenie dla prawidłowego działania układu. Będą to, przede wszystkim, różne układy przełączające źródła sygnałów, gdzie kolejność załączania i wyłączania poszczególnych kluczy jest istotna dla zachowania ciągłości drogi prądu, aby nie wystąpiły stuki lub inne nieprzyjemne efekty.

Jeszcze inaczej te wielkości wyglądają dla wyrobów firmy Panasonic [7], ponieważ podaje on również wartości typowe. Maksymalny czas załączenia wynosi kilka milisekund, a typowy czas rozłączenia może wynosić nawet 40 czy 50 μs (**rysunek 7**). Pisząc oprogramowanie sterujące przekaźnikami SSR trzeba mieć na uwadze odpowiednią przerwę czasową pomiędzy wyłączeniem jednego i załączeniem drugiego.

Minimalny prąd obciążenia

W przypadku przekaźników elektromechanicznych, zapewnienie minimalnego prądu pobieranego przez przełączany fragment obwodu miało na celu umożliwienie stykom samooczyszczanie się. Jeżeli ten warunek nie był spełniony, przekaźnik działał nadal, lecz jego parametry łączeniowe mogły z czasem ulec pogorszeniu – zwłaszcza dla słabych sygnałów.

Nieco inaczej sprawa wygląda w przypadku SSR. Te, które zawierają w swojej strukturze tranzystory MOS lub IGBT nie mają takiego ograniczenia, bowiem mogą przewodzić dowolnie mały prąd. Jedynym ograniczeniem jest ich upływność. Ale triaki oraz tyrystory wymagają do poprawnego działania obciążenia, które pobiera prąd nie mniejszy niż pewne minimum. Chodzi o prawidłowe podtrzymanie stanu przewodzenia. Jeżeli ten warunek nie zostanie spełniony, obciążenie może być sterowane w sposób chaotyczny. Dlatego trzeba zwrócić uwagę na ten parametr, jeżeli w grę wchodzi przełączanie układów wykonawczych pobierających minimalne ilości mocy. Jest to widoczne zwłaszcza na przykładzie oświetlenia LED, które często pobiera zaledwie kilka watów. Firma Relpol ma w ofercie serię przekaźników RM1A, które wymagają minimalnego prądu obciążenia aż 150 mA [8]. Nietrudno policzyć, że w grę wchodzi moc ponad 30 W.

Upływność

Jak każdy element przełączający, tak i SSR po wyłączeniu nie stanowią idealnej przerwy w obwodzie. Przekaźniki z metalowymi stykami pozwalały uzyskać pewne otwarcie obwodu, o ich półprzewodnikowych wersjach nie można tak powiedzieć. Wspomniana już seria RM1A od firmy Relpol, dedykowana do przełączania prądu AC, charakteryzuje się prądem upływu o natężeniu mniejszym niż 3 mA (wartość skuteczna) [8]. Ile dokładnie wynosi, tego nie wiadomo. W ogólnym dokumencie traktującym o SSR [1] można wyczytać, że źródłem tej upływności jest obwód snubbera RC, który typowo składa się z kondensatora o pojemności 220 nF i rezystora 100 Ω. Moduł impedancji takiego zestawu dla częstotliwości 50 Hz wynosi prawie 14,5 kΩ, co przy napięciu 230 V daje prawie 16 mA prądu płynącego przez, teoretycznie wyłączony przekaźnik. To niebagatelna wartość, mogąca doprowadzić do groźnego w skutkach porażenia. Dlatego w niektórych zastosowaniach używa się szeregowego połączenia elementu stykowego i SSR dla uzyskania wysokiej rezystancji izolacji i niskiego prądu upływu po wyłączeniu [1]. Niektóre urządzenia małej mocy mogą wręcz pracować, pomimo tego, że SSR został wyłączony, ponieważ obwód snubber w dalszym ciągu dostarcza im prądu o dostatecznie wysokim natężeniu.

Warto dodać, że dodatkowe obwody zabezpieczające półprzewodnikowe elementy wykonawcze SSR będą tylko pogarszały tę sytuację. Transile, warystory, gasiki RC, kondensatory – każdy z tych elementów będzie powodował zwiększenie natężenia prądu „przeciekającego" przez SSR.

W przypadku przekaźników półprzewodnikowych małej mocy producenci z reguły podają prąd upływu przy maksymalnym napięciu i typowo nie przekracza on 1 μA [2][7]. Dla elementów o bardzo wysokim prądzie przewodzenia, jak wspomniany już SSR mogący przewodzić prąd do 6 A , ta wartość może wynosić do 10 μA [2]. Dla obwodów przełączających sygnały, w których następny stopień ma wysoką impedancję wejściową, taka upływność może być źródłem wielu problemów. Przykładem może być wspomniana już dziedzina audio, w której impedancja wejściowa rzędu 100 kΩ czy 1 MΩ nie jest niczym niecodziennym, zwłaszcza w układach lampowych lub z tranzystorami JFET.

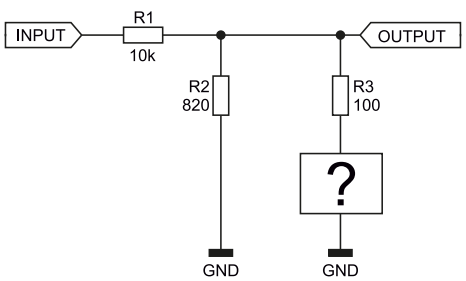
Rezystancja w stanie przewodzenia

O tym parametrze już nieco wspomniałem w kontekście strat przewodzenia, lecz wymaga oddzielnego omówienia w przypadku przekaźników półprzewodnikowych pracujących w układach analogowych. Jako przykład niech posłuży prosty tłumik sygnału audio, w którym wartość tłumienia można regulować elektronicznie (**rysunek 8**). Tłumienie może wynosić 22,4 dB (tajemniczy element jest rozwarty) lub 41 dB (zwarty).

W przypadku większości przekaźników elektromechanicznych, kwestia rezystancji styków jest w tej sytuacji do pominięcia – zazwyczaj nie przekracza 100 mΩ. Rezystancje ścieżek oraz rozrzuty wartości rezystorów w znacznie większym stopniu wpłyną na uzyskaną faktycznie wartość tłumienia.

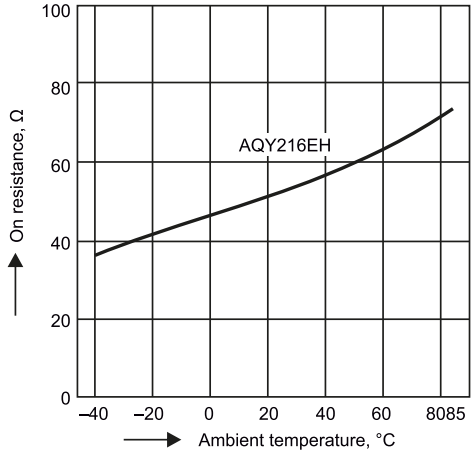
Sytuacja zupełnie inaczej wygląda w przypadku użycia przekaźnika SSR w roli tajemniczego podzespołu. Większość dostępnych na rynku modeli ma rezystancję otwarcia rzędu kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu omów! Tylko nieliczne wykonania mogą poszczycić się rezystancją przewodzenia mniejszą niż 1 Ω. Zazwyczaj są, niestety, znacznie droższe.

Teoretycznie można uwzględnić rezystancję otwarcia w toku obliczeń i dobrać rezystor R3 o odpowiednio mniejszej rezystancji, aby wypadkowa rezystancja całej tej gałęzi wynosiła 100 Ω. Teoretycznie, bowiem ten parametr silnie zależy od temperatury, na co wskazuje przykładowy wykres znajdujący się na **rysunku 9**. Nietrudno zauważyć, że układ zaprojektowany do pracy w temperaturze pokojowej, po otwarciu okna w upalne lato będzie działał już zupełnie inaczej.



Rysunek 8. Schemat ideowy prostego, regulowanego tłumika sygnału

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 9. Zależność między rezystancją otwarcia a temperaturą

Z praktyki

Po przekaźniki półprzewodnikowe sięgam szczególnie wtedy, kiedy układ ma przez lata pracować całkowicie bezobsługowo. Brak zużywających się styków jest najważniejszą zaletą. Należy przy tym pamiętać, aby takiemu podzespołowi zapewnić odpowiednie warunki pracy, w szczególności chłodzenie i eliminację przepięć.

Do załączania obciążeń zasilanych wprost z sieci 230 V, takich jak silniki indukcyjne, grzałki i transformatory, najczęściej wybieram SSR z przytoczonej już serii RM1A, produkowanej przez rodzimą firmę Relpol. W szczególności cenię sobie ich bezawaryjność, dobrą dostępność u dystrybutorów i szczegółowo napisane noty katalogowe. Analogiczne podzespoły produkcji dalekowschodniej traktuję z dużą rezerwą. Niejednokrotnie zdarzyło mi się, że moduł przekaźnika półprzewodnikowego, przystosowany do przewodzenia prądu 25 A lub nawet 40 A ulegał po kilku tygodniach lub miesiącach awarii współpracując z niewielką grzałką albo silnikiem. Co gorsza, awarie miały różnoraki charakter, bowiem czasem przekaźnik stawał się rozwarciem, czasem zwarciem, a niekiedy przewodził prąd w sposób wybitnie losowy prowadząc do ustawicznego szarpania wałem napędowym niewielkiej pompy. Z punktu widzenia bezpieczeństwa, jedynie pierwsza opcja wystąpienia awarii jest pożądana.

Pewną wadą przytoczonej serii RM1A jest stosunkowo wysoki prąd upływu, który powoduje, że niewielkie siłowniki (np. sterujące elektrozaworami) buczą lub drżą po wyłączeniu. W takich sytuacjach tworzę własne układy SSR na triakach, stosuję przekaźniki elektromagnetyczne lub miniaturowe SSR z tranzystorami PhotoMOS lub podobnymi.

Omówione wcześniej przekaźniki półprzewodnikowe w obudowach DIP lub podobnych nadają się nie tylko do obwodów niskiego napięcia. W sprzedaży można znaleźć również wysokonapięciowe wykonania. Cechują się, niestety, wyższą rezystancją przewodzenia, co pociąga za sobą mniejsze natężenie dopuszczalnego prądu, ponieważ trzeba cały czas mieć na uwadze straty mocy wydzielane w postaci ciepła. Na przykład tani układ EPR411A404000EZ od producenta ECE (**fotografia 3**) nadaje się do załączania niewielkich obciążeń zasilanych napięciem przemiennym. Możliwość przewodzenia prądu w obie strony, dopuszczalne napięcie 400 V, maksymalny prąd przewodzenia 100 mA i rezystancja w stanie otwarcia na poziomie 30 Ω czynią ten element bardzo ciekawą alternatywą dla przekaźników elektromagnetycznych podczas załączania takich obciążeń jak cewki elektrozaworów czy oświetlenie LED. Należy jedynie pamiętać o dodaniu odpowiednich zabezpieczeń, aby impulsy wysokiego napięcia i zakłócenia nie uszkodziły tego podzespołu. Dodatkowym atutem jest niewielka obudowa SOP4, która ma szeroko rozstawione nóżki po stronie wysokonapięciowej, co ułatwia poprowadzenie ścieżek na płytce i zachowanie dystansu między nimi.

Ale to nie jest jedyny element tego typu. Te niepozorne podzespoły mogą przewodzić prąd o znacznie wyższym natężeniu, nawet 0,5 A czy 1 A. Są też znacznie droższe, lecz jeżeli w danym układzie panuje silny nacisk na miniaturyzację, trzeba się z tym pogodzić. Przykładami mogą być AQZ204J (0,5 A) i AQZ206G2 (1 A) od firmy Panasonic (**fotografia 4**).



Fotografia 3. Wygląd przekaźnika SSR typu EPR411A404000EZ od firmy ECE

Miniaturowe SSR nadają się nie tylko do obwodów wysokiego napięcia. Bardzo dobrze sprawdzają się jako izolowane galwanicznie elementy sterujące niewielkimi obciążeniami, jak pompki, cewki przekaźników czy diody LED. Maksymalny prąd przewodzenia niedrogich SSR w obudowach DIP sięga 1 A np. AQY211EHAJ firmy Panasonic. Może przewodzić prąd w obu kierunkach, a typowa rezystancja przewodzenia wynosi 0,25 Ω. Nietrudno policzyć, że będzie wprowadzał podobne straty co tranzystor bipolarny tkwiący w stanie nasycenia. Jest też znacznie wygodniejszy w stosowaniu od analogicznego obwodu wykonanego ze zwykłego transoptora i zwykłego tranzystora bipolarnego lub MOSFET, ponieważ nie wymaga zasilania po stronie wyjściowej. Przekłada się to również na mniejszą liczbę użytych elementów. Dosyć wolny czas reakcji, rzędu milisekund, wyklucza praktycznie jakąkolwiek możliwość sterowania typu PWM, o czym trzeba pamiętać.

Wspominałem o możliwości użycia SSR w roli bramek transmisyjnych dla sygnałów analogowych. To prawda, czasem korzystam z nich w ten sposób, ale trzeba mieć na uwadze dosyć wysoką rezystancję przewodzenia oraz upływność. W przypadku wspomnianego AQY211EHAJ mamy do czynienia z maksymalną rezystancją przewodzenia 0,5 Ω i prądem upływu mniejszym niż 1 µA przy maksymalnym napięciu między zaciskami [9]. Praktyka dowodzi, że przy znacznie niższym napięciu prąd upływu jest wielokrotnie mniejszy, rzędu kilkunastu nanoamperów, zaś rezystancja przewodzenia (w temperaturze pokojowej) jest zbliżona do typowej lub nawet niższa. Potwierdziło to wiele prób.

Dlatego te elementy dobrze sprawują się w wielu miejscach, w których stosowane są przekaźniki sygnałowe, choć trzeba mieć na uwadze ich niezbyt intuicyjną przypadłość polegającą na szybszym wyłączaniu się niż załączaniu.

Osprzęt i otoczenie

Przekaźniki półprzewodnikowe nie wybaczają konstruktorom nawet chwilowego przekroczenia parametrów maksymalnych. Dotyczy to zwłaszcza maksymalnego napięcia między zaciskami, które może chwilowo osiągać wielokrotnie wyższe wartości podczas rozłączania obciążeń o charakterze indukcyjnym lub wskutek zakłóceń elektromagnetycznych albo wyładowań elektrostatycznych. Dlatego stosowanie szybkich diod zabezpieczających typu transil czy warystorów jest niezbędne nawet w tych miejscach, w których pozornie nie spodziewamy się skoków napięcia – na przykład w obwodach sterowania grzałkami czy diodami LED. Konieczność zapewnienia ochrony dotyczy zwłaszcza SSR z tranzystorami MOS, które przecież nie posiadają jakichkolwiek zabezpieczeń. Przydatne będą również gasiki RC, których zadaniem jest zmniejszenie szybkości narastania napięcia, co daje czas na zadziałanie innym elementom zabezpieczającym.



Fotografia 4. Wygląd przekaźnika SSR typu AQZ204J i AQZ206G2 od firmy Panasonic

eprasa.pl b682cee0b1

SSR przystosowane do przełączania wieloamperowych prądów wymagają chłodzenia ze względu na stosunkowo duże straty przewodzenia. Na szczęście nie musimy kombinować z adaptacją standardowych podzespołów chłodzących, bowiem mamy w handlu łatwo dostępne gotowe radiatory, przeznaczone właśnie tym przekaźnikom. Przytaczana już firma Relpol ma w ofercie radiatory z serii RHS [10], które można w wygodny sposób zamontować na szynie DIN. Różnią się rezystancją termiczną, więc – co za tym idzie – również i gabarytami. Bez problemu można je sprzęgnąć z wentylatorem, co znacząco poprawia rozpraszanie energii cieplnej.

Podsumowanie

Przekaźniki półprzewodnikowe coraz śmielej wkraczają w rynek elektroniki i automatyki. Pomimo licznych zalet, takich jak zdecydowanie większa trwałość, bezgłośna praca i brak emitowania zakłóceń podczas przełączania, mają wiele mało pozytywnych cech, o których głośno się nie mówi. Przede wszystkim ich wrażliwość na przepięcia oraz udary prądowe stoi niejako w sprzeczności z warunkami, w jakich przychodzi im na co dzień pracować: podczas rozruchu silników, wśród wszechobecnych zakłóceń i często w wysokiej temperaturze generowanej przez pozostałe moduły.

Dlatego istotny jest prawidłowy dobór zabezpieczeń. O ile zwykłe przekaźniki lub styczniki raczej nie ulegną awarii od razu – co najwyżej szybciej wypalą im się styki, o tyle w przypadku ich półprzewodnikowych odpowiedników do zniszczenia może dojść w ciągu pierwszych mikrosekund pracy. Producenci zazwyczaj wbudowują podstawowe zabezpieczenia, jak gasiki RC, od razu do wnętrza swoich wyrobów, choć może być konieczne dodanie również zewnętrznych.

Drugim aspektem, na który trzeba zwrócić uwagę, jest wydzielane ciepło. W przypadku zaniedbania tej kwestii do awarii dojdzie po czasie wielokrotnie dłuższym niż mikrosekundy, choć efekt będzie taki sam: przekaźnik będzie nadawał się tylko do wymiany.

Ponadto, SSR cechują się parametrami, które nie sprawiały problemów w przypadku przekaźników elektromechanicznych. Jedną z nich jest upływność, która może wynosić nawet kilkanaście miliamperów. Drugą jest minimalny prąd obciążenia, który w ogóle warunkuje prawidłowe działanie tego podzespołu – w przypadku styków chodziło tylko o ich samooczyszczanie się.

Wymienione powody dowodzą, że zastosowanie SSR tam, gdzie pracują tradycyjne przekaźniki, musi być poprzedzone wnikliwą analizą warunków pracy. Niekiedy niska cena tych drugich w przeważający sposób przechyli szalę na ich korzyść, zwłaszcza w takich obszarach jak przełączanie prądu stałego o wysokim natężeniu przy niskim napięciu. Dotyczy to zwłaszcza urządzeń produkowanych seryjnie. Jeżeli chcemy użyć przekaźników półprzewodnikowych, zadbajmy o komfortowe warunki ich pracy, ponieważ należą do elementów, które nie cierpią stresu – dopiero wtedy mogą odwdzięczyć się wieloletnią, bezawaryjną pracą.

Michał Kurzela, EP

Bibliografia:
[1] https://bit.ly/3CkCgNc
[2] https://bit.ly/3Dh2FNj
[3] https://bit.ly/30sxP5W
[4] https://bit.ly/3kCsjVf
[5] https://bit.ly/3wIto2Q
[6] https://bit.ly/3cgQe84
[7] https://bit.ly/3owNmd2
[8] https://bit.ly/3owNnh6
[9] https://bit.ly/3owNmd2
[10] https://bit.ly/3Di4yt6

REKLAMA



eprasa.pl b682cee0b1

Przekaźniki półprzewodnikowe firmy Relpol

Firma Relpol, to od ponad 60 lat, producent wysokiej jakości przekaźników elektromagnetycznych. Od wielu lat firma rozszerza swoją ofertę o nowe grupy urządzeń do różnego rodzaju zastosowań w automatyce. Aktualnie taką grupą produktów są przekaźniki półprzewodnikowe, które wyróżnia szybkość działania, możliwość wyboru sposobu załączenia, duża trwałość i szybkość będąca wynikiem braku elementów ruchomych, są to więc doskonałe element sterujące w obwodach niskiego napięcia. Oferta w zakresie przekaźników półprzewodnikowych, to zarówno przekaźniki jedno- i trójfazowe, ale również miniaturowe i przemysłowe.

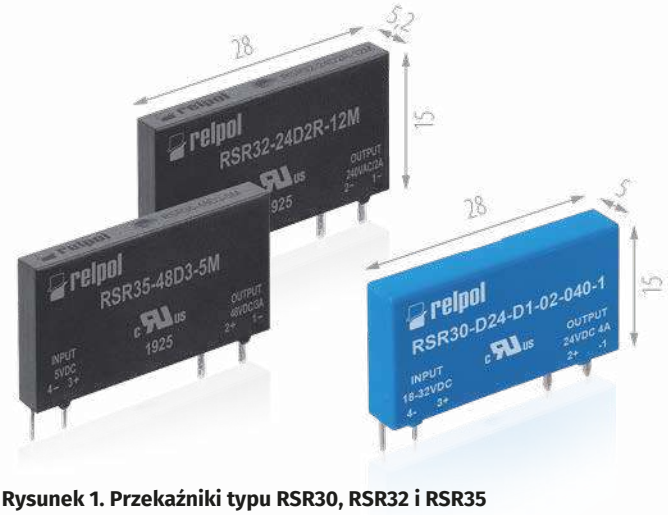
Więcej informacji:
RELPOL S.A.
ul. 11 Listopada 37, 68-200 Żary
tel. 68 47 90 822, 68 47 90 850
sprzedaz@relpol.com.pl, www.relpol.pl

Przekaźnik RSR30

Jest to przekaźnik miniaturowy służący do załączania obciążeń zarówno DC jak i AC w zależności od wersji. Jako elementy sterujące zastosowane są triaki w przypadku obwodów AC lub tranzystory w przypadku obwodów DC. Przekaźnik RSR30 jest stosowany głównie w przekaźnikach interfejsowych szerokości 6,2 mm ale może być stosowany również w szeroko rozumianej elektronice. Jest idealnym rozwiązaniem tam gdzie zachodzi potrzeba wielu przełączeń lub szybkiego załączenia obwodu.

Przekaźnik RSR32

Kolejny model to miniaturowy przekaźnik półprzewodnikowy o szerokości 5 mm i obciążeniu 2 A na wyjściu przy napięciu 240 V AC. Element ten może być sterowany przy pomocy napięć 5, 12 i 24 V DC. W tej grupie wyróżniamy dwa wykonania tego przekaźnika w zależności od sposobu załączania obciążenia: załączanie w zerze lub załączanie w dowolnej chwili.



Rysunek 1. Przekaźniki typu RSR30, RSR32 i RSR35

Przekaźnik RSR35

Jest przekaźnikiem miniaturowym służącym wyłącznie do załączania obciążeń DC. Przy jego pomocy możemy załączyć obciążenia od 0,1 do 4 A dla napięć do 48 V DC. Oba przekaźniki RSR32 i RSR35 świetnie nadają się do aplikacji w których zachodzi potrzeba szybkiego załączenia obciążenia przy niewielkim prądzie, oraz przy małym poborze mocy wejściowej. Oba przekaźniki doskonale sprawdzają się w układach automatyki jako elementy pośredniczące.



Rysunek 2. Przekaźnik typu RSR25

Przekaźnik RSR25

Miniaturowy przekaźnik półprzewodnikowy o szerokości 9,5 mm i obciążeniu 5 A, w dwóch wersjach napięciowych 240 V AC i 480 V AC. Doskonale sprawdzi się w urządzeniach takich jak: małe grzałki, urządzenia medyczne, automaty sprzedające, układach sterujących oświetleniem. Przekaźnik ten może być sterowany przy pomocy napięć od 4 do 32 V DC w zależności od wersji. W tej grupie wyróżniamy dwa wykonania tego przekaźnika w zależności od sposobu załączania obciążenia: załączanie w zerze lub załączanie w dowolnej chwili.

Przekaźnik RSR85

Ten miniaturowy przekaźnik półprzewodnikowy o obciążeniu do 3 A, jest produkowany w dwóch wersjach: pierwsza o napięciu do 240 V AC, przekaźnik o wysokości 15,7 mm, oraz druga dla napięć do 380 V AC, przekaźnik o wysokości 27,5 mm. Podstawowe aplikacje dla tego przekaźnika to: sterowniki, układy energoelektroniki, układy sterujące oświetleniem. Element ten może być sterowany przy pomocy napięć 5, 12 i 24 V DC. W zależności od sposobu załączania obciążenia przekaźnik może być załączany w zerze lub w dowolnej chwili.

Przekaźnik RSR45

Kolejny przekaźnik półprzewodnikowy RSR45 jest elementem jednofazowym przeznaczonym do montażu na płycie lub radiatorze.

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 3. Przekaźniki typu RSR85 dostępny w dwóch wersjach

Możemy go stosować w różnorodnych aplikacjach takich jak: inkubatory laboratoryjne, automatyka przemysłowa, maszyny przemysłowe, komory temperaturowe, maszyny spożywcze (ekspresy do kawy, podgrzewacze żywności, grille elektryczne, frytownice), szafy sterownicze, itp. Przekaźniki RSR45 załączają obciążenie jednofazowe w zakresie napięć od 24 do 440 V AC przy prądach obciążenia od 10 do 25 A. Przekaźniki te cechują dwie technologie łączenia przewodów co pozwala na zastosowanie go w różnych aplikacjach, a niewielkie wymiary pozwalają na oszczędność miejsca. W przekaźniku wbudowane są układy RC (połączone rezystory i kondensatory) chroniące przed przepięciami oraz sygnalizacja zadziałania LED.



Rysunek 4. Przekaźniki typu RSR45

Przekaźnik RSR52

Jest jednofazowym przekaźnikiem przeznaczonym do montażu na radiatorze. Możemy go stosować w różnorodnych aplikacjach takich jak: komory temperaturowe, maszyny do produkcji żywności, maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych tzw. wtryskarki, inkubatory, maszyny olejarskie, w ogrzewaniu, wentylacji, klimatyzacji, aplikacjach oświetleniowych, sterownikach fontann, maszynach pakujących, sterowaniu temperaturą, piecach, itp. Przekaźniki RSR52 załączają obciążenie jednofazowe w zakresie napięć od 48 do 660 V AC przy prądach obciążenia od 10 do 80 A. Przekaźniki te cechują dwa sposoby załączania obciążenia: załączanie w zerze lub załączanie w dowolnej chwili. Mają też dwa zakresy napięć sterujących 4–23 V DC lub 90–280 V AC. Opracowany w technologii SCR, w zależności od typu przekaźnik, ma wbudowane układy RC (połączone rezystory i kondensatory) lub MOV (warystor) chroniące przed przepięciami oraz sygnalizację zadziałania LED.

Przekaźnik RSR62

RSR62 to przekaźniki półprzewodnikowe mocy 3-fazowe do montażu na radiatorze. Przy ich pomocy możemy realizować załączanie silników trójfazowych, układów sterujących temperaturą jak



Rysunek 5. Przekaźniki typu RSR62 i RSR52

np. duże piece, układów oświetleniowych oraz innych układów automatyki. Możemy nim załączać obciążenie zmienne w zakresie napięć od 24 V do 660 V AC przy obciążeniach rzędu 25 do 80 A. RSR62 realizuje dwa tryby załączania: załączanie w zerze lub załączanie w dowolnej chwili. Mają dwa zakresy napięć sterujących 4–23 V DC lub 90–280 V AC. Opracowany w technologii SCR w zależności od typu ma wbudowane układy RC lub MOV chroniące przed przepięciami oraz sygnalizację zadziałania LED.



Rysunek 6. Przekaźnik typu RSR72

Przekaźnik RSR72

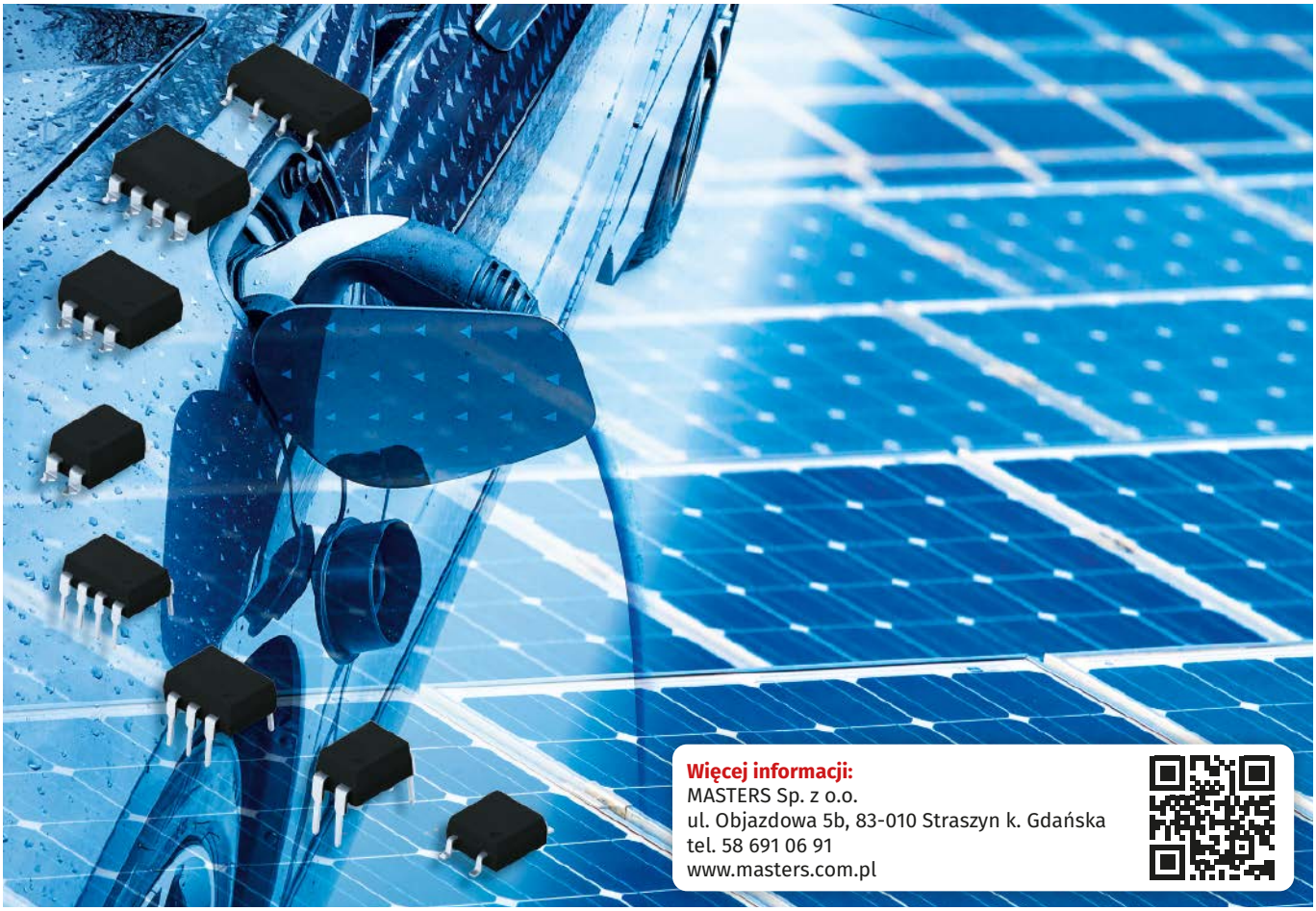
Jednofazowy przekaźnik półprzewodnikowy RSR72, to kompaktowe urządzenia oferowane ze zintegrowanym z radiatorem. Ich zastosowanie jest dokładnie tako samo jak przekaźników RSR52, czyli automatyka i przemysł. Aplikacje takie jak maszyny produkcyjne, układy sterownia temperaturą, aplikacje oświetleniowe itp. Możemy nim załączać obciążenie zmienne w zakresie napięć od 24 V do 660 V AC przy obciążeniach rzędu 10 do 75 A. Realizuje dwa rodzaje załączania układu wyjściowego, w zerze lub załączanie w dowolnej chwili. Przekaźniki te mają dwa zakresy napięć sterujących 4–23 V DC lub 90–280 V AC. Opracowany w technologii SCR w zależności od typu ma wbudowane układy RC lub MOV chroniące przed przepięciami oraz sygnalizację zadziałania LED.

