Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

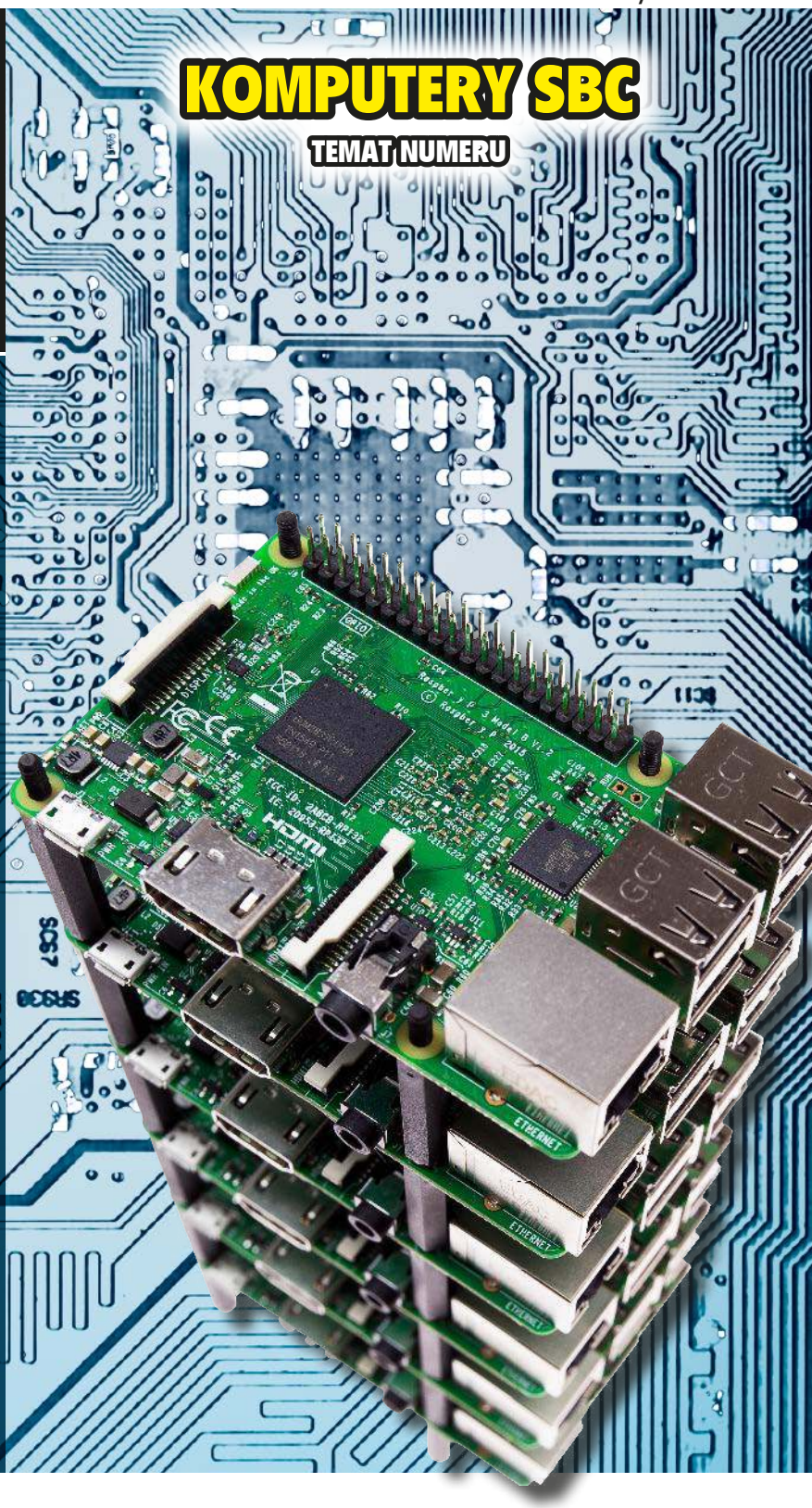
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Październik ● 10/2022 ●

Tylko Prenumeratorzy

- mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP na www.ep.com.pl – **EP W TOKU**
- mają dostęp do materiałów dodatkowych, takich jak pliki źródłowe projektów na naszym serwerze **FTP** www.ulubionykiosk.pl/media



inspirujące, użyteczne projekty

Termo-higrometr LED • Warsztatowy multitester. Na bazie modułu ESP32, z możliwością pomiarów zdalnych • Bank energii z hulajnogi elektrycznej, czyli jak hulajnogi elektryczne ratują instalację fotowoltaiczną • Przetwornik prądu przemiennego na DC True RMS • Szukacz włączonego przekaźnika • Przetwornik napięcia przemiennego na DC True RMS • Uniwersalny balanser aktywny • Ekspander DAC z układem LTC1663 • Prosty wzmacniacz do czujnika PT1000 • Sumator dwóch źródeł audio • Miniaturowe radio internetowe z ESP32 • Komputer na bazie RP2040 ze wsparciem dla BASIC-a

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Zwiększenie mocy z watów na megawaty. Konwersja energii z zastosowaniem elementów SiC MOSFET • Aktuatory liniowe serii Faulhaber L. Wysoka wydajność w kompaktowych wymiarach • Komputery jednopłytkowe 2022, czyli czym zastąpić Malinę • Podzespoły mocy

tutoriale

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Front-endy do pomiarów ultradźwiękowych • Pomiary RF. Co oznaczają poszczególne parametry S • Kondensatory przy stabilizatorach serii 78xx • Przerwa energetyczna a parametry półprzewodników • Kompatybilność elektromagnetyczna napędów miniaturowych • Globalna ankieta na temat kobiet w świecie inżynierii

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

ISSN 1230-3526 Indeks 357677

9 771230 352221 10

PÓŁPRZEWODNIKOWE PODZESPOŁY MOCY

eprasa.pl a982d0ace0



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

na start
do 6* wydań gratis

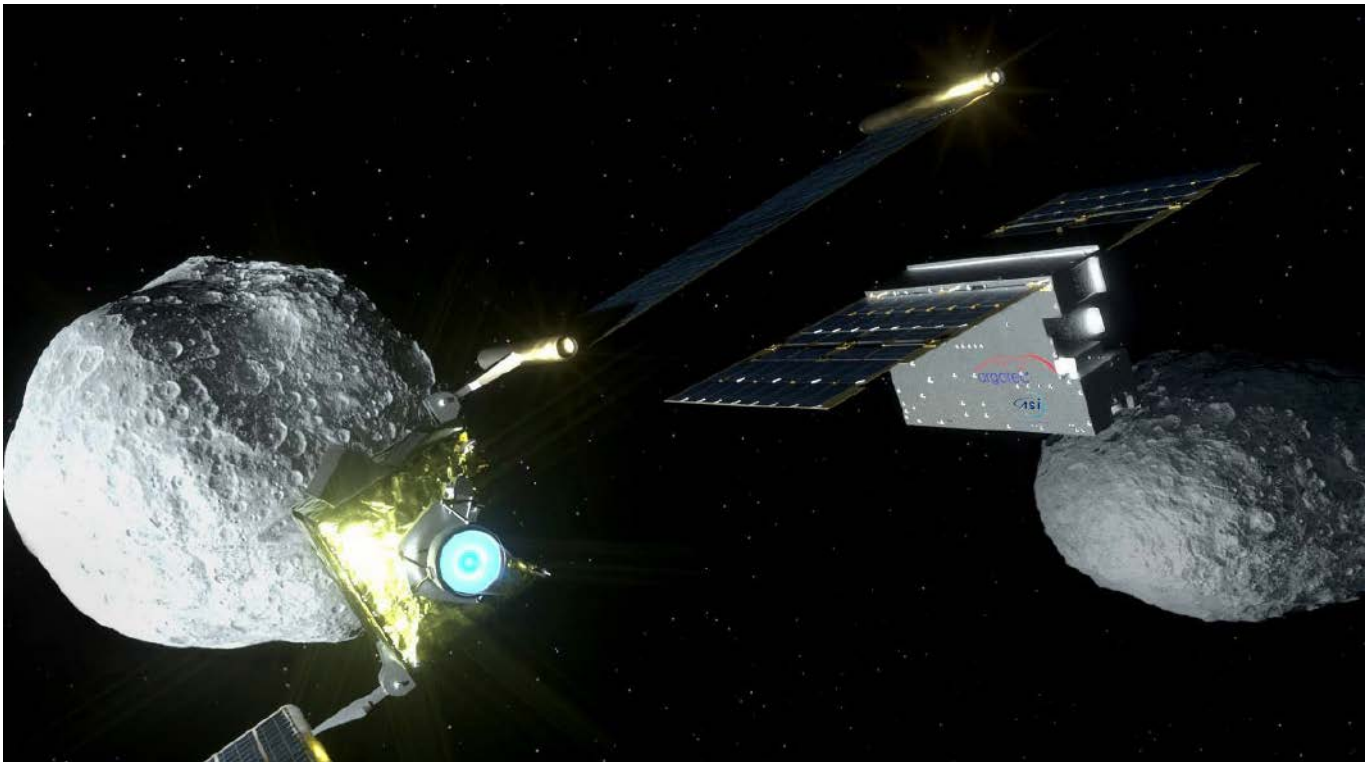
po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty
do 12* wydań gratis

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

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 a982d0ace0



Strzał w dziesiątkę

W obecnych trudnych czasach każdy sukces jest ważny, nawet jeśli polega na... zniszczeniu sondy kosmicznej. Dokładnie 27 września o godz. 1.14 polskiego czasu, ok. 11 mln kilometrów od Ziemi sonda DART uderzyła w Dimorphosa. To niewielka skała kosmiczna o średnicy ok. 160 m, która krąży wokół większego obiektu – planetoidy Didymos. Sonda o wielkości małego samochodu i masie nieco ponad pół tony uderzyła z prędkością 22,5 tys. km/h w obiekt, którego masa szacowana jest na ok. 5 miliardów kilogramów. Efekt całego przedsięwzięcia nie jest imponujący – powinien zmienić prędkość Dimorphosa o 0,4 mm/s. Wydaje się to niewiele, ale z upływem lat doprowadzi do zauważalnej zmiany orbity planetoidy Didymos. Wydarzenie było transmitowane na żywo dzięki zainstalowanej w sondzie kamerze. Dodatkowo sondzie DART towarzyszył niewielki satelita LICIACube od Włoskiej Agencji Kosmicznej, który został wypuszczony przez sondę przed uderzeniem w planetoidę, aby monitorować zdarzenie. Z uwagi na dystans przesyłany obraz docierał do nas z 38-sekundowym opóźnieniem. Cała operacja przebiegła zgodnie z planem i zakończyła się sukcesem.

Zagadnienie kosmicznej kolizji z udziałem Ziemi wydaje się nierealne, ale specjaliści od tematyki obrony planetarnej od lat zastanawiają się, w jaki sposób można byłoby ochronić się przed uderzeniem kosmicznego obiektu. Zmiana jego orbity odpowiednio wcześnie jest jednym ze skuteczniejszych rozwiązań. Celem projektu DART (*Double Asteroid Redirection Test*) jest przetestowanie takiej metody. O jej skuteczności dowiemy się w najbliższych latach.

Innym zaskakującym sukcesem, mniej destrukcyjnym, bardziej przyziemnym i dotyczącym niemal bezpośrednio nas, są... paczkomaty InPostu. Kilka dni temu ukazał się raport za 2021 roku serwisu Last Mile Experts, który dostarcza ciekawych danych na temat rynku CEP (usługi kurierskie, ekspresowe i paczkowe). Znajdują się w nim informacje dotyczące liczby punktów odbioru paczek poza domem kupionych w sieci – OOU (*Out of home*). Zaliczają się do nich punkty odbioru PUDO (*Pick up and drop off location*), w Polsce są to m.in. sieci sklepów Żabka czy placówki Poczty Polskiej oraz APM (*Automated parcel machine*), czyli automaty paczkowe. Pierwszy automat paczkowy został uruchomiony w Polsce w 2008 roku przez InPost, od tego momentu rozpoczęła się rewolucja w branży doręczania przesyłek w Polsce. W 2021 roku ok. 40% zamówionych w sieci paczek zostało doręczonych właśnie do automatów paczkowych. W Polsce aktualnie jest najwięcej automatów paczkowych w porównaniu z innymi krajami Europy – 19 580, na drugim miejscu są Niemcy z niemal o połowę mniejszą liczbą, a potem Wielka Brytania z podobnym wynikiem. InPost osiąga rekordowe wyniki finansowe, co jest zaskakujące w obecnej trudnej sytuacji, ale jednocześnie uzasadnione ze względu na to, jak zaczęliśmy postrzegać dostarczanie przesyłek.

Nie udało mi się znaleźć informacji na temat elektronicznej konstrukcji stosowanej w automatach paczkowych, jednak można sobie łatwo wyobrazić kluczowe elementy. Zapewne pracą systemu steruje komputer SBC, być może nawet jeden z tych, które omówiliśmy na łamach tego wydania EP. Jednak zapewne nie jest to ostateczne rozwiązanie. W planach firmy są np. urządzenia zasilane ekologiczną energią czy też urządzenia z klimatyzowanymi skrytkami. W tej dziedzinie jest jeszcze duże pole dla innowacji, zwłaszcza że branża rozwija się nawet w tym trudnym czasie.

Damian Sosnowski

Raport za 2021 r. serwisu Last Mile Experts: https://bit.ly/3SuAodQ

eprasa.pl a982d0ace0

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 10 (357) • Październik 2022



Komputer na bazie RP2040 ze wsparciem dla BASIC-a

Rok 1976 był czasem interpreterów BASIC-a. Legendarny magazyn Dr. Dobb's opublikował wiele artykułów, projektów i implementacji interpreterów Tinybasic. Autor poniższej konstrukcji, 45 lat później, zatęsknił za tymi czasami i postanowił opracować własny interpreter BASIC-a zupełnie od podstaw. Dodatkowo, system uzupełniła platforma sprzętowa, zbudowana na mikrokontrolerze Raspberry Pi RP2040, która pozwoliła na uruchomienie tego interpretera.



Miniaturowe radio internetowe z ESP32

Klasyczne radia są w dużej mierze wypierane przez inne media, takie jak telewizja czy, przede wszystkim, Internet. Istnieją stacje radiowe w Internecie, jednak, jak można się łatwo domyśleć, nie można ich odbierać z pomocą zwykłego radia. Potrzebny jest do tego komputer. Jednak angażowanie komputera PC tylko do tak błahego zadania, jakim jest odtwarzanie muzyki, budzi wiele zastrzeżeń.