Podsumowanie

Zarówno przekaźniki elektromagnetyczne, jak i półprzewodnikowe mają swoje zalety i wady. Każdy z tych elementów jest jednak niezastąpiony w określonych aplikacjach. Półprzewodnik doskonale sprawdzi się w aplikacjach, gdzie potrzeba szybkiego i wielokrotnego załączenia, co zapewnią elementy elektroniczne, w których nie ma elementów ruchomych. Przekaźnik elektromagnetyczny znajduje zastosowanie w aplikacjach, gdzie istotna będzie separacja obwodu wejściowego od wyjściowego oraz mała wrażliwość na udary i przepięcia.

www.relpol.pl

eprasa.pl b682cee0b1



Więcej informacji:
MASTERS Sp. z o.o.
ul. Objazdowa 5b, 83-010 Straszyn k. Gdańska
tel. 58 691 06 91
www.masters.com.pl

Przekaźniki półprzewodnikowe z barierą optyczną

W ofercie firmy Masters pojawiła się ciekawa rodzina produktów będących optoprzekaźnikami. Ich producentem jest firma IN&OUT Electronic Corporation (IOEC), która wyspecjalizowała się w wytwarzaniu takich komponentów.

Optoprzekaźnik (PhotoMOS) to półprzewodnikowa wersja klasycznego elektromechanicznego elementu znanego od przeszło stu lat. Wykorzystuje on świetlną barierę galwaniczną do zapewnienia izolacji obwodu wejściowego i wyjściowego.

Na wejściu przekaźnik zawiera diodę

LED, która jest źródłem światła sterującym działaniem obwodów wyjściowych. Emitowane promieniowanie pada na fotodiodę, która jest źródłem napięcia, w dalszej kolejności sterującą działaniem tranzystorów MOSFET pracujących na wyjściu.

Zaletami przekaźników w porównaniu do elementów elektromechanicznych PhotoMOS są:

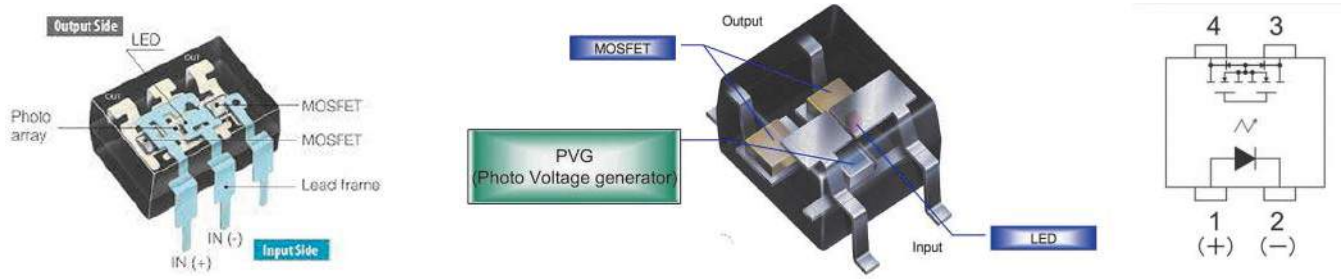
- brak styków mechanicznych, co skutkuje dłuższą żywotnością,
- mniejsza wymagana moc sterująca,
- większa prędkość przełączania,
- wyższe napięcie przebicia izolacji między wejściem a wyjściem,
- niski prąd upływu między stroną pierwotną a wtórną.

Przekaźniki PhotoMOS są szeroko stosowane w wielu aplikacjach takich jak sprzęt pomiarowy, komunikacyjny, zabezpieczający, medyczny itp. Na **rysunku 1** pokazano, jak wygląda konstrukcja tego elementu.

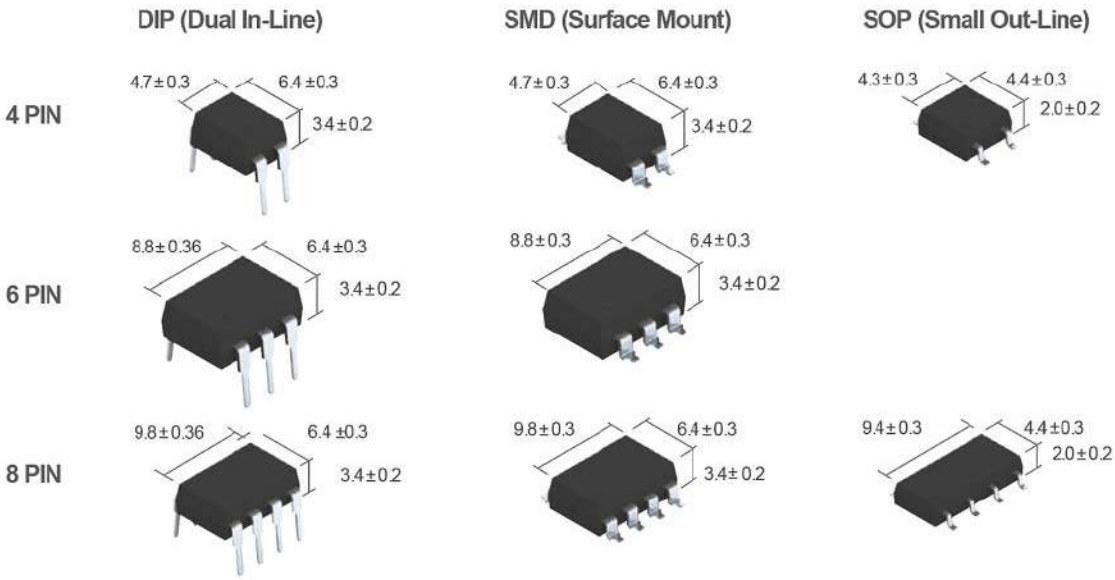
Minimalizacja przestrzeni projektowej i instalacyjnej

Producent oferuje przekaźniki w kilku wersjach obudów, takich jak SOP4, DIP4, SMD4. Są to 4-wyprowadzeniowe obudowy o wymiarach zbliżonych do tych znanych z optoizolatorów, co oznacza, że wymiana przekaźników z tradycyjnych elektromechanicznych na technologię PhotoMOS może znacznie przyczynić się do miniaturyzacji sprzętu.

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 1. Konstrukcja przekaźnika PhotoMOS



Rysunek 2. Gama dostępnych obudów

Wysoka niezawodność = dłuższa żywotność

Zasada działania przekaźnika Photo-MOS polega na tym, że światło wytworzone przez diodę LED jest zamieniane na napięcie sterujące bramką tranzystora MOS. Do tego wykorzystywana jest fotodioda, która pełni funkcję ogniwa fotowoltaicznego, co w efekcie uruchamia przekaźnik. Dzięki temu nie ma więc styków mechanicznych, a tym samym zużycia w kolejnych cyklach pracy (liczba przełączeń jest nieograniczona, a sam element nie wymaga konserwacji).

Mały prąd sterujący i szybka komutacja

Ponieważ elementem wyzwalającym przełączenie jest dioda LED, wymagany prąd sterujący wynosi tylko od 3 do 5 mA, stąd sprawność tego elementu jest dużo większa niż klasycznego przekaźnika.

Zastosowanie wyzwalania optycznego zapewnia z jednej strony wysoką szybkość działania, a z drugiej bezgłośną pracę, bo nie ma elementów mechanicznych.

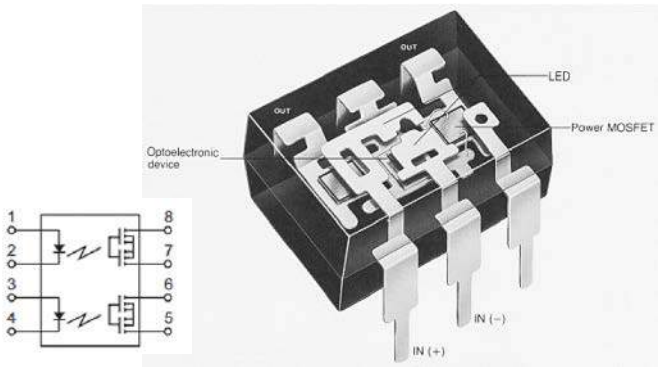
Przełączanie napięciowe i przy pełnym prądzie

Przekaźniki PhotoMOS mogą być zastosowane do realizacji tzw. przełączania napięciowego, czyli w aplikacjach, w których w stanie rozłączenia pomiędzy stykami występuje znamionowe napięcie pracy.

W przypadku przekaźnika mechanicznego przełączanie przy pełnym napięciu lub rozłączanie znamionowego prądu (możliwość powstania łuku na stykach) to najbardziej niekorzystne przypadki pracy wpływające na zużycie styków, a tym samym na liczbę cykli przełączeń. W przypadku przekaźnika półprzewodnikowego oba wymienione zjawiska nie oddziałują negatywnie na żywotność elementu.

Jakość potwierdzona certyfikatami

Firma In & Out z siedzibą na Tajwanie została założona w 1996 roku i dzisiaj ma dwie fabryki zlokalizowane w Xiamen oraz Ningbo (Chiny). IOEC dzięki wieloletniemu doświadczeniu specjalizuje się w projektowaniu i produkcji przekaźników mechanicznych, przekaźników PhotoMOS



Rysunek 3. Wersja 2-kanałowa optoprzekaźnika

oraz gniazd, które wytwarza na automatycznych liniach produkcyjnych. Firma nieustannie poprawia wydajność i miniaturyzuje oraz rozszerza serie produktowe przekaźników mechanicznych i PhotoMOS, aby zapewnić użytkownikom 100% satysfakcji.

W zakładach produkcyjnych IOEC są wdrożone kompletne systemy jakości ISO9001 i IATF16949, a produkty przeszły certyfikację według wymogów UL, CUL, VDE, TUV, CQC, CE.

W ofercie dostępnych jest wiele typów przekaźników i gniazd, w tym serie: telekomunikacyjne, ogólnego przeznaczania, dużej mocy i wysokoprądowe, motoryzacyjne, przemysłowe, do załączania silników oraz PhotoMOS. Dostępne są również wersje spersonalizowane wg wytycznych klienta.

Przekaźniki IOEC mają zastosowanie w systemach magazynowania energii, inteligentnych licznikach, sprzęcie telekomunikacyjnym, przyrządach pomiarowych, sprzęcie medycznym, sterownikach PLC, tablicach sterowania I/O, aplikacjach motoryzacyjnych, aplikacjach AGD, automatyce przemysłowej/fabrycznej, komputerach osobistych, pojazdach elektrycznych, w akumulatorowych systemach BMS, teleinformatyce, systemach bezpieczeństwa i innych.

eprasa.pl b682cee0b1



Nieprzewidziane skutki błędów projektowych

W czasach epoki industrialnej notowano liczne przypadki błędów projektowych. Ich skutki bywały różne: od kosztownej utraty sondy kosmicznej, po katastrofy budowlane powodujące (niestety) śmierć wielu ludzi. Nasze przysłowie mówi: „Polak mądry po szkodzie”. Niestety, nie wszystko da się przewidzieć na etapie projektu.

Przykłady mniej lub bardziej tragicznych skutków błędów popełnianych na etapie projektu

Przyczyny wszystkich katastrof, które zostaną przytoczone w artykule, mniej lub bardziej bezpośrednio wynikały z błędu człowieka. Duża część z nich była spowodowana oprogramowaniem niezbyt dokładnie przemyślanym lub napisanym wręcz niechlujnie (nie bójmy się tego słowa). Być może katastrof tych dałoby się uniknąć, gdyby oprogramowanie było weryfikowane przez ludzi nieuczestniczących w jego pisaniu. Teraz, po fakcie, łatwo o tym mówić.

Przykładem bardzo kosztownego błędu była utrata rakiety Ariane-5. Miała to być większa i szybsza następczyni jej poprzedniczki – rakiety Ariane-4. Trwające 10 lat prace modernizacyjne obciążające budżet USA na kwotę 107 miliardów dolarów przewidywały bezpośrednie kopiowanie niektórych rozwiązań z Ariane-4. Tak się stało m.in. z feralnymi fragmentami oprogramowania. Stare oprogramowanie, choć samo w sobie nie było złe, na skutek pewnych okoliczności zgłosiło do nowego kodu błąd, który nawiasem mówiąc mógł być całkowicie zignorowany. Błąd ten został jednak poddany analizie i niestety został nieprawidłowo zinterpretowany. Spowodowało to, że moduł nawigacyjny rakiety przestał działać prawidłowo. I stało się. Kilkadziesiąt sekund po starcie rakieta rozpadła się w drobny mak. Na szczęście poza kilkoma poparzeniami nie było poważniejszych skutków – co tam 107 miliardów dolarów.

Prawdziwie tragiczny w skutkach był natomiast przypadek z uznawanymi powszechnie za bezbłędne i działające niezwykle skutecznie rakietami Patriot. Właściwie chodzi tu o cały system obrony przeciwlotniczej. Zakładał on, jak chyba wszystkie systemy tego typu, dużą mobilność baterii. Generalnie większość wyrzutni rakiet p.lot. po wystrzeleniu rakiety czym prędzej zwija się i przemieszcza w inne miejsce. W czasie operacji Pustynna Burza w Zatoce Perskiej w 1991 roku dość duży strach wzbudzały radzieckie Scudy odpalane przez Irakijczyków w kierunku baz amerykańskich. Z tego względu zdecydowano się skierować tam do obrony baterie Patriotów.

System był tak zaprojektowany, że nawet w przypadku braku podejmowania działań z rakietami powinien być zwijany, a co najmniej resetowany, maksymalnie po 8 godzinach od rozwinięcia baterii. Ponieważ operacja ta trwała „aż 90 sekund”, a w pewnym okresie konfliktu nie było żadnego zagrożenia, dowództwo podejmowało decyzję o wydłużaniu dyżurów operacyjnych nawet do 100 godzin. Lokalizacja wrogich obiektów, w tym przypadku przede wszystkim Scudów, opierała się na pomiarze czasu liczonego przez autonomiczny zegar baterii. Gdzieś jednak popełniono błąd i zegar ten nie był dość dokładny. Gdyby system był resetowany maksymalnie co 8 godzin nie byłoby żadnego problemu, ale błąd pomiaru czasu po 100 godzinach pracy bez zerowania systemu osiągał już wartość ok. 0,34 sekundy. Łatwo policzyć jaki dystans pokona w tym czasie rakieta Scud osiągająca prędkość nawet 5 macha (ok. 1500 m/s).

eprasa.pl b682cee0b1

Wieczorem 25 lutego 1991 roku w kierunku bazy amerykańskiej Irakijczycy wystrzelili rakietę Scud. Została ona zlokalizowana przez obronę i w jej kierunku wystrzelono Patriota. Niestety, na skutek wspomnianego błędu pomiaru czasu obie rakiety minęły się w powietrzu, a Scud celnie trafił w barak z żołnierzami 475 Grupy Kwatermistrzowskiej w Dhaheranie (Arabia Saudyjska). Zginęło 28 żołnierzy, 110 trafiło do szpitala, a 150 doznało drobniejszych urazów.

Typowe przyczyny błędów projektowych

Analizując najbardziej spektakularne skutki błędów popełnianych na etapie projektów można wyróżnić kilka wyraźnych i dość często występujących przyczyn. Jednym z nich jest **nieodpowiednio dobrana precyzja zmiennych**. Jak wiadomo programiści dysponują szeregiem typów zmiennych, które są wybierane w zależności od zjawisk opisywanych przez te zmienne. Przykładowo, jeśli budujemy fotokomórkę zliczającą osoby wchodzące do jakiegoś pomieszczenia z pewnością nie zastosujemy danej zmiennoprzecinkowej. Nadal mamy jednak spory wybór spośród typów stałoprzecinkowych: *char*, *byte*, *short integer*, *integer*, *long*. Zmienne te w różny sposób obciążają zasoby komputera, w sytuacjach skrajnych istotna może być również szybkość obliczeń wykonywanych na tych typach zmiennych. Gdybyśmy do zliczania osób zastosowali licznik zmiennoprzecinkowy jest niemal pewne, że prędzej czy później wystąpiłby błąd porównywania z zerem. Czasami nie jest możliwe jednoznaczne wybranie typu zmiennej. Przykładem jest choćby arkusz kalkulacyjny. Użytkownik wpisuje liczby do poszczególnych jego komórek nie nadając im żadnego typu. Problemy z tym wystąpiły w jednej z wersji tak popularnego programu jak Excel. Okazało się, że wpisując do komórki wyrażenie *=0,5–0,4–0,1* nie uzyskiwaliśmy wartości zerowej.

Innym, niestety tragicznym błędem wynikającym z nieprawidłowo dobranego typu zmiennej był przypadek z maszyną Therac-25 używanej do radioterapii. Maszyna emitowała strumień wysokoenergetycznych elektronów, którymi leczono choroby nowotworowe. Therac-25 mógł pracować w jednym z dwóch trybów różniących się energią elektronów. Ponieważ energia wiązki w silniejszym trybie była niebezpieczna dla zdrowia, a nawet życia pacjenta po uruchomieniu aparatury wykonywana była specjalna procedura testowa, która sprawdzała m.in. obecność kolimatora przysłaniającego strumień elektronów. Był to warunek konieczny do bezpiecznego uruchomienia maszyny. Procedura ta używała zmiennej 8-bitowej o wdzięcznej nazwie *Class3*, inkrementowanej po każdym kroku testu. Jeśli zostało stwierdzone prawidłowe położenie kolimatora zmienna *Class3* była zerowana, co umożliwiało uruchomienie strumienia elektronów. Programista nie przewidział jednak, że w niewielkim procencie przypadków liczba kroków testu mogła przekroczyć 256. Oznaczało to jednak, że zmienna *Class3* mogła przybrać wartość 0 nawet wtedy, gdy kolimator nie znajdował się w prawidłowym położeniu. I tak się stało. 17 stycznia 1987 pacjent poddawany leczeniu otrzymał śmiertelną dawkę. Co gorsza, operator obsługujący tego dnia maszynę otrzymywał na monitorze ostrzeżenie o nieprawidłowej sytuacji, a mimo to wymusił uruchomienie wiązki.

Czy liczba 2147483647 to dużo czy mało? Oczywiście zależy od tego, co opisuje. Organizacja IEEE czuwająca m.in. nad rozwijaniem systemów informatycznych wydała zalecenie, aby wszystkie systemy informatyczne obliczały czas korzystając z umownego punktu początkowego. Po modyfikacji wybrano ostatecznie, że ma to być 1 stycznia 1970 roku. Licznik czasu ma być inkrementowany co jedną sekundę. Twórcy systemu operacyjnego Unix, na którym jest oparty dzisiejszy MacOS zastosowali do tego celu zmienną 32-bitową. Maksymalna liczba dodatnia, jaką można zapisać w takiej zmiennej jest równa właśnie 2147483647. Oznacza to, że 19 stycznia 2038 o godzinie 03:14:07 UTC licznik przekręci się i wrócimy do lat 70. XX wieku. Choć systemy operacyjne były wielokrotnie modyfikowane, zasada pomiaru czasu pozostaje niezmienna do dziś. Czy oznacza to katastrofę w roku 2038? Jest jeszcze trochę czasu na naprawienie błędu. Problem roku 2000 jakoś przeżyliśmy. Świat się nie skończył. Prawdopodobnie będzie tak również za 17 lat, ale warto dmuchać na zimne.

Stosowanie różnych jednostek. Jest to problem mający głębokie podłoże historyczne sięgające jeszcze epoki oświecenia i rewolucji francuskiej. Podstawowym zagadnieniem przy ustalaniu jednostek jest dobór wzorców. Bardzo często odwoływano się do różnych zjawisk fizycznych, przy czym nadal tak definiowane jednostki dla przeciętnego człowieka



Fotografia 1. Maszyna Therac-25, w której za późno wykryto błąd oprogramowania (źródło: https://bit.ly/3HFcwPv)

eprasa.pl b682cee0b1

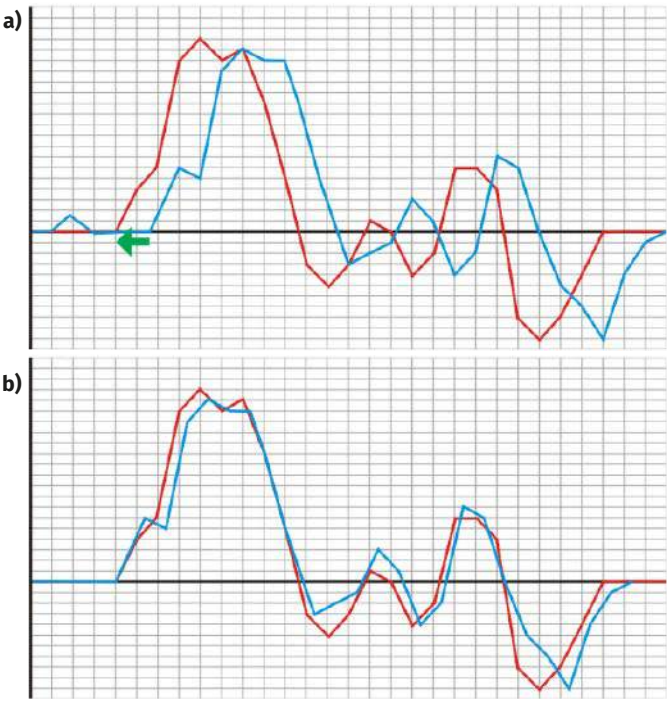
mogą wydawać się dziwne. Bo jeśli na przykład jeden kilogram zdefiniujemy jako masę jednego litra wody pomijając przy tym cicho inne czynniki, takie jak temperatura czy ciśnienie, to jesteśmy w stanie to sobie jakoś wyobrazić. Gorzej jest z definicją metra, gdyż uzmysłowienie sobie, że jest to odległość jaką pokonuje światło w czasie 1/299792458 sekundy jest dość trudne. Historycznym problemem jest również ambicjonalne lansowanie własnego, niestety nie metrycznego systemu przez Wielką Brytanię, której kolonialne wpływy obejmowały dużą część różnych zakątków Ziemi. Do dziś musimy zmagać się z porównywaniem cala do metra (centymetra) i funta do kilograma. O związanych z tym kłopotach przekonała się załoga Boeinga 767, który 23 lipca 1983 roku wyleciał z Montrealu do Edmonton w Kanadzie. W pewnym momencie na wysokości 12,5 kilometrów nad ziemią włączyło się ostrzeżenie o niebezpiecznie spadającym ciśnieniu paliwa. Po krótkim czasie wyłączyły się wszystkie silniki samolotu i część urządzeń zasilanych z prądnic napędzanych silnikami. W kategorii niemal cudu można uznać zakończenie tego zdarzenia. Pilot mający również doświadczenie na szybowcach zdołał wylądować na najbliższym lotnisku wojskowym. Nie było już ono wprawdzie czynne, ale jego stan ze względu na wykorzystywanie go jako tor wyścigowy był na tyle dobry, że cała przygoda zakończyła się szczęśliwie bez ofiar. Śledztwo wykazało, że przyczyną tego zdarzenia było zatankowanie zbyt małej ilości paliwa wynikające z pomylenia jednostek. Zamiast 22300 kg paliwa (co odpowiada 12700 litrów) zatankowano 22300 funtów paliwa, czyli 10115 kg. Ta zasadnicza różnica o mały włos przyczyniłaby się do tragedii.

Problemy podobnej natury mają zapewne projektanci obwodów drukowanych, na których są stosowane elementy zarówno o rastrze calowym, jak i metrycznym. Prowadząc ścieżki w rastrze calowym trzeba się nieco pogimnastykować, żeby trafić na pady elementów o rastrze metrycznym. Chociaż nowo wprowadzane elementy powinny być produkowane w rastrze metrycznym, to jednak jeszcze przez długie lata projektanci będą zmuszeniu do stosowania obu tych standardów.

Problem z własnego podwórka

Jakiś czas temu zdarzyło mi się zaprojektować urządzenie służące do rejestrowania pewnych zdarzeń. Miało ono rejestrować dane we własnej pamięci, albo przekazywać je w czasie rzeczywistym do komputera. Zarejestrowane dane były przesyłane do komputera po zakończeniu wszystkich pomiarów. Z różnych względów, w porozumieniu z użytkownikiem zdecydowano się na transmisję bezprzewodową via Bluetooth, pracujący jako przezroczysty UART. Interfejs przesyła dane z szybkością 115200 bitów na sekundę. Do zrealizowania takiej transmisji konieczne było zastosowanie rezonatora kwarcowego o częstotliwości 11,0592 MHz. Taka częstotliwość dzielona systemowo przez 12, a następnie kolejno przez 2 daje dokładnie precyzyjny zegar taktujący transmisją o standardowej szybkości 115,2 b/s. Na rynku dostępne są jednak również kwarce 11,059 MHz. Wprowadzają one błąd zegara transmisyjnego ok. 18 ppm. Asynchroniczny interfejs radzi sobie jednak bez problemu z taką różnicą częstotliwości i transmisja przebiega bezbłędnie. W urządzeniach były montowane w zależności od dostaw zarówno rezonatory 11,0592 MHz, jak i 11,0590.

W jednej z konfiguracji pomiarowych system składa się z kilku takich rejestratorów. Są one dodatkowo wyposażone w niezależny tor radiowy służący do zdalnego, jednoczesnego uruchamiania pomiaru przez wszystkie urządzenia pracujące na jednym obiekcie. Jest to możliwe dzięki temu, że w zestawie składającym się z kilku urządzeń tylko jedno ma status Master, reszta zaś to urządzenia podporządkowane – Slave. Operator startuje Mastera, który zanim rozpocznie rejestrację wysyła radiem synchronizacyjnym sygnał startu do pozostałych urządzeń. Jest to jeden komunikat odbierany jednocześnie przez wszystkie Slave'y. Dokładność synchronizacji jest w zupełności zadowalająca, wielokrotnie lepsza niż okres pobierania próbek. Taktowanie pobieraniem próbek jest realizowane przez indywidualny zegar w każdym rejestratorze. Jest on napędzany tym samym kwarcem,



Rysunek 1. Ilustracja zasady synchronizowania dwóch przebiegów

który taktuje transmisją danych. Można więc uznać, że rejestratory startują na tym samym tiku wewnętrznego zegara, przy czym tiki te mogą być przesunięte względem siebie maksymalnie o okres próbkowania. Ponieważ takie przypadki zwykle występują, więc oprogramowanie komputerowe obrabiające dane ma specjalną procedurę, która dosuwa wszystkie kanały do jednego, wspólnego punktu startowego (**rysunek 1**) i dalej zachowuje już oryginalne odległości między danymi. Rejestrowane są parametry związane z czynnościami wykonywanymi przez człowieka, a właściwie zespół składający się z kilku osób. Przyjmując, że średni czas reakcji na jakiś bodziec pobudzający to około 200 ms można było przyjąć na etapie projektu, że dokładność synchronizacji na poziomie kilku, a nawet kilkunastu milisekund powinna być wystarczająca. Ale uwaga: okazało się, że istotna jest nie tylko dobra synchronizacja startu, ale też współbieżność zegarów w czasie całego pomiaru trwającego do 10 minut. Po pierwszych próbach eksploatacyjnych użytkownik stwierdził, że rozjeżdżanie się zegarów taktujących próbkowaniem nie powinno być większe niż ok. 5 ms na końcu pomiaru, czyli po 10 minutach od startu. Mogłoby się wydawać, że zastosowanie generatorów kwarcowych powinno spokojnie gwarantować spełnienie tego wymogu. Problem został pierwotnie zlekceważony. Policzmy więc.

Załóżmy, że w zegarze odniesienia jest zastosowany kwarc 11,0592 MHz. Różnica częstotliwości dla zegara z kwarcem 11,0590 MHz wynosi zatem 200 Hz, co stanowi odchyłkę 18,08 ppm. Różnica pomiaru czasu na dystansie 10 minut wynikająca z zastosowania różnych rezonatorów wynosi zatem: $\Delta t=10\times60\times18{,}08\times10^{-6}=0{,}006108=0{,}010848=10{,}8$ ms. Nawet gdyby przyjąć, że użyto idealnych kwarców o nominalnej częstotliwości, urządzenie nie spełniałoby założeń. To pierwsze niedopatrzenie, którego można było uniknąć na etapie projektu. Ale policzmy dalej. Tym razem ograniczymy się wyłącznie do rezonatorów 11,0592 MHz. Nadal zakładamy użycie popularnych, względnie tanich rezonatorów dostępnych w internetowych sklepach wysyłkowych. Wybieramy rezonator firmy YIC. Fragment karty katalogowej został pokazany na **rysunku 2**. Jak widać, jest on dostępny w wersjach z tolerancją ±10 ppm, ±20 ppm i ±30 ppm. W ofercie sklepu są jednak tylko rezonatory ±30 ppm (szkoda). I znowu, rozrzut częstotliwości ±30 ppm może spowodować odchyłkę zegarów rzędu: $\Delta t=\pm10\times60\times30\times10^{-6}=\pm0{,}018=\pm18$ ms, a wiec teoretycznie jeszcze gorzej niż w poprzednim rozwiązaniu. Należy jednak dodać, że wcześniej nie analizowaliśmy rozrzutu parametrów, a jedynie analizowaliśmy

eprasa.pl b682cee0b1

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

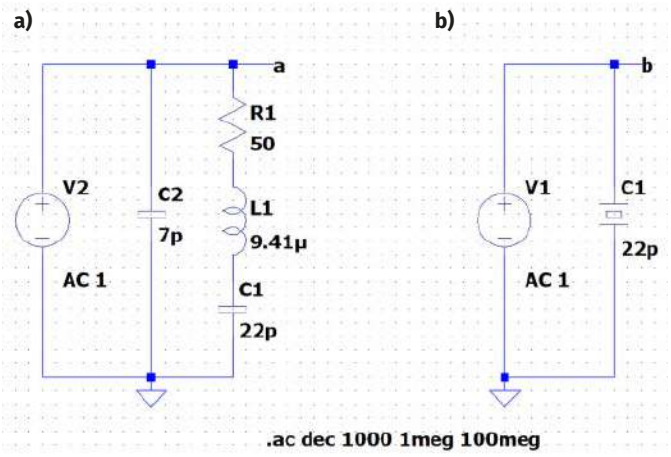
Output Frequency Range	6.000MHz to 110.000MHz
Mode	see Table 1*
Frequency Tolerance (at 25°C)	±10ppm, ±20ppm, ±30ppm, or specify
Frequency Stability Over Operating Temperature Characteristics	-10°C ~+60°C ±30ppm, -20°C ~+70°C ±20ppm or specify
Storage Temperature Range	-40°C to 85°C
Operable Temperature Range	-10°C to +60°C ~ -40°C to +85 °C
Shunt Capacitance (C_0)	7.0pF Maximum (3.0pF Typical)
Driver Level (Typical)	10μW~100μW
Load Capacitance(C_L)	Series, 16pF, 20pF, 30pF, 32pF, or specify
Equivalent Series Resistance ESR (Ω)	see Table 1*
Aging @25°C 1st year (Max)	±1ppm, ±3ppm/year
Shock Resistance	Drop test of 3 times on 2mm stainless plate from 75cm height

REMARK: SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT PRIOR NOTICE. PLEASE CONFIRM WITH OUR SALES ENGINEER.