Nie przeocz

Nowe podzespoły ... 6
Dodaj do obserwowanych ... 12
Konkurs ... 21
Koktajl niusów ... 95

Projekty

Termo-higrometr LED ... 22
Warsztatowy multitester. Na bazie modułu ESP32, z możliwością pomiarów zdalnych ... 25
Bank energii z hulajnogi elektrycznej (2), czyli jak hulajnogi elektryczne ratują instalację fotowoltaiczną ... 31

Miniprojekty

Przetwornik prądu przemiennego na DC True RMS ... 36
Szukacz włączonego przekaźnika ... 37
Przetwornik napięcia przemiennego na DC True RMS ... 39
Uniwersalny balanser aktywny ... 40
Ekspander DAC z układem LTC1663 ... 41
Prosty wzmacniacz do czujnika PT1000 ... 43
Sumator dwóch źródeł audio ... 45

Projekty soft

Miniaturowe radio internetowe z ESP32 ... 64
Komputer na bazie RP2040 ze wsparciem dla BASIC-a ... 68

Prezentacje

Globalna ankieta na temat kobiet w świecie inżynierii ... 48
Kompatybilność elektromagnetyczna napędów miniaturowych ... 49
Zwiększenie mocy z watów na megawaty. Konwersja energii z zastosowaniem elementów SiC MOSFET ... 82
Aktuatory liniowe serii Faulhaber L. Wysoka wydajność w kompaktowych wymiarach ... 85

Temat numeru: Komputery SBC

Komputery jednopłytkowe 2022, czyli czym zastąpić Malinę ... 52

Notatnik konstruktora

Kondensatory przy stabilizatorach serii 78xx ... 60
Pomiary RF (1). Co oznaczają poszczególne parametry S ... 62

Poradnik implementacji

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (18). Front-endy do pomiarów ultradźwiękowych (3) ... 74

Elektronika w praktyce

Podzespoły mocy ... 86
Przerwa energetyczna a parametry półprzewodników ... 92

Prenumerata ... 2
Od wydawcy ... 3
Hity następnego numeru ... 99

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

eprasa.pl a982d0ace0

Szczegóły na stronie 61



Dodaj „Smart” do inteligentnego domu

Łatwe projektowanie dzięki rodzinie mikrokontrolerów PIC16F18076

Bez względu na to, co projektujesz, rodzina mikrokontrolerów PIC16F18076 może ci pomóc w tworzeniu szybszych i bogatszych w funkcje rozwiązań dla inteligentnego domu. Teraz możesz łatwo dodawać pojemnościowe przyciski dotykowe, sterować silnikami, integrować komunikację IoT i monitorować stan systemu za pomocą inteligentnych układów peryferyjnych dostępnych w tej rodzinie MCU. Te ekonomiczne mikrokontrolery można bezproblemowo zintegrować z naszymi najnowszymi narzędziami do konfiguracji kodu opartymi na graficznym interfejsie użytkownika, zapewniając nowoczesne i proste środowisko programistyczne. Już dziś zacznij budować swoją kolejną inteligentną aplikację, korzystając z platformy do szybkiego prototypowania Curiosity Nano.

Charakterystyka

- Obudowy zawierające od 8 do 44 pinów
- Od 3,5 KB do 28 KB pamięci wewnętrznej
- Szybkość procesora do 32 MHz
- 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy z funkcjami obliczeniowymi (ADCC)
- Automatyczny pojemnościowy dzielnik napięcia (CVD)
- 8-bitowy przetwornik cyfrowo-analogowy (DAC)





MICROCHIP

microchip.com/PIC16F180

eprasa.pl a982d0ace0

Nazwa i logo Microchip oraz logo Microchip są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Microchip Technology Incorporated w USA i innych krajach. Wszystkie inne znaki towarowe są własnością ich zarejestrowanych właścicieli.
© 2022 Microchip Technology Inc. MEC2423A-POL-05-22

nowe podzespoły

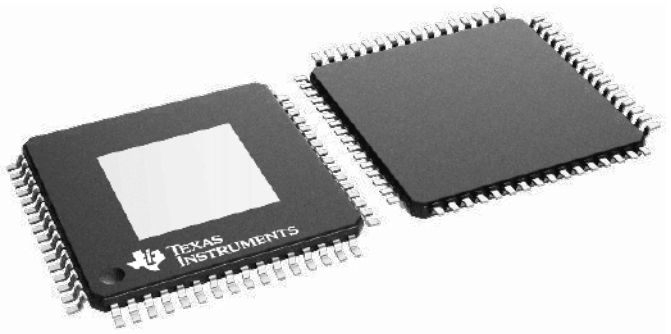
Z kilkuset nowości wybraliśmy te, których nie wolno przeoczyć. Bieżące nowości można śledzić na www.elektronikaB2B.pl

Moduł komunikacyjny combo Wi-Fi 6 + Bluetooth 5.3



Murata dodaje do oferty modułów komunikacyjnych nowy, energooszczędny model Type 1XL (LBEE5ZZ1XL), bazujący na chipsecie 88W9098 produkcji NXP. Jest to moduł typu combo, obsługujący dwa standardy komunikacji bezprzewodowej: Wi-Fi 6 2×2 MU-MIMO (multi-user, multiple-input, multiple-output) i Bluetooth 5.3 Low Energy (LE). Sekcja Wi-Fi zapewnia szybkość transmisji do 1200 Mbps oraz obsługuje interfejs PCIe 3.0 i opcjonalnie SDIO 3.0. Sekcja Bluetooth 5.3 LE zapewnia szybkość transmisji do 2 Mbps oraz obsługuje dane audio PCM i opcjonalnie protokół SDIO. Moduł charakteryzuje się niewielkimi wymiarami 19,1×16,5×2,1 mm.

www.murata.com



4-kanałowy wzmacniacz audio klasy D z funkcją diagnostyki obciążenia w czasie rzeczywistym

TAS6584-Q1 to 4-kanałowy wzmacniacz audio klasy D, zawierający czujnik prądu wyjściowego i funkcję diagnostyki obciążenia w czasie rzeczywistym. Układ charakteryzuje się sumaryczną mocą wyjściową w 4 kanałach wynoszącą 118 W przy obciążeniu 8 Ω i 215 W przy obciążeniu 4 Ω (45 V, 1% THD, wyjście BTL).

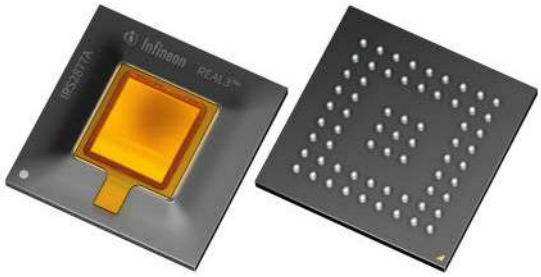
Funkcja diagnostyki obciążenia w czasie rzeczywistym bada jego status jeszcze przed aktywowaniem stopnia wyjściowego. Podczas odtwarzania sygnału audio, status obciążenia w poszczególnych kanałach jest raportowany do mikroprocesora host przez interfejs TDM przy minimalnym opóźnieniu. W celu zwiększenia sprawności energetycznej, wbudowany w TAS6584-Q1 kontroler DSP zapewnia śledzenie amplitudy sygnału i odpowiednio dobiera napięcie zasilania, podobnie, jak we wzmacniaczach klasy H, bez potrzeby tworzenia dodatkowego oprogramowania ani współpracy z zewnętrznym mikrokontrolerem. Modulacja spread-spectrum zapewnia zgodność z wymogami normy CISPR25-L5 w zakresie kompatybilności EMC.

TAS6584-Q1 uzyskał kwalifikację AEC-Q100, pozwalającą na zastosowania w motoryzacji. Może pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –40°C do +125°C. Akceptuje napięcie zasilania od 4,5 do 45 V, przy czym jego linie I/O są kompatybilne z układami zasilanymi napięciem 1,8 V i 3,3 V. Pobór mocy nie przekracza 2 W w stanie spoczynkowym (przy 14,4 V), a w trybie shutdown pobór prądu jest ograniczany do mniej niż 8 µA. Układ jest zamykany w obudowie QFP-64.

Pozostałe cechy układu TAS6584-Q1:

- wejście audio: I²S lub TDM (44,1, 48, 96, 192 kHz),
- wyjście audio: 4 kanały BTL lub 2 kanały równoległe BTL (PBTL),
- THD+N: 0,03% (8 Ω, 1 W, 1 kHz),
- SNR: 111 dB,
- prąd wyjściowy: do 10 A/kanał,
- szum wyjściowy: 37 µV (14,4 V), 80 µV (45 V),
- interfejs I²C z 8 dostępnymi adresami,
- detektor zwarcia/rozwarcia wyjścia + zabezpieczenie podnapięciowe, nadnapięciowe i termiczne.

www.ti.com



Pierwszy na rynku czujnik obrazu 3D dla motoryzacji

Czujniki głębi 3D odgrywają ważną rolę w nowoczesnych systemach monitorowania w kabinach pojazdów, zapewniając łączność z nowymi usługami i poprawiając poziom bezpieczeństwa. Są one niezbędne do zapewnienia zgodności z wymogami NCAP. Infineon we współpracy z firmą pmdtechnologies, specjalizującą się w systemach pomiaru czasu przelotu 3D, opracował nową wersję samochodowego czujnika obrazu REAL3 (IRS2877A) o dużej rozdzielczości, zgodnego z wymogami normy ISO26262. Umożliwia on realizację kamer ToF do rozpoznawania twarzy i monitorowania kierowcy, pozwalających wykryć jego rozproszenie uwagi lub zmęczenie. Zapewnia odporność na światło słoneczne i inne źródła zakłócające rejestrację obrazu.

Czujnik REAL 3 jest zamykany w plastikowej obudowie BGA o powierzchni 9×9 mm z matrycą o boku 4 mm. Pracuje z rozdzielczością 640×480 pikseli. Uzyskał kwalifikację AEC-Q100 Grade 2 i jest pierwszym tego rodzaju czujnikiem, zgodnym z wymogami normy ISO26262 (ASIL-B). Oprócz zastosowań krytycznych dla bezpieczeństwa, rejestrowane dane 3D umożliwiają też korzystanie z funkcji zapewniających komfort, takich jak sterowanie gestami czy intuicyjne oświetlenie wnętrza, podążające za ruchami pasażerów. Poza motoryzacją, czujnik IRS2877A może też znaleźć zastosowanie m.in. w robotyce, dronach oraz systemach autonomicznych, w których priorytetem jest niezawodność i bezpieczeństwo operatorów.

www.infineon.com

eprasa.pl a982d0ace0

Nowa seria cyfrowych czujników wilgotności i temperatury od Sensirion



Sensirion wprowadza do sprzedaży kolejną, czwartą już generację samochodowych czujników wilgotności i temperatury z wyjściem cyfrowym, bazujących na technologii CMOSens. Zostały one zaprojektowane specjalnie do zastosowań w elektronice samochodowej i przeszły w tym zakresie testy klimatyczne 85°C/85 %RH. Wbudowany zestaw obwodów diagnostycznych z elementem grzewczym, mały dryft długoterminowy, zabezpieczenie przed wyładowaniami ESD do 4 kV (HBM) oraz kwalifikacja AEC-Q100 czynią je idealnymi do zastosowań w najbardziej wymagających aplikacjach.

Czujniki SHT4xA mogą być zasilane napięciem z zakresu od 2,3 do 5,5 V. Pobierają od 18 µA prądu w trybie idle do 320 µA w trybie pomiaru. Występują w wersjach o różnej klasie dokładności z interfejsem I²C i PWM. Są zamykane w obudowach DFN o wymiarach 1,5×1,5×0,5 mm z opcjonalnymi wyprowadzeniami wettable flank, ułatwiającymi prowadzenie automatycznej inspekcji optycznej. W zależności od wersji zapewniają dokładność od ±2 %RH i ±0,2°C w pełnym zakresie pomiarowym 0...100 %RH i –40...+125°C.

www.sensirion.com

Najbardziej zintegrowane na rynku układy Bluetooth LE SoC z detektorem aktywności głosowej

Reneses wprowadza do oferty serię najbardziej zintegrowanych modułów Bluetooth Low Energy SoC spośród wszystkich dostępnych obecnie na rynku. Rodzina SmartBond DA1470x obejmuje moduły



z wbudowanym procesorem graficznym (GPU), detektorem aktywności głosowej (VAD) i układem zarządzania zasilaniem. Ta połączona funkcjonalność pozwala na realizację energooszczędnych urządzeń IoT z zaawansowanymi czujnikami i możliwościami graficznymi oraz zawsze włączoną funkcją identyfikacji głosu. Przykładowe zastosowania obejmują smartwatche, akcesoria fitness, przenośne akcesoria medyczne, sprzęt AGD z wbudowanym wyświetlaczem, urządzenia automatyki przemysłowej, konsole Bluetooth w rowerach elektrycznych itp.

Duży poziom integracji modułów SmartBond DA1470x dodatkowo pozwala zmniejszyć liczbę niezbędnych podzespołów współpracujących, umożliwiając realizację urządzeń w mniejszych obudowach lub zwalniając przestrzeń na dodatkowe komponenty i większe akumulatory. Mniejsza liczba elementów na płytkach drukowanych poprawia również niezawodność systemu.

Moduły SmartBondDA1470x uzyskały już akceptację rynkową. Znalazły zastosowanie m.in. w nowych opaskach Xiaomi Mi band 7 z wyświetlaczem AMOLED 1,62“ o rozdzielczości 490×192 pikseli,

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

ZAPRASZA NA:

Evertiq Expo Warsaw

- Warszawa **27**.10.2022, Stoisko nr **250**.

evertiq eXpo

- Wykład pt. „Zasilanie Twojej aplikacji za pomocą technologii Energy Harvesting.” - 13[10], sala konferencyjna
Prowadzący: Kamil Prus BDM / FAE Polska

SoC
KOMPONENTY
OPROGRAMOWANIE
APARATURA POMIAROWA
WSPARCIE TECHNICZNE

Roadshow Altium Designer Warszawa 18.10, Łódź 19.10, Wrocław 20.10.
Szczegóły dostępne na **ccontrols.pl**

Altium arm KEIL SILICON LABS e-peas epishine miromico SKYWORKS SILERGY DISPLAY LOGIC

COMPUTER CONTROLS

Oprogramowanie | Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1 +48 (33) 485 94 90 info@ccontrols.pl
Komponenty | Warszawa, ul. Pańska 98/4 +48 (22) 718 31 90 components@ccontrols.pl

eprasa.pl a982d0ace0

oferujących 120 tryby sportowe i 15-dniowy czas pracy na akumulatorze w typowych warunkach użytkowania.

Najważniejsze cechy DA1470x:

- wielordzeniowa architektura z mikroprocesorem aplikacyjnym ARM Cortex-M33 i mikroprocesorem Cortex-M0+ do obsługi czujników,
- procesor graficzny 2D z obsługą interfejsów DPI, JDI parallel, DBI i Single/Dual/Quad SPI,
- konfigurowalny kontroler MAC z obsługą protokołów Bluetooth LE 5.2 i innych w paśmie 2,4 GHz,
- układ ładowania akumulatorów Li-ion/Li-Po współpracujący z portem USB, zapewniający wydajność prądową 720 mA,
- konwerter DC-DC o małym prądzie spoczynkowym do zasilania komponentów systemowych i zewnętrznych,
- energooszczędny detektor VAD do realizacji funkcji głosowych.

www.renesas.com



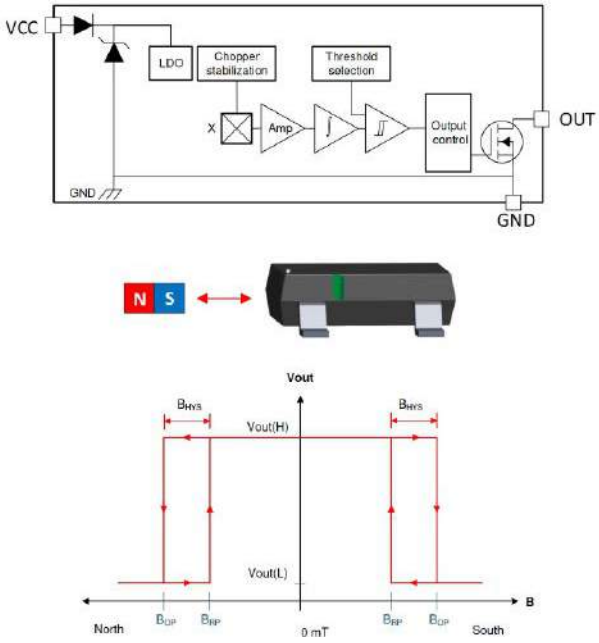
6-osiowy czujnik bezwładnościowy do aplikacji machine-learning

ISM330ISN to nowy 6-osiowy czujnik bezwładnościowy (IMU) do pomiaru położenia i przemieszczenia, charakteryzujący się małymi gabarytami i małym poborem mocy przy dużej dokładności i krótkim czasie odpowiedzi. Nadaje się doskonale do zastosowań w aplikacjach przemysłowych i IoT, pracujących z zasilaniem bateryjnym. Przykładem mogą być roboty przemysłowe, trackery do śledzenia zasobów oraz systemy utrzymania predykcyjnego maszyn i instalacji. Wewnętrzny, specjalizowany procesor ISPU, zoptymalizowany pod kątem systemów uczenia maszynowego, umożliwia implementowanie zaawansowanych funkcji wykrywania ruchu, bez potrzeby współpracy z zewnętrznym mikrokontrolerem. Redukuje to nawet o połowę pobór mocy systemu i wymaganą powierzchnię płytki drukowanej.