Frequency and Equivalent Series Resistant

Frequency Range	E.S.R. (Ω)	Mode
6.000MHz ~ 7.999MHz	100 Max	Fundamental / AT
8.000MHz ~ 15.999MHz	60 Max	Fundamental / AT
16.000MHz ~ 32.000MHz	40 Max	Fundamental / AT
30.000MHz ~ 44.999MHz	80 Max	Third Overtone / AT

Rysunek 2. Fragment noty katalogowej rezonatorów kwarcowych



Rysunek 3. Symulacja rezonatora kwarcowego w programie LTspice, a) schemat zastępczy, b) element biblioteczny

odchyłkę pomiaru czasu wynikającą z zastosowania kwarców o różnych wartościach znamionowych.

Jak widać, konieczne jest zupełnie inne podejście do zagadnienia. Takie, które powinno być zastosowane od początku, gdyby jasno zostały określone założenia projektowe.

Pięciomilisekundowa odchyłka pomiaru czasu po 600 sekundach oznacza, że jest ona równa 0,005/600×1000000=8,33 ppm. Prowadzi to do wniosku, że nawet kwarc ±10 ppm nie rozwiązuje problemu. Trzeba zastosować inne środki. Może to być:

- stosowanie w każdym urządzeniu dwóch niezależnych generatorów; jeden obsługiwałby interfejs komunikacyjny, drugi taktowałby próbkowaniem. Generator taktujący próbkowaniem musiałby mieć dokładność lepszą niż 8 ppm;
- stosowanie jednego generatora, który taktowałby wszystkimi rejestratorami;
- precyzyjne selekcjonowanie rezonatorów z dużej grupy tak, aby rozrzut ich częstotliwości był mniejszy od 8 ppm.

Pierwsze rozwiązanie wymagałoby dość gruntownej zmiany schematu i PCB, co raczej nie wchodzi w grę. Drugie rozwiązanie również wiązałoby się z gruntowną zmianą projektu, a sporym wyzwaniem byłaby realizacja bezprzewodowego wspólnego taktowania niezależnych urządzeń. Tę koncepcję należy również odrzucić. W zaistniałej sytuacji najbardziej sensowne wydaje się trzecie rozwiązanie. Pytanie tylko, jak selekcjonować rezonatory? Dopuszczalna różnica częstotliwości przy założeniu dokładności 8,33 ppm wynosi: Δf=11059200*8,33/1000000= 92,123136 Hz=±46,06 Hz. Do pomiaru takich różnic konieczne by było użycie częstościomierza z wyświetlaczem co najmniej 8-cyfrowym – może być problem.

Trudną sytuację ratuje nieco fakt, że nie jest wymagana bezwzględna precyzja częstotliwości, a jak najmniejszy rozrzut tego parametru. Wydaje się, że problem można rozwiązać korzystając z zestawu Analog Discovery 2. Spróbujmy.

Symulacja i pomiar rezonatorów kwarcowych z zastosowaniem programów LTspice i Analog Discovery 2

Zestaw Analog Discovery 2 zawiera m.in. narzędzie Impedance. Jak można się domyślić, służy ono do zdejmowania charakterystyk częstotliwościowych elementów biernych R, L, C lub obwodów z nich złożonych. Takim obwodem może być na przykład rezonator kwarcowy. Jego schemat zastępczy przygotowany w symulatorze LTspice pokazano na **rysunku 3a**. Na schemacie z **rysunku 3b** użyto do symulacji elementu bibliotecznego reprezentującego rezonator kwarcowy. Jest on charakteryzowany kilkoma parametrami:

- *Capacitance* – odpowiednik *Load capacitance* z karty katalogowej rezonatora,
- *Equiv. Series Resistance* czyli *Equivalent Series Resistance*,
- *Equiv. Series Inductance* – indukcyjność zastępcza definiująca wraz z pojemnością *capacitance* podstawową częstotliwość drgań rezonatora,
- *Equiv. Parallel Capacitance* – odpowiednik *Shunt Capacitance* z noty katalogowej.

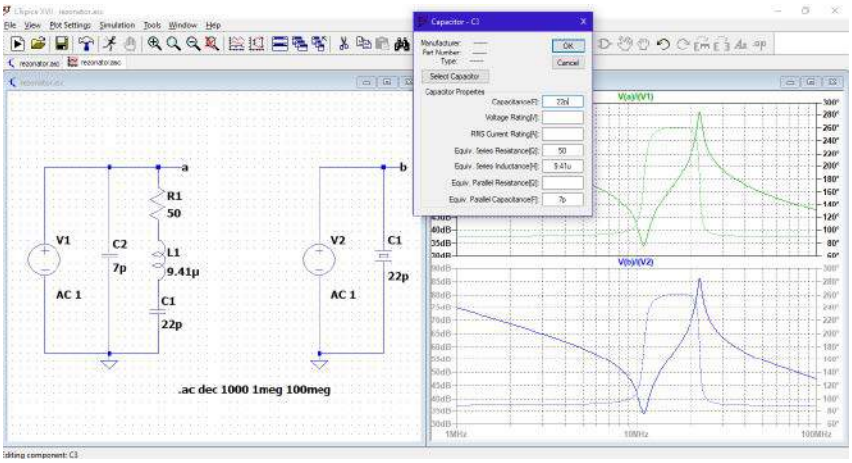
Rezonator można zatem traktować jak szeregowy obwód rezonansowy zbocznikowany pojemnością. Do katalogowej wartości tego parametru należałoby dodać jeszcze pojemność montażu.

Można spodziewać się, że charakterystyka częstotliwościowa impedancji rezonatora będzie miała minimum dla częstotliwości rezonansowej. Z pewnością byłoby tak, gdyby nie było pojemności C2. Występowałby wówczas tylko rezonans szeregowy na częstotliwości drgań rezonatora. Pojemność C2 powoduje jednak, że w obwodzie z rezonatorem wystąpi również rezonans równoległy dla częstotliwości, dla której reaktancja indukcyjności L1 zmniejszona o reaktancję pojemności C1 będzie równa co do modułu reaktancji pojemności C2. Nie jest to jednak częstotliwość pracy kwarcu. Rezonans równoległy spowoduje, że w wykresie impedancji oprócz minimum dla rezonansu szeregowego pojawi się maksimum dla rezonansu równoległego. Impedancja rezonatora o takim modelu jest równa:

$$Z(j\omega)=\frac{1}{C_1+C_2}\cdot\frac{1-\omega^2LC_1+j\omega RC_1}{-\omega^2RC_0+j\omega\left(1-\omega^2LC_0\right)}$$

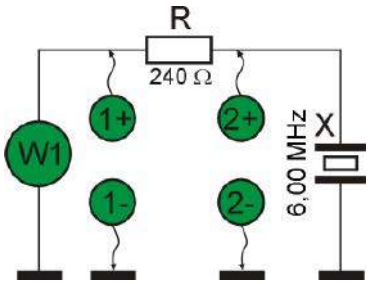
gdzie:

$$C_0=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$$

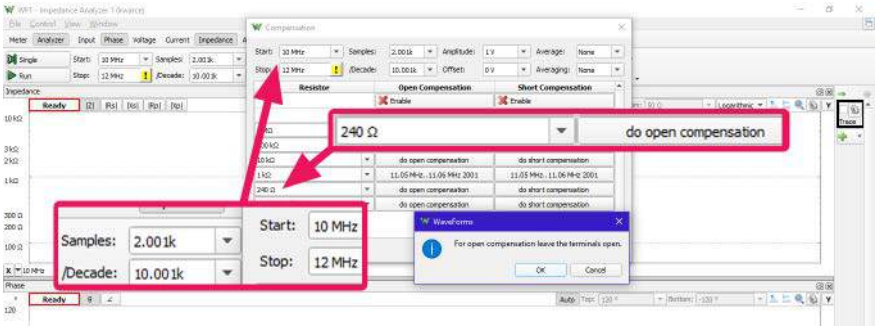


Rysunek 4. Charakterystyka częstotliwościowa symulowanego rezonatora kwarcowego

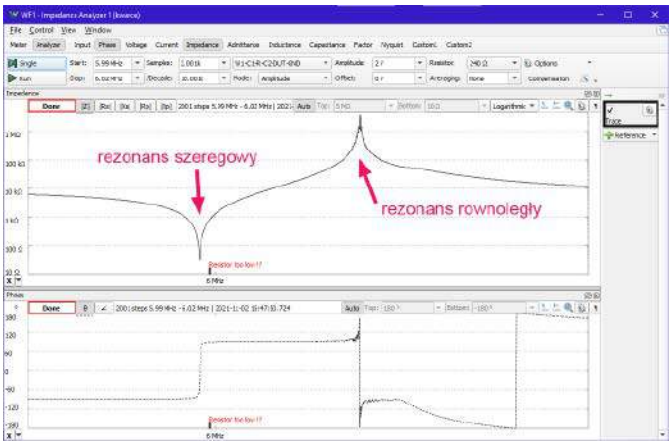
eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 5. Schemat pomiarowy do badania impedancji rezonatora kwarcowego z zastosowaniem Analog Discovery 2



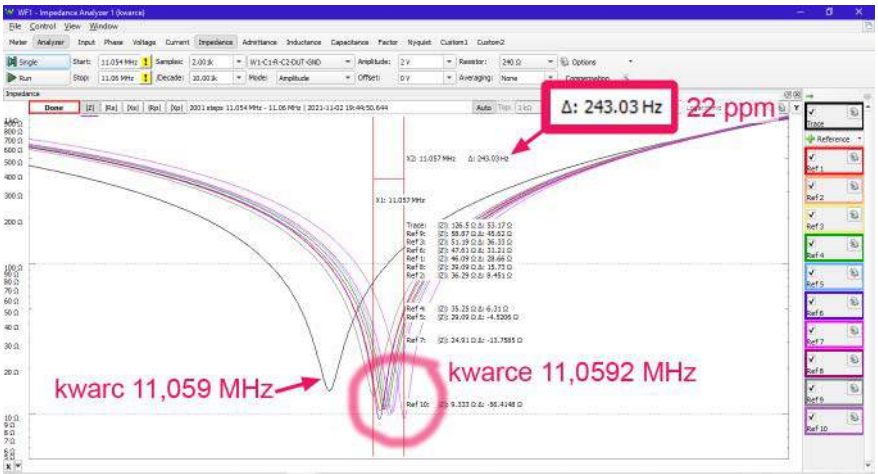
Rysunek 6. Dobór parametrów narzędzia Impedance



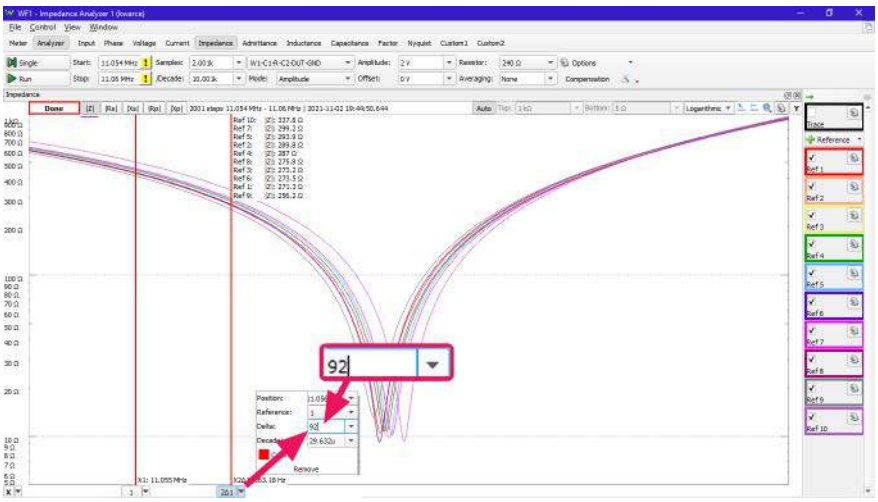
Rysunek 7. Wykres impedancji rezonatora kwarcowego zmierzony zestawem Analog Discovery 2

Sprawdźmy w symulatorze LTspice czy rzeczywiście zaobserwujemy dwa ekstrema wykresu impedancji. Ponieważ później będziemy chcieli sprawdzić wyniki symulacji z pomiarami rzeczywistymi, najpierw zajmiemy się rezonatorem o niższej częstotliwości niż 11,0592 MHz. Dzięki temu zminimalizujemy problemy z ewentualnym wpływem pojemnościami montażowymi, które na pewno pojawią się w rzeczywistym układzie pomiarowym wtedy, gdy nie zastosujemy specjalnego interfejsu. Rezonator symulowany ma częstotliwość drgań 6,00 MHz. Na **rysunku 4** pokazano wynik symulacji „AC Analysis". Domyślnie obliczane jest napięcie lub natężenie prądu we wskazanej gałęzi lub elemencie. Aby uzyskać wykres impedancji konieczne jest przedefiniowanie mierzonego parametru, np. wprowadzenie wyrażenia V(a)/I(V1) pozwala obliczyć impedancję rezonatora. Jak widać wyniki uzyskane z symulatora potwierdzają rozważania o dwóch rezonansach. Pojemność C_{mont} symbolizuje pojemności montażowe.

Mając tę wiedzę nie pozostaje nic innego jak zweryfikować wyniki symulacji z pomiarami praktycznymi. Uruchamiamy zatem Analog Discovery 2, a w nim narzędzie Impedance. Schemat pomiarowy przedstawiono na **rysunku 5.** Rezystor R służy do pomiaru prądu płynącego w obwodzie. Prąd jest obliczany w programie na podstawie pomiaru spadku napięcia na znanej rezystancji. Napięcie na rezystorze jest równe różnicy napięć mierzonych przez 1. i 2. kanał przyrządu. Rezystor powinien być dobierany w zależności od rezystancji mierzonego elementu. Impedancja rezonatora zmienia się jednak w dość dużym zakresie, konieczny jest jakiś kompromis. Rezystor 240 Ω powinien być dobrym wyborem.



Rysunek 8. Impedancje 10 egzemplarzy rezonatorów kwarcowych 11,0592 MHz zmierzonych zestawem Analog Discovery 2



Rysunek 9. Pomiar częstotliwości rezonatorów z zastosowaniem kursorów

Przed pomiarem zasadniczym należy wprowadzić przyjętą rezystancję i przeprowadzić kompensację toru pomiarowego. Wcześniej określamy zakres mierzonych częstotliwości. Wprowadzamy zakres częstotliwości 5,99 MHz...6,02 MHz. Ze względu na wymaganą dużą dokładność skanowania częstotliwości wybieramy 2001 punktów (Samples=2,001k). Naciskamy przycisk ekranowy *Compensation* i widoczną w tabelce wartość 100 Ω zmieniamy na 240 Ω. Następnie przeprowadzamy kompensację dla obwodu rozwartego i zwartego. Usuwamy testowany element (rezonator) z obwodu i naciskamy przycisk *do open compensation*. Teraz w miejsce rezonatora wkładamy zworkę i uruchamiamy kompensację *do short compensation* – **rysunek 6**. Zezwalamy na obie kompensacje naciskając przycisk *Enable*. Po tych czynnościach układ jest gotowy do pomiarów. Umieszczamy w obwodzie rezonator, zaznaczamy tylko opcję |Z| i uruchamiamy pomiar jednorazowy (*Single*). Po kilku chwilach na ekranie

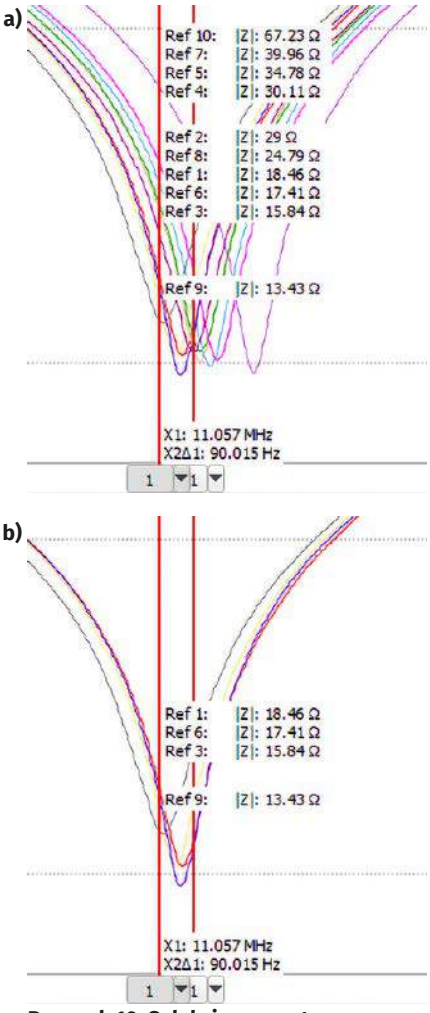
eprasa.pl b682cee0b1

ukazuje się wykres impedancji rezonatora – **rysunek 7**. Wyraźnie widzimy dwa ekstrema charakterystyczne dla rezonansu szeregowego i równoległego, chociaż w pomiarze są one znacznie bliżej siebie niż w symulacji. Wpływają na to dość znaczne pojemności wnoszone przez kable pomiarowe.

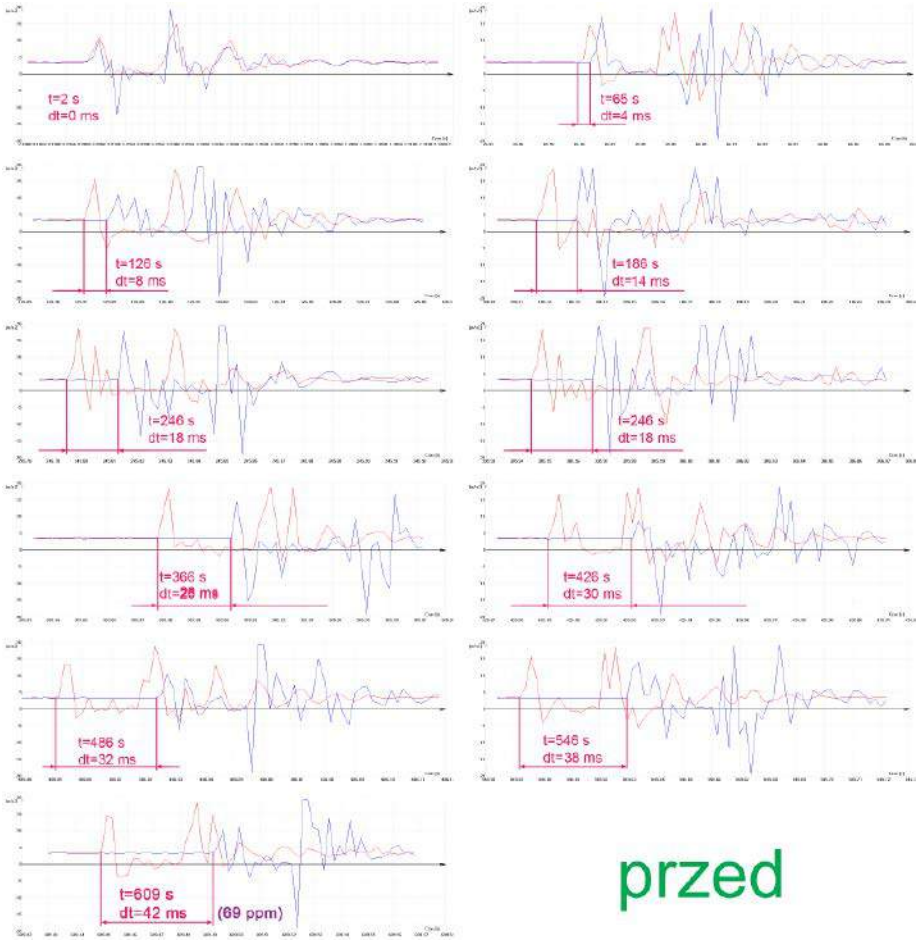
Selekcja rezonatorów 11,0592 MHz dla rejestratora

Wracamy do zasadniczego zagadnienia, jakim jest dobór rezonatorów o najmniejszym rozrzucie częstotliwości drgań. Wiemy już, że dla uzyskania częstotliwości mieszczących się w granicach 8,33 ppm względem siebie częstotliwości drgań kwarców nie powinny różnić się o więcej niż 92 Hz.

Tym razem w narzędziu Impedance wprowadzamy zakres częstotliwości od 11,054 MHz do 11,06 MHz. Pozostawiamy 2001 punktów pomiarowych, Kompensujemy układ tak jak robiliśmy to wcześniej i przystępujemy do pomiarów. Do obwodu pomiarowego wkładamy



Rysunek 10. Selekcja rezonatorów kwarcowych z zastosowaniem kursorów a) na ekranie widoczne charakterystyki wszystkich kwarców, b) wyłączone charakterystyki niemieszczące się w dobieranej tolerancji



Rysunek 11. Synchroniczne pomiary przebiegów z losowo montowanymi rezonatorami



Rysunek 12. Synchroniczne pomiary przebiegów z dobieranymi rezonatorami

eprasa.pl b682cee0b1

pierwszy rezonator i uruchamiamy pojedynczy pomiar. Po chwili uzyskujemy wykres, który zapamiętujemy uruchamiając opcję *+Reference → Add Trace as Reference*. Wkładamy kolejny rezonator i po skończonym pomiarze ponownie zapamiętujemy jego parametry. Uzyskujemy w ten sposób kolekcję wyników. Na **rysunku 8** widzimy zestawienie dla 10 egzemplarzy rezonatorów 11,0592 MHz ±30 ppm. Były one kupowane jednocześnie, można więc sądzić, że pochodzą z jednej serii produkcyjnej. Zmierzony rozrzut częstotliwości rezonansowych zawiera się w zakresie 22 ppm, co odpowiada danym technicznym, ale jest wartością zbyt dużą, jak na potrzeby rejestratora. Na rysunku 8 pokazano ponadto charakterystykę rezonatora 11,059 MHz.

Na podstawie zestawienia charakterystyk można sądzić, że powinno być możliwe wyselekcjonowanie egzemplarzy, których parametry różnią się mniej niż 8,33 ppm, a więc mniej niż ok. 92 Hz. Najłatwiej taką selekcję przeprowadzić korzystając z kursorów. W tym celu umieszczamy na wykresie dwa kursory pionowe. Kursor 1. jest domyślnie kursorem referencyjnym dla 2. i pozostałych. Po rozwinięciu opcji kursora 2. można ustawić jego położenie względem kursora 1. Wybieramy oczywiście wartość 92 Hz (**rysunek 9**). Przesuwając teraz kursor 1. automatycznie jest przesuwany również kursor 2. Możemy więc tak naprowadzić oba kursory, aby między nimi znalazło się jak najwięcej charakterystyk. Będą one spełniały warunek rozrzutu parametrów o mniej niż 8,33 ppm. Dla zwiększenia czytelności wyników warto wyłączyć wyświetlanie tych wykresów, które nie spełniają warunku dokładności – **rysunek 10 a** i **b**. Jeśli zachowaliśmy porządek w selekcjonowaniu rezonatorów zadanie można uznać za wykonane. Pozostaje jedynie wlutować wyselekcjonowane kwarce do rejestratorów i sprawdzić czy przeprowadzone nimi pomiary spełniają zadane warunki.

Wyniki testów zostały pokazane na **rysunkach 11** i **12**. Przed wlutowaniem dobranych rezonatorów przeprowadzono pomiary z rezonatorami, które pierwotnie znalazły się w rejestratorach i nie były dobierane. O tym, że problem został wcześniej całkowicie zignorowany świadczy fakt, że w jednym urządzeniu był kwarc 11,0592 MHz, a w drugim 11,059 MHz. W czasie testu rejestry były połączone ze sobą mechanicznie i rejestrowały bodźce mechaniczne pobudzające oba urządzenia jednocześnie. Po wykonaniu pomiaru trwającego nieco ponad 10 minut program komputerowy odczytał dane z urządzeń i na wszelki wypadek przeprowadził ich synchronizację polegającą na dosunięciu obu wykresów tak, aby pierwsze impulsy zaczynały się dokładnie w tej samej chwili czasowej. Sygnały były próbkowane z częstotliwością 500 Hz, a więc początkowy asynchronizm w najgorszym przypadku mógł być równy 2 ms.

Pierwszy test wykazał rozjechanie się zegarów o ok. 42 ms po 10 minutach testu. Stanowi to odchyłkę aż o 69 ppm w odniesieniu do czasu pomiaru. To wynik dyskwalifikujący dla przewidzianych zastosowań.

Drugi test już z dobranymi rezonatorami dał odchyłkę 2 ms na koniec testu trwającego również nieco ponad 10 minut. Odchyłka ta jest jednak równa odstępowi próbkowania. Parametr ten zmieniał się w czasie testu przyjmując wartości –2 ms, 0 ms i 2 ms. Można więc uznać, że poczynione działania spełniły oczekiwania sprawiające, że rejestratory mogą pracować w pomiarach synchronicznych zachowując zakładaną dokładność czasową.

Na koniec nasuwa się refleksja: czy nie jest to przypadek do złudzenia przypominający smutną historię z Patriotami?

Jarosław Doliński, EP

REKLAMA

KOMPUTERY RASPBERRY PI
I MODUŁY ARDUINO

ARDUINO



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

http://sklep.avt.pl

eprasa.pl b682cee0b1

Przetwornice w systemach pozyskiwania energii

Łańcuch jest tylko tak wytrzymały, jak wytrzymałe jest jego najsłabsze ogniwo. Analogicznie jest w systemach zasilania – będzie on na tyle energooszczędny i wysoko sprawny, na ile pozwoli jego najmniej wydajny energetycznie element. Jest to szalenie istotne w systemach pozyskujących energię z otoczenia, gdyż każdy miliwat mocy jest na wagę złota. Nie marnujmy go na kiepskie przetwornice.

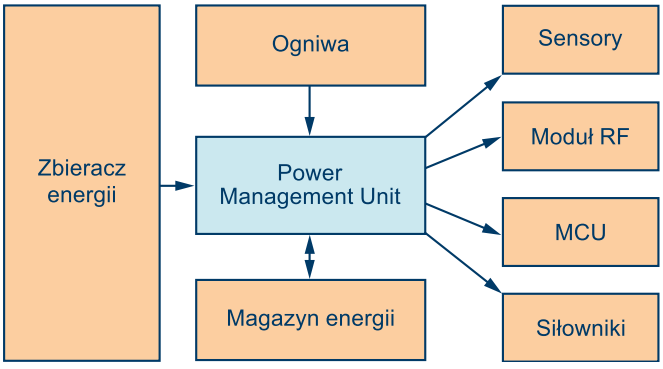
Pozyskiwanie energii z otoczenia stosowane jest bardzo dawna. Większość z nas wciąż powinna pamiętać kieszonkowe kalkulatory z lat 80. i 90. z ogniwami słonecznymi, zasilającym jednostkę obliczeniową oraz wyświetlacz LCD urządzenia. A jeszcze znacznie wcześniej energia była pozyskiwana we wczesnych dniach rewolucji elektrycznej, poprzez generatory elektryczne umieszczane w młynach rzecznych zasilanych spiętrzoną wodą.

Dzisiaj, kiedy mówimy o pozyskiwaniu energii, zwykle mamy na myśli zastąpienie baterii w sprzęcie elektronicznym innym systemem, który uzyska energię z najbliższego otoczenia. W tym kontekście przykład kalkulatora zasilanego ogniwem fotowoltaicznym pasuje idealnie i niewiele różni się od tego, co próbujemy osiągnąć dzisiaj dzięki pozyskiwaniu energii.

Konfiguracja systemu pozyskiwania energii

Najważniejszym elementem w systemach pozyskiwania energii jest sam element zbierający energię. Najpowszechniejszym z nich jest nadal ogniwo słoneczne. Energia elektryczna wytwarzana przez ten element musi następnie zostać przekształcona w użyteczne napięcie lub prąd do zasilania systemu lub ładowania pośrednich komponentów magazynujących energię, takich jak na przykład superkondensatory czy akumulatory.

Aby system był poprawnie zasilany, konieczne jest ustabilizowanie prawidłowego napięcia dla elektroniki. Na **rysunku 1** został pokazany moduł zarządzania zasilaniem, który realizuje wiele różnych zadań. Pierwszym jego zadaniem jest dopasowanie impedancji wejściowej w celu uzyskania maksymalnej ilości zebranej energii. Kolejne zadania to ładowanie pośredniego magazynu energii, kierowanie mocy z konwencjonalnej baterii pierwotnej (jeśli takowa występuje w systemie) i finalnie stabilizowanie docelowego napięcia wyjściowego dla systemu oraz monitorowanie przepływów prądu i napięć w celu zwiększenia niezawodności całego systemu.



Rysunek 1. Konfiguracja systemu pozyskiwania energii

Wszystkie te zadania muszą być zrealizowane przy bardzo małej mocy zasilania, aby system mógł współpracować z małym systemem pozyskiwania energii i energooszczędnymi sensorami. Wysoki poziom integracji tych funkcji w przetwornicy DC/DC może pomóc w zmniejszeniu mocy potrzebnej do takich zadań.

System z rysunku 1 to typowy układ pozyskiwania energii dla bezprzewodowego czujnika środowiskowego. Czujniki te są zwykle używane do pomiaru temperatury, wilgotności lub stężenia albo obecności różnych gazów w atmosferze, takich jak np. CO_2. Istnieje wiele innych zastosowań systemów do pozyskiwania energii. Zastosowania przemysłowe można znaleźć np. w systemach bezpieczeństwa i nadzoru w postaci bezprzewodowych czujników obecności lub w monitorowaniu przemysłowym, takim jak śledzenie zasobów i monitorowanie stanu maszyn. Pozyskiwanie energii jest również stosowane w elektronice użytkowej, na przykład w urządzeniach przenośnych i elektronice do noszenia. W systemach domowej opieki zdrowotnej bezprzewodowe monitorowanie pacjenta musi działać zupełnie bez baterii lub pozwolić na znaczne wydłużenie jej żywotności.

Współcześnie pozyskiwanie energii jest bardzo popularnym zagadnieniem. Wielu inżynierów musi analizować, czy rozwiązanie do pozyskiwania energii może zastąpić lub uzupełnić istniejące rozwiązanie zasilania w jego systemie. Powodem, dla którego takie systemy są dziś tak popularne, jest to, że w końcu osiągamy punkt przecięcia, w którym rosnąca cały czas moc, pobierana ze stosunkowo tanich i niewielkich systemów do zbierania energii wystarcza do zasilania mikrokontrolerów i obwodów RF, których pobór mocy cały czas maleje, dzięki rozwojowi nowoczesnych technologii półprzewodnikowych itp. To, co dziesięć lat temu było nierealistyczne, obecnie nie dość, że jest technicznie możliwe, to w dodatku jest to ekonomicznie wykonalne.

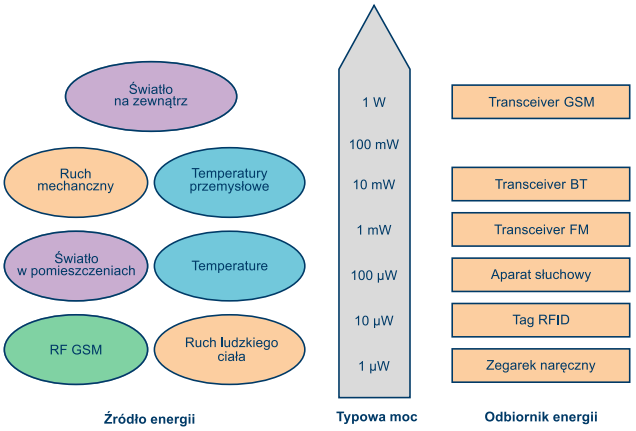
Różne źródła energii

Istnieją różne źródła energii w otoczeniu urządzeń elektronicznych, jakie mogą posłużyć do ich zasilania. Najpopularniejsze systemy zbierania energii to fotowoltaika (PV), generatory termoelektryczne (TEG), a w dalszej kolejności energia elektromagnetyczna, piezoelektryczna i promieniowania fal radiowych.

Systemy fotowoltaiczne i termoelektryczne generują napięcie stałe, podczas gdy komponenty elektromagnetyczne, piezoelektryczne i RF generują napięcia zmienne lub przemienne. To sprawia, że wymagania dotyczące technologii konwersji mocy są nieco inne.

Na **rysunku 2** pokazano różne rodzaje źródeł energii i związane z nimi ilości energii, którą można z grubsza wytworzyć przy użyciu systemu o wielkości 10 cm^2. Po lewej stronie pokazano źródła energii, a po prawej zużycie energii przez różne rodzaje urządzeń. Skala (na środku) jest skalą logarytmiczną, co podkreśla ogromne różnice pomiędzy poszczególnymi rodzajami źródeł energii. Ten schemat jest

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 2. Różne źródła energii i wymagania energetyczne różnych aplikacji

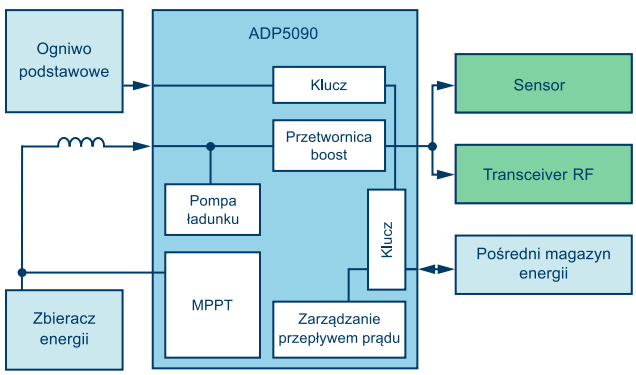
bardzo ważny, ponieważ pozwala uzyskać realistyczne wyobrażenie o wykonalności danego pomysłu. Często projektanci wkładają sporą pracę i wysiłek w ocenę rozwiązania do pozyskiwania energii tylko po to, aby dowiedzieć się, że zebrana przez nie energia nijak nie wystarczy do zasilania projektowanego systemu.

Znaczenie przetwornicy impulsowej DC/DC

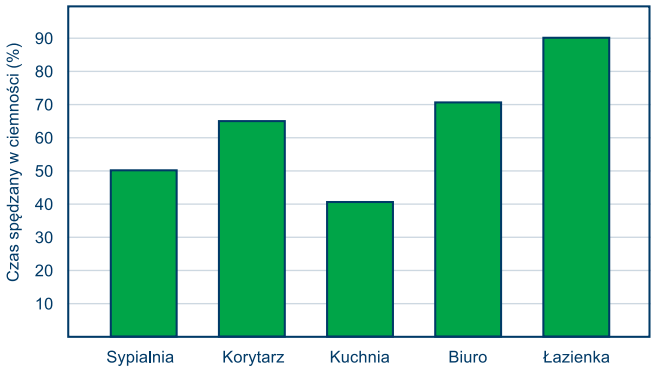
Przetwarzanie energii i zarządzanie to podstawowe zadania nowoczesnych systemów pozyskiwania energii. Niektóre aplikacje nie korzystają z zaawansowanych urządzeń zasilających, jednak większość z nich tak właśnie działa.

Przykładami systemów bez inteligentnego zarządzania energią są stosy połączonych szeregowo ogniw słonecznych generujących stosunkowo wysokie napięcie prądu stałego do bezpośredniego zasilania systemu lub z prostym stabilizatorem liniowym pomiędzy nimi. Takie systemy zwykle nie mają optymalnej sprawności energetycznej lub nie mają dokładnie stabilizowanego napięcia zasilania. Podczas gdy niektóre obciążenia mogą działać przy bardzo zmiennym napięciu zasilania, inne nie. Nowoczesne, bardzo zaawansowane systemy wymagają jakiejś formy przetwornicy napięcia i bloku zarządzania zasilaniem.

Na **rysunku 3** został pokazany schemat blokowy nowoczesnego systemu do zarządzania energią do zastosowań związanych z gromadzeniem energii zbieranej z otoczenia. Zawiera obwód rozruchowy z pompą ładującą umożliwiającą osiągnięcie napięcia startu równego 380 mV na wejściu. Gdy system jest uruchomiony, wewnętrzne obwody ADP5090 są zasilane z napięcia wyjściowego ADP5090. Jest to punkt, który zasila również obciążenie sekcji pozyskiwania energii. Gdy wartość napięcia w tym punkcie przekracza 1,9 V, napięcie wejściowe może spaść nawet do 80 mV, przy jednoczesnym zachowaniu możliwości pozyskiwania energii. Jest to bardzo pomocne w systemach, które spędzają dużo czasu w nieoptymalnych warunkach. Na przykład czujnik wewnętrzny zasilany ogniwami słonecznymi.



Rysunek 3. Schemat blokowy urządzenia do zarządzania energią do zastosowań związanych z gromadzeniem energii



Rysunek 4. Typowy czas, jaki czujnik spędza w ciemności w różnych lokalizacjach budynków mieszkalnych

W godzinach porannych i wieczornych na ogniwie słonecznym może być bardzo mało światła, które wytwarza bardzo mało energii elektrycznej. Wykorzystanie tego czasu do zebrania pewnej ilości energii może pomóc w całkowitym budżecie mocy w danym okresie.

Innym aspektem, który pomaga w takich sytuacjach, jest niski prąd spoczynkowy układu ADP5090. Podczas stanu alarmowego, pobór prądu wynosi tylko 260 nA. Na **rysunku 4** pokazano typową aplikację takiego systemu w rzeczywistym układzie. Wykres zawiera różne miejsca w budynku mieszkalnym i typowe czasy, jakie czujnik z ogniwem słonecznym spędza w ciemności w danej lokalizacji. Oczywiście, są to tylko typowe, średnie wartości. Realnie, ilość światła, jaką zobaczy konkretny moduł, zależy ściśle od rozkładu domu, liczby okien, ilości używanego światła elektrycznego i dokładnej lokalizacji czujników. Również pora roku i lokalizacja domu będą miały wpływ na przedstawione zależności. W tak zmiennych warunkach oświetleniowych niski pobór mocy układu ADP5090 ogromnie pomaga w oszczędzaniu energii, szczególnie w systemach, które spędzają większość czasu w ciemności.

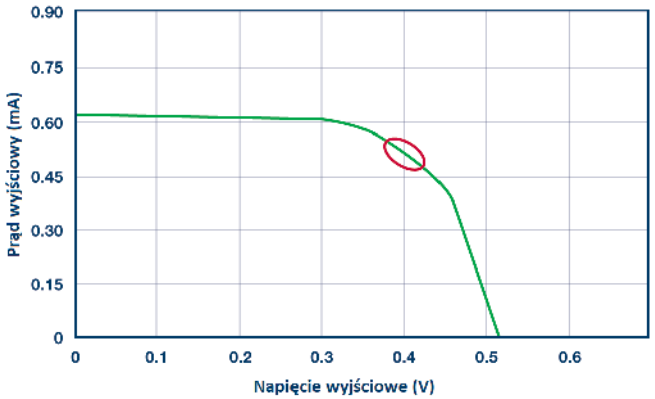
Sekcja przetwornicy DC/DC w ADP5090 jest dość interesująca. Ma ona pętlę regulacyjną, tak jak większość układów przetwornic impulsowych, nie reguluje ona jednak ani napięcia ani prądu wyjściowego. Pętla regulacji jest przede wszystkim skonfigurowana tak, aby stabilizować impedancję wejściową przetwornicy. Wynika to z charakteru ogniw fotowoltaicznych i innych źródeł energii, zbieranej z otoczenia.

Zachowanie typowego ogniwa fotowoltaicznego w funkcji natężenia i napięcia, pokazano na **rysunku 5**. W warunkach otwartej pętli, bez przepływu prądu, napięcie na ogniwie jest maksymalne. Następnie, gdy prąd zaczyna płynąć, napięcie spada. Przy bardzo wysokich prądach napięcie bardzo gwałtownie spada. W środku krzywej znajduje się punkt przegięcia, które jest punktem, w którym występuje maksymalna moc. Jest to punkt, w którym napięcie jest nadal stosunkowo wysokie, ale także, w którym pobierany jest dość duży prąd.

Aby działać w pobliżu maksymalnego punktu mocy szczytowej, układ musi cały czas śledzić ten punkt. Samo ustawienie stałej wartości prądu, którą jest pobierany z ogniwa, nie zadziała, ponieważ krzywa danego ogniwa słonecznego (rysunek 5) będzie się przesuwać w zależności od różnych warunków oświetlenia. Aby śledzić MPP (maksymalny punkt mocy szczytowej), układ ADP5090 przestaje przewodzić prąd na wejściu, sprawdza napięcie ogniwa słonecznego bez obciążenia, a następnie ustawia MPP na następne 16 sekund. Po upływie tego czasu kontrola napięcia w otwartej pętli jest wykonywana ponownie. Szesnaście sekund okazuje się być dobrym kompromisem między oddalaniem się od MPP a zbyt częstym przerywaniem zbierania energii.

Śledzenie MPP zapewnia, że maksymalizowana jest ilość energii, pobierana ze źródła, takiego jak ogniwo fotowoltaiczne lub generator termoelektryczny. Jednak jednostka zarządzania energią ma również dodatkowe zadania. Na przykład musi kontrolować napięcie wyjściowe. ADP5090 działa jak źródło prądu do ładowania superkondensatorów lub akumulatorów. Ten element jest ważny, gdyż

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 5. Wykres napięcia i prądu typowego ogniwa fotowoltaicznego

pozwala oddzielić pozyskiwanie energii od jej zużycia. Dzięki temu wiele systemów, które nie mają stałego źródła dostępnej energii, może zbierać i wykonywać określone zadania systemowe w określonych odstępach czasu. Na przykład czujnik w bezprzewodowej sieci czujników, który musi wysyłać wartości temperatury, co pięć minut. Jeśli czujnik jest zasilany ogniwem słonecznym, może nadal działać w czasie ciemności, dzięki zgromadzonej w ogniwach czy kondensatorach energii elektrycznej.

Dość popularna obecnie architektura omawianych systemów bazuje na dołączaniu pozyskiwania energii do systemów zasilanych baterią z ogniwami do magazynowania energii. Tego rodzaju produkty zawierające jednorazową baterię (bez możliwości ładowania) mogą przedłużyć żywotność systemu dzięki zbieraniu energii z otoczenia, co pozwala na oszczędzanie energii baterii. Zapewnia to wydłużony czas pracy bez pogorszenia niezawodności systemu. W przypadku systemów hybrydowych układy takie jak ADP5090 oferują możliwość sterowania ogniwem podstawowym. Gdy nie ma wystarczającej ilości zebranej energii, ścieżka zasilania jest kierowana do bezpośredniego zasilania obciążenia z baterii.

Kompletny stopień mocy do pozyskiwania energii, poza głównym układem scalonym do zbierania energii ADP5090 MPPT, zawiera także układ ADP5310. Jest to przetwornica impulsowa DC/DC, która bardzo wydajnie generuje dwa napięcia wyjściowe. Sprawność jest bliska 90% przy prądzie wyjściowym na poziomie 100 µA. Dodatkowo przetwornica ADP5310 ma również zintegrowany jeden przełącznik obciążenia. Ten klucz może być używany do wyłączania obciążeń, które w przeciwnym razie stale zużywałyby energię, nawet, gdy nie są używane.

Przetwornica obniżająca napięcie ADP5310 może przyjmować napięcia wejściowe do 15 V. Dzięki temu urządzenie może być używane bezpośrednio w generatorach napięcia przemiennego, takich jak generatory piezoelektryczne lub elektromagnetyczne. Potrzebny jest tylko mostek prostowniczy, a napięcie wyjściowe może być podawane bezpośrednio do ADP5310.

Obecnie dostępnych jest na rynku wiele układów scalonych do zarządzania zasilaniem, które zostały specjalnie zaprojektowane do użytku w zastosowaniach związanych z gromadzeniem energii i pozyskiwaniem jej z otoczenia. Umożliwiają one pracę systemów z mniejszymi systemami do zbierania energii lub umożliwiają wykorzystanie rozwiązań w zakresie systemów pozyskiwania energii, których nie można było zaprojektować jeszcze kilka lat temu. Projektanci systemów mają świetne pomysły, które są obecnie wdrażane i które będziemy mogli zobaczyć i podziwiać w niedalekiej przyszłości.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło: https://bit.ly/3If88a2

REKLAMA

Nie przegap interesujących materiałów w siostrzanym czasopiśmie

W grudniowym wydaniu „Elektroniki dla Wszystkich" między innymi:



Własna karta USB audio
Budowa własnej karty audio od podstaw to wyzwanie i okazja do zdobycia cennego doświadczenia. Nawet jeżeli nie planujesz takich działań, zapoznaj się z artykułem oraz z wnioskami, do jakich doszedł Autor.

Miernik wzmacniaczy operacyjnych. Realizacja i konfiguracja
Bardzo interesujący miernik, który pozwala zmierzyć wszystkie kluczowe parametry wzmacniaczy operacyjnych. Trzeba go jednak odpowiednio skonfigurować, co ułatwią opisane w artykule szablony.

Inteligentny dom także dla Ciebie. Smart Home – punkt centralny?
Inteligentny dom można zrealizować na wiele sposobów. W ostatnich kilku latach zmiany w tej dziedzinie wręcz wywróciły wcześniejsze koncepcje. Jaki będzie punkt centralny Twojego?

NanoVNA – wykonaj dokładne pomiary
NanoVNA straszy przy pierwszym kontakcie. Jeżeli się jednak nie zniechęcisz, możesz uzyskać bardzo dokładne wyniki pomiarów. Ale zależy to od kilku istotnych czynników, które omówimy.

Efekt świąteczny z diodami RGB
Układ, który powstał z potrzeby chwili. Moduł ESP12 połączony został z NeoPixel Ring60 – matrycą 60 programowalnych diod WS2812B. Dzięki gotowej bibliotece NodeMCU powstała ozdoba oferująca kilkanaście atrakcyjnych efektów świetlnych.

Ponadto w numerze:
- Filozofia sieci. Epilog
- Powolny ściemniacz–rozjaśniacz oświetlenia 1 V
- Akumulatory kwasowo-ołowiowe
- Szkoła Konstruktorów:
  - Wykorzystanie gotowego modułu pomiarowego AC
  - Mając do dyspozycji napięcie stałe 12...14 V zaproponuj sposób zasilania dwóch łańcuchów diod LED o napięciu około 30...40 V, najlepiej niezależnie za pomocą przewodu trzyżyłowego

ELPORTAL.pl

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

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

Budujemy mosty

– czyli mostki pomiarowe w elektronice (1)

Pomiary wartości fizycznych stawiają przed elektroniką wiele wyzwań. Wiele z nich można rozwiązać stosowaniem technik cyfrowych. Jednak coraz doskonalsze przetworniki analogowo-cyfrowe, czy procesory z mocą obliczeniową zdolną do cyfrowego przetwarzania sygnałów w czasie rzeczywistym, nie zastąpią poprawnie zaprojektowanego toru analogowego w kluczowym miejscu systemu pomiarowego.

Jedną z często stosowanych topologii w układach analogowych jest tzw. mostek. W poniższym artykule oraz kolejnych jego częściach omówimy, czym są i jak stosuje się układy pomiarowe w postaci mostka. Tego rodzaju elementy stosowane są, jako elementy systemów elektronicznych w torach pomiarowych z różnego rodzaju sensorami, ale także jako elementy warsztatowych urządzeń pomiarowych, służących do pomiaru np. rezystancji. O ile, jako układy pomiarowe stosowane są coraz rzadziej, to jako element toru analogowego, topologia mostka stosowana jest cały czas w bardzo szerokim zakresie.

Czym jest mostek pomiarowy

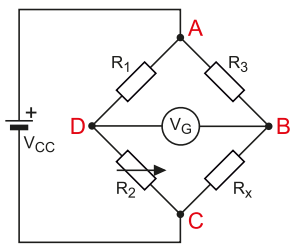
Każdemu elektronikowi znany powinien być układ prostujący – mostek Graetza. Są to diody umieszczone w konfiguracji mostka, które w takim układzie działają, jako prostownik dwupołówkowy. Tak właśnie wyglądają elementy w topologii mostka. Na **rysunku 1** został pokazany uogólniony, najprostszy schemat mostka pomiarowego. Jest to wymyślony w latach 30. XIX wieku Mostek Wheatstone'a. Składa się on z czterech oporników (R1...R4) połączonych w kwadrat ABCD.

W podstawowej konfiguracji jeden z oporników ma nieznaną rezystancję – R_X, a analogiczny opornik w drugim ramieniu jest zmienny. Przeanalizujmy działanie tego układu. Pomiędzy punktami A oraz C przyłożone jest napięcie wzbudzenia VCC. Pomiędzy punkty B oraz D podłączony jest galwanometr/woltomierz. Załóżmy, że prąd przez niego płynący jest o wiele mniejszy, niż prąd płynący przez oporniki R_1+R_2 oraz R_3+R_X. W takiej sytuacji prąd I_G, płynący przez galwanometr można pominąć, a ona ramiona mostka potraktować niezależnie, jako dwa dzielniki napięcia, zasilane VCC. W ten oto sposób:

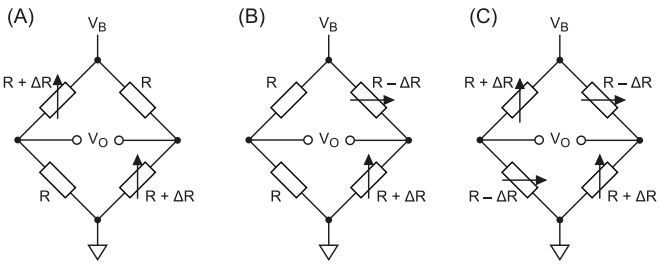
$$V_{DC} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC}$$

$$V_{BC} = \frac{R_X}{R_3 + R_X} \cdot V_{CC}$$

To oznacza, że napięcie mierzone przez galwanometr pomiędzy punktami B oraz D – zwane napięciem niezrównoważenia – równe jest:



Rysunek 1. Uogólniony, najprostszy schemat mostka pomiarowego



Rysunek 2. Mostki Wheatstone'a a, b) z dwoma sensorami oraz c) z czterema sensorami

$$V_{DC} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_X}{R_3 + R_X} \right) \cdot V_{CC}$$

Dla uproszczenia przyjmijmy ze R_1=R_2=R_3=R, a dodatkowo R_X=R+ΔR. W takiej sytuacji napięcie niezrównoważenia równe będzie:

$$V_G = \frac{V_{CC}}{4} \left(\frac{\Delta R}{R + \frac{\Delta R}{2}} \right)$$

Jest to o wiele prostsza zależność, jednak ma nadal jedną kluczową trudność – nie jest liniowa. O ile w ograniczonym zakresie niewielkich ΔR może nie być to problemem, to, jeżeli konieczny jest pomiar w szerszym zakresie zmian rezystancji, konieczna może być software'owa linearyzacja lub… drobna zmiana w topologii układu.

Mostek z wieloma opornikami zmiennymi

Aby poprawić liniowość mostka lub też zwiększyć jego czułość można zmodyfikować topologię mostka i dodać dodatkowe sensory. Jeśli zamiast jednego, dwa lub cztery ramiona mostka zmieniać będą swoją rezystancję, napięcie niezrównoważenia będzie zmieniać się bardziej liniowo i z o wiele silniejszą zależnością od tych zmian. Na **rysunku 2** pokazano trzy topologie mostka Wheatstone'a z dwoma (a i b) lub czterema (c) zmiennymi rezystancjami. Dla uproszczenia, nadal utrzymano konwencję równych oporników o rezystancji R i sensorów o rezystancji R±ΔR. Dla mostka z rysunku 2a napięcie niezrównoważenia opisane jest równaniem:

$$V_G = \frac{V_{CC}}{2} \left(\frac{\Delta R}{R + \frac{\Delta R}{2}} \right)$$

Jak widać, dodanie drugiego sensora pozwala zwiększyć dwukrotnie odpowiedź systemu, co jest intuicyjnie poprawne. Z drugiej strony, jak pokazano na rysunku 2b dodanie drugiego opornika zmiennego o przeciwnej charakterystyce (gdy jednego rezystancja rośnie, drugiego spada), pozwala zlinearyzować odpowiedź napięcia niezrównoważenia, co oznacza, że równe jest ono:

$$V_G = \frac{V_{CC}}{2} \left(\frac{\Delta R}{R} \right)$$

Jedynym problemem z wykorzystaniem architektury tego rodzaju, jest konieczność posiadania elementu o odwrotnej charakterystyce. Nie zawsze jest to możliwe. Można takie podejście zrealizować

eprasa.pl b682cee0b1

np. z tensometrami, jeśli umieścimy je tak, że jeden jest rozciągany, a drugi ściskany. Taka sama sytuacja ma miejsce z termistorami, z tym, że w układzie takim można zastosować dwa oporniki o odmiennych charakterystykach termicznych – PTC i NTC. W takiej sytuacji, przy np. wzroście temperatury rezystancja jednego spada, a drugiego rośnie. Jeśli mamy możliwość zastosować dwie pary takich sensorów, to napięcie niezrównoważenia będzie jeszcze mocniej zmieniało się w funkcji ΔR:

$$V_G = V_{CC}\left(\frac{\Delta R}{R}\right)$$

Implementacja tego rodzaju ma oczywiście także swoje wady, należą do nich między innymi:

- wyższa cena – potrzebne jest więcej sensorów, które mogą być bardzo drogie;
- większy poziom skomplikowania układu – instalacja i dobór oporników w układzie jest o wiele prostszy, niż montaż sensorów;

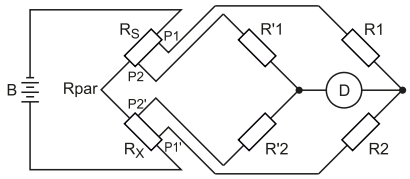
Ma także pewne nieoczywiste zalety, o których nie wspominaliśmy powyżej, są to między innymi:

- kompensacja zmian np. termicznych, w przypadku sensorów, które mierzą inne własności fizyczne, ale są podatne również na zmiany temperatury (np. tensometry). Jeśli tylko wszystkie elementy utrzymane są w tej samej temperaturze, to ich rezystancja zmienia się wspólnie, wraz ze zmianami temperatury;
- ułatwione jest projektowanie systemu, gdyż zredukowana jest liczba elementów, które znajdują się w systemie;
- zmniejszają się wymagania, dotyczące dalszego toru analogowego, jako, że napięcie niezrównoważenia jest wyższe i liniowo zależne od zmiany rezystancji, co oznacza, że sygnał jest mniej podatny na zakłócenia i szum w pomiarze, a także wymaga mniejszego wzmocnienia czy filtracji sygnału, zmniejszając wymagania, dotyczące toru sygnałowego systemu.

Modyfikacje motka Wheatstone'a

Dziwnym było by, aby przez niemal 200 lat ludzkość nie wymyśliła żadnej innowacji w zakresie mostków pomiarowych. Powstało wiele różnych pochodnych mostka Wheatstone'a, które mają oczywiście swoje istotne zastosowania. Często są to zastosowania bardziej niszowe, na przykład pomiar niewielkich rezystancji, jednak ma to istotną implikację w wielu układach.

Klasyczną modyfikacją jest mostek Kelvina, którego uproszczony schemat został pokazany na **rysunku 3**. Dodaje on dodatkowe dwa oporniki, opisane na rysunku, jako R_S oraz R_X, które podłączone są w tzw. konfiguracji Kelvina, czyli czteroprzewodowej. To konfiguracja, w której do mierzonego elementu (w tym przypadku rezystora) dołączane



Rysunek 3. Mostek Kelvina

są wie pary przewodów – jedne prądowe, a drugie napięciowe, co pozwala na uniknięcie wpływu spadku napięcia na rezystancji przewodów na pomiar. Jest to szczególnie istotne dla ustrojów pomiarowych mających do czynienia z małymi rezystancjami – mostek Kelvina jest typowym przykładem takiego ustroju, jako że przeznaczony jest do pomiarów rezystancji poniżej 1 Ω.

W przypadku tego rodzaju mostka, najciekawszym rozwiązaniem jest czteroprzewodowe podłączenie rezystorów. Często stosowane jest np. w systemach do pomiaru prądu. Z uwagi na to, topologia tego rodzaju zostanie omówiona w osobnej części cyklu.

Inną klasą mostków, są mostki zmiennoprądowe. Są to układy, w których wzbudzenie przykładane do mostka jest napięciem zmiennym (na ogół o ściśle określonej częstotliwości), a rezystory w mostku są zastąpione np. elementami indukcyjnymi lub pojemnościowymi. Mostkom zmiennoprądowym poświęcona zostanie osobna część cyklu. Mimo iż mogą się wydawać podobne, mają szereg wyróżniających się aspektów.

W kolejnej części cyklu przyjrzymy się dokładniej układom elektronicznym, jakie są przeznaczone do współpracy z mostkami. Chodzi tutaj o szeroką grupę wzmacniaczy różnicowych i wzmacniaczy pomiarowych, których parametry dostosowane są do pracy właśnie z takimi elementami. W drugiej części omówimy sposób działania tych układów, typowe topologie, a także to, jak projektować i na co zwracać uwagę przy takich systemach.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:

- https://bit.ly/3oSZ1mV
- Wikipedia
- Reza Moghimi, „Adjustable, High Voltage Supply Combines Precision and Repeatability for Sensor Bias Applications", Analog Dialogue 38, maj 2004.
- Precision Analog Applications Seminar, Bridge Measurement Sensor – Materiały firmy Texas Instruments.
- Peter Semig, Collin Wells, Miro Oljaca, „Design tips for a resistive-bridge pressure sensor in industrial process-control systems", Analog Applications Journal 3, 2015.

Świat projektantów i programistów
dla elektroniki w nowej odsłonie.
Odwiedź nowy
ELPORTAL.pl
www.elportal.pl

eprasa.pl b682cee0b1

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (10)

Wielofunkcyjne front-endy biomedyczne (2)

W tym miesiącu kontynuujemy przegląd układów AFE, przeznaczonych do realizacji wielokanałowych pomiarów biomedycznych. Warto dodać, że skupiamy się jedynie na pozycjach o aktywnym statusie sprzedaży, gdyż dokładny przegląd tego dynamicznego rynku jasno wskazuje, że istnieje niemała grupa układów już wycofanych (lub właśnie wycofywanych) z dystrybucji.



Wszystkie poprzednie odcinki znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

MT2511

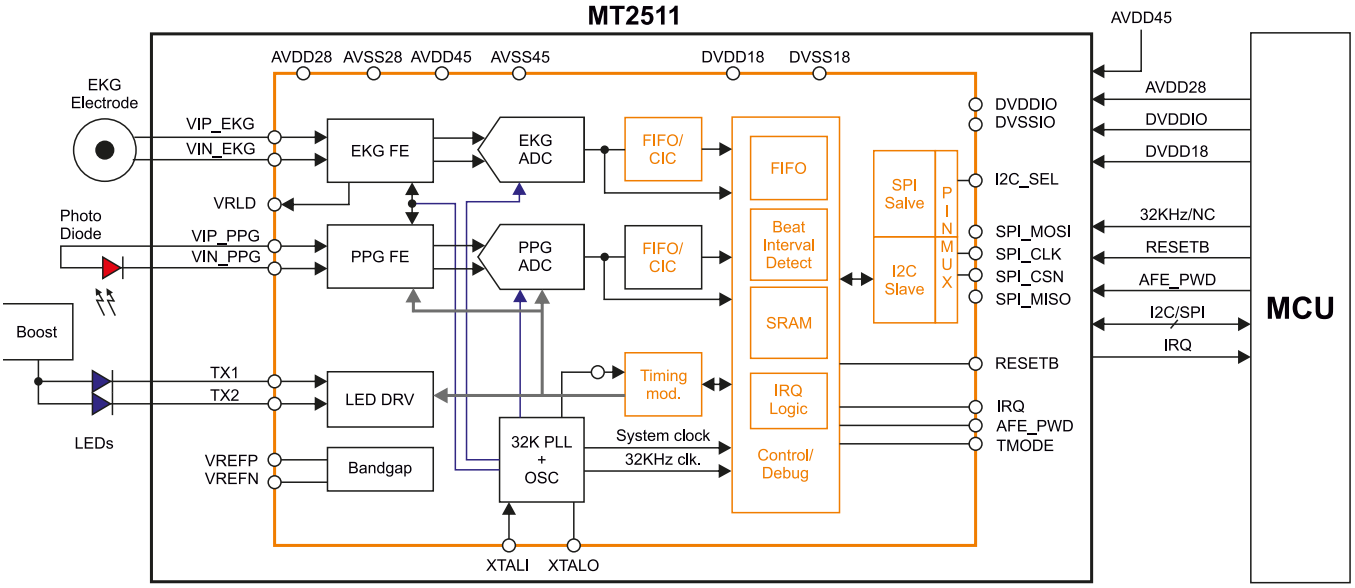
Marka MediaTek jest kojarzona głównie z wydajnymi procesorami przeznaczonymi do urządzeń mobilnych – w listopadzie 2021 roku wokół tajwańskiej firmy znów zrobiło się głośno za sprawą serii 4-nanometrowych procesorów ARM Cortex-X2 o nazwie Dimensity 9000. Uważne przestudiowanie oferty jednego z ważniejszych graczy na rynku nowoczesnych półprzewodników pokazuje jednak, że wśród dostarczanych przez niego układów scalonych można znaleźć także niewielki, stosunkowo prosty konstrukcyjnie front-end biomedyczny o nazwie MT2511 [1]. Schemat blokowy układu został pokazany na **rysunku 1**.