Projektanci mogą programować ISPU z użyciem oprogramowania NanoEdge AI Studio firmy ST, umożliwiającego wdrażanie aplikacji AI na mikrokontrolerach STM32. Umożliwia to łatwe generowanie automatycznie optymalizowanych bibliotek uczenia maszynowego. Zaprojektowanie biblioteki wykrywania anomalii z możliwością uczenia się przez sztuczną inteligencję bezpośrednio w ISPU jest możliwe przy minimalnej ilości danych i zaledwie kilku kliknięciach. Nie są do tego potrzebne żadne specjalne umiejętności z zakresu analizy danych.

ISM330ISN stanowi rozszerzenie rodziny czujników bezwładnościowych iNEMO z oferty STMicroelectronics. Zawiera 3-osiowy akcelerometr i 3-osiowy żyroskop o małych szumach wyjściowych. Zapewnia częstotliwość wyprowadzania danych (ODR) równą 6,6 kHz. Pobiera średnio 0,59 mA prądu zasilania w stanie aktywnym. Jest zamykany w obudowie SMD o wymiarach 3,0×2,5×0,83 mm, identycznej, jak w przypadku wcześniejszych wersji. Dzięki temu projektanci mogą szybko i łatwo modernizować wcześniejsze wersje produktów, bez potrzeby przeprojektowywania płytek drukowanych. STMicroelectronics gwarantuje co najmniej 10-letnią dostępność czujnika ISM330ISN.

www.st.com

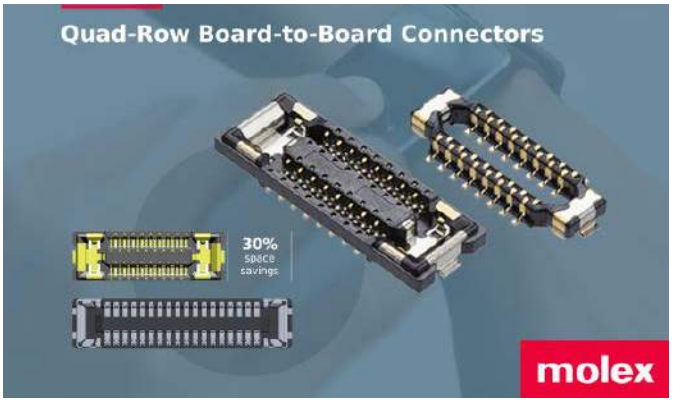


Przełącznik Halla ze stabilizacją impulsową do zastosowań w przemyśle i motoryzacji

TMAG5123-Q1 to przełącznik Halla ze stabilizacją impulsową, zaprojektowany do zastosowań głównie w przemyśle i motoryzacji. Wyróżnia się szerokim zakresem temperatury pracy od –40°C do +150°C i łatwą adaptacją w urządzeniu docelowym. W odróżnieniu od większości odpowiedników, jego konstrukcja zapewnia pomiar indukcji magnetycznej z magnesu umieszczonego równolegle względem powierzchni płytki drukowanej. Pomiar odbywa się dla obu biegunów. Wyjście układu jest aktywowane po przekroczeniu wartości progowej BOP (operate point) i jest utrzymywane w tym stanie, dopóki wartość indukcji magnetycznej nie zmniejszy się poniżej wartości BRP (release point).

Układ akceptuje napięcie zasilania z szerokiego zakresu od 2,7 do 38 V. Zawiera zabezpieczenie przed odwróceniem polaryzacji do 20 V i przepięciami do 40 V. Występuje w trzech wariantach o różnej czułości: TMAG5123B-Q1 (typ. 4,1 mT), TMAG5123C-Q1 (7,5 mT) i TMAG5123D-Q1 (10,9 mT), co pozwala na dobór optymalnego czujnika do wymogów konkretnej aplikacji. Wyjście układu wymaga polaryzacji za pomocą zewnętrznego rezystora pull-up, podłączonego do linii VCC lub innego źródła zasilania. TMAG5123B-Q1 jest zamykany w obudowie SOT23-3 o powierzchni 2,9×1,3 mm.

www.ti.com



Najmniejsze na rynku 4-rzędowe złącza płytka-płytka do smartfonów i smartwatchów

Molex rozpoczyna sprzedaż miniaturowych, 4-rzędowych złączy płytka-płytka do smartwatchów, smartfonów, dronów i innych urządzeń o największej gęstości upakowania podzespołów.

eprasa.pl a982d0ace0

Złącza Quad-Row Board-to-Board charakteryzują się mniejszą średnio o 30% powierzchnią od wersji konwencjonalnych i rozstawem styków wynoszącym zaledwie 0,175 mm. Wyprowadzenia są rozmieszczone naprzemiennie po obu stronach obudowy w odstępie co 0,35 mm, co zapewnia kompatybilność z procesami montażu SMT.

Nowe złącza Quad-Row Board-to-Board występują obecnie w konfiguracjach 32- i 36-wyprowadzeniowych, a w najbliższym czasie do oferty mają też trafić wersje 20- i 64-wyprowadzeniowe.

Ważniejsze dane techniczne:

- napięcie robocze: 50 V,
- wytrzymałość dielektryczna: 250 V,
- izolacja rezystancji: 100 MΩ,
- maksymalny prąd przewodzenia: 3,0 A (linie zasilania), 0,3 A (linie sygnałowe),
- rezystancja kontaktów: 20 mΩ (linie zasilania), 35 mΩ (linie sygnałowe),
- wysokość (po złączeniu): 0,6 mm,
- trwałość mechaniczna: 30 cykli,
- zakres temperatury pracy: –40...+85°C.

www.molex.com

100-woltowy fotoprzekaźnik rodziny PhotoMOS zamykany w obudowie SOP-4



Fotoprzekaźnik PhotoMOS AQY215S firmy Panasonic o napięciu znamionowym 100 V uzupełnia wcześniejszą ofertę, obejmującą odpowiedniki 60-, 350- i 400-woltowe. Nadaje się on do zastosowań w robotyce, sterownikach PLC, modułach wejść/wyjść i aparaturze pomiarowej. AQY215S to fotoprzekaźnik o konfiguracji 1 Form A, mogący pracować z maksymalnym ciągłym prądem wyjściowym 0,25 A i maksymalnym prądem szczytowym 0,75 A. Jego moc znamionowa wynosi 350 mW, typowy i maksymalny czas włączania 0,6/2,0 ms, a typowy i maksymalny czas wyłączania 0,08/0,2 ms. Prąd upływu w stanie Off nie przekracza 1 µA. AQY215S jest zamykany w obudowie SOP-4. Może pracować w przemysłowym zakresie temperatury otoczenia od –40 do +85°C. Zapewnia izolację między wejściem i wyjściem do 1500 V rms.

https://industry.panasonic.eu



Programowalny przenośny generator sygnałów w.cz. na pasmo od 0,5 do 40 GHz

Do oferty firmy Vaunix wchodzi programowalny, przenośny generator sygnałów w.cz. na zakres częstotliwości pracy 0,5…40 GHz, nadający się idealnie do prowadzenia testów i pomiarów aplikacji pracujących w pasmach L, S, C, X, Ku, K i Ka. Pracuje on z maksymalną mocą wyjściową +10 dBm (opcjonalnie +20 dBm), regulowaną w zakresie min. 40 dB z krokiem co 0,5 dB.

Model BLX-403 może korzystać z wewnętrznego lub zewnętrznego źródła referencyjnego 10 MHz. Wykazuje bardzo małe szumy

REKLAMA

FAULHABER



FAULHABER Motion Control

Poczuj moc

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

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

NEW



M 1:1

16 mm

WE CREATE MOTION

eprasa.pl a982d0ace0

fazowe, współczynnik VSWR wynoszący typowo 2,0:1 i rozdzielczość częstotliwościową 100 Hz. Jest zamykany w obudowie z odlewanego aluminium o wymiarach 165,1×92,5×25,4 mm i masie 0,77 kg. Może być programowany z dowolnego komputera z zainstalowanym oprogramowaniem Lab Brick GUI. Zawiera porty USB i Ethernet. Producent dostarcza do niego 32- i 64-bitowe biblioteki API DLL oraz sterowniki do środowisk LabView i Linux.

www.vaunix.com



Diody LED o temperaturze barwowej 1800K stanowiące alternatywę dla lamp sodowych HPS

Nichia dodaje do oferty diod LED serię diod NVSWE21A-V1, stanowiących alternatywę dla lamp sodowych HPS (*high pressure sodium*). Oferują one ten sam kolor emisji co HPS, jednocześnie oferując wiele zalet diod LED, w tym lepszy współczynnik oddawania barw CRI (Ra≥70), brak rtęci, 2,5-krotnie dłuższą żywotność, wynoszącą 60 tys. godzin oraz możliwość natychmiastowego włączania/wyłączania. Diody te są dostarczane w postaci chipów o wymiarach 2,1×2,1×0,27...0,35 mm do bezpośredniego montażu na płytce. Charakteryzują się temperaturą barwową 1800K, sprawnością 118 lm/W, kątem emisji 120°, strumieniem od 216 do 336 lm oraz prądem i napięciem przewodzenia 700 mA/2,95 V.

www.nichia.eu

Bezrdzeniowe czujniki prądu oparte na technologii TMR o dużej dokładności i krótkim czasie reakcji



Murata prezentuje nową serię bezrdzeniowych czujników prądowych MRD, pracujących z otwartą pętlą sprzężenia i wyjściem analogowym, zaprojektowanych do zastosowań przemysłowych. Bazują one na elementach tunelowych magnetorezystancyjnych TMR (*tunnel magneto-resistive*), umożliwiających pomiar prądu AC i DC z dokładnością ±1,0% w dwóch zakresach pomiarowych AC (–25...+25 A, –40...+40 A) i dwóch zakresach pomiarowych DC (0...25 A, 0...40 A). Zapewniają krótki czas odpowiedzi, wynoszący typowo 0,5 µs oraz stabilność w szerokim zakresie temperatury pracy od -40 do +105°C. Zawierają zabezpieczenie termiczne.

Bezrdzeniowa struktura czujników MRD eliminuje problemy związane z histerezą i nasyceniem, które są typowymi skutkami ubocznymi w przypadku czujników z żelaznym rdzeniem. Pozwala też zmniejszyć wymiary i masę układów oraz ułatwia montaż. Opatentowana metoda pomiaru różnicowego z dwoma elementami opartymi na TMR, zapewnia odporność na zewnętrzne pola magnetyczne.

Ze względu na dużą dokładność i krótki czas reakcji, czujniki MRD mogą znaleźć szeroki zakres zastosowań m.in. w falownikach fotowoltaicznych, przetwornicach DC-DC, infrastrukturze ładowania pojazdów elektrycznych oraz w systemach kondycjonowania sygnału. Zapewniają zgodność z wymogami normy UL62368-1 w zakresie bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych UL62368-1. Są zamykane w obudowach SOICW16 o wymiarach 10,3×10,2×2,8 mm, zapewniających izolację galwaniczną przekraczającą 4,8 kV. Mogą pracować z napięciem zasilania 3...5 V.

www.murata.com

Rubidowy zegar atomowy



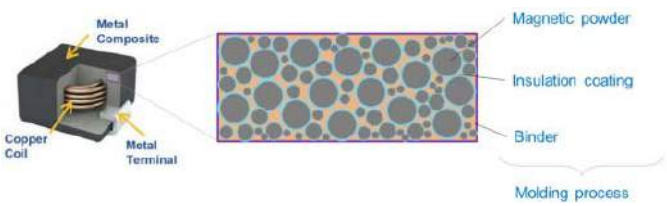
mRO-50 to najnowszy rubidowy zegar atomowy firmy Orolia o szerokim zakresie dopuszczalnej temperatury pracy od –40 do +80°C, przeznaczony do zastosowań w aplikacjach podmorskich, lotniczych i wojskowych, radarach i satelitach niskoorbitalnych. Spełnia on wymogi najnowszych aplikacji wojskowych i lotniczych, gdzie krytycznymi parametrami są stabilność czasowa i pobór mocy. Zawiera oscylator typu MODR (*microwave optical double resonance*) o małej masie, gabarytach i poborze mocy. Jest zamykany w obudowie o wymiarach 50,8×50,8×20 mm, której objętość jest 3-krotnie mniejsza od standardowych zegarów rubidowych.

mRO-50 charakteryzuje się błędem czasowym poniżej 1 µs/dzień. Pobiera 10-krotnie mniejszą moc od innych zegarów o zbliżonych parametrach, wynoszącą jedynie 0,36 W. Jego zmiana częstotliwości w całym zakresie dopuszczalnej temperatury pracy nie przekracza 6×10^{-10}. Wbudowany port RS-232 umożliwia cyfrową korekcję częstotliwości wyjściowej w dwóch trybach: *fine* o zakresie $\pm7\times10^{-9}$ (rozdzielczość 3×10^{-12}) i *coarse* o zakresie $\pm1\times10^{-7}$ (rozdzielczość $1{,}24\times10^{-9}$).

Pozostałe parametry:

- sygnał wyjściowy: prostokąt 0...3 V, 10 MHz,
- dryft liniowy (po 3 miesiącach pracy): $<5\times10^{-12}$/dzień,
- stabilność krótkoterminowa: $\leq4\times10^{-11}$ (1 s); $\leq4\times10^{-12}$ (100 s),
- szumy fazowe (10 MHz): ≤ –70 dBc/Hz @ 1 Hz; ≤ –140 dBc/Hz @ 10 kHz,
- czas nagrzewania: <2 min.,
- czułość na pole magnetyczne: $< 1\times10^{-10}$/Gs,
- odporność na udary: 50 g/11 ms,
- MTBF: 10 lat/155860 h @ +25°C.

www.orolia.com



Ekranowane cewki indukcyjne do samochodowych przetwornic DC-DC

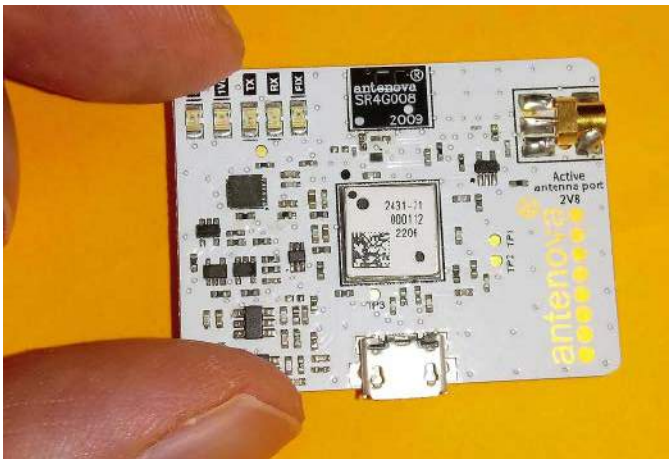
Ekranowane cewki indukcyjne serii MPEV firmy Kemet zostały zaprojektowane specjalnie do zastosowań w samochodowych przetwornicach DC-DC w pompach wody i oleju, systemach wspomagania kierownicy i reflektorach. Są to cewki do montażu powierzchniowego, które mogą pracować w temperaturze otoczenia od –55 do +180°C. Uzyskały kwalifikację AEC-Q200. Zawierają kompozytowy rdzeń o charakterystyce nasycenia zapewniającej zachowanie funkcjonalności również przy dużych impulsach prądowych.

Cewki serii MPEV są produkowane w wersjach o indukcyjności z zakresu od 0,47 µH do 47 µH. Charakteryzują się małymi szumami akustycznymi i małym strumieniem rozproszenia. Są zamykane w dwóch

eprasa.pl a982d0ace0

wariantach obudów: D0630 (6×6×3 mm) i D1040 (10×10×4 mm). Ich zakres prądów przewodzenia wynosi od 2,7 do 26,4 A, a zakres rezystancji DC od 2,4 do 186,3 mΩ.

www.kemet.com



Odbiornik GNSS o 5-krotnie mniejszym poborze mocy od modułów konkurencyjnych

Najnowszy odbiornik GNSS firmy Antenowa charakteryzuje się małymi gabarytami (9×9×1,8 mm) i 5-krotnie mniejszym poborem mocy od modułów konkurencyjnych. Podczas, gdy inne podobne moduły pobierają typowo 90...100 mW mocy, w przypadku M20071 jest to jedynie 17 mW w trybie GPS i 21 mW przy odbiorze sygnałów ze wszystkich konstelacji satelitów. Ze względu na małe gabaryty i energooszczędną pracę, nowy moduł może znaleźć zastosowanie w akcesoriach fitness oraz we wszelkiego typu trackerach do lokalizowania zwierząt, rowerów, hulajnóg elektrycznych itp. Umożliwia odbiór sygnałów z satelitów konstelacji GPS, Galileo, GLONASS i BeiDou, co zwiększa dokładność w obszarach o wysokiej zabudowie.

M20071 oferuje system EASY (Embedded Assist SYstem), pozwalający skrócić czas pierwszej akwizycji (TTFF – time to first fix). Generuje on syntetyczne dane efemeryd, zamiast pobierać je z satelitów, co zmniejsza pobór mocy. Czas "gorącego" startu wynosi w systemie EASY jedynie 2 s, podczas gdy w odbiornikach bez wspomagania jest to około 25 s. W przypadku aplikacji, które są okresowo wybudzane z trybu uśpienia w celu ustalenia pozycji, EASY dodatkowo zmniejsza całkowity pobór mocy, dzięki czemu do zasilania odbiornika wystarcza bateria o mniejszych gabarytach.

www.antenova.com

Wyświetlacz LCD od Litemax z procesorem Intel

Litemax ma w swojej ofercie rozwiązania korzystające z najnowszych technologii. Urządzenia przeznaczone do zintegrowanych odtwarzaczy multimedialnych są wyposażone w zaawansowany system Intel Smart Display Module. Są to produkty z linii Spanpixel o niestandardowych rozmiarach, jak i wyświetlacze z rodziny Durapixel o wydłużonej żywotności. Do oferty Unisystem trafił teraz inteligentny moduł typu DLS4302-B z wyświetlaczem 43-calowym.

System Intel Smart Display Module jest stosowany przez najnowsze wyświetlacze, gdzie istotna jest niewielka grubość modelu oraz jego energooszczędność. System Intel SDM dostępny jest w dwóch wariantach rozmiarowych – Intel SDM Large (Intel SDM-L) i Intel SDM Small (Intel SDM-S). Umożliwia to tworzenie skalowalnych rozwiązań typu wszystko w jednym – dzięki temu możliwe jest ich wdrożenie do praktycznie dowolnego projektu. Zarządzanie tego typu zintegrowanymi odtwarzaczami multimedialnymi jest również znacznie ułatwione. Intel SDM nie ma obudowy, zalecane jest jego pełne zintegrowanie z systemami digital signage.

DLS4302-B cechuje się, częstym dla Litemaxa, zastosowaniem technologii local dimming – strefowym wygaszaniem podświetlenia ekranu



w zależności od prezentowanego obrazu. Zwiększa to głębię czerni oraz kontrast, a także znacznie redukuje ilość pobieranego przez wyświetlacz prądu. W połączeniu z szerokimi kątami obserwacji, opisywany 43-calowy model gwarantuje pełną czytelność i dostępność wyświetlanych na nim informacji. najważniejsze parametry modułu:

model	DLS4302-B
przekątna	43,0”
rozdzielczość	1920×1080
proporcje	16:9
obszar aktywny	940,7(H)×529,2(V) mm
jasność	400 cd/m²
kontrast	1200:1
kąty obserwacji	6:00, 12:00, pełny
orientacja	dowolna
interfejs	LVDS, DP, HDMI
panel dotykowy	brak
wymiary	964,7(H)×553,1(V)×77,5(D) mm
zakres temperatur pracy	0...50°C
waga	23 kg
specjalne	Intel SDM, local dimming

https://www.unisystem.pl/pl/products/monitors/standard/dls4302-b.html

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

eprasa.pl a982d0ace0

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.



PicoSplit – nietypowa, drukowana klawiatura ergonomiczna, oprogramowana w CircuitPythonie

„Pomimo wielu poszukiwań nie znalazłem klawiatury, która dokładnie odpowiadałaby moim potrzebom, więc zaprojektowałem własną – klawiaturę PicoSplit" – rozpoczyna opis swojego projektu Andreas Känner, autor zaprezentowanego urządzenia. Omawiana klawiatura składa się z dwóch połówek, które można ułożyć niezależnie względem siebie. Ma ona ergonomiczny kształt, zdejmowane podpórki pod nadgarstki, można ją przymocować do biurka za pomocą magnesów, a co więcej, wszystkie plastikowe części można wydrukować na konwencjonalnej drukarce 3D.

PicoSplit to kompaktowa klawiatura z zaledwie 40 klawiszami. Każdy klawisz jest dostępny z pozycji wyjściowej za pomocą samych ruchów palca. Dłońmi praktycznie nigdy nie trzeba ruszać. Dla porównania, normalna klawiatura PC ma od 83 do 108 klawiszy. Klawisze PicoSplit mają wiele konfigurowalnych opcji i możliwości zmieniania funkcji klawiszy w locie, dzięki czemu można wpisywać wszystkie znaki, mimo użycia bardzo ograniczonej liczby klawiszy.



Ponieważ oprogramowanie układowe bazuje na CircuitPythonie, nie jest potrzebne środowisko programistyczne do zmiany układu klawiatury czy też rozszerzenia samego oprogramowania. Wystarczy prosty edytor tekstu! Firmware można łatwo dostosować do własnych potrzeb, zostało ono opublikowane przez autora w jego repozytorium na GitHubie.

Oto główne cechy klawiatury PicoSplit, zebrane przez autora konstrukcji w krótką listę:

- możliwość druku 3D na popularnych drukarkach FDM,
- kształt inspirowany klawiaturą Dactyl,
- pozwala zachować naturalne i zrelaksowane dłonie, nawet po wielu godzinach pisania,
- wymienne podpórki pod nadgarstki, które magnetycznie łączą się z klawiaturą,
- regulowana odległość między klawiaturą a podpórkami pod nadgarstki,
- podpórki pod klawiaturę i nadgarstki można przymocować magnetycznie do powierzchni biurka,
- połówki klawiatury łączą się ze sobą na czas transportu,
- przełączniki i nasadki klawiszy są wymienne,
- oprogramowanie układowe klawiatury PicoSplit jest oprogramowaniem typu open source i zostało napisano w CircuitPythonie,
- czytelny format pliku konfiguracyjnego,
- łatwo modyfikowalny kod (przy podstawowej znajomości Pythona),
- oszczędzający czas system okablowania przełączników bez konieczności używania diod,
- nie wymaga instalowania żadnego oprogramowania na komputerze,
- prosty edytor tekstu to wszystko, co jest potrzebne, aby zmodyfikować układ klawiatury,
- domyślny układ znacznie ogranicza ruchy palców, jest inspirowany układem Miryoku,

Raspberry Pi Pico w systemie można zastąpić innymi modułami, które obsługują MicroPythona.

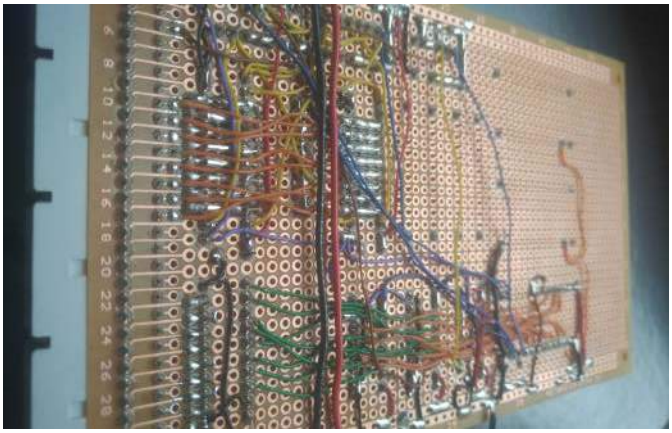
Szczegółową instrukcję budowy klawiatury można znaleźć na stronie internetowej autora.

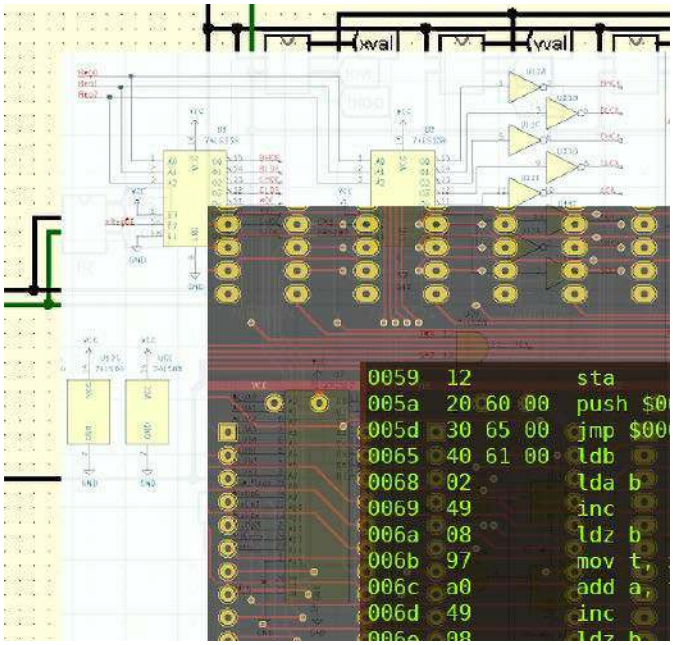
https://kaenner.de/picosplit
https://hackaday.io/project/185785-picosplit

Komputer DIP8 zbudowany na układach TTL

Dział Obserwowanych nie byłby kompletny bez projektu komputera retro – w tym miesiącu jest to Digital Information Processor – 8-bitowy komputer zbudowany z układów logicznych serii 7400 i kilku pamięci EEPROM. Projekt, jaki Kyle McInnes prezentuje na portalu Hackaday.io jest cały czas w trakcie rozwoju, jednak już teraz może pochwalić się pierwszymi sukcesami. Płytki nie są jeszcze w pełni obsadzone elementami, brakuje tam między innymi pamięci oraz układów wejścia/wyjścia, oprócz elementów logicznych znajdziemy tam tylko mikrokontroler AVR emulujący pamięć ROM. Mimo wszystko udało się uruchomić prosty program, który do wyświetlania używa diody LED flag przeniesienia, zera i minusa.

eprasa.pl a982d0ace0





Założenie systemu było proste – komputer 8-bitowy bez mikroprocesora – tylko z układami logicznymi i pamięciami. Autor zaprojektował niestandardową architekturę z niestandardowym oprogramowaniem i zamierza stworzyć wielozadaniowy system operacyjny i język programowania. Procesor DIP8 ma sześć 8-bitowych rejestrów ogólnego przeznaczenia (X, Y, BH, BL, CH, CL), dwa 16-bitowe rejestry (B – BH:BL) i C – CH:CL), a także 16-bitowy wskaźnik stosu i licznik programu. Architektura układu zawiera flagi: przeniesienia, zera i minusa. Flagi są testowane za pomocą skoków warunkowych. Zestaw instrukcji został zaprojektowany tak, aby był przyjemny do pisania w asemblerze, ale także wspierał języki wyższego poziomu/skompilowane (z funkcjami takimi jak adresowanie stosu itp.). Wbudowana jednostka ALU bazuje na pamięci ROM. Może ona wykonywać operacje, takie jak dodawanie, odejmowanie AND, OR, XOR, obracanie w prawo, porównania ze znakiem i bez znaku. System ma 8-bitową magistralę danych i 16-bitową magistralę adresową. Taktowany jest zegarem o częstotliwości około 2 MHz. Obecnie jedyne „wyjście” z systemu to interfejs tekstowy realizowany przez UART. System we/wy jest wciąż projektowany.

Autor przygotował szereg oprogramowania, między innymi narzędzia programistyczne (asembler, emulator) napisane w Pythonie, a obecnie pracuje nad wielozadaniowym systemem operacyjnym. Ostatecznym planem jest opracowanie języka wysokiego poziomu i napisanie kompilatora.

https://hackaday.io/project/186132-dip8-ttl-computer

REKLAMA

ACT. CONNECT. PERFECT. ERNI ILME
euro-block euro-conn

Wysokiej jakości złącza dla:
• automatyki i sterowania
• techniki pomiarowej • techniki medycznej
• przemysłu samochodowego i kolejnictwa

ERNI DIN 41612 / IEC606032
• do 160 kontaktów
• połączenia lutowane, owijane i *Press-Fit*

ERmet
• złącze do płyt bazowych i kart
• technologia *Press-Fit*, nie wymaga lutowania
• raster 2 mm

Obudowy na szynę DIN
• LDG-A – od 12 do 70 linii w 2 rzędach
• LDG-S – od 16 do 32 linii w 4 rzędach
• IDG-A/IDG-B – od 17 do 157 mm

ILME COB – uchwyty do złącz
• do montażu na szynie DIN i na panelu

ILME MIXO – złącza modułowe
• 10-200A, do 42 * 10A w module
• złącza koncentryczne, RJ45, USB, HDMI
• złącza pneumatyczne, światłowodowe

EURO-BLOCK, EURO-CONN
• listwy zaciskowe
• złącza sygnałowe

www.contrans.pl wejdź i kup on-line

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

eprasa.pl a982d0ace0

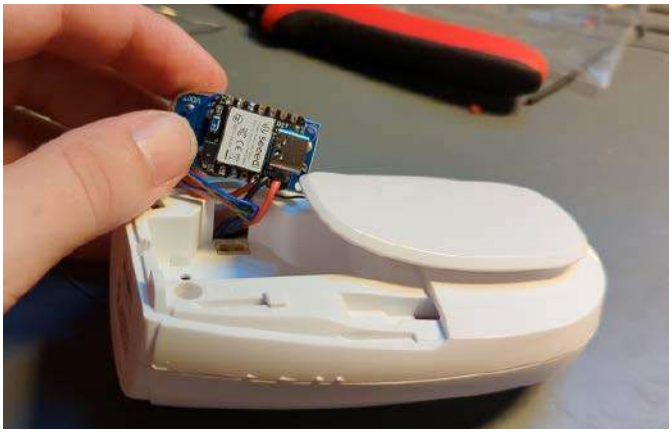


Haptyczny efektor do niani elektronicznej

Przeważnie każdy nowy projekt czy urządzenie ma rozwiązywać konkretny zestaw problemów, z którym zetknęli się użytkownicy – twórcy projektu. Guy Dupont opisał następującą sytuację: „Płacz dziecka nie zawsze Cię budzi. Jeśli chcesz dyskretnie monitorować swoje dziecko i dać drugiemu rodzicowi spokojną całą noc snu, to tradycyjnej elektronicznej niani nie może być słychać". Rozwiązaniem tych problemów może być system zaprezentowany w jego projekcie. Jest to modyfikacja elektronicznej niani VTech. Autor dodał do niej opcję sprzężenia haptycznego, tzn. takiego, które działa na zmysł dotyku. Zaprojektowano wygodną bransoletkę, którą można nosić nawet podczas snu. Jej wibracje podążają za amplitudą płaczu dziecka w czasie rzeczywistym, dzięki czemu można odczuć, jak one brzmią i oczywiście odpowiednio zareagować.