Tajwański front-end wyróżnia się wśród swoich konkurentów przede wszystkim dość ciekawym rozwiązaniem, polegającym na rozdzieleniu wbudowanej pamięci SRAM na trzy bloki, przeznaczone do obsługi kanałów EKG (1 kB), PPG (2 kB dla dwóch torów sprzętowych) oraz detektora częstości tętna (1 kB), bazującego na sygnałach PPG. Uważni Czytelnicy zaznajomieni z układami AFE opisanymi w poprzednich odcinkach Poradnika Implementacji, przeglądając opis parametrów MT2511, mogą doświadczyć tzw. „mieszanych uczuć". Z jednej strony układ może pochwalić się dość sporą ilością pamięci SRAM i przeszło 100-miliamperowymi wyjściami prądowymi do sterowania diodami LED w topologii push-pull lub mostka H (dzięki czemu chip wspiera klasyczne sensory pulsoksymetryczne dostępne na rynku), z drugiej zaś wbudowany wzmacniacz pomiarowy toru EKG oferuje współczynnik CMRR na bardzo przeciętnym poziomie 85 dB (dla porównania, topowa seria front-endów ADS12xx marki Texas Instruments osiąga CMRR wyższy aż o 35 dB!). Można jednak uznać, że w przypadku układu przeznaczonego do zastosowań ubieralnych (a tak należy klasyfikować front-end MediaTek z uwagi na wymiary obudowy WLCSP równe 3,1×3,4 mm, obecność wbudowanego oscylatora 32 kHz i optymalizację nastawioną na minimalizację poboru prądu) współczynnik tłumienia sygnału współbieżnego nie jest parametrem aż tak krytycznym, jak ma to miejsce w przypadku klinicznych urządzeń stacjonarnych lub holterów (istotne znaczenie zyskuje tutaj m.in. długość przewodów elektrod, które w przypadku urządzeń klasy wearable są zwykle zintegrowane z niewielką obudową urządzenia).

AS7030B

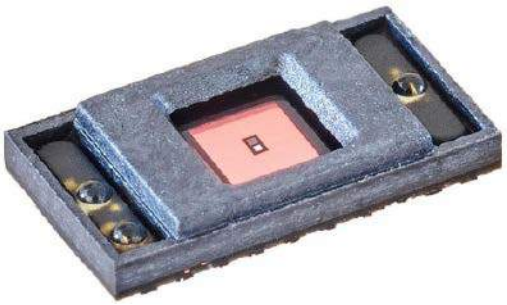
Firma AMS, specjalizująca się w wysoko zaawansowanych technologiach sensorycznych, opracowała serię czterech front-endów biomedycznych AS70xxxB, z których – w momencie pisania niniejszego artykułu – trzy mają status aktywny (AS7030B, AS7038GB i AS7038RB), zaś jeden (AS7026GG) jest już wycofywany ze sprzedaży.

Układ AS7030B należy do układów hybrydowych co oznacza, że oprócz właściwej struktury krzemowej uwzględnia także wbudowane diody LED oraz macierz fotodiod. Front-end, którego schemat

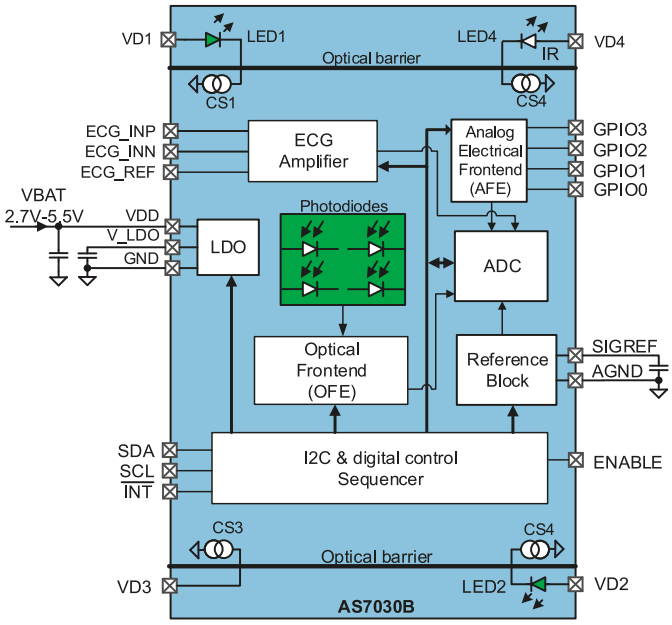


Rysunek 1. Schemat blokowy układu MediaTek MT2511

eprasa.pl b682cee0b1



Fotografia 1. Obudowa układu AS7030B (https://ams.com/as7030b)

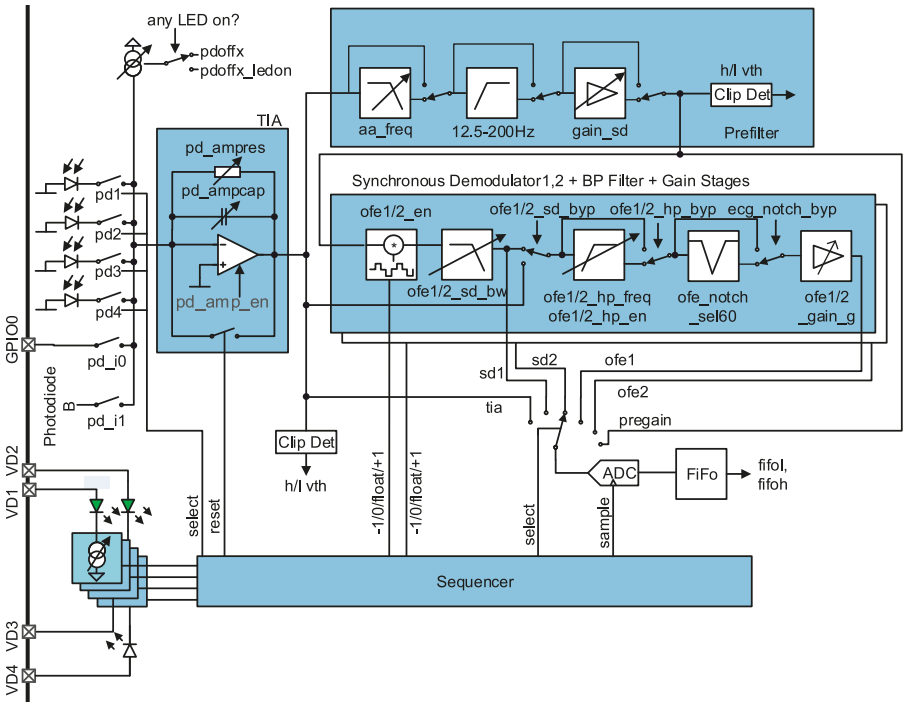


Rysunek 2. Schemat blokowy układu AS7030B marki AMS

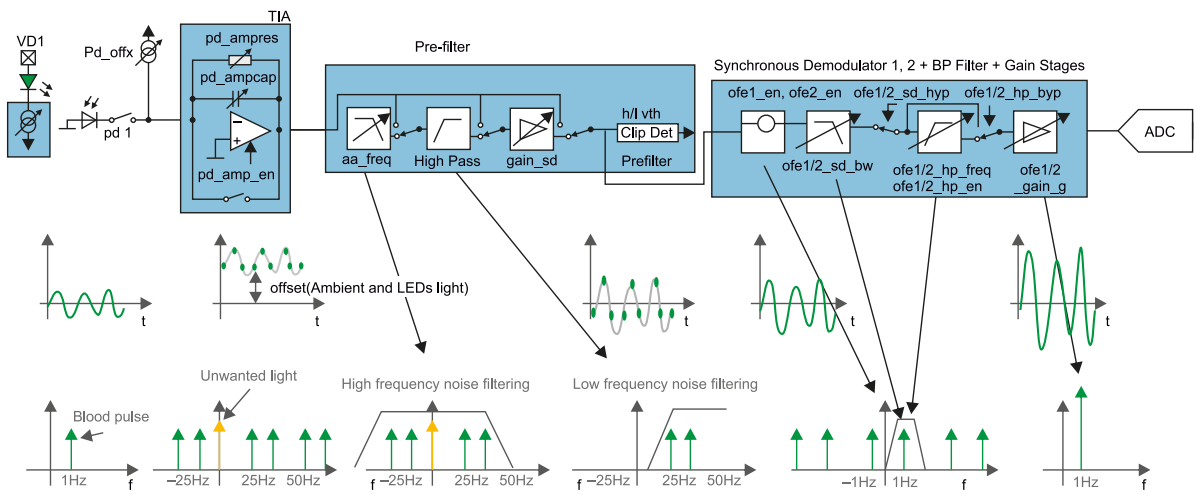
blokowy został pokazany na **rysunku 2**, zawiera dwie wbudowane diody LED o barwie zielonej, rozmieszczone symetrycznie po obu stronach obudowy (**fotografia 1**) oraz jeden nadajnik podczerwieni – i z tego względu nie nadaje się w swojej podstawowej postaci do aplikacji pulsoksymetrycznych (warto dodać, że można do tego celu zastosować dodatkowe, czwarte źródło prądowe, którego wyjście jest wyprowadzone na jeden z pinów obudowy). Podstawowym przeznaczeniem układu są pomiary częstotliwości i zmienności tętna (HR, HRV), a także estymacja ciśnienia krwi na podstawie opóźnień pomiędzy sygnałem EKG, a falą tętna rejestrowaną metodą fotopletyzmograficzną.

Tor pomiarowy PGG

Schemat rozbudowanego toru optycznego układu AS7030B został pokazany na **rysunku 3**, zaś zastosowaną w nim metodologię przetwarzania sygnałów w domenie czasu i częstotliwości prezentuje **rysunek 4**. Sercem bloku jest oczywiście cyfrowo przestrajany (7 stopni) wzmacniacz transimpedancyjny (TIA), współpracujący z multiplekserem umożliwiającym pomiar prądu czterech wielkopowierzchniowych fotodiod (PD1...PD4) z zielonymi filtrami optycznymi, jednej fotodiody z filtrem podczerwieni (PD B) lub jednej fotodiody zewnętrznej podłączonej, co ciekawe – do linii GPIO0. Wyjście wzmacniacza TIA jest połączone z własnym detektorem przesterowania (TIA Clip Det) [2] oraz stopniem kondycjonowania sygnału, zbudowanym z filtra dolnoprzepustowego, górnoprzepustowego oraz układu PGA. Po wstępnym przefiltrowaniu i wzmocnieniu, sygnały trafiają następnie na wejścia dwóch identycznych demodulatorów synchronicznych, dla których sygnał referencyjny dostarczany



Rysunek 3. Schemat toru optycznego front-endu AS7030B



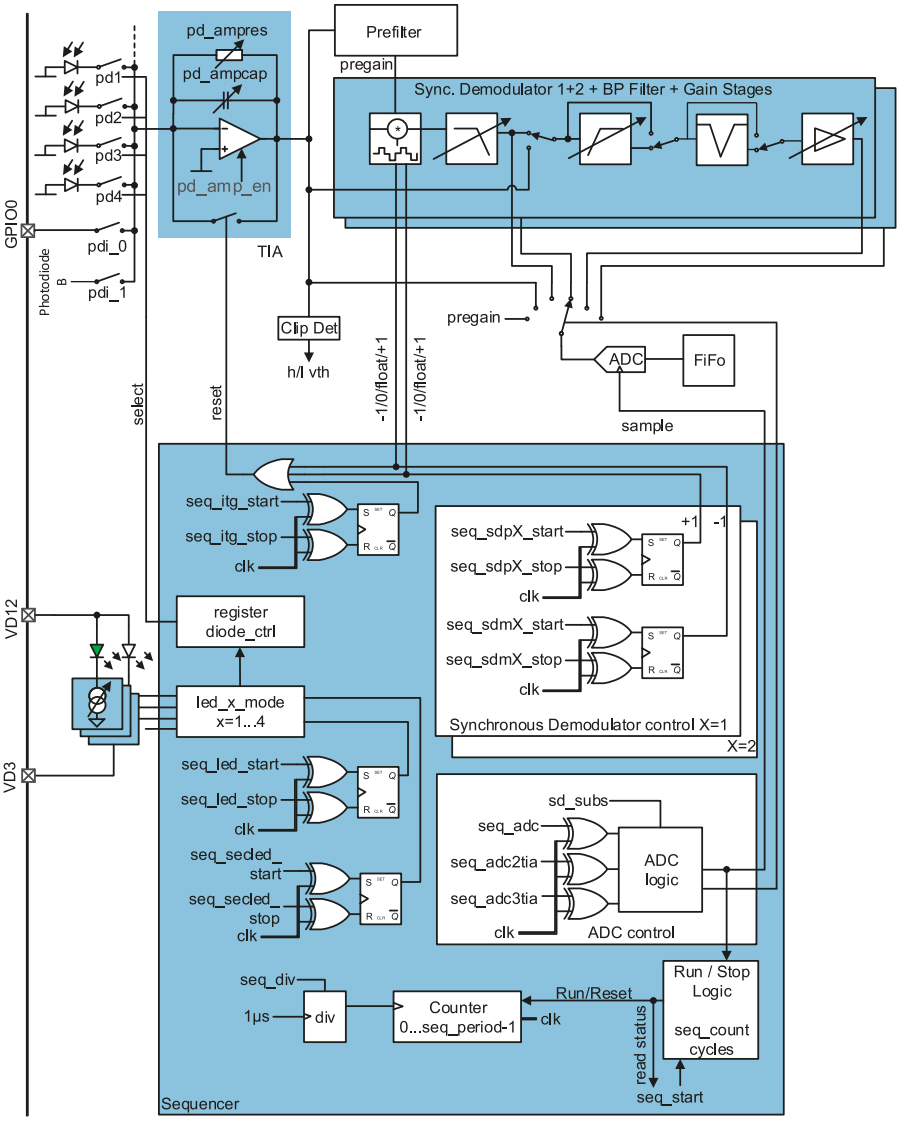
Rysunek 4. Schematyczne przedstawienie sposobu obróbki sygnałów w torze optycznym front-endu AS7030B

eprasa.pl b682cee0b1

jest z wbudowanego sekwensera cyklu pomiarowego. Wyjście każdego z obydwu bloków mieszacza połączono z odpowiadającym mu zespołem filtrów, zawierającym także dodatkowy filtr wycinający z możliwością cyfrowego przestrojenia na pasmo 50 lub 60 Hz.

Warto dodać, że wśród kilkudziesięciu rejestrów omawianego front-endu większość służy do sterowania niezwykle elastycznym, w pełni konfigurowalnym sekwenserem, którego schemat funkcjonalny został pokazany na **rysunku 5**. Rejestry oznaczone seq_xxxx pozwalają na precyzyjne ustalenie przebiegów czasowych, taktowanych przez 8-bitową podstawę czasu z ustawianym cyfrowo preskalerem dla sygnału odniesienia o częstotliwości 1 MHz. Użytkownik może niemal dowolnie wybrać przedziały czasowe, w jakich włączone będą poszczególne diody LED, a także w jakich odbędzie się całkowanie sygnału. Ustawieniu podlegają ponadto czasy, w których blok demodulatora synchronicznego będzie pracował z dodatnim, a w których – z ujemnym wzmocnieniem.

Pomimo pozornej prostoty układów z serii AS70xx, firma AMS zastosowała w nich szereg interesujących rozwiązań technologicznych, nierzadko wykraczających poza funkcjonalność konkurencyjnych front-endów PPG/SpO2. Jednym z nich jest użycie wbudowanego konwertera prąd-częstotliwość (**rysunek 6**), stosowanego w roli czujnika zbliżeniowego. Układ może wykorzystywać dowolną z pomiarowych fotodiod PD1...4 i PD B, zaś jeżeli wszystkie ww. fotoelementy są wykorzystywane przez aplikację użytkownika, do wykrywania zbliżenia czujnika do skóry może być zaangażowana szósta, wbudowana fotodioda (PD A), pozbawiona filtrów optycznych i umieszczona obok fotodiody PD B – na środku matrycy optycznej (**rysunek 7**).

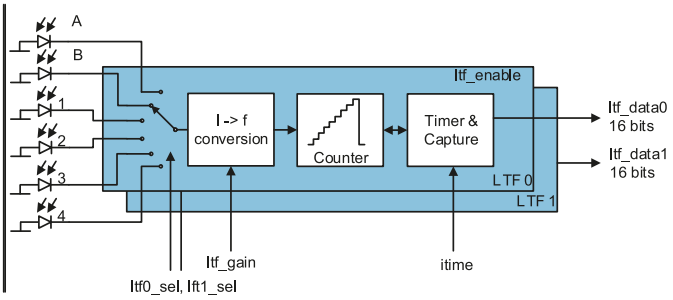


Rysunek 5. Schemat funkcjonalny sekwensera cyklu pomiarowego front-endu AS7030B

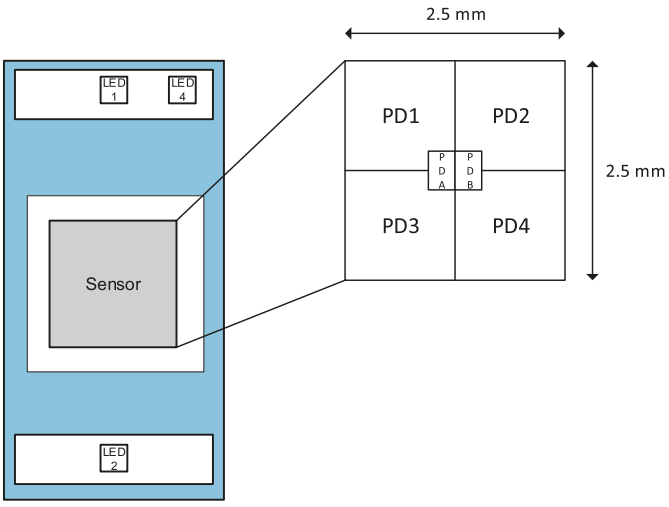
Innym ciekawym rozwiązaniem zastosowanym przez firmę AMS okazuje się sposób realizacji wzmocnienia wzmacniacza transimpedancyjnego, bazujący na rezystancyjnym lub pojemnościowym sprzężeniu zwrotnym (**rysunek 8**). Podczas gdy sprzężenie rezystancyjne pozwala na uzyskanie ciągłego sygnału wyjściowego, wersja z przestrajanym kondensatorem generuje sygnał impulsowy o amplitudzie zależnej nie tylko od właściwego sygnału (prądu fotodiody), ale także (liniowo) od czasu całkowania i (odwrotnie proporcjonalnie) od pojemności kondensatora.

Tor pomiaru sygnałów elektrycznych

Druga część front-endu AS7030B została zbudowana jako trzy identyczne tory pomiarowe, z których każdy bazuje na regulowanym wzmacniaczu napięciowym, układzie polaryzacji wejścia z przetwornikiem DAC oraz przesuwnikiem poziomów (także na osobnym przetworniku DAC). Schemat pojedynczego toru pomiarowego został pokazany na **rysunku 9**. W roli wejść mogą występować zarówno wyprowadzenia GPIO0...3, jak i port ECG_REF, zaś za przełączanie poszczególnych linii odpowiada matryca multiplekserów analogowych. Zakres dostępnych do ustawienia wzmocnień wynosi 1 V/V... 64 V/V i wykorzystuje przyrosty potęgowe (tj. 1, 2, 4, 8, itd.). Bardzo elastyczna i w pełni

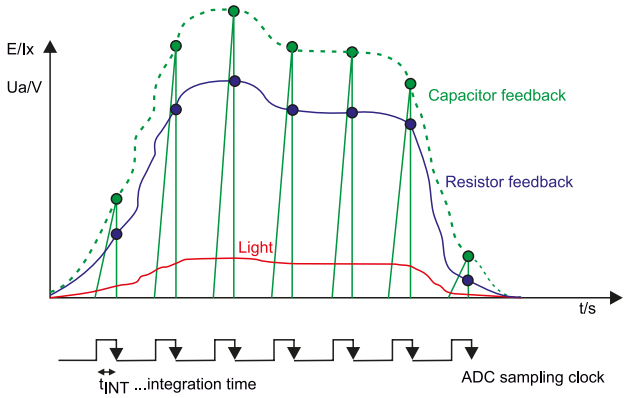


Rysunek 6. Schemat bloku konwertera prąd-częstotliwość front-endu AS7030B



Rysunek 7. Rozmieszczenie fotodiod w środkowej części obudowy układu AS7030B

eprasa.pl b682cee0b1

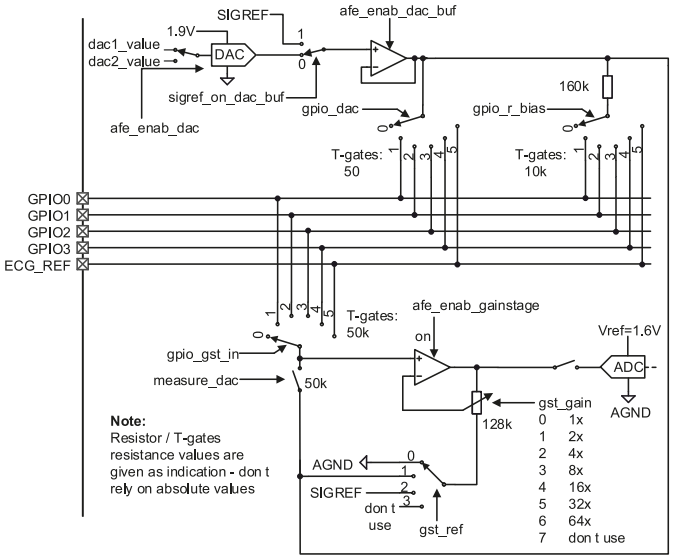


Rysunek 8. Porównanie sygnałów dla wzmacniacza TIA z rezystancyjnym i pojemnościowym sprzężeniem zwrotnym

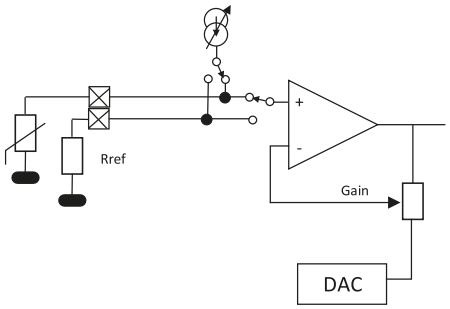
konfigurowalna struktura tej części front-endu umożliwia współpracę z różnego rodzaju czujnikami analogowymi, wyposażonymi w wyjścia napięciowe (np. scalone czujniki temperatury), a także prostymi sensorami rezystancyjnymi. Co ważne, układ wspiera nawet pomiary różnicowe z wykorzystaniem stałej rezystancji referencyjnej (**rysunek 10**), zaś wysoka impedancja wejść wzmacniaczy, w powiązaniu z możliwością bezpośredniego doprowadzenia sygnału do wzmacniacza, pozwala na pracę ze źródłami słabych sygnałów.

Tor biosygnałowy EKG

Doskonale przemyślany tor biosygnałowy front-endu AS7030B (jego schemat zamieszczono na **rysunku 11**) stanowi bezpośrednią odpowiedź na najczęściej spotykane problemy podczas pomiaru sygnałów EKG narażonych na liczne artefakty, związane zarówno z zakłóceniami sieciowymi, jak i dryfem izolinii oraz obecnością sygnałów pochodzenia fizjologicznego. Pierwszy stopień wzmocnienia, oparty na wzmacniaczu pomiarowym o niskim poziomie szumów i niewielkim prądzie polaryzacji wejść (zwykle na poziomie 1 nA), oferuje niewielki zakres regulacji równy 1...4 V/V – kolejny układ PGA znajduje się dopiero za filtrem górnoprzepustowym o częstotliwości progowej 0,33 Hz. Zabieg taki pozwala na optymalizację wykorzystania zakresu dynamiki przetwornika ADC przy jednoczesnym zwiększeniu odporności na efekty nasycenia wzmacniacza przez artefakty o dużej amplitudzie. Warto zauważyć, że do tego miejsca całość przetwarzania sygnału odbywa się w sposób różnicowy – dopiero podłączony do wyjścia drugiego PGA (G2) wzmacniacz różnicowy o wzmocnieniu jednostkowym przetwarza sygnał do postaci niezbalansowanej. Kolejne bloki to filtr wycinający o częstotliwości sieciowej oraz zespół filtrów dolnoprzepustowych: pierwszego (40...200 Hz) oraz drugiego (800 Hz), pełniącego rolę filtra antyaliasingowego.

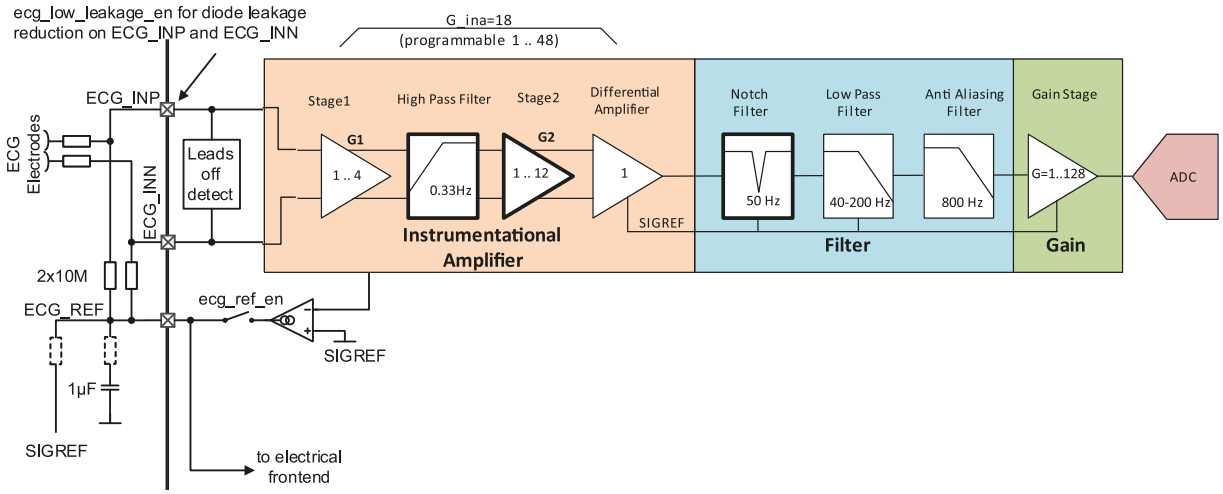


Rysunek 9. Schemat części „elektrycznej" front-endu AS7030B



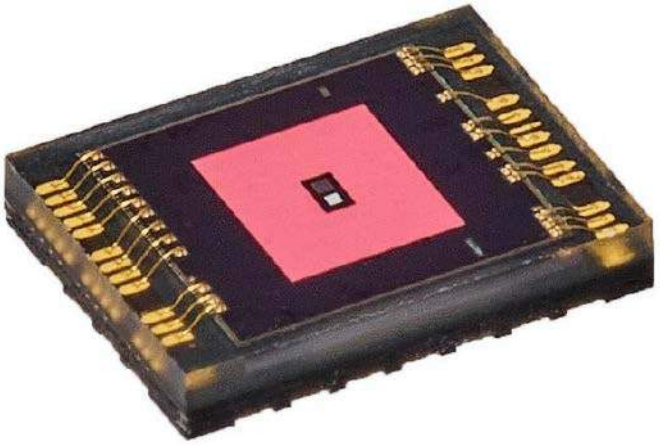
Rysunek 10. Przykład zastosowania toru pomiarów elektrycznych do określenia rezystancji termistora przy użyciu zasilania stałoprądowego, rezystancji odniesienia i układu przesuwnika na bazie konwertera DAC

Ostatnim elementem toru przetwarzania EKG, przed wejściem przetwornika ADC, jest wzmacniacz PGA o zakresie od 1 do 128 V/V. Omawiany tor pomiarowy zawiera rzecz jasna – będące już dziś standardem – obwody detekcji odłączenia elektrod (lead off) i wzmacniacz sygnału referencyjnego, pełniący rolę galwanicznego punktu odniesienia (określenie ECG Reference Feedback Amplifier, jak i sposób przedstawienia go na schematach funkcjonalnych, sugeruje analogię do spotykanego w większości front-endów EKG wzmacniacza RLD). Warto dodać, że producent dołożył starań, by zapewnić zgodność parametrów toru biosygnałowego z wymaganiami normy szczegółowej dla elektrokardiografów (IEC 60601-2-47).



Rysunek 11. Tor pomiaru biosygnałów EKG front-endu AS7030B

eprasa.pl b682cee0b1



Fotografia 2. Układ AS7038RB/GB (https://ams.com/as7038gb)

AS7038GB/AS7038RB

Pozostali członkowie rodziny front-endów AS703x różnią się od opisanego wcześniej AS7030B brakiem wbudowanych diod LED – zamiast nich użytkownik ma dostępne do dowolnego zastosowania cztery kanały wyjść prądowych, dzięki czemu może skorzystać ze zmniejszonych względem AS7030B rozmiarów obudowy (OLGA-22, **fotografia 2**). Co ważne, wszystkie trzy układy z tej rodziny są kompatybilne pod względem funkcjonalnym, dlatego mogą być używane w połączeniu ze wspólną płytką ewaluacyjną, do której wpinane są wymienne moduły z poszczególnymi front-endami i ew. zewnętrznymi diodami LED (**fotografia 3**). Układy AS7038 w wersji RB i GB różnią się natomiast zastosowanymi filtrami optycznymi fotodiod – wersja RB ma filtry czerwone, podczas gdy odmiana GB stanowi „okrojoną" wersję AS7030B (bez wbudowanych diod LED).

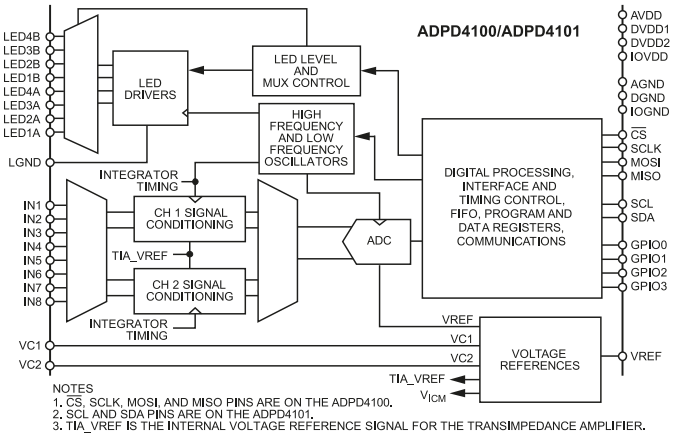
ADPD4000/ADPD4001/ADPD4100/ADPD4101

Rodzina front-endów Analog Devices, oznaczona symbolem ADPD4x0x, obejmuje cztery modele wielomodalnych układów pomiarowych, dostępnych w 33- i 35-wyprowadzeniowych obudowach WLCSP. Wszystkie zawierają po wyjść do sterowania macierzą diod LED (7-bitowe, cyfrowo przestrajane źródła prądowe o wydajności do 200 mA), 8 wejść analogowych oraz szereg bloków służących do kondycjonowania sygnałów mierzonych. Układy ADPD4000 i ADPD4100 komunikują się z procesorem nadrzędnym za pomocą interfejsu SPI, zaś ADPD4001 i ADPD4101 – I²C. Inną istotną różnicą funkcjonalną jest wsparcie dla pomiarów zbliżeniowych w układach ADPD410x. W naszym opisie przedstawimy wybrany, reprezentatywny przykład w postaci układu ADPD4100.

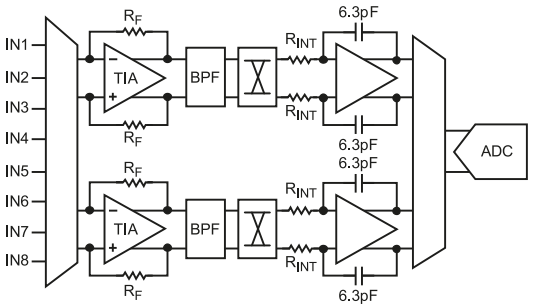
Uproszczony schemat funkcjonalny front-endu został pokazany na **rysunku 12**. Potężny blok kilkuset rejestrów konfiguracyjnych



Fotografia 3. Widok zestawu ewaluacyjnego dla układów z serii AS703x z podłączonym modułem, wyposażonym we wbudowany front-end (czarna płytka po prawej stronie PCB, https://bit.ly/3pmZw8K)



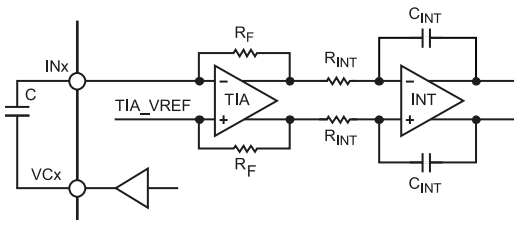
Rysunek 12. Uproszczony schemat blokowy front-endów ADPD4100/ADPD4101



Rysunek 13. Schemat toru analogowego we front-endach ADPD4100/ADPD4101

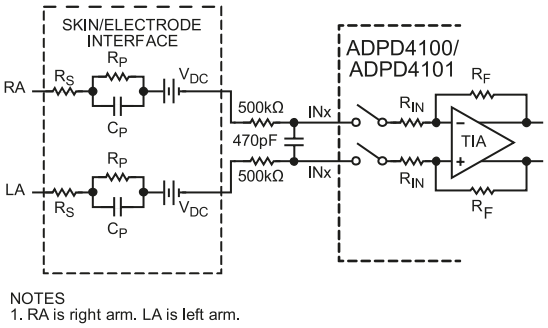
umożliwia elastyczne ustawienie wielu topologii pomiarowych, korzystających ze wspólnego, 14-bitowego przetwornika ADC i przełączanych za pomocą rozbudowanych multiplekserów. Możliwy jest pomiar w trybie wejść pojedynczych lub różnicowych, przy czym multiplekser obsługuje dwa niezależne tory wejściowe. Każdy z nich składa się ze wzmacniacza TIA, filtru pasmowoprzepustowego (BPF) oraz integratora, zaś cały tor pracuje w pełni różnicowo (**rysunek 13**). Układ jest zdolny do pracy z częstotliwościami próbkowania od 4 mHz do 9 kHz, zaś maksymalny odstęp sygnał-szum wynosi 100 dB.

Co ciekawe, inżynierom firmy Analog Devices udało się tak dopracować parametry układu, że front-end – pozornie przeznaczony tylko do pomiarów fotometrycznych – może z równą skutecznością współpracować z czujnikami o wyjściu napięciowym, a także… prowadzić akwizycję sygnałów EKG bądź pomiary pojemności. Przykładowe aplikacje zostały pokazane na **rysunkach 14** i **15**. Pierwszy z nich to układ z modulowanym wyjściem pobudzającym mierzoną pojemność C. Prąd przepływający przez pojemność jest kierowany wprost na wejście wzmacniacza TIA i dalej na wejście integratora. Na rysunku 15 pokazano natomiast układ akwizycji EKG z wykorzystaniem zewnętrznej sieci dyskretnych elementów RC. Rolą kondensatora jest całkowanie sygnału napięciowego z elektrod kończynowych (RA, LA); sygnał ten jest następnie próbkowany przez front-end przez krótki czas, narzucony przez wbudowany sekwenser. Co ważne, układ ten, pracujący



Rysunek 14. Topologia używana do pomiaru pojemności z wykorzystaniem układu ADPD4100/ADPD4101

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 15. Pomiar biosygnałów (EKG) z zastosowaniem układu ADPD4100/ADPD4101

w tzw. trybie Sleep Float Mode (kondensator jest odłączony od front-endu przez większość cyklu pomiarowego) umożliwia współpracę zarówno z mokrymi elektrodami EKG (tj. połączonymi ze skórą pacjenta przez warstwę żelu elektrolitycznego), jak i suchymi elektrodami (spotykanymi głównie w aplikacjach akwizycji sygnału EKG z palców pacjenta).

Podsumowanie

Powyższa prezentacja front-endów medycznych kończy tę część Poradnika Implementacji. Zaprezentowaliśmy tym samym spory fragment rynku układów AFE, które swoje zastosowania znajdują głównie w ubieralnych układach medycznych i sportowych. Warto zwrócić uwagę na fakt, iż zaledwie niewielka część spośród opisanych produktów jest przeznaczona do pracy w urządzeniach klinicznych. Powodów tego stanu rzeczy zapewne jest kilka – nie ulega wątpliwości, że opłacalność sprzedaży układów stosowanych powszechnie w smartwatchach, opaskach sportowych itp. jest dla producentów półprzewodników znacznie wyższa, niż w przypadku front-endów przeznaczonych do wąskiej grupy urządzeń medycznych, produkowanych – z oczywistych względów – w nieporównanie mniejszych ilościach.

Rynek urządzeń medycznych jest też znacznie mniej dynamiczny, niż obszar elektroniki konsumenckiej, a to sprawia, że wszelkie nowe komponenty znacznie później wchodzą do użycia, niż w przypadku pędzących za nowościami urządzeń „marketowych". Innym powodem takiego układu sił na rynku AFE jest (być może) pewna obawa producentów aparatury medycznej przed wycofaniem front-endów ze sprzedaży, a przecież jest to jedna z tych branż elektroniki, w której wieloletnia dostępność podzespołów (product longevity) stanowi warunek krytyczny dla działań firmy. Konstrukcja układów pomiarowych „od zera" zapewnia ponadto szansę na uzyskanie wyśrubowanych parametrów, tym bardziej, że nie mamy tutaj do czynienia z tak silnymi naciskami od strony optymalizacji kosztów bądź miniaturyzacji, na jakie narażona jest branża konsumencka. Oczywiście, od tych reguł także istnieją wyjątki.

W kolejnych odcinkach naszego cyklu odłożymy na pewien czas układy do zastosowań medycznych, choć w przyszłości powrócimy jeszcze do tej branży. Za miesiąc zajmiemy się (dla odmiany) układami bardziej uniwersalnymi, przeznaczonymi do pomiarów różnego typu podstawowych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych.

inż. Przemysław Musz, EP

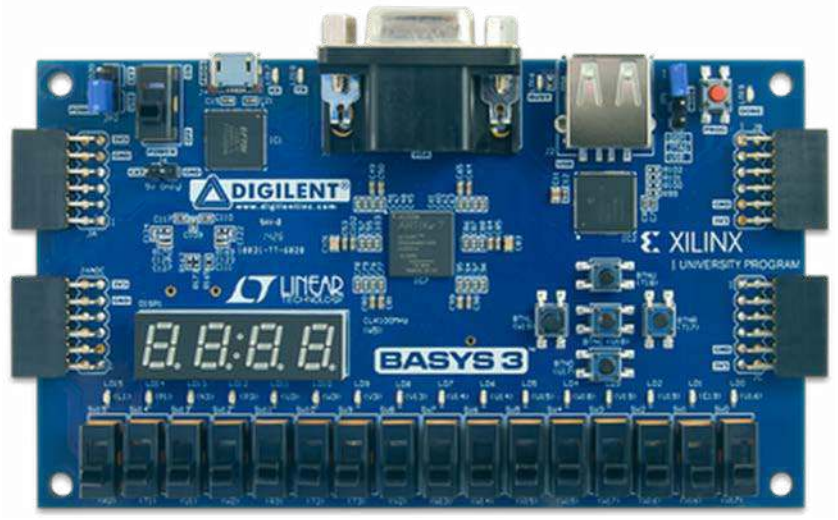
Przypisy:

1. Należy wspomnieć, że za dystrybucję i zarządzanie produktem odpowiada obecnie firma AIROHA, będąca efektem połączenia dwóch mniejszych podmiotów należących do MediaTek Group.
2. Drugi blok detektora przesterowania znajduje się za stopniem PGA bloku kondycjonowania (Prefilter).

REKLAMA

Zestawy uruchomieniowe FPGA

Zestaw Basys 3 Artix-7 FPGA Trainer Board http://bit.ly/2MW1wFS



Kod handlowy: FPGA0001 • Producent: Digilent

Zestaw Basys 3 jest w szczególności polecany hobbystom i organizatorom kursów poświęconych układom programowalnym, oraz uczestnikom tych kursów. Oryginalny Basys 3 to zestaw do projektowania układów/systemów cyfrowych w środowisku Vivado Design Suite, z układem FPGA w wersji 35-T rodziny Artix 7 firmy Xilinx pozwalającym je praktycznie wdrożyć. Zestaw ten to najnowsza odsłona linii produktów Basys powstała specjalnie z myślą o osobach początkujących i studentach kierunków elektronicznych. W ich ręce producent oddaje gotowy do użycia produkt o dużej liczby peryferii zawierający niezbędne obwody. Tym samym nie ma potrzeby dołączania odrębnych komponentów, by stworzyć określone rozwiązanie. Ostatnie może być przy tym proste (np. bramki logiczne) lub bardziej złożone (np. namiastka domu inteligentnego). Zatem to sprzęt do zastosowań domowych oraz profesjonalnych, w tym do układów czasu rzeczywistego (RTOS).

AVT sklep

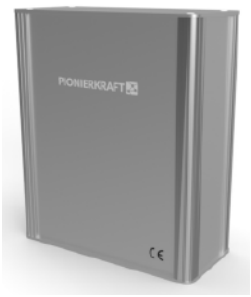
http://sklep.avt.pl

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

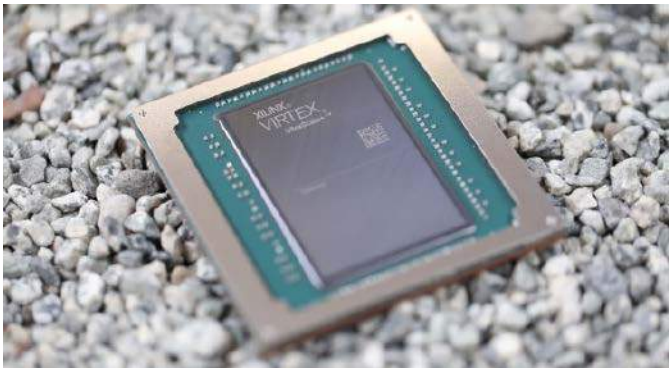
eprasa.pl b682cee0b1

koktajl niusów

Firma Infineon Technologies i start-up PIONIERKRAFT łączą siły w zakresie dystrybucji energii produkowanej ze Słońca



W celu znaczącej redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2030 roku ok. 28 milionów budynków wielorodzinnych oraz ponad 80 milionów gospodarstw domowych w Europie musi zostać wyposażonych w systemy fotowoltaiczne. Pomimo dużego wsparcia ze strony Unii Europejskiej wciąż istnieją ogromne przeszkody techniczne i regulacyjne, szczególnie w zakresie zasilania domów z odnawialnych źródeł energii. Aby temu przeciwdziałać firma Infineon Technologies rozpoczęła współpracę z monachijskim start-upem PIONIERKRAFT w celu rozwoju innowacyjnego rozwiązania zwanego PIONIERKRAFTwerk. Jego zadaniem jest dystrybucja energii elektrycznej wytworzonej ze Słońca między wieloma gospodarstwami domowymi. Dzięki temu energia może być inteligentnie dzielona w sposób zdecentralizowany, bez pośredniego magazynowania. Wchodzące w skład PIONIERKWAFTwerk urządzenia pozwolą realizować dwukierunkowy transfer energii o mocy do 2 kW. Ponadto są podłączone do internetu, co umożliwia, w sposób zdalny, określanie nadwyżek mocy oraz aktualnego zapotrzebowania na energię dla pojedynczego gospodarstwa. Wszystko to będzie odbywało się automatycznie. Takie rozwiązanie spowoduje zwiększenie udziału energii odnawialnej, szczególnie przez zapewnienie taniego dostępu do niej. Rentowność i wydajność systemów fotowoltaicznych pozostaną przy tym zachowane.

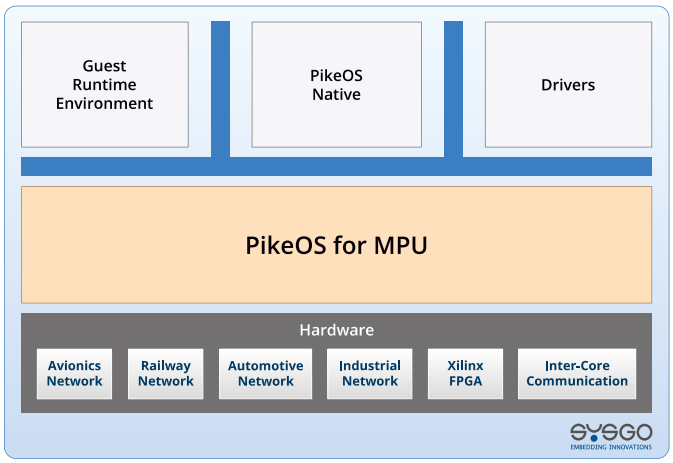


Wsparcie dla urządzeń audio-wideo firmy Sony ze strony firmy Xilinx

Niedawno firma Xilinx, lider w zakresie obliczeń adaptacyjnych, ogłosiła, że jej układy FPGA oraz układy SoC zasilają szereg produktów firmy Sony. Stosowane są zwłaszcza w profesjonalnych aplikacjach audio-wideo, a jednym z pierwszych urządzeń zawierającym te układy jest nowy przełącznik XVS-G1 4K Live Production Switcher. Wyroby obu firm umożliwiają tworzenie bardzo zaawansowanych produktów przeznaczonych do rejestrowania i transmitowania wydarzeń na świecie, w szczególności sportowych. Należy wspomnieć zwłaszcza o matrycy programowalnej Virtex UltraScale+ przeznaczonej do efektywnego przetwarzania materiałów wizualnych w rozdzielczości 4K. Wbudowana pamięć HBM (*High Bandwidth Memory*) i szybkie transceivery znacząco ułatwiają realizację nawet złożonego przetwarzania. Wszystko to przy niezwykle niskich opóźnieniach, wysokiej dynamice obrazów oraz szerokiej gamie kolorów.

Koichi Yamanaka – Senior General Manager of Media Solution Business Division firmy Sony powiedział: „Rozwiązania firmy Xilinx pomogły nam usprawnić przetwarzanie obrazu i dźwięku oraz ich routing w naszym nowym przełączniku XVS-G1. Korzystamy z technologii i urządzeń tej firmy, ponieważ ich architektura jest na tyle elastyczna, że dostarcza nam szerokich możliwości błyskawicznego dostosowywania się do szybko zmieniającego się rynku oraz do potrzeb naszych klientów". Z kolei wiceprezes firmy Xilinx na Azję i rejon Pacyfiku Yousef Khalilollahi dodał: „Firma Sony oferuje kompleksowy zestaw rozwiązań obejmujących przechwytywanie, przetwarzanie i nagrywanie. Jesteśmy dumni, że nasze adaptowalne oraz elastyczne układy scalone umożliwiają przetwarzanie obrazu i dźwięku w czasie rzeczywistym w wielu produktach tej firmy, wliczając w to najnowszą rodzinę przełączników XVS".

Na chwilę obecną wyroby firmy Xilinx występują w takich produktach Sony jak: pełnoklatkowa, cyfrowa kamera kinowa VENICE, pełnoklatkowy kamkorder FX9 z matrycą o rozdzielczości 6K, 31-calowy, profesjonalny monitor TRIMASTER HX™ BVM-HX310 o rozdzielczości 4K, mobilna kamera HDC-5500 z przetwornikiem CMOS 4K o przekątnej 2/3" oraz moduł sterowania HDCU-5500. W przyszłości dołączą do nich również inne urządzenia. Blisko dwudziestoletnie doświadczenie firmy Xilinx w dziedzinie przetwarzania audio-wideo tylko temu sprzyja. Produkty Sony są tego doskonałym przykładem. To właśnie te przedsiębiorstwo przekonało się jak zróżnicowane, a przy tym doskonałe rozwiązania oferuje wspomniana firma – łączą w sobie programowalność, przetwarzanie w czasie rzeczywistym, optymalizację sprzętową i łączność z różnymi mediami.



Nowy system RTOS firmy SYSGO dla apliakcji z mikrokontrolerami

Firma SYSGO wprowadziła na rynek system operacyjny czasu rzeczywistego PikeOS for MPU dla aplikacji wyposażonych w mikrokontrolery z ochroną pamięci. Jego struktura została pokazana na rysunku – bazuje na odseparowanym jądrze i zapewnia niezawodne działanie

eprasa.pl b682cee0b1

wielu aplikacji jednocześnie, niezależnie od ich przeznaczenia oraz złożoności (np. funkcje sterowania). Osobne partycje w pamięci redukują wpływ programów w wypadku ich awarii, ale istnieje jedna przestrzeń adresowa związana z zasobami, więc nie występuje tu skomplikowana adresacja i zarządzanie. To czyni PikeOS for MPU oprogramowaniem wprost idealnym dla awioniki, medycyny, motoryzacji, przemysłu i przestrzeni kosmicznej, w której są stosowane rozwiązania o wysokim stopniu odporności na awarie, m.in. układy odporne na promieniowanie (opisywany system doskonale się w tych układach sprawdza). Specyfikacja ARINC 653 tylko wymienione zastosowania potwierdza.

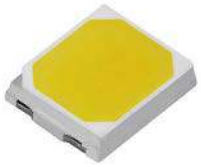
Jest to produkt przeznaczony do krytycznych aplikacji, których praca musi być przewidywalna. Są w nim dostępne mechanizmy partycjonowania czasu i przestrzeni jak w systemie PikeOS Classic, z którym może on współpracować, zwłaszcza na potrzeby aplikacji SoC (jako wyjątek można w nich uwzględnić zarządzanie pamięcią). Ponowne korzystanie ze starszych kodów i certyfikacji między projektami również wchodzi w grę, tak samo jak środowisko CODEO do programowania wskazanych na początku rozwiązań, w tym systemów wbudowanych. Jak wspomniał wiceprezes SYSGO ds. marketingu i współpracy z firmami Franz Walkem-bach: „System PikeOS for MPU pozwala deweloperom programowym na opracowywanie ekonomicznych rozwiązań bez potrzeby zaniedbywania jakichkolwiek względów bezpieczeństwa. Opierając się na sprawdzonych koncepcjach i architekturze PikeOS system ten upraszcza rozwój systemów opartych na sterownikach dla szerokiej gamy krytycznych aplikacji".

Zestaw czterech uchwytów do wygodnego lutowania płytek drukowanych



Dzięki temu produktowi naprawy i modyfikacje modułów elektronicznych stają się prostsze. Dodatkowe uchwyty umożliwiają odciążenie rąk użytkownika i ułatwia wykonywanie niezbędnych czynności przy zachowaniu wymaganej dla nich precyzji. Stalowa, malowana proszkowo podstawa o wymiarach 8×8 cali doskonale sprzyja wspomnianym celom – jej ciężar i gumowane nóżki zapobiegają przesuwaniu oraz przewracaniu się zestawu. Przymocowane do niej ramiona są giętkie i można je ustawiać w wielu pozycjach, pod dowolnymi kątami. Każde z nich zawiera obrotowy zacisk krokodylkowy blokowany z użyciem nakrętki. Całość jest nierdzewna. Zestaw został pokryty materiałami, które zapewniają bezpieczeństwo użytkowania – ramiona występują w silikonowych otoczkach. Cena Classic Helping Hands wynosi 39,99 dolarów brutto.

Niezwykle wydajna, biała dioda LED do oświetlania pomieszczeń



Do realizacji w pełni niezawodnego oraz efektywnego oświetlania wnętrz w budynkach firma Seoul Semiconductor opracowała diodę LED STW7C2SB-NT-E1H1C100, której strumień świetlny wynosi 140...170 lm, a współczynnik CRI co najmniej 70. Przy prądzie przewodzenia poniżej 250 mA oferuje skuteczność świetlną w zakresie 166...189 lm/W. Napięcie przewodzenia to 5,85 V, natomiast wydzielana moc to 1,5 W. Wszystko to przy maksymalnym prądzie przewodzenia IF 250 mA i współczynniku wydajności PPF 1,98...2,15 µmol/s, a także współczynniku energetycznym PPE na poziomie 2,26...2,44 µmol/J (ostatnie dwa zakresy obowiązują dla IF=150 mA). Ponadto, przy kącie widzenia 120° i temperaturach pracy od –40 do 105°C.

Produkt ten jest dostępny w siedmiu wariantach różniących się temperaturą barwową. Spełnia normę JESD22-A114-E w dziedzinie wyładowań elektrostatycznych (ESD). Niewielkie wymiary 3×3×0,66 mm, sprawiają, że sprawdzi się w różnych zastosowaniach. Element STW7C2SN-NT-E1H1C100 jest w całości plastikowy – został wykonany metodą wtryskową. Jakość diody jest niezwykle wysoka – firma Seoul Semiconductor jasno o niej zaświadcza.

Elektronika z mnóstwem barw



Pokazane na fotografii radiatory do Pi Hut są dość wyjątkowe. Są wykonane z aluminium, a ich wymiary to: 14×14×6 mm. Najciekawsze jest to, że są dostępne w kilku wyrazistych barwach: białej, błękitnej, czerwonej, czarnej, niebieskiej, pomarańczowej i zielonej. Koszt każdego z tych elementów to 1 £ brutto. Przeznaczone są przede wszystkim dla komputerków Raspberry Pi Zero 2, ale mogą zaleźć wiele innych zastosowań. Wszystkie radiatory są montowane poprzez przyklejanie.

Drukarka 3D wymaga smarowania



Mechaniczne elementy ruchome drukarki 3D wymagają regularnego smarowania. Warto zastosować uniwersalny olej syntetyczny Super Lube produkcji Synco zawierający cząsteczki teflonu (PTFE). Jego właściwości smarujące znacząco przewyższają WD40. Produkt ten wydatnie redukuje tarcie elementów drukarek 3D, chroniąc je przed kurzem, rdzą i innymi czynnikami. Dzięki niemu żywotność urządzeń staje się większa (ich zużycie jest zmniejszone). Olej można używać z wieloma materiałami, m.in. z plastikiem i metalem. Jest on wodoodporny i nie wchodzi w kontakt z żywnością, ulega biodegradacji po 1...2 miesiącach (jest to wyrób bezpieczny, przyjazny dla środowiska). Temperatura jego pracy wynosi od –45 do 260°C. Lepkość Super Lube jest optymalna do wskazanego zastosowania – nie powoduje blokowań i zatarć części. Elementy smarowane należy wyczyścić przed zastosowaniem oleju. Wyrób jest zgodny z wieloma normami – nota katalogowa jest dostępna pod adresem: https://bit.ly/3ogp4W1.

Kondensatory przeciwzakłóceniowe o podwyższonej odporności na oddziaływanie temperatury i wilgotności



Wychodząc naprzeciw potrzebom konstruktorów urządzeń elektronicznych i elektrycznych firma MIFLEX opracowała kondensatory WXEw przeznaczone do pracy w obwodach, które wymagają tłumienia zakłóceń elektromagnetycznych i zachowania stabilności parametrów w długim

eprasa.pl b682cee0b1

czasie. Są to elementy spełniające istotne normy, w pełni sprawdzone m.in. pod kątem starzenia.

Kondensatory budowane są jako bezindukcyjna zwijka z metalizowanej folii poliestrowej, którą uszczelniono materiałem samogasnącym zgodnym z wymaganiami UL94 dla klasy V0. Dostępne są cztery modele różniące się pojemnościami i wymiarami (przy napięciu znamionowym 275 V AC). Każdy z nich poddano fabrycznym testom – w szczególności sprawdzono osiągane przez nie tangensy kąta stratności (dla napięcia stałego 2 kV w czasie 2 s). Podzespoły są zgodne z klasą X2 (według normy PN-EN 60384-14) i wymaganiami dyrektywy RoHS 2-11/65/WE. Sprawdzają się w trudnych warunkach. W szczególności kondensatory WXEw są stosowane w zasilaczach liczników energii elektrycznej jako ich impedancja szeregowa. Proces starzenia części jest minimalny – spadek ich pojemności znamionowej sięga 10 %.

Podstawowe parametry:

- napięcie znamionowe: 275 V AC (50/60 Hz),
- pojemność znamionowa: 0,22...0,56 µF ±10% (zależnie od modelu),
- tangens kąta stratności:
- poniżej 0,008 przy częstotliwości 1 kHz,
- poniżej 0,012 przy częstotliwości 10 kHz,
- rezystancja izolacji: powyżej 0,03 GΩ dla CR ≤0,33 pF,
- stała RC: powyżej 10 000 s dla CR >0,33 pF,
- szybkość zmian napięcia (du/dt): 100 V/ µs,
- kategoria klimatyczna: 40/100/56/C,
- klasa: X2 (według normy PN-EN 60384-14),
- zgodność z dyrektywą RoHS 2-11/65/WE.



Przewód Full HDMI da się podłączyć do komputera Rasp-berry Pi Zero

Wystarczy zastosować przejściówkę pokazaną na fotografii. Dzięki niej przejście z wtyku HDMI typu C (miniHDMI) na wtyk HDMI typu A jest bardzo proste. Długość przewodu wynosi 10 cm. Jakość jest gwarantowana, szczególnie izolacja wyrobu jest wystarczająco gruba i trudno ją uszkodzić. Raspberry Pi Foundation zadbała nawet o takie drobiazgi.

Przewody do łączenia złączy Grove

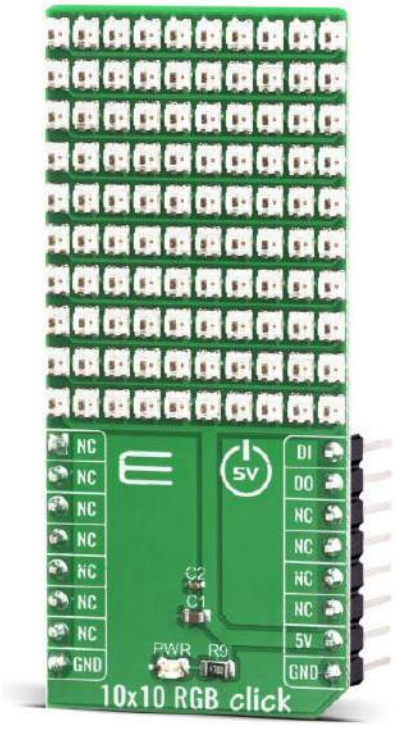


Najlepszym rozwiązaniem do łączenia złączy Grove są wyroby firmy Seeed Studio, których jakość jest dobra, a cena akceptowalna. Dostępne są zestawy składające się z pięciu:

- przewodów zakończonych z jednej strony wtykami żeńskimi, a z drugiej wtykiem dla złącza Grove,
- przewodów obustronnie zakończonych wtykami dla złącza Grove, o długości 50 cm,
- przewodów zakończonych z jednej strony wtykami męskimi, a z drugiej wtykiem dla złącza Grove,
- przewodów obustronnie zakończonych wtykami dla złącza Grove, o długości 30 cm.

Złącza charakteryzują się dobrą wytrzymałością i niewielkimi wymiarami. Pozostałe przewody są dostępne pod adresem: https://bit.ly/3EfokGd. Warto zobaczyć pełną ofertę.

100 trójkolorowych diod standardu WS2812 w matrycy 10×10



Pokazana konstrukcja to niezwykły wyświetlacz, którego wysoka jasność gwarantuje widzenie obrazów z daleka, zarówno w ciemności, jak w świetle Słońca. Został zbudowany z wydajnych diod LED RGB WS2812C-2020 firmy Worldsemi, które należy wysterować zgodnie ze standardem WS2812 – w tym celu dostępne są wyprowadzenia: DI (*Data Input*) i DO (*Data Output*). Wymiana danych odbywa się w postaci pakietów o długości 24 bitów, którymi przenoszone są informacje o intensywności barw: czerwonej, zielonej i niebieskiej. Na każdą z nich przeznaczono wartość 8-bitową, w rezultacie możliwe jest uzyskanie 16 777 216 kolorów na wszystkich diodach.

Diody są połączone szeregowo – pierwsza przekazuje informacje drugiej, druga trzeciej, trzecia kolejnej itd. Tym sposobem sterowanie matrycą jest niezwykle proste, zarówno praktycznie (niewiele linii danych), jak i czasowo (brak złożonych procedur). Napięcie zasilania matrycy 10×10 RGB Click wynosi 5 V, tak samo jak wartość referencyjna stosowanych poziomów logicznych. Z kolei wymiary wynoszą 57×15×25,4 mm. Zastosowania modułu obejmują m.in. inteligentne systemy oświetlenia (w tym systemy nastrojowe), sprzęt rozrywkowy i różnego rodzaju podświetlenia. Strona producenta: https://bit.ly/2ZIIol6.

Dla nowszych aplikacji można zastosować programatory J-Link



Jest to możliwe dzięki produktowi firmy Segger, który został pokazany na fotografii. Trzy złącza z łatwością umożliwiają powyższe zadanie. Dokładniej mówiąc chodzi tu o złącze z 20 wyprowadzeniami o rozstawie 0,1", złącze z 19 wyprowadzeniami o rozstawie 0,1" i złączu z 10 wyprowadzeniami o rozstawie 0,05". Pierwsze dwa są przeznaczone dla programatorów, podczas gdy drugie jest kompatybilne ze złączem w aplikacji. Wyrób przewidziano do bezpośredniego użycia – wystarczy wpiąć go do urządzenia J-Link i docelowego układu.