Do modułu można dołączyć się również przez Bluetooth, aby dostosować siłę wibracji i monitorować amplitudę w oprogramowaniu. Pozwala to na dodanie jeszcze więcej opcji wyjściowych – może światła? MIDI? W zasadzie wyobraźnia jest tutaj jedynym ograniczeniem. Elektroniczna niania ma 5 wskaźników LED, które pokazują chwilową amplitudę monitorowanego dźwięku. To poprzez te elementy podłączono się do urządzenia. Diody LED są sterowane po stronie niskiego napięcia, więc do ujemnej strony każdej z diod podłączane jest wejście z modułu z mikrokontrolerem. Diody zasilane są napięciem 3 V, więc bez problemu można podłączyć te linie do GPIO typowego mikrokontrolera.





W głównej pętli oprogramowanie mikrokontrolera odczytuje stan każdej z 5 linii GPIO i liczy te, które są ściągnięte do masy przez nianię – innymi słowy, układ zlicza, ile jest włączonych diod LED, aby uzyskać przybliżoną amplitudę dźwięku. Na osobnym GPIO wysyłany jest sygnał PWM na wejście sterownika silnika. Cykl pracy PWM jest zmieniany na podstawie przybliżenia amplitudy. Jeśli 0 diod LED elektronicznej niani jest włączonych, wypełnienie ustawione jest na 0%. Jeśli włączone są 3 diody, na 60%. Wszystkie 5 diod LED – 100%. Realne wartości muszą być minimalnie mniejsze, aby nie przesterować drivera silnika.

Za pomocą dowolnej aplikacji komputerowej/mobilnej BLE można sterować charakterystyką układu, która przekłada liczbę LED na siłę wibracji. Możliwe jest również pobieranie przybliżonej wartości poprzez Bluetooth, jeśli istnieją inne systemy, które mogą monitorować informacje o działaniu niani w czasie rzeczywistym.

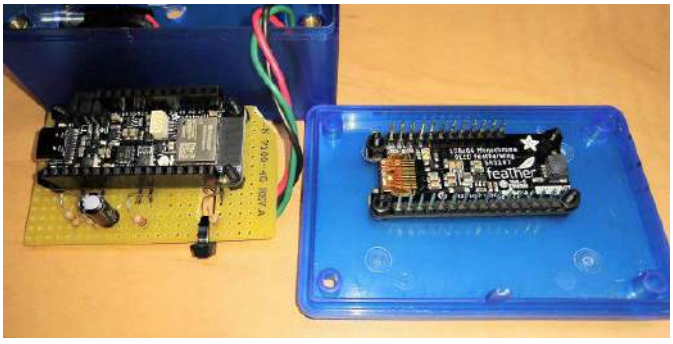
https://hackaday.io/project/186727-baby-monitor-haptic-mod



Sensor do pomiaru prądu z mikrokontrolerem ESP32

Zaprezentowany projekt to, jak często w przypadku projektów DIY bywa, integracja zestawu łatwo dostępnych komponentów. Autor tej konstrukcji, M. Foster, potrzebował zmierzyć stan dwóch obwodów zasilania w sieci energetycznej. Aby sprawdzić, czy obwody są włączone, system mierzy płynący w nich prąd. Informacje o systemie wyświetlane są na ekranie OLED, a także przesyłane są pocztą elektroniczną za pośrednictwem połączenia do lokalnej sieci Wi-Fi.

Sensor potrzebny jest do monitorowania stanu ładowarek dla pojazdu elektrycznego. Autor ma w swoim domu dwa takie urządzenia. Jedno, firmy Blink, zostało zainstalowane wiele lat temu. Jest podłączone do sieci i może zgłaszać stan ładowania poprzez link do serwisu producenta. Aby móc ładować, gdy ładowarka Blink nie działa, mam inną ładowarkę. Ta druga, niestety, nie ma niczego poza lampkami stanu na samym urządzeniu. Warto wiedzieć, kiedy rozpoczyna się i kończy ładowanie. Dlatego też autor postanowił zbudować czujnik bazujący na zdalnym przekładniku prądowym do monitorowania, czy ładowarka pobiera prąd.



eprasa.pl a982d0ace0

Początkowo autor planował zarządzanie i kontrolę systemu zrealizować za pomocą jednego z nowszych Raspberry Pi, mając dobre doświadczenia w poprzednich projektach z tą platformą, doceniając elastyczność, jaką oferuje zdalny dostęp i zarządzanie. Niestety (albo, jak się okazuje, na szczęście) moduły te były niedostępne z powodu problemów z łańcuchem dostaw. Nieco dokładniejsza analiza tego, co było dostępne, doprowadziła do modułu Adafruit ESP32 Feather V2. Jest to moduł, zapewniający duże możliwości w tego rodzaju aplikacjach, w tym odpowiednie wejścia analogowe i łączność Wi-Fi oraz łatwy do dodania lokalny wyświetlacz. Oprogramowanie dla tego modułu stworzono w środowisku Arduino IDE. Jak wiele rzeczy w Arduino, ten projekt korzysta z wcześniejszych wysiłków innych. Zastosowano kilka bibliotek: jedna do ustawiania i zarządzania zegarem systemowym przy użyciu NTP, a druga do wysyłania wiadomości e-mail przez SMTP. Dzięki dużej liczbie dostępnych wejść analogowych autor zdecydował się dołączyć do układu nie jeden, a dwa sensory, co umożliwiło monitorowanie nie tylko nowej ładowarki, ale także starszej ładowarki Blink.

Jako sensory prądu autor zastosował przekładniki YHDC SCT013-100 o prądzie maksymalnym równym 100 A. Prąd wyjściowy przekładnika dla maksymalnego prądu wynosi 50 mA, a napięcie 1 V. Przekładnik jest uzupełniony opornikiem 22 Ω jako obciążeniem i odpowiednim rezystorem dzielnika. Jakkolwiek przekładnik zatrzaskuje się na izolowanym przewodzie, ich instalacja odbywa się wewnątrz skrzynki elektrycznej. Zdecydowanie zaleca się konsultację z elektrykiem przed zabraniem się za to, szczególnie jeśli nie mamy doświadczenia z systemami elektrycznymi z napięciem sieciowym.

https://hackaday.io/project/186723-esp32-current-sensor-with-wifi



Monitor poziomu CO_2 w powietrzu

Pomiar poziomu dwutlenku węgla w naszym otoczeniu jest niezwykle ważny, gdyż nadmierna ilość tego gazu we wdychanym powietrzu może powodować senność, zmęczenie itp. Bardzo istotnym aspektem jest monitorowanie zawartości CO_2 w powietrzu, gdyż sensor taki



informuje nas, kiedy powinniśmy np. otworzyć okno, aby przewietrzyć pomieszczenie, w którym się znajdujemy.

Zaprezentowane małe urządzenie pokazuje, kiedy należy otworzyć okna na podstawie aktualnego poziomu CO_2. Obudowa urządzenia jest wydrukowana w 3D. Podstawka jest kluczowym elementem, w którym instalowane są wszystkie elementy elektroniczne systemu, a następnie zamykane w obudowie. Uzupełnia to przezroczysty pierścień, który podświetlony jest diodami LED RGB. Całość zamknięta jest pokrywką. Elektronika systemu jest tak prosta, jak to tylko możliwe. Urządzenie składa się z trzech modułów. Sercem jest płytka z mikrokontrolerem Seeed Studio Seeeduino XIAO, która może być programowana za pomocą Arduino IDE. Jest ona umieszczona na samym dnie podstawki. Powyżej zainstalowany jest sensor Infineon S2GO PAS CO2 do pomiaru stężenia dwutlenku węgla w powietrzu. Całość uzupełnia pierścień LED RGB na modułach WS2812B.

Udostępnione oprogramowanie mierzy zawartość dwutlenku węgla i steruje diodami RGB, zmieniając kolor od zielonego (800 ppm CO_2) przez żółty (1400 ppm) do czerwonego (powyżej 2000 ppm). Układ wysyła również aktualną wartość CO_2 przez port szeregowy COM (9600 baud) co 5 s.

https://hackaday.io/project/186682-co2-buddy

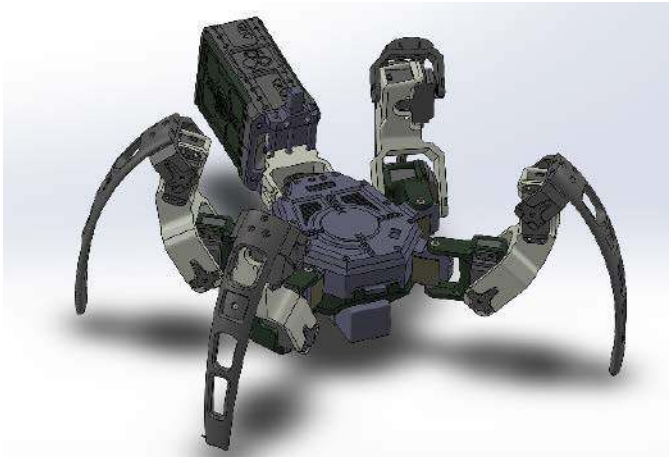
Czteronożny robot kroczący Mark III TechSpider

Ta ciekawie wyglądająca konstrukcja to zaktualizowana wersja podobnego robota w wersji MarkII. Platforma Mark II TechSpider miała być tanią platformą robotyczną typu open source, jest w pełni drukowalna w 3D i bazująca na czworokątach. Front robota został zaprojektowany tak, aby można go było dostosować do każdego typu modułu. Dzięki temu moduły można łatwo wymieniać. Z tyłu robota znajduje się pojemnik na mikrokontroler. Ten zmienia się na mniejszy lub większy, w zależności od tego, jakiego kontrolera chcemy używać w systemie.

REKLAMA

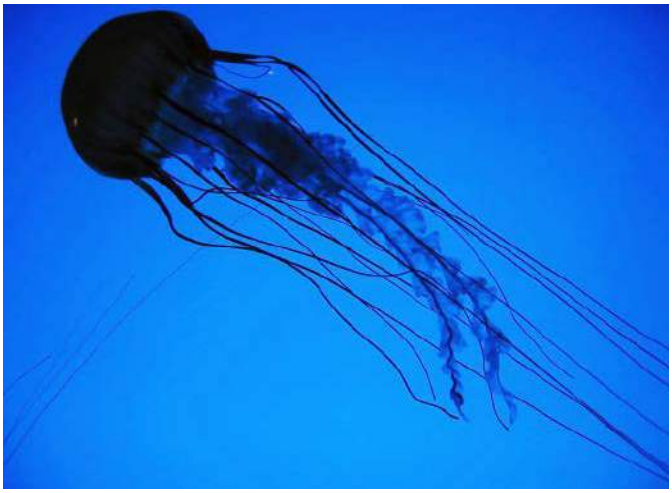


eprasa.pl a982d0ace0



Nowa wersja konstrukcji została uproszczona dla lepszego zarządzania okablowaniem w systemie i ułatwieniem jego montażu. Korpus może pomieścić zasilanie 20 A, 12 V dla serwomotorów, a w niedalekiej przyszłości zostanie opracowany moduł elektroniczny do sterowania podrzędnego silnikami. Robot jest zaprojektowany do druku na drukarce 3D o powierzchni roboczej co najmniej 140×140 mm. Zastosowany materiał to PLA z dyszą 0,4 mm w ekstruderze. Prezentowane elementy należy drukować z wypełnieniem 30%.

https://hackaday.io/project/186709-markiii-techspider



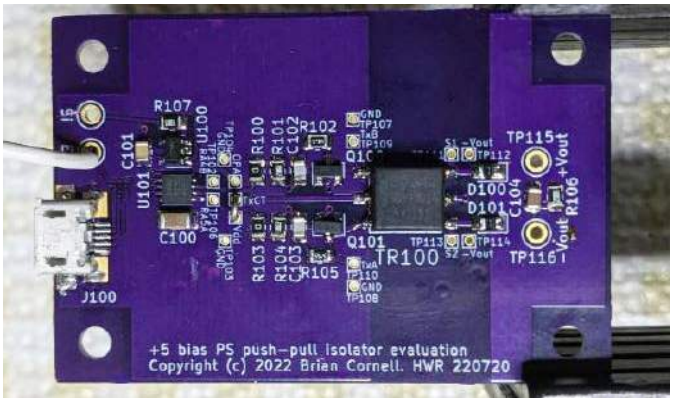
Jelly – minimalistyczne, 8-bitowe CPU z dyskretnych elementów TTL

„Jak zrobić nowy procesor działający bez dostępu do adresu pamięci, używając tylko dostępu sekwencyjnego do kodu, danych i wejścia/wyjścia?", zapytał Alvaro Barcellos na portalu Hackaday.io. To wstęp do jego najnowszego projektu – Jelly, czyli minimalistycznego procesora o zupełnie odmiennej architekturze. Jak pisze Alvaro, motywacją do podjęcia starań nad stworzeniem tego CPU była chęć nauczenia się, jak działają stare procesory i zrozumienia działania poszczególnych sygnałów, bramek, zatrzasków, potoków itd. w tego rodzaju układach.

Jelly obsługuje uproszczoną wersję języka brainfuck. Jest to minimalny język programowania w rozumieniu Turinga, który działa z sekwencyjnym dostępem do dwóch nieskończonych „taśm", po prostu poruszając się po nich do przodu lub do tyłu. Jednakże Jelly zawiera trzecią taśmę funkcjonującą jako I/O i kilka nowych poleceń, których w oryginalnej implementacji nie ma.

Jelly to raczej koncepcja artystyczna – alternatywny komputer o innym paradygmacie działania niż klasyczne CPU. Opracowany nie dla wydajności, ale dla designu. CPU używa trzech idealnych taśm, pierwszej do kodu (BOB), drugiej do danych (ONE) i trzeciej do realizacji wejścia i wyjścia (TWO). Dowolne urządzenie pamięci może emulować taśmę, a taśma wejścia/wyjścia może być dokładnie odwzorowanymi w pamięci portami wejścia/wyjścia, jak w wielu mikrokontrolerach. W artykule na portalu Hackaday można znaleźć opis opkodów dla Jelly brainfunk i ich implementacji. Artykuł powinien spodobać się wszystkim entuzjastom niskopoziomowych systemów komputerowych.

https://hackaday.io/project/186689-jelly



Izolowany galwanicznie zasilacz

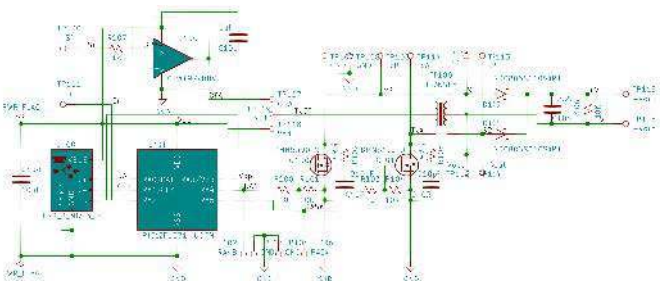
W systemach elektronicznych często występuje potrzeba galwanicznego odizolowania jakiejś części układu. Czasami jest to łatwe do zrealizowania za pomocą uzwojenia pomocniczego z transformatora, ale często tak nie jest i trzeba do układu dodać izolowany galwanicznie zasilacz z niskim prądem wyjściowym, na przykład w systemach wielokanałowej akwizycji danych z różnymi potencjałami na wejściu.

Zaprezentowana w projekcie prosta płytka ewaluacyjna pokazuje, jak to zrobić za pomocą kilku elementów, co pozwala dostarczyć napięcie 5...12 V o wydajności kilkuset miliamperów do izolowanego obwodu. Firma Texas Instruments ma na to świetne rozwiązanie – driver transformatora SN6501. Co więcej, firma Wurth ma kompletną rodzinę transformatorów dedykowanych do tego układu. Niestety z uwagi na braki w magazynach nie sposób jest obecnie zakupić tych elementów i sytuacja ta potrwać ma jeszcze co najmniej rok. Z tego też powodu autor zdecydował się opracować samodzielnie zamiennik tego elementu.

Dzięki niewielkiemu mikrokontrolerowi PIC i kilku elementom dyskretnym można zrealizować tę samą funkcjonalność, co w przypadku układu SN6501, być może zajmując odrobinę więcej miejsca na płytce, ale jednocześnie można m.in. dodać funkcje zaawansowanego sterowania, takie jak linia Enable.

Zaprezentowana na Hackaday.io płytka to swoisty moduł ewaluacyjny dla tego rozwiązania. Ma on standardowe gniazdo micro-USB, ale można zastąpić je w zależności od konkretnej aplikacji. Mikrokontroler jest skonfigurowany jako sterownik push-pull z pinem zezwalającym. Rezystory bramkowe R100/103 nie są potrzebne i można je wyeliminować z rzeczywistego projektu. Transformator Wurth, który zastosowano, to model #760390014. Ma on przełożenie 1,3:1, co oznacza, że w przypadku zasilania 5 V na wyjściu będzie około 5,4...6 V w zależności od obciążenia. Wystarczy dodać LDO, aby uzyskać precyzyjne napięcie zasilania.

Głównym celem projektu były parametry dynamiczne – sprawność, dokładność stabilizacji napięcia i szum. Sprawność wynosi około



eprasa.pl a982d0ace0

Farnell
AN AVNET COMPANY

GLOBALNE WSPARCIE NAPĘDZAJĄCE TWÓJ SUKCES

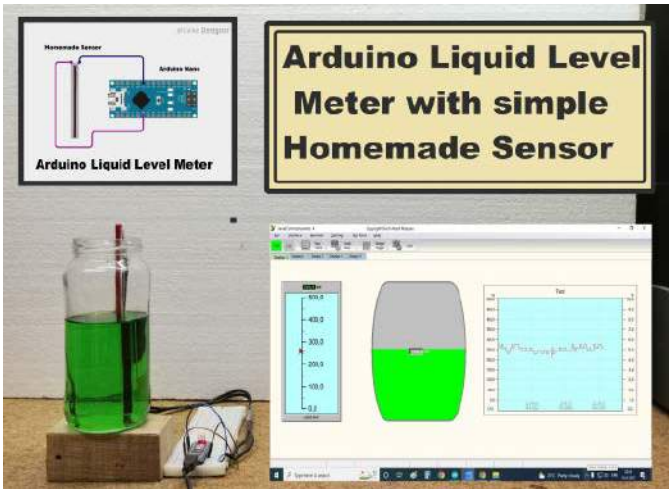
Poznaj zespół Farnell



77% przy obciążeniu 50 mA, a największy wzrost temperatury dotyczy kluczy MOSFET i wynosi 12°C przy obciążeniu 200 mA. Prąd jałowy (bez obciążenia) wynosi 17 mA przy Vin=5 V. Z Enable LOW spada do 2 mA. Co ciekawe, karta katalogowa SN6501 nie wskazuje na potrzebę stosowania tłumików (C/R102 i C103/R105), ale bez nich zaobserwowano znaczne oscylacje. Może to być spowodowane 10-krotnie szybszym czasem przełączania niż w przypadku SN6501.

Wzmacniacz operacyjny OPA197 jest skonfigurowany jako wtórnik: nie ma to nic wspólnego z testowaniem izolowanego zasilania. Miał on być użyty do pomiaru napięcia po wtórnej stronie, zamiast użycia optoizolatorów, które zdaniem autora powodują szereg innych problemów. Analizowany był także izolowany wzmacniacz ADuM3190 w tym charakterze.

https://hackaday.io/project/186696-isolated-bias-power-supply



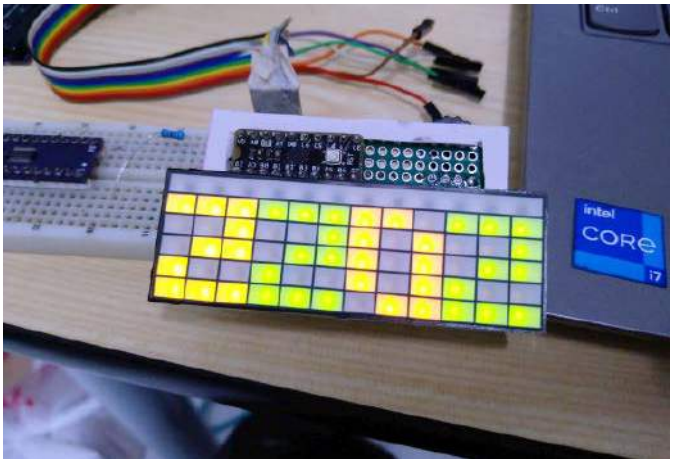
Miernik poziomu cieczy z sensorem DIY dla Arduino

Istnieje wiele różnych sposobów na wykrycie poziomu wody w konkretnym pojemniku. Zaprezentowany projekt pokazuje, jak samodzielnie wykonać czujnik, a następnie za pomocą mikrokontrolera dokładnie określać poziom cieczy w zbiorniku. Wyniki można śledzić graficznie na monitorze komputera. Do wykonania czujnika potrzebujemy jedynie kabla taśmowego ze starego dysku IDE lub stacji dyskietek. Najpierw należy oddzielić 4 przewody od kabla i przyciąć je na długość równą głębokości zbiornika, w którym ma być monitorowany poziom cieczy. Następnie z jednej strony usuwamy izolację o długości około 1 cm. Musimy w jakiś sposób sprawić, by drugi koniec był wodoodporny. Podczas zanurzania czujnika w cieczy jego pojemność zmienia się proporcjonalnie, a tę zmianę wykrywamy za pomocą mikrokontrolera Arduino. Jeśli chodzi o Arduino, w tym przypadku korzystamy z biblioteki Capacitor, za pomocą której możemy mierzyć pojemność bez zewnętrznego sprzętu i która wymaga jednego pinu cyfrowego i jednego pinu analogowego.

Do monitorowania stanu cieczy w pojemniku w formie graficznej na monitorze komputera PC można użyć świetnego oprogramowania SerialComInstruments. Za pomocą tego oprogramowania można utworzyć zestaw wirtualnych instrumentów do dwukierunkowego połączenia z mikrokontrolerami. Dostępnych jest wiele różnych instrumentów, a w przyszłości będzie jeszcze więcej. Instrumenty można umieścić w dowolnym miejscu na ekranie. Protokół danych jest bardzo prosty, aby umożliwić nawet hobbystom dojście do działającego projektu z zaledwie kilkoma linijkami kodu mikrokontrolera w krótkim czasie. Istnieje również szczegółowa instrukcja obsługi programu w formacie PDF.

Jak widać z demonstracji, precyzja czujnika jest naprawdę wysoka, a odpowiedź jest liniowa, co w tym przypadku jest idealne. Możemy nawet zwiększyć dokładność, używając dwóch metalowych pasków umieszczonych równolegle i zalaminowanych folią. Im szersze paski, tym większa pojemność, a co za tym idzie rozdzielczość, czyli precyzja czujnika. Oczywiście paski powinny być w jakiś sposób izolowane i nie stykać się z cieczą. Dobrym pomysłem jest zrobienie tego za pomocą laminatora.

https://bit.ly/3SGgUSV



Zegarek z budzikiem z nietypowym wyświetlaczem LED

Zaprezentowany projekt jest niezwykle prostym zegarkiem na szafkę nocną. To, co go wyróżnia, to nietypowy, duży wyświetlacz LED. Model CDM102 to wyświetlacz matrycowy LED o rozdzielczości 12×5 pikseli produkowany przez firmę Siemens (obecnie Osram). Moduł ten ma wbudowany driver i kontroler, dzięki czemu do sterowania modułem wystarczy tylko interfejs szeregowy (linia danych i zegarowa) oraz pojedyncza linia enable. Układ ma zewnętrzny zegar czasu rzeczywistego, a całość kontrolowana jest przez moduł STM8L151F3 od tajwańskiego producenta Blkbox.me.

https://hackaday.io/project/187164-cdm102-bed-clock

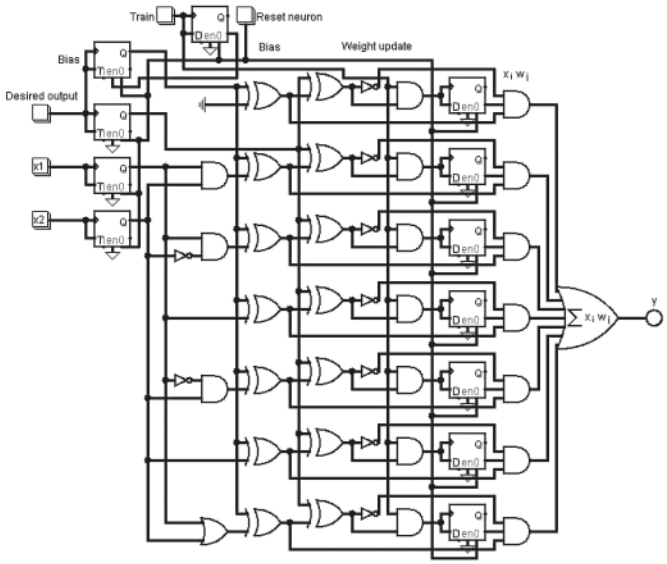


Droid monitorujący zanieczyszczenia

Dalekosiężnym celem tego projektu jest podnoszenie świadomości na temat zanieczyszczenia powietrza i podejmowanie działań poprzez informowanie ludzi o skutkach, jakie trujące gazy emitują pojazdy silnikowe i nie tylko. Projekt Mindful Droid ma udzielić głosu następnemu pokoleniu – dzieciom – oraz uświadamiać je, jak i rodziców na temat zanieczyszczenia środowiska, jakie powodowane jest przez samochody. Wszyscy oni korzystają z samochodów jako pasażerowie czy kierowcy, w związku z czym dobrze, aby byli świadomi, z czym się to wiąże i jakie zmiany należy wprowadzić w świecie. Ten droid to pasywny sposób na zachęcanie do aktywności wśród dzieci w wieku szkolnym podczas dojazdów do szkoły. W przystępny dla najmłodszych sposób pokazuje istotne informacje.

https://hackaday.io/project/187165-mindful-droid

eprasa.pl a982d0ace0



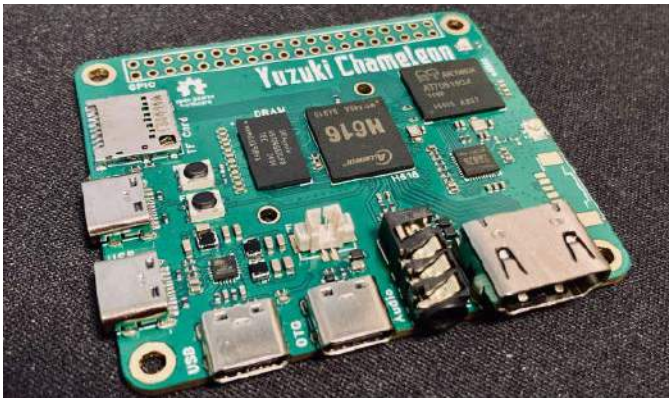
Cyfrowy model perceptronu

Na portalu Hackaday.io użytkownik M. Bindhammer prezentuje model cyfrowego perceptronu, który jednocześnie rozwiązuje tzw. problem XOR. Jest to w pełni programowy model podstawowej komórki, z której budowane są sieci neuronowe. Model ten zbudowany jest z układów logicznych, co istotnie upraszcza jego modelowanie oraz wizualizację. W teorii uczenia maszynowego perceptron jest algorytmem nadzorowanego uczenia klasyfikatorów binarnych. Klasyfikator binarny to funkcja, która może decydować, czy dane wejściowe, reprezentowane przez wektor liczb, należą do określonej klasy. Perceptron to rodzaj klasyfikatora liniowego, czyli algorytmu do klasyfikacji, który dokonuje swoich predykcji, bazując na liniowej funkcji predykcyjnej łączącej zbiór wag (w) z wektorem cech (x).

Zasadniczo perceptron jest funkcją progową: funkcją, która odwzorowuje swoje dane wejściowe na dane wyjściowe o wartości 0 lub 1. Na wejściu perceptronu podawany jest wektor x, a wagi w są zapisane w wyuczonym perceptronie. Wyjście przyjmuje wartość 1 dla niezerowej wartości iloczynu skalarnego x oraz w (opcjonalnie zwiększony o wartość b – dodatkowe odchylenie, jakie może być podane do perceptronu). Odchylenie przesuwa granicę decyzji z dala od źródła i nie zależy od żadnej wartości wejściowej.

Zagadnienie XOR, o który wspomina autor, to problem, który uniemożliwia realizację funkcji logicznej XOIR za pomocą pojedynczego perceptronu. Zmodyfikowany w tym projekcie model, jak wskazuje autor, ma mieć taką możliwość.

https://hackaday.io/project/187183-digital-perceptron-model



Yuzuki Chameleo – komputer jednopłytkowy wzorowany na Raspberry Pi

Yuzuki Chameleon to komputer jednopłytkowy w formacie Raspberry Pi A na układzie Allwinner H616. Obsługuje systemy operacyjne Android, Debian Linux, Ubuntu Linux, Armbian, Android TV i inne. Yuzuki Chameleon wyposażono w port Ethernet 100Base-T, gniazdo karty TF, wyjście HDMI 4K do 60 fps, wyjście wideo TV CVBS, wbudowany moduł Wi-Fi i Bluetooth XR829 oraz moduł eMMC o pojemności do 128 GB. Obsługuje odtwarzanie wideo 6K@30, przechwytywanie USB UVC 4k@20. Obsługa dekodowania H.264, H.265, kodowania H.264.

Komputer jest projektem w pełni open source. Wszystkie pliki projektowe sprzętu, w tym schematy, płytka drukowana, BoM oraz pliki Pick&Place i Gerbery, potrzebne do produkcji płytki drukowanej. Wszystkie elementy dostępne są na licencji CERN Open Hardware License.

Zastosowany SoC – Allwinner H616 – to wysokiej jakości 64-bitowy procesor nowej generacji z dekodowaniem 4K przy 60 klatkach na sekundę, dostarczany przez firmę Allwinner dla rynków OTT i IPTV. Integruje w sobie czterordzeniowy, 64-bitowy procesor ARM Cortex-A53 i nowy silnik GPU ARM G31, który obsługuje OpenGL ES 3.2/Vulkan 1.1. Poza tym H616 obsługuje pełnoformatowe dekodowanie 10-bitowego wideo ultra-HD 4K przy 60 klatkach na sekundę. System ma zaimplementowany, opracowany przez Allwinner silnik augmentacji obrazu SmartColor3.3TM, moduł przetwarzania dźwięku Dolby i DTS. SoC H616 to układ nowej generacji, jeśli chodzi o optymalizację technologii zużycia energii i obiecuje zmniejszone zużycie energii do 20% w porównaniu do układów poprzedniej generacji. Za zasilanie systemu odpowiada scalony kontroler przetwornicy AXP313A.