Jakub Tyburski, EP

eprasa.pl b682cee0b1



Systemy dla Internetu Rzeczy (55)

Wszystkie poprzednie odcinki znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Pozyskiwanie energii słonecznej z zestawem ewaluacyjnym EVK10330 firmy E-peas

Firma E-peas oferuje zestaw ewaluacyjny EVK10330 z układem nowej generacji AEM1033, przeznaczony do pozyskiwania energii słonecznej. Dostępna jest też uproszczona wersja układu – to AEM10300 umieszczony w mniejszej obudowie i przeznaczony do ładowania akumulatorów z bardzo zbliżonymi możliwościami funkcjonalnymi oraz parametrami pracy. Układy są oferowane od połowy 2021 roku i odznaczają się znaczącym postępem w stosunku do układów poprzedniej generacji. Zwierają one przetwornice podwyższająco-obniżającą, która umożliwia pracę ze źródłem energii o bardzo dużej rozpiętości napięcia – od 100 mV (275 mV zimny start) do ponad 4,5 V.

Podczas projektowania systemów do pozyskiwania energii najważniejszym etapem jest analiza budżetu mocy. Aby system był rentowny, musi zebrać taką ilość energii, żeby zasilić docelową aplikację. Badanie to składa się z kilku etapów, które mają na celu określenie parametrów przydatnych w wyborze sposobu przechowywania i źródła. Nie ma ustalonej kolejności działania, istnieją różne sposoby, niemniej istotny wpływ na budżet mocy ma dobór odpowiednich elementów.

Analiza budżetu mocy systemu pozyskiwania energii

Pierwszym sposobem analizy jest określenie poziomu obciążenia w celu wybrania źródła pozyskiwania energii i elementu magazynującego energię. Drugim sposobem analizy jest rozpoczęcie od źródła w celu oszacowania jego dostępnej mocy i wydajności elementu magazynującego energię.

Poszczególne etapy postępowania zostały pokazane na **rysunku 1**. Energia ze źródła jest przesyłana (poprzez przetwornicę DC/DC) do elementu gromadzącego energię (Krok SRC). Tam energia jest magazynowana i przechowywana (Krok STORE). Następnie energia jest pobierana (poprzez kolejną przetwornicę DC/DC) z elementu gromadzącego energię i podawana na obciążenie (Krok EC). W opisach:

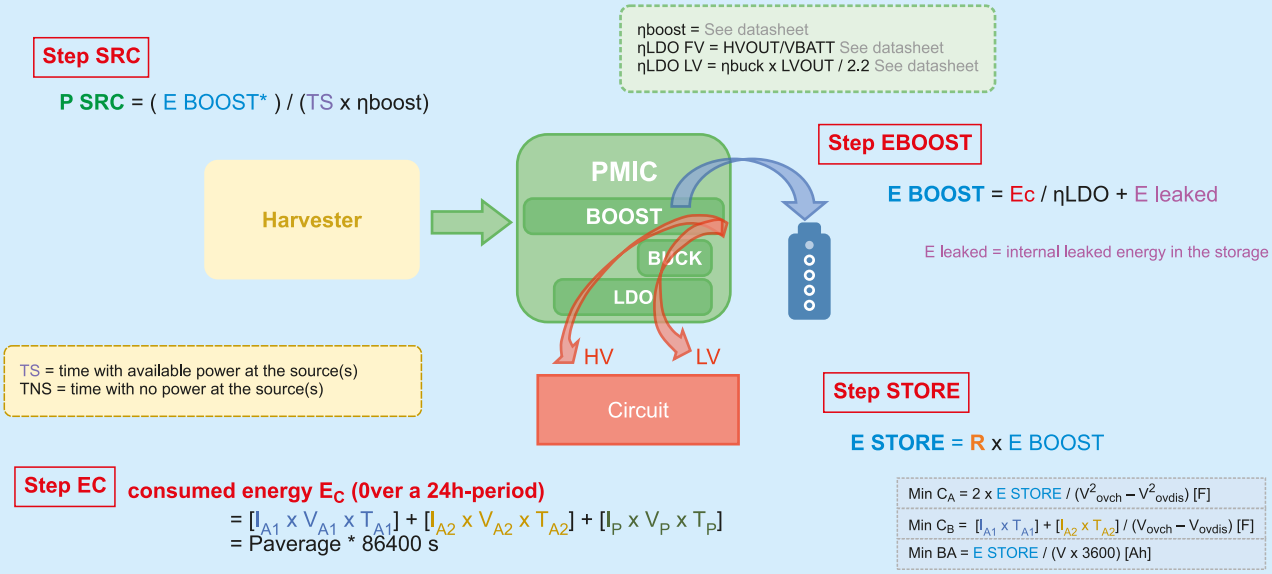
- TS – reprezentuje czas z mocą dostępną ze źródła,
- TNS – reprezentuje czas bez zasilania dostępnego ze źródła.

Rozpoczęcie analizy od określenia obciążenia (od końca łańcucha zasilania)

KROK EC (*Energy consumption*): Oceń energię zużywaną przez obciążenie w powtarzalnym okresie (dzień, tydzień, miesiąc, itd.). Okres ten musi być wybrany tak, aby obejmował cały czas TS i TNS. Na przykład jeden dzień jest typowym okresem dla zastosowań zasilania słonecznego na zewnątrz, ponieważ światło powraca każdego dnia. Tydzień może być odpowiedni do stosowania w pomieszczeniach bez światła w weekend. **Zużycie aktywne** – wynika (typowo) głównie z komunikacji radiowej lub przetwarzania. **Zużycie pasywne** – to moc pobierana w stanie uśpienia lub stałe zużycie wymagane przez obciążenie. Wzór

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 1. Analiza budżetu mocy systemu pozyskiwania energii [1]

na energię obejmuje dwa różne szczyty prądu czynnego [A1 i A2] i prąd bierny [P] (**rysunek 2**):

$$EC = (I_{A1} \times V_{A1} \times T_{A1} + I_{A2} \times V_{A2} \times T_{A2}) + (I_P \times V_P \times T_P)\ [J]$$

(jednostki: Amper dla prądu, Volt dla napięcia i sekunda dla czasu)

KROK E BOOST: Oblicz energię E BOOST, która ma zostać zebrana w celu zasilania obciążenia. Wzór uwzględnia sprawność η przetwornicy używanej między elementem magazynującym a obciążeniem. Należy też wziąć pod uwagę stratę energii spowodowaną upływnością wewnętrzną elementu magazynującego.

$$E\ BOOST = EC / \eta DC/DC\ (lub\ \eta LDO) + Eleak\ [J]$$

KROK E STORE: Oblicz wymaganą energię E STORE, która ma być przechowywana. W oparciu o planowany czas pracy autonomicznej i zużycie obciążenia należy określić pojemność elementu magazynującego energię. Wzór implikuje, że czas pracy autonomicznej jest równy TNS – czas bez prądu ze źródła.

$$E\ STORE = (TNS / (TNS + TS)) \times E\ BOOST\ [J]$$

W przypadku dłuższego/krótszego czasu pracy autonomicznej należy zastosować współczynnik korekcji r.

$$E\ STORE = R \times E\ BOOST\ [J]$$

Jeśli wymagany czas wynosi 2 dni, współczynnik R definiuje się jako:

$$2 \times 864000 / (TNS+TS) = 2\ dni / 1\ dzień = 2$$

KROK P SRC: Oszacuj moc źródła P SRC wymaganą do zasilania obciążenia. Na podstawie czasu TS z dostępną mocą ze źródła i wydajności ładowania, obliczana jest wymagana moc ze źródła. Należy pamiętać, że jeśli wymagany jest dłuższy czas pracy autonomicznej, dodatkowa energia, która ma być przechowywana, musi być najpierw pozyskana. Energia potrzebna do zasilania obciążenia:

$$E\ BOOST^* = E\ BOOST + E\ BOOST_ADD.$$

Dodatkowa energia dla wymaganego czasu pracy autonomicznej:

$$E\ BOOST_ADD = E\ BOOST^* \times Z$$

gdzie:

Z = dodatkowy czas / (TNS+TS)

Jeśli dodatkowy czas wynosi jeden dzień:

$$E\ BOOST^* = 2 \times E\ BOOST$$

Wzór na moc źródła P SRC uwzględnia sprawność „ηBoost" przetwornicy używanej między źródłem a elementem magazynującym:

$$P\ SRC = E\ BOOST^* / (TS \times \eta Boost)\ [W]$$

Rozpoczęcie analizy od źródła zasilania

W takim przypadku najpierw trzeba oszacować moc P SRC dostępną ze źródła. Ta informacja jest podana w karcie katalogowej panelu słonecznego, termicznego lub wibracyjnego.

KROK BOOST: Oszacuj moc E BOOST pobieraną ze źródła:

$$E\ BOOST = P\ SRC \times TS \times \eta Boost\ [J]$$

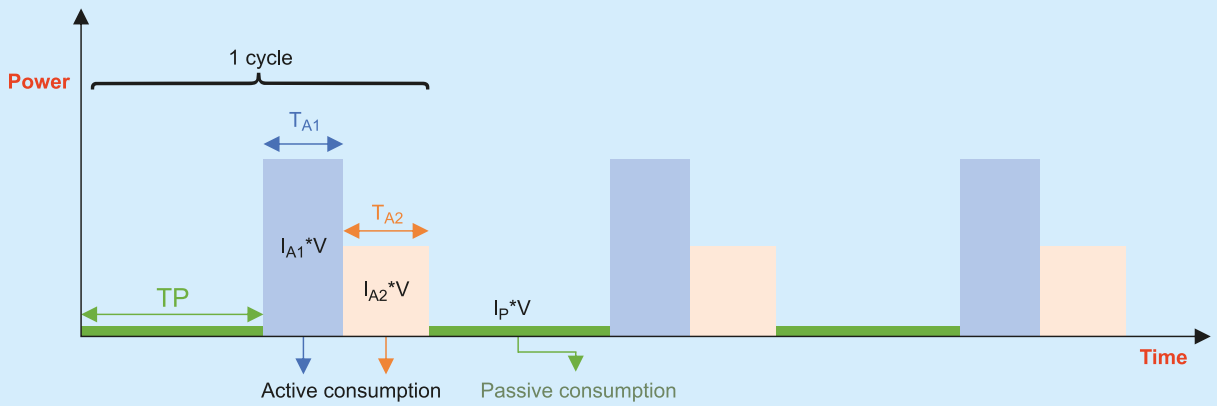
KROK EC: Oceń dostępną energię dla obciążenia na podstawie zebranej energii:

$$EC = E\ BOOST \times \eta DCDC - Eleak\ [J]$$

Pojemność elementu magazynującego energię jest szacowana na podstawie E STORE = E BOOST.

Oszacowanie minimalnej pojemności elementu magazynującego energię

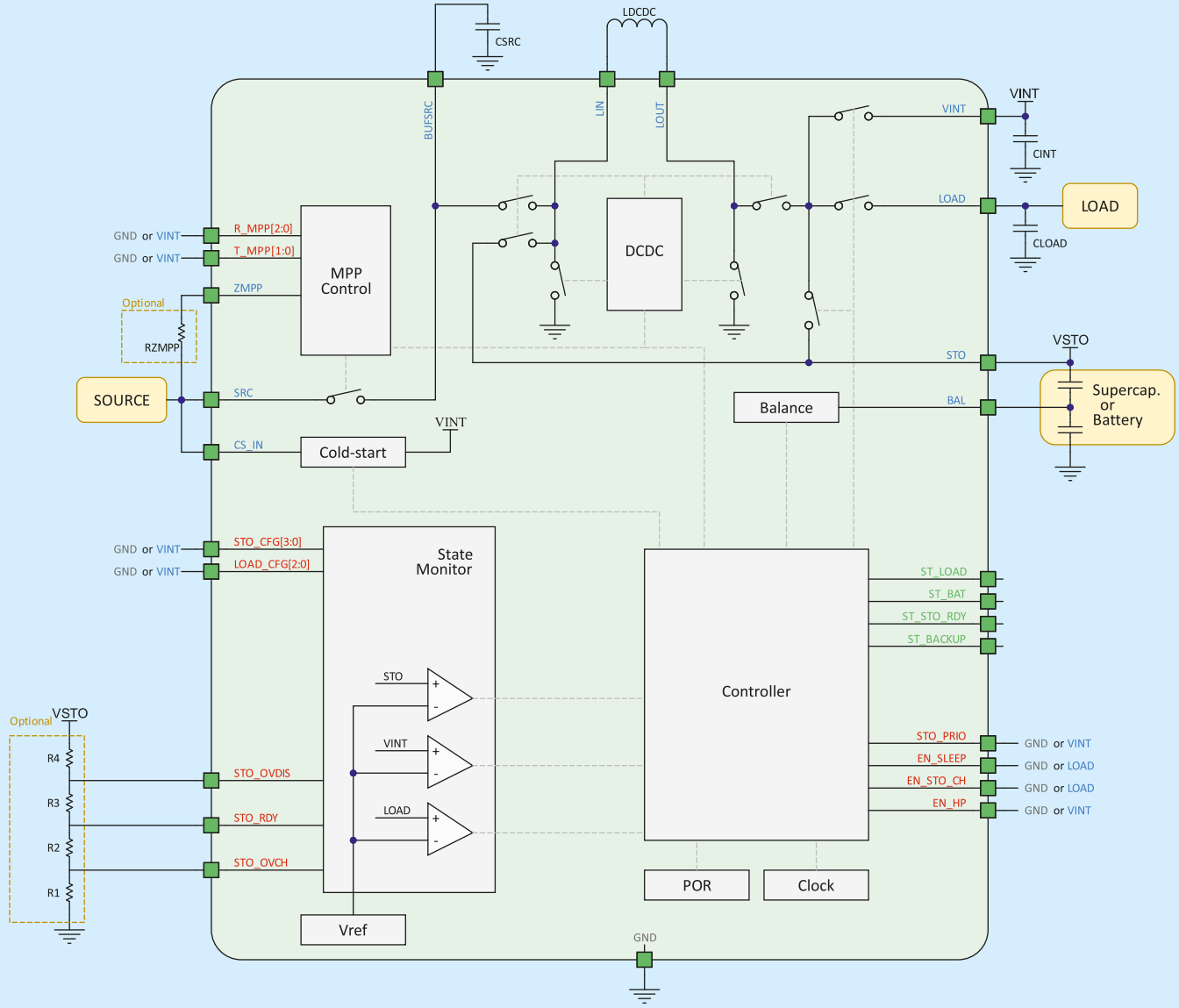
Oszacowanie minimalnej pojemności różni się w zależności od typu elementu magazynującego energię. Kondensator i superkondensator przechowują i oddają energię między poziomami napięcia V_{OVCH} (maksymalny) i V_{OVDIS} (minimalny) (najlepsza konfiguracja dla



Rysunek 2. Typowy sposób poboru mocy przez układ IoT [1]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 3. Schemat blokowy układu AEM10330 firmy E-peas [3]

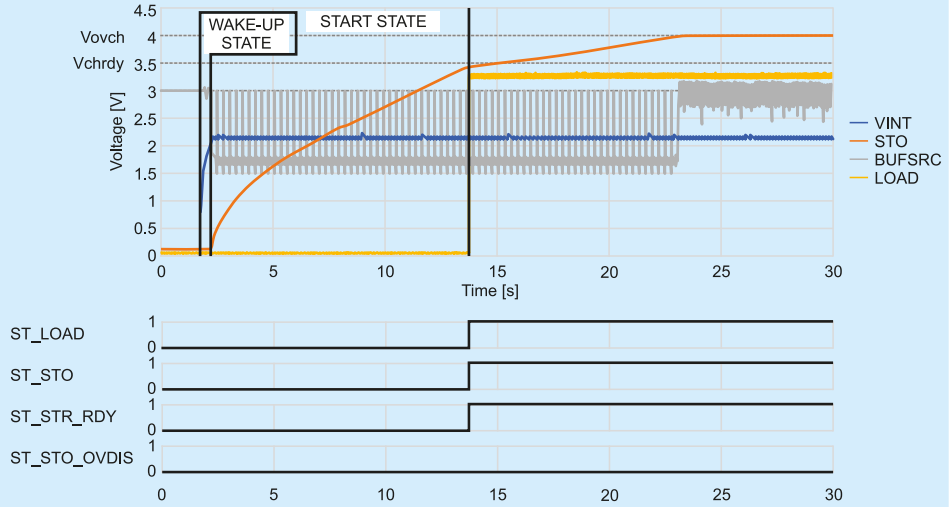
układu AEM10330). Oszacowanie minimalnego rozmiaru superkondensatora:

$$Cmin = 2 \times E\ STORE / (Vovch^2 - Vovdis^2)\ [F]$$

Akumulator przechowuje i oddaje energię przy (prawie) stałym napięciu – zwanym napięciem nominalnym. Oszacowanie minimalnego rozmiaru akumulatora:

$$Batt\ min = E\ STORE / (Vnominal \times 3600\ [mAh]$$

Należy uważać na wartości szczytowe impulsów prądowych, ponieważ mogą one mieć krytyczne znaczenie dla określenia rozmiaru pamięci. Powyższe szacunki opierają się na średnim zużyciu. Jednak niektóre profile zużycia mogą obejmować wysoki prąd szczytowy i bardzo mały prąd pasywny. Element magazynujący musi być w stanie wytrzymać taki szczyt prądu bez nadmiernego spadku napięcia (istotny parametr ESR dla akumulatora lub spadek napięcia dla superkondensatora).



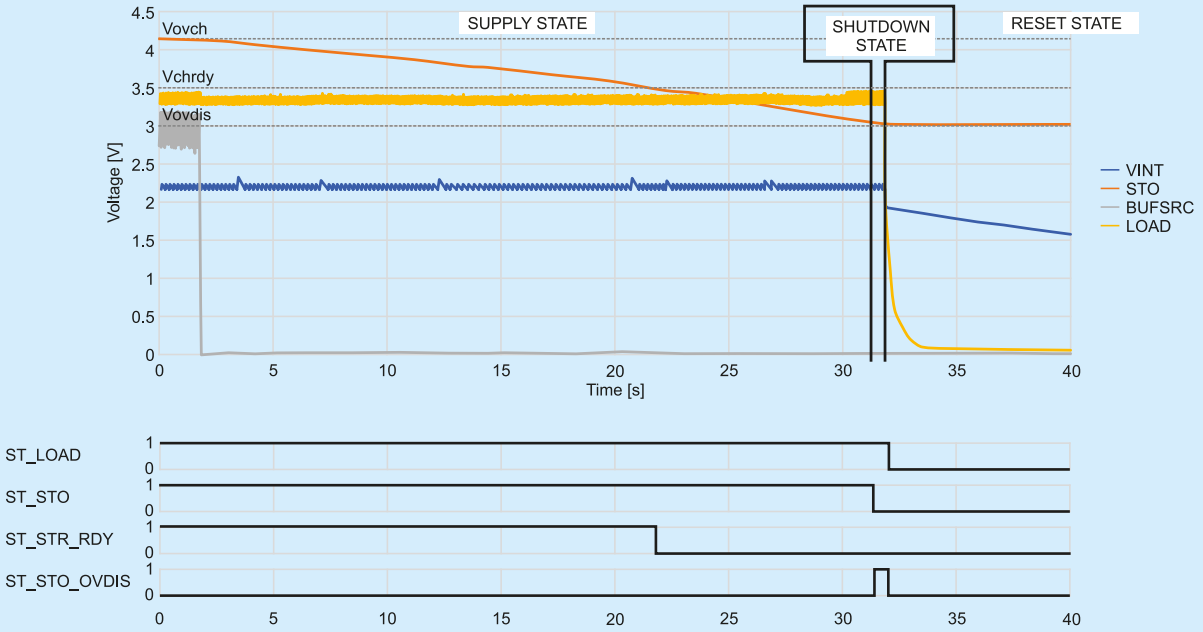
Rysunek 4. Sposób rozpoczęcia pracy układu AEM10330 [3]

W takim przypadku duże znaczenie ma rodzaj zastosowanej przetwornicy. Praca z LDO oznacza pracę z transferem prądu (dla lepszej stabilności wyjścia). Praca z przetwornicą DC/DC oznacza pracę z transferem energii. Wzory teoretyczne na minimalną pojemność dla LDO i przetwornic DC/DC szacują minimalną wielkość jednego piku prądu:

$$Cmin\ LDO = Ip1 \times Tp1 / (Vovch - Vovdis)\ [F]$$

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 5. Sposób zakończenia pracy układu AEM10330 [3]

Cmin DC/DC = 2 × Ip1 × TP1 × VP1 / (Vovch² – Vovdis²) [F]

gdzie: Ip – prąd szczytowy wyrażony w Amperach, Tp – czas trwania szczytu wyrażony sekundach i Vp – napięcie robocze. Jeżeli element magazynujący musi wytrzymywać więcej niż jeden pik prądu, należy wzory dostosować.

Układ AEM10330 firmy E-peas

Nazwa firmy „E-peas" (e-groszek) to skrót od *Electronic Portable Energy Autonomous Systems* [1]. Firma E-peas opracowała rodzinę układów o nazwie AEM (*Ambient Energy Managers*). Zarządzają one pozyskiwaną energią dostarczaną do elementu magazynującego i ostatecznie do urządzenia sprzętowego o niskiej mocy. Układy AEM zarządzając dostępną mocą przy niskich stratach, umożliwiają pozyskiwanie energii ze źródeł otoczenia dostosowanych do urządzeń IoT.

Do pozyskiwania energii słonecznej firma E-peas opracowała w roku 2016 układ AEM10900, a w roku 2018 układ AEM10941 o ulepszonej wydajności. Nowy układ AEM10330 firmy E-peas [2], zaoferowany w połowie roku 2021, jest znaczącym postępem w stosunku do układów poprzedniej generacji.

Wejściowy sygnał DC jest dołączony do wyprowadzenia SRC (**rysunek 3**). Obsługę wejścia zapewnia moduł śledzenia maksymalnego punktu mocy MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) oraz moduł sterowania zimnym startem. Sposób działania MPPT został opisany w poprzednim artykule [S49].

Poprzez ustawienie cyfrowych wejść konfiguracji wybierany jest punkt pracy wejścia R_MPP[2:0] (35%...80%) oraz parametry czasowe T_MPP[1:0]. Możliwa jest też praca ze stałą rezystancją poprzez dołączenie rezystora RZMPP. Sposób rozpoczęcia pracy układu AEM10330 został pokazany na **rysunku 4**. Układ jest w stanie RESET gdy wszystkie wyprowadzenia energetyczne są na niskim poziomie napięcia (rozładowane kondensatory). Gdy napięcie wejściowe przekroczy 275 mV a moc 3 µW (zimny start) to układ wchodzi w stan WAKE-UP. Teraz układ zapewnia pracę w bardzo dużym zakresie napięcia VIN od 100 mV do 4,5 V.

Gdy napięcie VINT, na wyjściu przetwornicy, osiągnie 2,2 V układ przechodzi do stanu START. Teraz w zależności od ustawienia wejścia STO_PRIO wyjście przetwornicy jest dołączane do wyjścia obciążenia LOAD lub wyjścia ładowania elementu magazynującego energię STO. Przy preferencji wyjścia LOAD, po osiągnięciu na nim ustawionego napięcia roboczego i nadwyżce mocy dostarczanej z wejścia, wyjście przetwornicy jest cyklicznie dołączane do wyprowadzenia STO. Przy preferencji wyjścia STO też działa ładowanie, ale przy odłączonym wyjściu LOAD. Po naładowaniu elementu magazynującego energię układ przechodzi do podstawowego stanu SUPPLY. Jeśli obciążenie dołączone do wyjścia LOAD pobiera więcej mocy niż dostarczane jest z wejścia SRC (na przykład nagły impuls prądowy), to przetwornica DC/DC automatycznie pobiera energię z wyprowadzenia STOR. Jeśli napięcie na tym wyprowadzeniu spadnie poniżej progu (nawet do 0,2 V dla kondensatorów) to układ przechodzi w stan SHUTDOWN, a potem RESET (**rysunek 5**). Układ można wprowadzić w stan SLEEP z wyłączoną przetwornicą.

Układ można skonfigurować (STO_CFG[3:0]) z różnymi napięciami (od 1,50 V do 4,35 V) do pracy z pojedynczym lub podwójnym superkondensatorem (stos), akumulatorami, jak: Li-Ion, LiFePO4, Ni-MH, NGK, Ni-Cd, Tadiran TLI1020A oraz HLC1020. Układ zawiera balanser zapewniający wyrównanie napięcia na dwóch szeregowo połączonych (tanich) superkondensatorach.

Konfigurowanie wyjścia (LOAD_CFG[2:0]) pozwala ustawić napięcie wyjściowe 1,20/1,61/1,79/2,5/3,28 V. Wbudowane są konfigurowane mechanizmy zabezpieczające przed nadmiernym naładowaniem i nadmiernym rozładowaniem. Jest możliwość zastosowania niestandardowych ustawień przy użyciu zewnętrznych rezystorów (R1...R4).

Przetwornica DC/DC bardzo niskiej mocy może pracować w trzech konfiguracjach, automatycznie przełączanych:

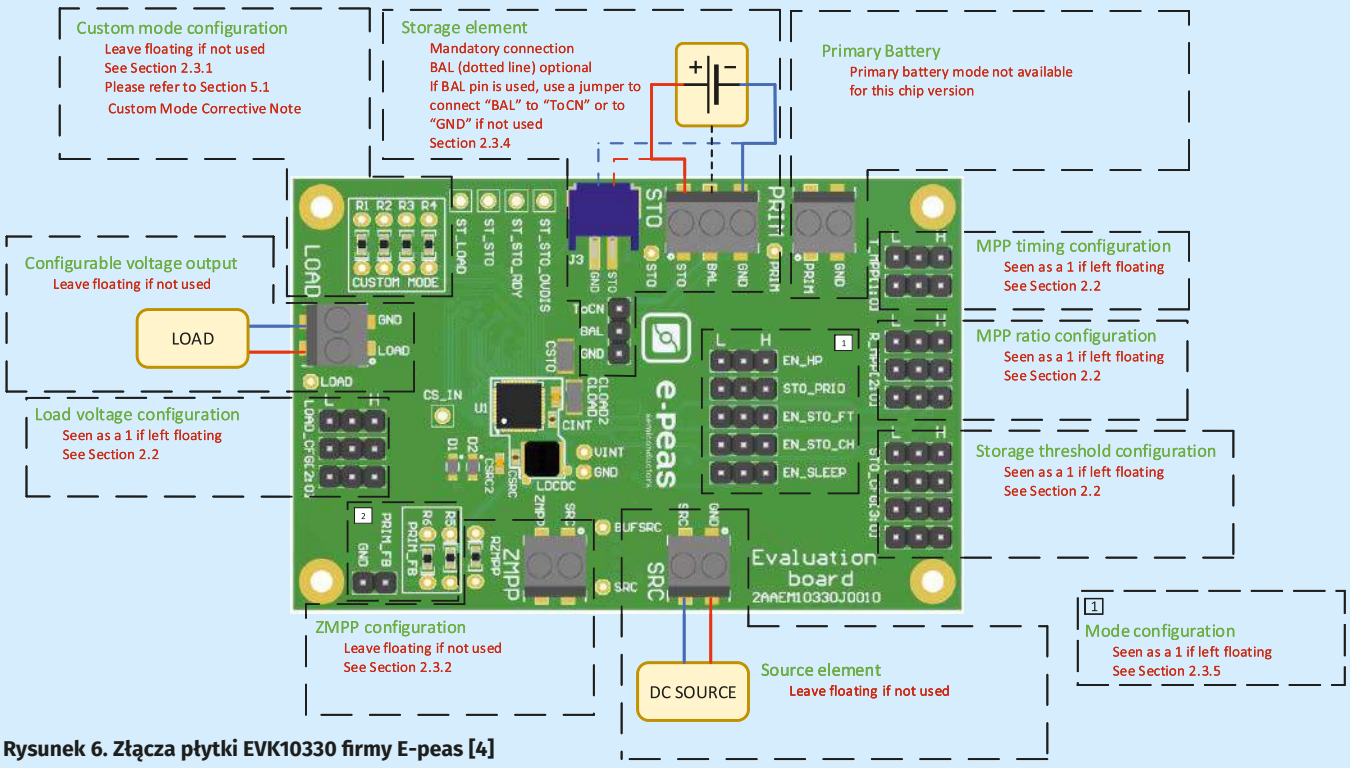
- tryb podwyższania, gdy VIN < VOUT – 250 mV,
- tryb obniżania, gdy VIN > VOUT + 250 mV,
- tryb podwyższania-obniżania, w pozostałym zakresie napięć.

Wejście EN_HP wybiera tryb pracy przetwornicy DC/DC optymalizowany dla niskiego i wysokiego poboru mocy: LOW PWER – 30 mA, HIGH PWER – 60 mA.

Układ integruje wszystkie elementy aktywne potrzebne do zasilania typowego modułu czujnikowego Internetu Rzeczy. Wystarczy dołączyć trzy kondensatory i jeden dławik. Do wyprowadzenia STO musi być dołączony akumulator lub kondensator o pojemności minimum 100 µF. W przeciwnym wypadku układ może zostać uszkodzony. Kondensator na wyjściu LOAD (min 40 µF) redukuje poziom tętnień oraz poprawia pracę przy obciążeniach impulsowych. Układ ma cztery wyprowadzenia z sygnałami statusu. Sygnały statusu ST_STO, ST_STO_RDY and ST_STO_OVDIS dostarczają informacji o poziomie napięcia na elemencie magazynującym energię, a sygnał ST_LOAD na wyjściu LOAD:

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl b682cee0b1



Rysunek 6. Złącza płytki EVK10330 firmy E-peas [4]

ST_STO:
- Poziom wysoki (VSTO) gdy napięcie VSTO zwiększy się powyżej VCHRDY.
- Poziom niski (GND) gdy napięcie VSTO spadnie poniżej VOVDIS.

ST_STO_RDY:
- Poziom wysoki (VLOAD) gdy napięcie VSTO jest powyżej VCHRDY.
- Poziom niski (GND) gdy napięcie VSTO jest poniżej VCHRDY.

ST_STO_OVDIS:
- Poziom wysoki (VLOAD) gdy napięcie VSTO spadnie poniżej VOVDIS. Oznacza to rozładowanie elementu magazynującego energię i układ wchodzi w stan SHUTDOWN. Wyjście jest ustawione w stan wysoki cały czas, gdy układ jest w stanie SHUTDOWN.
- Poziom niski (GND) gdy napięcie VSTO jest powyżej VOVDIS.

ST_LOAD:
- Poziom wysoki (VLOAD) gdy napięcie VLOAD zwiększy się powyżej VLOAD,TYP.
- Poziom niski (GND) gdy napięcie VLOAD spadnie poniżej VLOAD,MIN

Gdy układ jest w stanie RESET wszystkie sygnały statusu mają poziom niski.

Układ AEM10330 jest dostarczany w obudowie QFN40 z zakresem temperatur roboczych od –40°C do 125°C. Układ AEM10300 jest uproszczoną wersją (w obudowie QFN28) bez wyprowadzenia LOAD i z bardzo zbliżonymi możliwościami funkcjonalnymi oraz parametrami pracy. Dla obu układów dostępny jest fabryczny zestaw uruchomieniowy udostępniający wszystkie wyprowadzenia układu scalonego na standardowych pinach, z możliwością łatwej konfiguracji pracy [3].

Zestaw ewaluacyjny EVK10330

E-peas oferuje zestawy ewaluacyjne przeznaczone do pozyskiwania energii słonecznej z układami AEM10900 i AEM10941 a także nowej generacji AEM10300 [1]. Dla układu AEM10330 jest przeznaczona płytka EVK10330 [2]. Płytka jest już dostępna u dwóch dystrybutorów: Mouser i DigiKey. Szczegółowy opis płytki zawiera dokument „AEM10330 Evaluation Board User Guide" [4]. Jednak do skonfigurowania płytki trzeba także korzystać z opisu układu scalonego w dokumencie AEM10330 DATASHEET [3]. Na **rysunku 6** zostały pokazane wszystkie złącza płytki, zworki oraz punkty testowe z opisami ich funkcji i sposobem podłączenia elementów zewnętrznych.

Kolejność postępowania przy pracy z płytką EVK10330

1. Zresetuj płytkę – dołącz do GND następujące punkty testowe: VINT, LOAD, STO oraz SRC. Spowoduje to rozładowanie kondensatorów na płytce.
2. Skonfiguruj współczynnik MPP według **tabeli 1** (typowe ustawienie: R_MPP[2:0] = 110 (90%); pozostaw wyprowadzenie ZMPP nie podłączone). Jeśli wybrana jest pozycja ZMPP to zamiast pracować ze stosunkiem napięcia obwodu otwartego, AEM10330 może regulować impedancję wejściową konwertera DC/DC tak, aby pasował do stałej impedancji RZMPP podłączonej do wyprowadzenia ZMPP (rysunek 3). W tym przypadku AEM10330 reguluje napięcie VSRC na poziomie, który jest iloczynem rezystancji RZMPP i prądu dostępnego na wejściu SRC gdzie:
$$10\ \Omega \le RZMPP \le 100\ k\Omega$$
3. Skonfiguruj czasy T_MPP dla MPP według **tabeli 2** (typowe ustawienie: T_MPP[1:0] = 01 (okres próbkowania MPP 4,5 s; czas próbkowania MPP 70,8 ms).

Tabela 1. Konfigurowanie współczynnika MPP [3]

Wyprowadzenia konfiguracyjne			Współczynnik MPPT [%]
R_MPP[2]	R_MPP[1]	R_MPP[0]	V_{MPP}/V_{OC}
0	0	0	60
0	0	1	65
0	1	0	70
0	1	1	75
1	0	0	80
1	0	1	85
1	1	0	90
1	1	1	ZMPP

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl b682cee0b1

4. Skonfiguruj parametry napięciowe LOAD_CFG wyjścia LOAD według **tabeli 3** (typowe ustawienie: LOAD_CFG[2:0]=000 (VLOAD = 3,3 V).
5. Skonfiguruj STO_CFG – parametry elementu magazynującego energię (akumulator/kondensator) STO_CFG według **tabeli 4** (typowe ustawienie: STO_CFG[3:0] = 0011 (superkondensator dwukomorowy 2,7 V), wymaga skonfigurowania wyprowadzenia BAL).
6. Skonfiguruj wyprowadzenie **BAL:**
   - jeśli używany jest akumulator lub pojedynczy superkondensator to wyprowadzenie BAL należy dołączyć do GND. Na płytce należy założyć zworę pomiędzy pozycję BAL i GND;
   - w przypadku stosowania podwójnego superkondensatora wyprowadzenie BAL należy dołączyć do środka szeregowego połączenia kondensatorów (rysunek 2). Na płytce należy założyć zworę pomiędzy pozycję BAL i ToCN;
   - oba szeregowo połączone superkondensatory powinny mieć tą samą pojemność. W praktyce, nawet elementy tej samej serii mają rozrzut pojemności. Należy tak je dobrać aby spełniona była zależność (C2/C1) × VCHRDY ≥ 0,9V.
7. Skonfiguruj **EN_HP** – tryb pracy przetwornicy DC/DC. Wejście EN_HP wybiera tryb pracy przetwornicy DC/DC optymalizowany dla niskiego i wysokiego poboru mocy:
   - EN_HP = GND: LOW PWER 30 mA,
   - EN_HP = VINT: HIGH PWER 60 mA.
8. Skonfiguruj **STO_PRIO** – priorytet wyboru wyprowadzenia dołączonego do wyjścia DC/DC w stanie START:
   - STO_PRIO = VINT: wyjście przetwornicy dołączone do wyjścia STO ładowania elementu magazynującego energię;
   - STO_PRIO = GND: wyjście przetwornicy dołączone do wyjścia LOAD.
9. Skonfiguruj **EN_STO_FT** – możliwość pracy przetwornicy DC/DC z bezpośrednim połączeniem:
   - EN_STO_FT = GND: praca normalna;
   - EN_STO_FT = VINT: gdy napięcie VSRC >4 V układ monitoruje wejście SRC. Gdy napięcie zwiększy się powyżej 5 V elementu magazynującego energię dołączony do wyprowadzenia STO jest ładowany bezpośrednio z wejścia SRC. Do czasu gdy napięcie VSRC spadnie poniżej 5 V lub element magazynujący zostanie w pełni naładowany.

   Uwaga: Połączenie nie jest aktywne w trakcie próbkowania MPP. Dlatego wejście SRC powinno być dodatkowo zabezpieczone przed przepięciem powyżej 5,5 V, np. z zastosowaniem diody Zenera.

Tabela 2. Konfigurowanie czasów MPP [3]

Wyprowadzenia konfiguracyjne		Parametry czasowe	
T_MPP[1]	T_MPP[0]	Czas trwania próbkowania	Okres próbkowania
0	0	5,19 ms	280 ms
0	1	70,8 ms	4,5 s
1	0	280 ms	17,87 s
1	1	1,12 s	71,7 s

Tabela 3. Konfigurowanie parametrów napięciowych wyjścia LOAD [3]

Wyprowadzenia konfiguracyjne			Napięcia wyjściowe [V]			
LOAD_CFG[2]	LOAD_CFG[1]	LOAD_CFG[0]	$V_{LOAD, MIN}$	$V_{LOAD, MID}$	$V_{LOAD, TYP}$	$V_{LOAD, MAX}$
0	0	0	3,15	3,23	3,28	3,34
0	0	1	2,35	2,47	2,50	2,53
0	1	0	1,64	1,75	1,79	1,82
0	1	1	1,14	1,16	1,20	1,23
1	0	0	1,39	1,56	1,61	2,63
1	0	1	1,39	1,56	1,61	4,65
1	1	0	Zarezerwowane, nie stosować			
1	1	1				

10. Skonfiguruj **EN_STO_CH** – wyłączenie ładowania elementu magazynującego energię:
    - EN_STO_CH = LOAD: normalne ładowanie STO;
    - EN_STO_CH = GND: ładowanie elementu magazynującego energię dołączonego do wyprowadzenia STO jest wyłączone. Układ dalej zasila wyprowadzenie LOAD z wejścia SRC lub wyprowadzenia STO.

    Uwaga: Podczas pracy układu w stanie START element magazynujący energię dołączony do wyprowadzenia STO jest ładowany do napięcia VCHRDY. Oznacza to jednokrotne naładowanie elementu magazynującego energię dołączonego do wyprowadzenia STO podczas startu pracy.
11. Skonfiguruj **EN_SLEEP** – *wyłączenie możliwości przejścia w stan SLEEP:*

Tabela 4. Konfigurowanie parametrów elementu magazynującego energię [3]

Wyprowadzenia konfiguracyjne				Napięcia progowe elementu magazynującego [V]			Zastosowanie
STO_CFG[3]	STO_CFG[2]	STO_CFG[1]	STO_CFG[0]	V_{OVDIS}	V_{CHRDY}	V_{OVCH}	
0	0	0	0	3,00	3,50	4,05	Li-ion
0	0	1	1	2,80	3,10	3,60	LiFePO4
0	1	0	0	1,85	2,40	2,70	Ni-MH
0	1	1	1	0,20	1,00	4,65	2 × superkondensator
1	0	0	0	0,20	1,00	2,60	1 × superkondensator
1	0	1	1	1,00	1,20	2,95	1 × superkondensator
1	1	0	0	1,85	2,30	2,60	NGK
1	1	1	1	Custom mode			
0	0	0	0	1,10	1,25	1,50	1 × Ni-Cd
0	0	1	1	2,20	2,50	3,00	2 × Ni-Cd
0	1	0	0	1,45	2,00	4,65	2 × superkondensator
0	1	1	1	1,00	1,20	2,60	1 × superkondensator
1	0	0	0	2,00	2,30	2,60	ITEM/Umal Murata
1	0	1	1	3,00	3,50	4,35	Li-Po
1	1	0	0	2,60	2,70	4,00	Tadiran TLI1020A
1	1	1	1	2,60	3,50	3,90	Tadiran HLC1020

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl b682cee0b1

Tabela 5. Rekomendowane ustawienia napięcia wejść konfiguracyjnych układu AEM10330 [3]

Oznaczenie	Funkcja	Poziom niski	Poziom wysoki
R_MPP[2:0]	Ustawienia obliczeń MPP	GND	VINT
T_MPP[1:0]	Ustawienia czasowe MPP	GND	VINT
LOAD_CFG[3:0]	Ustawianie napięcia LOAD	GND	VINT
STO_CFG[3:0]	Ustawianie napięcia STO	GND	VINT
STO_PRIO	Konfiguracja kontrolera	GND	VINT
EN_STO_FT	Konfiguracja kontrolera	GND	VINT
EN_SLEEP	Konfiguracja kontrolera	GND	LOAD
EN_STO_CH	Konfiguracja kontrolera	GND	LOAD
EN_HP	Konfiguracja kontrolera	GND	VINT

- EN_SLEEP = LOAD: jeśli VLOAD > VLOAD,MIN oraz VINT > 2,2 V to układ przechodzi do stanu SLEEP. Jeśli któreś napięcie spadnie to układ powraca do podstawowego stanu SUPPLY;
- EN_SLEEP = GND: układ nie wchodzi w stan SLEEP.

12. Dołącz element magazynujący energię (akumulator/kondensator) do wyprowadzenia STO według ustawienia parametrów elementu magazynującego energię STO_CFG.
13. Dołącz obciążenie do wyprowadzenia LOAD.
14. Dołącz źródło energii (DC) do wyprowadzenia SRC.

Uwagi:

- Płytka drukowana zestawu EVK jest przeznaczona dla różnych układów scalonych. Wersja dla układu AEM10330 nie obsługuje wejścia PRIM i zworki PRIM_FB.
- Nie pozostawiaj niepodłączonych wyprowadzeń PRIM_FB, PRIM, BAL oraz EN_SLEEP.
- Wartości w tabeli 3 i tabeli 4 zamieszczone w AEM10330 Datasheet [3] i AEM10330 Evaluation Board User Guide [4] są różne. Nie udało się ustalić które bardziej odpowiadają rzeczywistości.
- Rekomendowane ustawienia napięć wejść konfiguracyjnych układu AEM10330 są zamieszczone w **tabeli 5**.

Skonfigurowanie pracy płytki EVK10330 z superkondensatorem

Opis przykładowej konfiguracji pracy z superkondensatorem jest zamieszczony w rozdziale 9 dokumentu AEM10330 DATASHEET [3]. Tam jest także pokazane przykładowe skonfigurowanie pracy z akumulatorem. Próby zostały przeprowadzone z płytką EVK10330 w następującej konfiguracji:

- R_MPP[2:0] = 110: współczynnik MPP 90%;
- T_MPP[1:0] = 01: okres próbkowania MPP 4.5 s; czas próbkowania MPP 70,8 ms;
- STO_CFG[3:0] = 0011: superkondensator (dwukomorowy): VOVCH = 4.65 V; VCHRDY = 1.00 V; VOVDIS = 0.20 V;
- BAL: Zwora pomiędzy pozycje BAL i ToCN (środek szeregowego połączenia superkondensatorów);
- LOAD_CFG[2:0] = 000: VLOAD = 3,3 V;
- STO_PRIO = H (dołączony do VINT): ładuj wyprowadzenie STO przed LOAD;
- EN_SLEEP = L (dołączony do GND): układ AEM10330 nie wchodzi w stan SLEEP;
- EN_STO_CH = H (dołączony do LOAD) : Normalne ładowanie STO;
- EN_HP = H (dołączony do VINT): HIGH PWER 60 mA;
- EN_STO_FT = L(dołączony do GND): Praca normalna.

Zastosowane elementy zewnętrzne:

- STOR: do wyprowadzenia STOR zostały dołączone dwa szeregowo połączone superkodensatory 60 F (2,8 V). Miejsce ich połączenia zostało dołączone do wyprowadzenia BAL;
- SRC: do wejścia SRC został dołączony panel słoneczny;
- LOAD: do wyjścia LOAD został dołączony rezystor 10 kΩ.

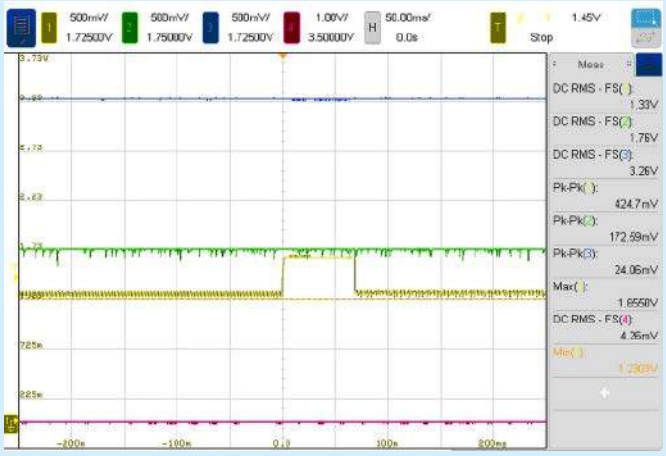
Uwaga: Aby szybko przejść do podstawowego trybu pracy układu AEM10330 to element magazynujący energię (akumulator/kondensator), dołączony do wyprowadzenia STO, powinien być wstępnie naładowany.

Praca z płytką EVK10330

Zostały przeprowadzone próby z płytką EVK10330 dołączoną do różnych paneli słonecznych. Panele umieszczone były za szybą w oknie z wystawieniem południowo-zachodnim w terenie częściowo ocienionym drzewami. Na początku zastosowano panel monokrystaliczny DFR0579 (DFRobot): rozmiar 50×50 mm, napięcie obwodu otwartego Voc = 2,4 V, prąd zwarciowy Isc = 190 mA. W warunkach sporego zaciemnienia okazał się zbyt mało wydajny.

Następnie został zastosowany panel 1 W, 5 V (AliExpress) o rozmiarach 60×110 mm. Pomimo dobrej pracy w cieniu problemem okazała się praca z dużym oświetleniem. Napięcie na panelu w trakcie próbkowania MPPT przekraczało dopuszczalny poziom 4,5 V (absolutne maksimum 5,5 V). W celu zabezpieczeniu wejścia została zastosowana równolegle do panelu dioda Zenera 4,7 V. Dioda skutecznie ograniczała napięcie wejściowe w trakcie próbkowania MPPT do 4,7 V ale powodowało to ustawienie zbyt niskiego napięcia pracy panelu, jak na warunki oświetlenia. W rezultacie skuteczność poboru mocy była kiepska. Zresztą, automatyka układu AEM10330 nie działała w tych warunkach zbyt pewnie.

Kolejny zastosowany panel elastyczny z krzemu amorficznego to LL200-2.4-75 (PowerFilm) o rozmiarach 94,0×73,0×0,22 mm,



Rysunek 7. Praca zestawu EVK10330 z panelem słonecznym LL200-24-75

Literatura:
Wybrane artykuły kursu „Systemy dla Internetu Rzeczy" w miesięczniku „Elektronika Praktyczna":
[S49] Pozyskiwanie energii słonecznej, śledzenie maksymalnego punktu mocy (MPPT), EP 6/2021
[S51] Pozyskiwanie energii słonecznej – układ BQ25570, EP 8/2021

Literatura:
[1] Energy harvesting ambient energy managers (AEM family), E-peas Semiconductors, https://bit.ly/3hIzGpT
[2] AEM10330 Solar Energy Harvester, E-peas, https://bit.ly/3IfEbGX
[3] AEM10330 Highly Versatile, Regulated Single-Output, Buck-Boost Ambient Energy Manager For Up to 7-cell Solar Panels, DATASHEET. 2021, E-peas, https://bit.ly/3pmQLeO
[4] AEM10330 Evaluation Board User Guide, 2021, E-peas, https://bit.ly/3oe61LN
[5] Solar Pnael LL200-2.4-75, PowerFilm, https://bit.ly/3xKWn6r

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

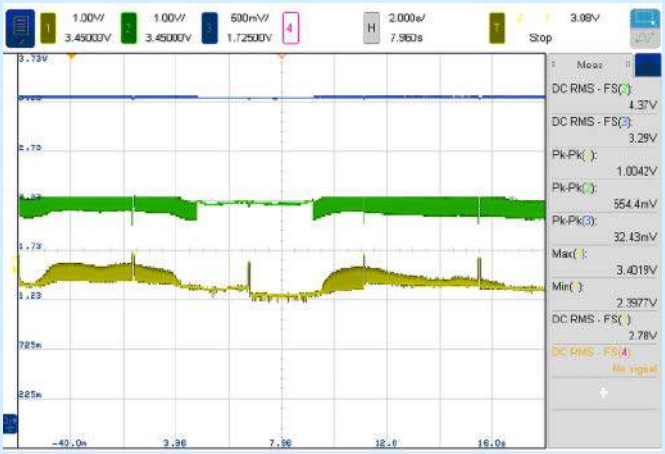
eprasa.pl b682cee0b1

Voc = 3,7 V. Panel jest przeznaczony do pracy we wnętrzach i ma dobre parametry w warunkach niskiego poziomu oświetlenia: 200 Lux 1,6 V, 0,181 mA (średnie Voc: 2,4 V, Isc: 0,2 mA), 1000 Lux 2,1 V, 0,904 mA (średnie Voc: 2,7 V, Isc: 1,2 mA). Na **rysunku 7** (CH1 Vin, CH2 Vstor, CH3 Vout) została pokazana praca zestawu EVK10330 z panelem słonecznym LL200-2.4-75 o godz. 8 rano w cieniu. Napięcie z panelu ok. 1,295 V i prąd ok. 0,12 mA. Zastosowano dwa superkondensatory 60 F połączone szeregowo. Pomimo niedługiego czasu od rozpoczęcia ich ładowania (Vstor ok. 1,753 V) układ dostarcza napięcia wyjściowego Vout ok. 3,26 V. Po godzinie 10 panele zostały oświetlone co spowodowało o godz. 15 naładowanie kondensatorów do napięcia 4,26 V (czyli prawie pełne).

Została podjęta próba zwiększenia wydajności pozyskiwania energii poprzez zastosowanie dwóch takich samych paneli połączonych równolegle i wystawionych obok siebie na podobne warunki oświetlenia. Rezultat jest pokazany na **rysunku 8** przy pracy w warunkach zmiennego oświetlenia południowym słońcem (machają gałęzie). W przebiegu napięcia wejściowego i Vstor widać czasami dużą amplitudę szybkich zmian impulsowych wywołanych pracą przetwornicy podwyższającej. Przy napięciu Voc = 3,4 V prąd wejściowy osiąga ponad 25 mA. Układ raczej tylko doładowuje naładowane kondensatory (4,37 V). Dlatego pomimo dosyć wysokiego poziomu mierzonego napięcia Voc = 3,41 V (wysokie szpilki) automatyka MPPT utrzymuje poziom pracy z dosyć niskim napięciem. W napięciu wyjściowym występuje zwiększony poziom tętnień (32 mV). Sugeruje to konieczność dodatkowej filtracji napięcia wyjściowego w praktycznych zastosowaniach zasilania układów elektronicznych.

Podsumowanie

Układ EVK10330 ma olbrzymią zaletę w stosunku do innych testowanych układów pozyskiwania energii fotowoltaicznej poprzez brak konieczności stosowania rezystorów konfiguracyjnych o wysokiej rezystancji [S51]. Cała konfiguracja (w typowych warunkach pracy) jest zadawana cyfrowo. Układ jest kompatybilny z układem AEM30330 pozyskiwania energii z sygnału elektromagnetycznego (RF) oraz energii wibracyjnej (piezo). Właściwie jedyna różnica dotyczy



Rysunek 8. Praca zestawu EVK10330 z dwoma panelami słonecznym LL200-24-75

parametrów pracy automatyki MPPT – zmiana parametrów czasowych dwóch ustawień w tabeli 2.

Układ EVK10330 jest pierwszym z kilku testowanych układów pozyskiwania energii fotowoltaicznej, który działa zgodnie z obietnicami producentów. Układ uzyskał imponujący wynik, którego nie udało się uzyskać przez inne testowane układy pozyskiwania energii. Przez 10 dni zestaw z czterema kondensatorami 60 F pracował z obciążeniem 10 kΩ (0,33 mA) bez przerwy. Większość dni był zacieniona lub pochmurna. Tylko nieliczne okresy były słoneczne. Na pięcie na kondensatorach osiągnęło maksymalny poziom 4,48 V ze spadami po nocy do typowo ok. 3,9 V. Zastosowane obciążenie odpowiada pracy typowego układu IoT z rzadkim powtarzaniem pomiaru i transmisji wyników. Przeprowadzone próby pokazują realną możliwość zastosowania energii solarnej do zasilania urządzeń IoT (już teraz).

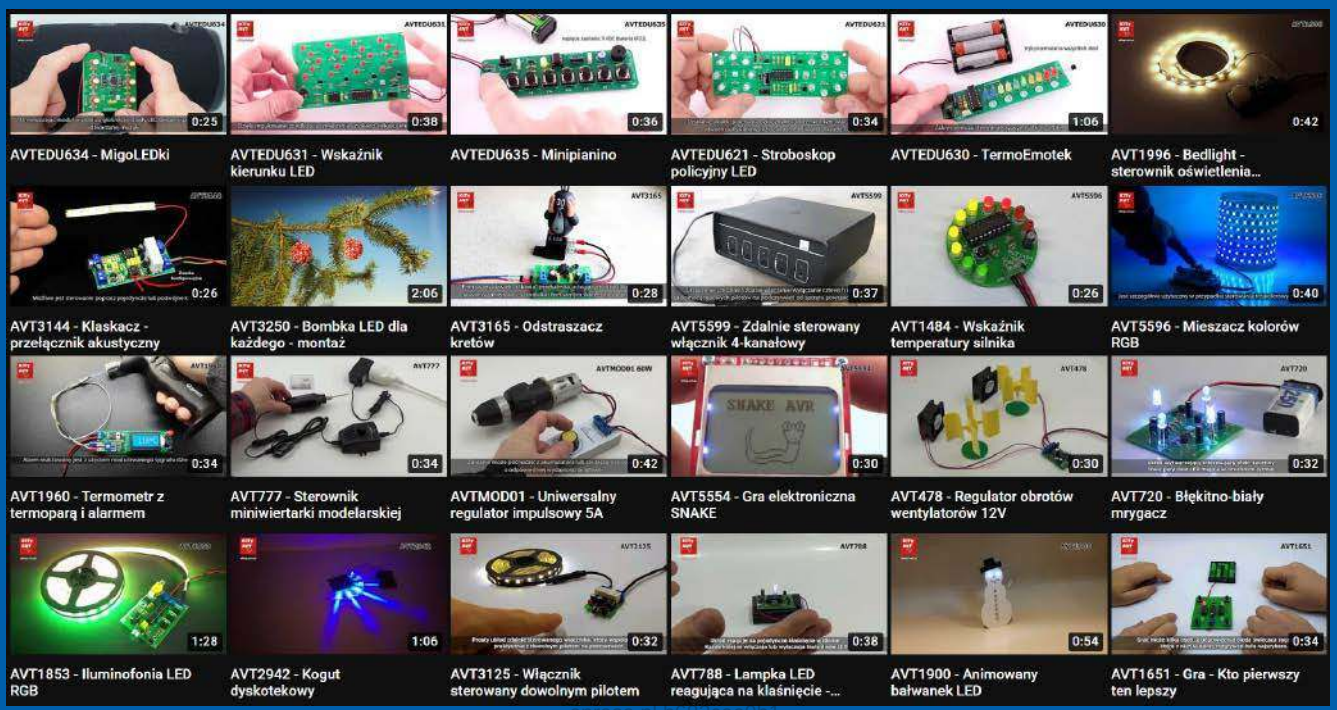
Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

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 b682ceeUb1

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 1/2022

Ambient LED controler

Projekt powstał dlatego, że chciałem mieć w aucie dodatkowe podświetlanie, umieszczone nisko w kabinie, oświetlające obszar stóp. Niestety w moim aucie, w tej wersji wyposażenia, oświetlenia takiego nie było. Dlatego postanowiłem zaprojektować własny sterownik, który mógłbym podłączyć do gniazda USB lub gniazda zapalniczki, nie ingerując w obwody elektryczne pojazdu. Co prawda na rynku są gotowe chińskie sterowniki przeznaczone do tego celu ale nie potrafiłem obdarzyć ich zaufaniem. Sterownik nie musi być zastosowany w samochodzie, może być używany jako kontroler LED w domu. Jest kontrolowany poprzez aplikację na system Android i łącze Bluetooth, więc może być sterowany z każdego klasycznego smatrfona.

Cyfrowy wzmacniacz dla RPi Zero

W artykule zaprezentowano wysokiej jakości cyfrowy wzmacniacz audio o mocy 2×10 W w formacie Raspberry Pi Zero, pomocny przy tworzeniu aplikacji multimedialnych takich jak odtwarzacze sieciowe, odbiorniki radia internetowego, czy tzw., kioski informacyjne. Pomimo niewielkich rozmiarów płytka integruje dwa kanały audio. Dzięki wbudowanej przetwornicy obniżającej napięcie, finalna aplikacja wymaga tylko jednego zasilania 9...14 V, co ułatwia zastosowanie wzmacniacza także z zasilaniem akumulatorowym lub bateryjnym. Moduł bazuje na układzie SSM3582.

Gra – kto był pierwszy

Gry i zabawy potrafią rozkręcić niejedno spotkanie albo imprezę. Frajda może być jeszcze większa, kiedy zaprzęgniemy elektronikę do pomocy przy ich przeprowadzeniu. Dzięki zaprezentowanemu układowi możemy zrealizować prawdziwy teleturniej, w którym prowadzący czyta pytanie, a uczestnicy zgłaszają się do odpowiedzi – kto pierwszy wciśnie swój przycisk, ten ma szansę na wygranie rundy.

Zasilacz 5 V z szerokim zakresem napięć wejściowych

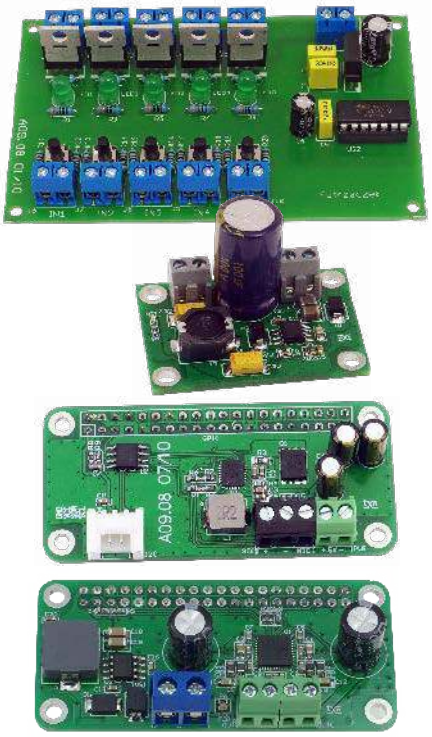
Zaprezentowany zasilacz dostarcza napięcia 5 V przy obciążalności do 1 A i charakteryzuje się bardzo szerokim zakresem napięć zasilania, wynoszącym aż 8,5...98 V. Umożliwia to zasilanie układów z wysokonapięciowych źródeł, takich jak panele słoneczne i instalacje o napięciu znamionowym 36...72 V stosowane w rowerach lub innych pojazdach elektrycznych. Jako sterownik przetwornicy wybrany został układ MP9486 firmy MPS. Jest to sterownik przetwornicy obniżającej z zintegrowanym kluczem MOSFET, z dopuszczalnym napięciem zasilania 100 V, prądzie przełączania do 2,5 A i wbudowanymi zabezpieczeniami.

Zasilacz buforowy z akumulatorem Li-Ion

W wielu aplikacjach zachodzi konieczność zapewnienia bezprzerwowego zasilania dla Raspberry Pi, także w sytuacjach zaniku głównego zasilania. Zastosowanie powerbanku jest rozwiązanie nieprofesjonalnym, znacznie lepiej zastosować specjalizowany zasilacz buforowy. Układ taki oprócz zapewnienia zasilania Pi, kontroluje ładowanie i zabezpieczenie współpracującego akumulatora, bilansuje pobierany ze źródła prąd, zapobiegając przeciążeniom oraz pozwala na monitorowanie stanów pracy i awarii zasilania. Zapewni on podtrzymanie zasilania na czas od kilku minut do kilku godzin, w zależności od obciążenia wymuszonego przez aplikację. Został zrealizowany z zastosowaniem specjalizowanego układu LTC4040 (Analog Devices).

a ponadto tematy wiodące EP 01/2022:

- Precyzyjne źródła częstotliwości i czasu
- Systemy chłodzenia dla elektroniki



Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 57
ARMEL 7
BORNICO 7
COMPUTER CONTROLS 48, 49
ELMAX 63
GAMMA 7
INTELLECTRONIC SOLUTIONS 50
MASTERS 77, 80
PIEKARZ 7
RELPOL 13, 78
RENEX 7

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali Współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22
e-mail: prenumerata@avt.pl

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

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”.

Fotografia na okładce:
By MW AHM - Own work, CC BY-SA 4.0, https://bit.ly/3DjQBKn

eprasa.pl b682cee0b1

Raspberry Pi 400

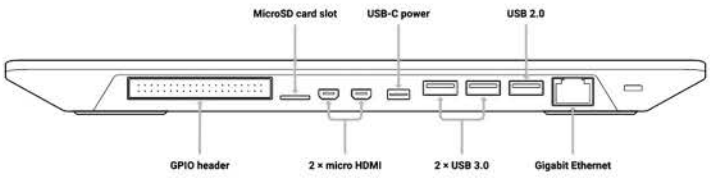
Raspberry Pi 400 to potężny, łatwy w użyciu komputer wbudowany w zgrabną i przenośną klawiaturę.

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

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

RASP0015
530zł





Raspberry Pi 400 i akcesoria w zestawie przeszły wszystkie rygorystyczne testy zgodności i spełniają szereg regionalnych i międzynarodowych standardów.



sklep.avt.pl

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

eprasa.pl b682cee0b1