Moduł, oprócz SoC ma do 2 GB pamięci RAM i do 128 GB pamięci eMMC przez wbudowane gniazdo kart eMMC i TF. Na pokładzie znajduje się moduł bezprzewodowy (Wi-Fi + Bluetooth) XR829, cztery porty USB typu C, trzy działające jako host i jeden OTG. Na płytce znajduje się również port Ethernet (RJ45) i złącze do podłączenia wentylatora oraz otwory do mocowania radiatora. Wbudowane 40-pinowe GPIO może pozwolić na podłączenie dodatkowego wyświetlacza LCD przez SPI, gigabitowy Ethernet, macierz mikrofonów, transceiver CAN, czujnik temperatury i wilgotności, czujnik przyspieszenia i tak dalej. Moduł wspiera Ubuntu 20.04, Armbiana, Tina Linux, Android TV 10 oraz 12 i Android Auto.

https://hackaday.io/project/187166-yuzuki-chameleon

Kontroler PWM do zastosowań w trudnych warunkach

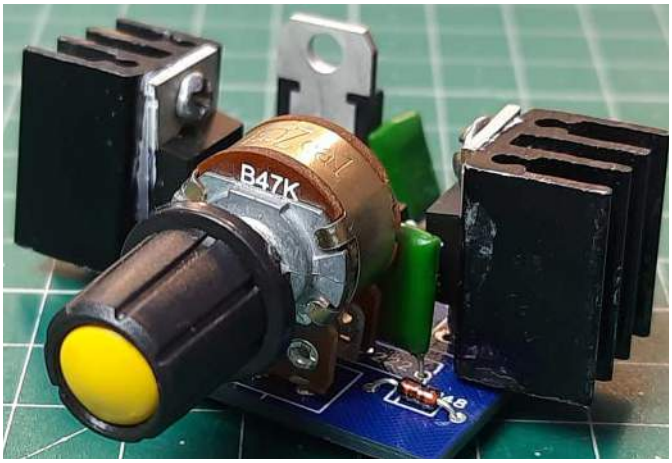
Istnieją dwie metody sterowania prędkością silnika elektrycznego, jedna poprzez sterowanie napięciem, na przykład przez przetwornicę obniżającą napięcie lub stabilizator liniowy, a druga poprzez sterowanie PWM, czyli impulsy o modulowanym wypełnieniu. Na rynku dostępnych jest wiele kontrolerów PWM do sterowania silnikami elektrycznymi o prądzie nawet do 50 amperów i więcej. Mimo to, ukrywający się za nickiem Lithium ION użytkownik portalu Hackaday.

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 a982d0ace0

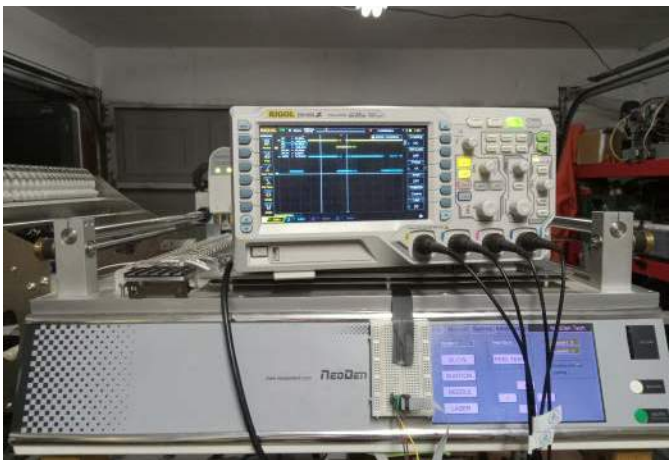


io, postanowił zaprojektować własny kontroler PWM, który może być używany z silnikiem DC775 o wysokim momencie obrotowym.

Aby wygenerować przebieg prostokątny, układ używa klasycznego układu scalonego NE555, działającego w trybie astabilnym. Następnie można kontrolować szerokość wypełnienia za pomocą potencjometru, co pomaga kontrolować prędkość silnika. Sterowanie wysokim prądem jest możliwe poprzez tranzystor MOSFET. W projekcie można znaleźć kompletny projekt – schemat oraz płytkę drukowaną – urządzenia wraz z opisem jego działania. Cały układ zaprojektowany jest w bardzo kompaktowy sposób, aby zmieścić się w małej obudowie, jednak w układzie znalazło się miejsce na złącza wejścia i wyjścia. Nie ma potrzeby używania żadnego wentylatora z układem przy obciążeniu do 10 amperów. Użyte tranzystory MOSFET są przeznaczone do pracy z bardzo wysokimi mocami.

Prosta lutownica wystarczy do montażu urządzenia – obecnie nie ma ono żadnych elementów do montażu powierzchniowego. W kolejnej iteracji projektu autor zamierza zmienić elementy na SMD i zadbać o ich lepsze rozmieszczenie na płytce drukowanej. Dodatkowo autor planuje dodanie złączy śrubowych.

https://bit.ly/3M1qON6



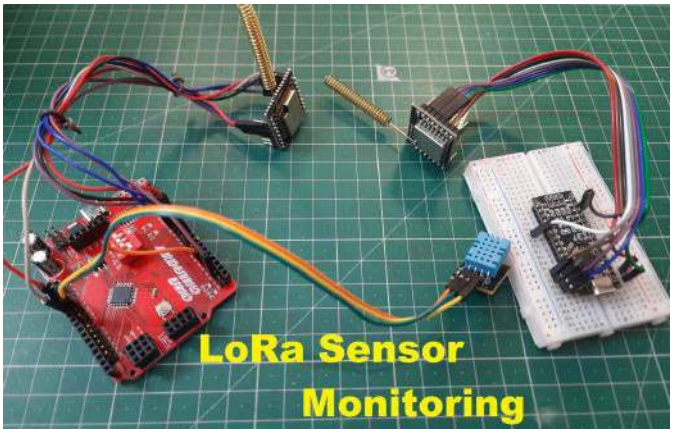
Inżynieria wsteczna maszyny pick and place TM245P

Urządzenie typu pick and place to system do automatycznego osadzania elementów na płytce drukowanej. Używa się je na liniach do masowej produkcji urządzeń elektronicznych, ale często niewielkie systemy tego rodzaju używane są w warsztatach elektronicznych do produkcji prototypów itp. TM245P nie jest najlepszą maszyną tego rodzaju, w dodatku oryginalne oprogramowanie dla niej jest dosyć toporne, procedura kalibracji skomplikowana i mało dokładna. Brakuje mu również systemu wizyjnego TM245V. Sama maszyna jest jednak bardzo masywna, bardzo dobrze zbudowana i aż prosi się o modernizację. Z takiego założenia wyszedł autor opisanego projektu, Morgan, który stara się przekonwertować TMP245P na OpenPNP (jest to otwarte oprogramowanie dla hobbystycznych maszyn pick and place).

Urządzenie sterowane jest przez kilka mikrokontrolerów – STM32F407 na płycie głównej, STM32F301 wewnątrz jednostki głównej, szereg nieznanych systemów sterowania w podajnikach, które komunikują się poprzez interfejs szeregowy – najpewniej UART i przez magistralę CAN (przez transceiver SN65HVD230). W systemie jest jeszcze dodatkowa płytka opisana jako Zasilanie i komunikacja, ale nie zawiera ona żadnego transceivera ani mikrokontrolera.

Obecnie autor ma wykonane dwa elementy projektu. Pierwszym jest adaptacja firmware używanego na sterowniku Smoothieboard. Zostało ono przeniesione na STM32F4 w Charmhigh CHMT26VA, a ten sam mikrokontroler znajduje się w TM245P. Byłoby to idealne rozwiązanie i poza samym portem firmware wymagałoby jedynie tłumaczenia przychodzącego G-kodu na pakiety, które mają być przesyłane przez magistralę CAN. Drugim punktem było stworzenie płytki zastępczej dla jednostki głównej. Ponieważ interfejs byłby w pełni kompatybilny z OpenPNP, wymagałoby to jedynie komunikacji przez złącze IDC i pozwoliło na dołączenie opcjonalnego ekranu LCD z interfejsem dotykowym. Wymagałoby to niestety inżynierii wstecznej protokołów komunikacyjnych w urządzeniu lub wymiany wszystkich mikrokontrolerów w systemie.

https://bit.ly/3RpXUaj



Sensory do monitorowania z interfejsem LoRa

Dostępne są różne metody komunikacji z czujnikami, niektóre z nich przy użyciu systemów Internetu Rzeczy (IoT), a inne przy użyciu protokołów niewymagających podłączenia do Internetu, takich jak Bluetooth czy Bluetooth Low Energy. Ale metody offline nie oferują dobrego zasięgu, a metody online są drogie i bardzo skompilowane. Poniższy projekt to prosty system komunikacji z czujnikami za pomocą interfejsu LoRa (radio dalekiego zasięgu). LoRa oferuje bardzo duży zasięg 10…15 kilometrów i więcej, a dane można przesyłać bez dostępu do Internetu.

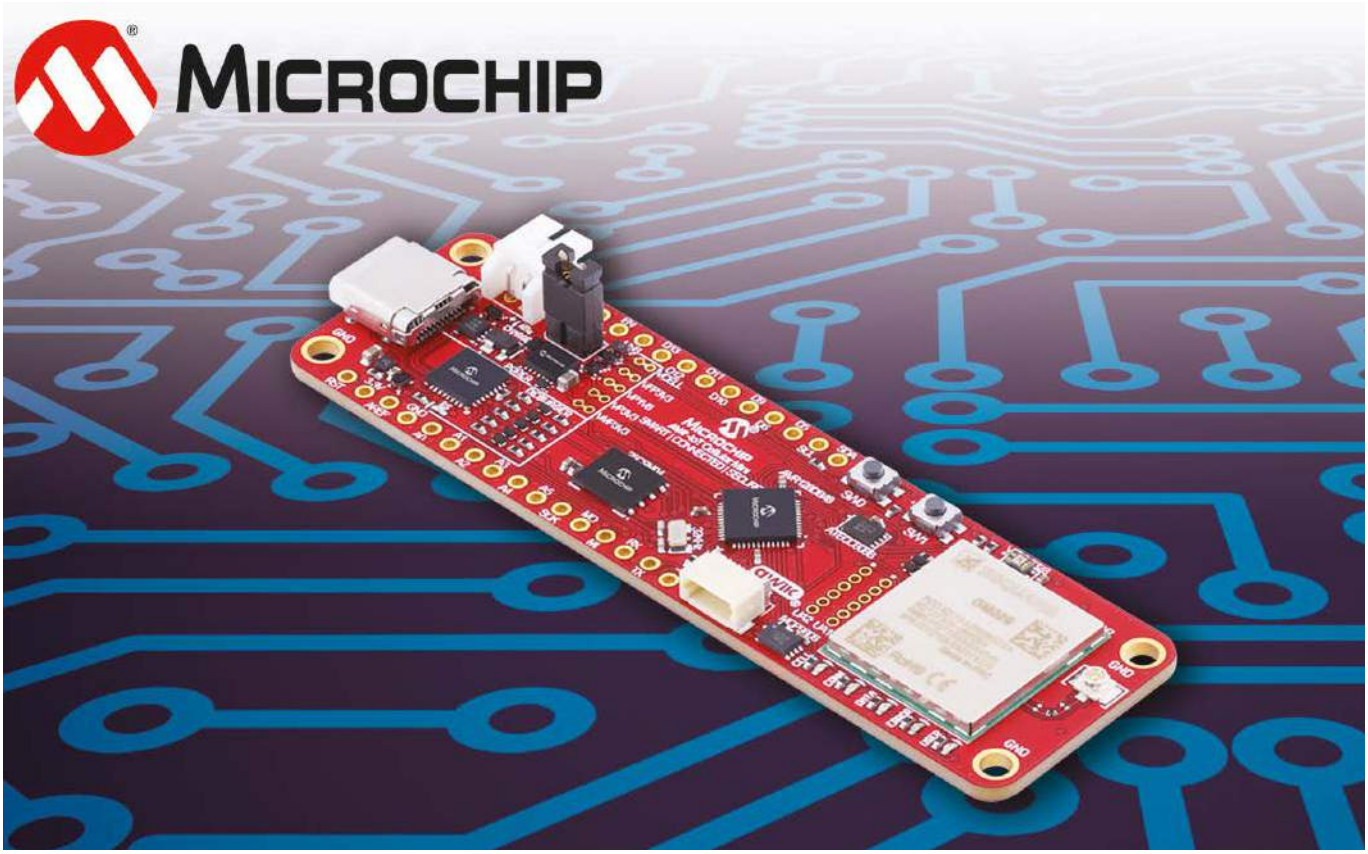
LoRa to technika modulacji radiowej, która jest zasadniczo sposobem kodowania informacji przy użyciu wielosymbolowego formatu radiowego, wykorzystująca sygnały świergotowe z rozproszonym widmem. Głównymi zaletami LoRa są możliwości osiągania bardzo dużego zasięgu i przystępność cenowa. Typowym przypadkiem użycia LoRa są inteligentne miasta, w których niedrogie urządzenia o minimalnym poborze mocy działają jako elementy Internetu Rzeczy (zwykle czujniki lub monitory), rozmieszczone na dużym obszarze wysyłają sporadycznie małe pakiety danych do centralnego administratora.

LoRa działa na różnych częstotliwościach, a dla różnych krajów dostępne są różne moduły. W Wikipedii itp. można znaleźć dokładniejsze informacje na temat interfejsu LoRa, sposoby modulacji, o protokołach, takich jak LORAWAN i dostępnych modułach oraz obsługiwanych przez nie pasmach.

https://bit.ly/3UJT7Ud

Nikodem Czechowski, EP

eprasa.pl a982d0ace0



Wygraj płytkę ewaluacyjną AVR--IoT Cellular Mini od Microchipa

Płytka rozwojowa AVR-IoT Cellular Mini bazuje na 8-bitowym mikrokontrolerze (MCU) AVR128DB48 połączonym z modułem komunikacji radiowej 5G LTE-M. Takie rozwiązanie zapewnia kompletną platformę do budowy węzłów czujników i urządzeń wykonawczych przeznaczonych do pracy w sieciach IoT korzystających z technologii 5G. To kluczowe cechy dla urządzeń mobilnych lub znajdujących się w odległych obszarach o ograniczonej dostępności sieci dalekiego zasięgu, takich jak LoRa lub innych rozwiązań sieci LPWAN (Low Power Wide Area Network).

Płytka rozwojowa AVR-IoT Cellular Mini jest wstępnie skonfigurowana do wysyłania danych z wbudowanych czujników światła i temperatury do chmury. Wyniki można przeglądać poprzez testowy portal – Microchip AWS Cloud sandbox, a gdy aplikacja będzie ukończona, można przenieść wszystko na prywatne konto AWS. Takie rozwiązanie zapewnia klientom możliwość śledzenia i monitorowania ich urządzenia w czasie rzeczywistym ze zdalnej lokalizacji, a to podstawowa funkcjonalność wymagana w wielu aplikacjach w różnych branżach, w tym w rolnictwie, przemyśle i energetyce, a także w przestrzeniach konsumenckich, takich jak transport towarów, systemy alarmowe, automatyka budynków i zdalny monitoring.

Aby przygotować to niezwykle łatwe, wydajne i bardzo ekonomiczne rozwiązanie do łączenia urządzeń IoT z 5G za pomocą mikrokontrolera AVR128DB48, Microchip nawiązał współpracę z Sequans – producentem gotowego modułu radiowego Monarch 2 GM02S umożliwiającego pracę w sieciach 5G LTE-M. Na tylnej stronie płytki znajduje się gniazdo na kartę nano SIM. Microchip nawiązał również współpracę z dostawcą usług komórkowych Truphone, aby uzupełnić zestaw o kartę SIM, która zapewnia niezawodny zasięg na całym świecie.

AVR-IoT Cellular Mini Development Board (EV70N78A) to płytka o niewielkich rozmiarach, co czyni ją gotowym, kompaktowym rozwiązaniem lub elastycznym elementem większej aplikacji. Najnowsza rodzina 8-bitowych MCU AVR128DB48 oferuje bogate zasoby sprzętowe i zarazem gwarantuje łatwość projektowania. Za bezpieczeństwo aplikacji odpowiada układ Microchip ATECC608 CryptoAuthentication, który można łatwo skonfigurować dla większości głównych dostawców usług w chmurze za pomocą narzędzia IoT Provisioning Tool firmy Microchip. Dodatkowo jest gotowa do zasilania z akumulatora Li-Ion/LiPo oraz ma wbudowany obwód ładowania na bazie specjalizowanego układu MCP73830. Całość dopełnia zintegrowany programator/debugger ze złączem USB typu C.

Aby mieć szansę na wygranie płytki ewaluacyjnej AVR-IoT Cellular Mini (EV70N78A) lub aby otrzymać kupon rabatowy 15% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie: https://bit.ly/3CilWjk.

Szczegółowe informacje na temat płytki rozwojowej AVR-IoT Cellular Mini można znaleźć na: https://bit.ly/3LS8F49.

eprasa.pl a982d0ace0

W ofercie AVT*

AVT5955

Podstawowe parametry:

- pomiar temperatury w zakresie 10...30°C i wilgotności względnej powietrza w zakresie 20...90%,
- odczyt wskazań przy użyciu świecących łuków diod LED,
- nie wymaga kalibracji,
- pobór prądu: do ok. 30 mA,
- zasilanie napięciem stałym 5 V poprzez gniazdo USB typu B.

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

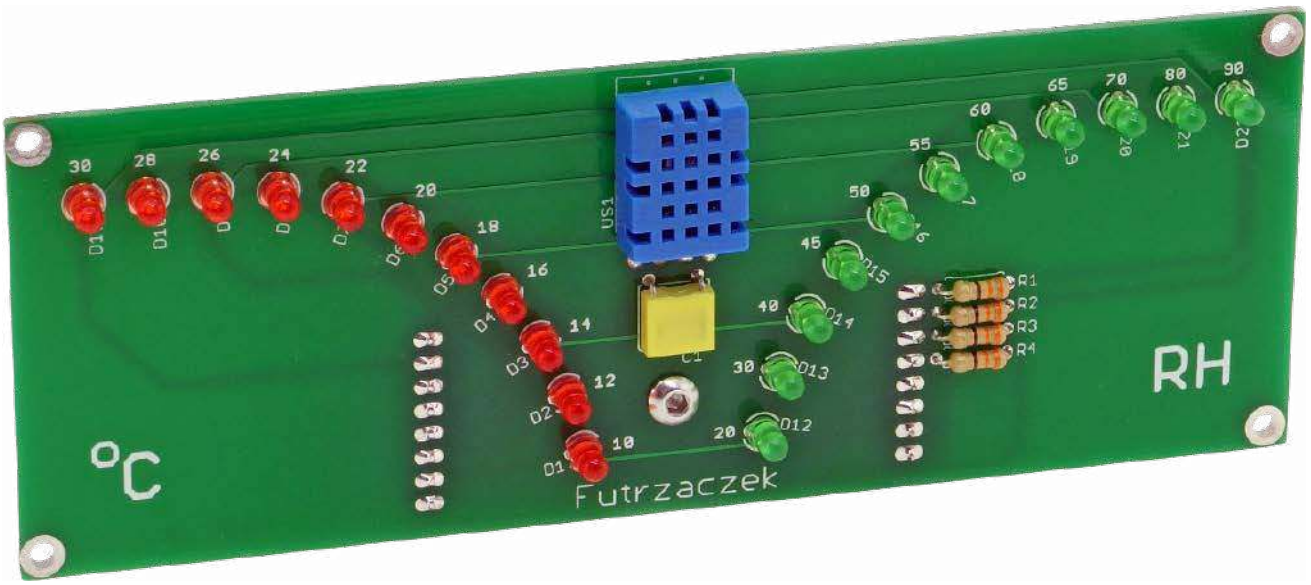
----	Stacja pogodowa WS-01 (EP 3/2022)
AVT5861	Multisensor THPI – czujnik parametrów otoczenia z interfejsem I²C (EP 5/2021)
AVT5722	microStation – mała stacja pogodowa (EP 10/2019)
AVT5668	Moduł czujnika temperatury, wilgotności, ciśnienia z interfejsem I²C (EP 3/2019)
AVT5654	Amatorska stacja pogodowa (EP 12/2018)
AVT5639	Bezprzewodowy czujnik warunków atmosferycznych (EP 10/2018)
AVT5605	wiStation – domowa stacja pogodowa z prognozą pogody (EP 9/2017)
AVT5566	THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT5489	8-kanałowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT5328	Miernik wybranych parametrów środowiskowych (EP 2/2012)
AVT961	Domowa stacja pogodowa (EP 12/2006)
AVT957	Moduł pomiaru temperatury (EP 11/2006)

* 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.



Termo-higrometr LED

Od utrzymywania prawidłowej temperatury oraz wilgotności powietrza zależy nasze dobre samopoczucie w pomieszczeniach. Ponadto mamy na nie relatywnie duży wpływ, większy niż np. na ciśnienie. Jednak nasze wysiłki na nic się nie zdadzą bez odpowiedniego przyrządu pomiarowego. A gdyby do tego taki układ wyglądał efektownie?

Coraz więcej wiemy o tym, jak ważny wpływ na nasze zdrowie i samopoczucie mają parametry powietrza, którym oddychamy w naszych domach i mieszkaniach. Wentylacja, ogrzewanie, klimatyzacja, nawilżanie, osuszanie – te terminy są już nam dobrze znane, coraz lepiej potrafimy korzystać z dobrodziejstw cywilizacji. Aby jednak robić to świadomie, musimy wiedzieć, jakie są bieżące parametry powietrza, które wdychamy. Bez tego wszelkie nasze działania będą prowadzone po omacku. Zaprezentowany przyrząd w prosty i czytelny, a zarazem efektowny sposób wskazuje nam bieżącą temperaturę oraz wilgotność względną powietrza. A te parametry są kluczowe dla wielu osób – astmatyków, alergików albo małych dzieci. Utrzymując je na odpowiednim poziomie, można zapobiec wielu schorzeniom lub chociaż osłabić objawy tych już występujących.

Budowa i działanie

Urządzenie składa się z dwóch płytek – wyświetlacza i części sterującej. Schemat ideowy wyświetlacza został pokazany na **rysunku 1**. Zawiera łącznie 22 diody LED, z których jedna połowa służy do wyświetlania temperatury w stopniach Celsjusza [°C], a druga do wskazywania wilgotności względnej [% RH]. Diody te zostały połączone w sześć grup, załączanych poprzez linie C1…C6. W ramach

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):

Płytka wyświetlacza

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1...R4: 330 Ω

Kondensatory:
C1: 100 nF raster 5 mm MKT

Półprzewodniki:
D1...D11: 3 mm czerwone np. LED F3 R
D12...D22: 3 mm zielone np. LED F3 G
US1: DHT11

Pozostałe:
J1, J2: goldpin 8 pin męski 2,54 mm THT

Płytka sterująca

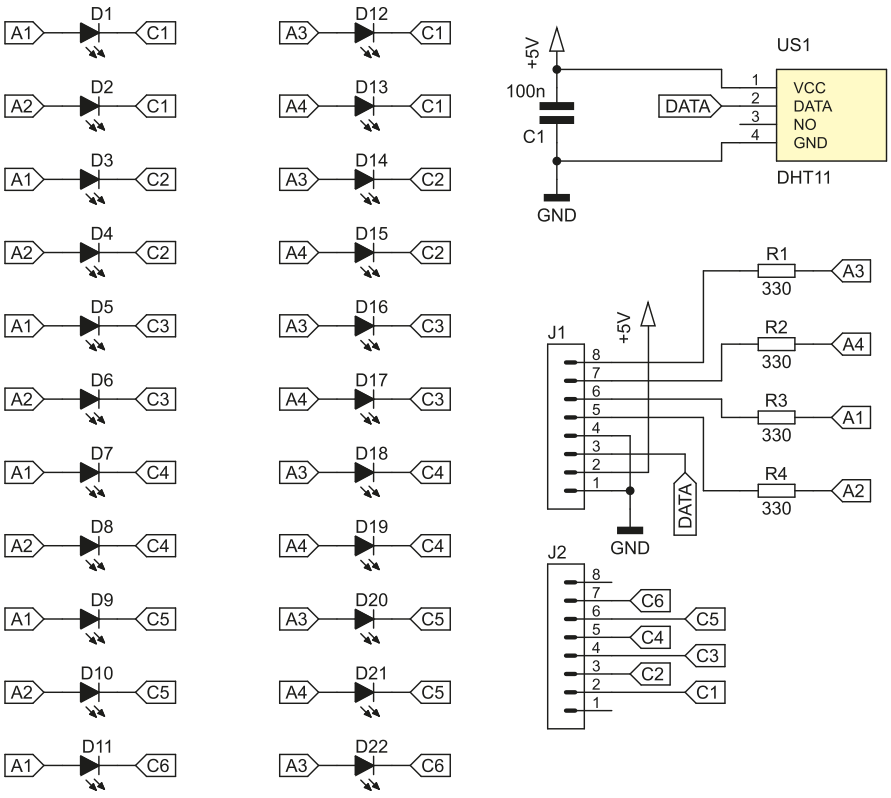
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1, R2: 4,7 kΩ

Kondensatory:
C1: 100 nF raster 5 mm MKT
C2: 47 µF 25 V raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
US1: ATtiny24A-PU DIP14

Pozostałe:
J1, J2: goldpin 8 pin żeński 2,54 mm THT
J3: UBBS-4R-D14-4D
Jedna podstawka DIP14
Dwie śruby M3 6 mm
Jedna tuleja dystansowa gwint wewnętrzny M3
12 mm poliamid

eprasa.pl a982d0ace0

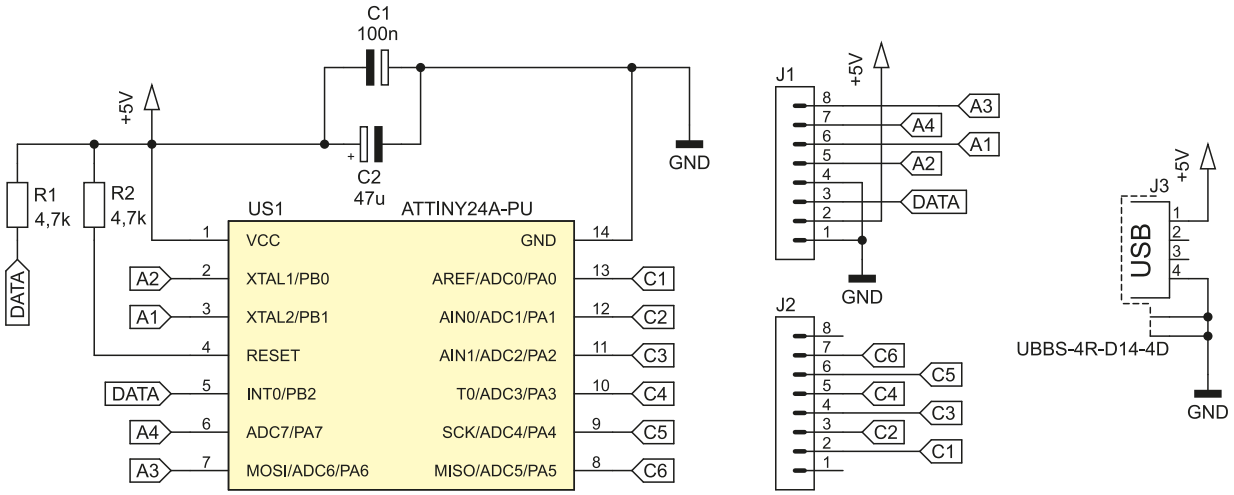


Rysunek 1. Schemat ideowy wyświetlacza

Na płytce wyświetlacza znajduje się również czujnik temperatury i wilgotności typu DHT11 – układ US1. Ma on interfejs cyfrowy, który wymaga tylko jednej linii do prowadzenia komunikacji z mikrokontrolerem. Jest kalibrowany na etapie produkcji, co upraszcza uruchamianie układu. Przy jego wyprowadzeniach zasilania znajduje się kondensator C1, zalecany przez notę katalogową producenta tego układu. Niezbędny do prawidłowego działania rezystor podciągający linię danych znalazł się na drugiej płytce.

Na **rysunku 2** znajduje się schemat ideowy płytki sterującej, której głównym elementem jest mikrokontroler typu ATtiny24A-PU. Oprócz wspomnianego rezystora podciągającego zawiera drugi, identyczny rezystor, który podciąga do dodatniej linii zasilania wyprowadzenie zerujące mikrokontrolera.

Połączenie między tymi płytkami zapewniają dwa złącza typu goldpin. Trzecie złącze, J3, służy do zasilania układu. Jest to pionowe złącze USB typu B. Kondensatory C1 i C2 filtrują zasilanie dla mikrokontrolera i zmniejszają jego tętnienia wywołane cyklicznym przełączaniem grup diod.



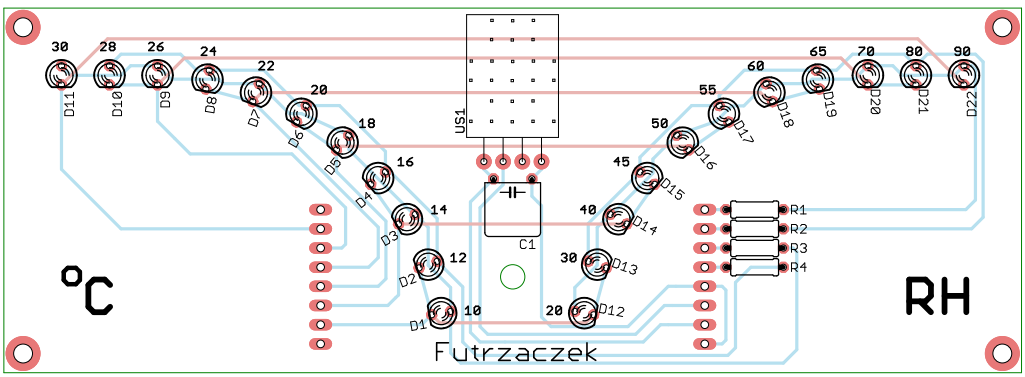
Rysunek 2. Schemat ideowy płytki sterującej

każdej z tych grup znajdują się cztery anody A1…A4 – poza ostatnią grupą, która ma tylko dwie diody. Prąd anody każdej anody jest ograniczany rezystorem szeregowym R1…R4. Sterowanie odbywa się więc w trybie multipleksowym, grupa po grupie.

Takie rozwiązanie pozwala na zredukowanie liczby zaangażowanych wyprowadzeń mikrokontrolera sterującego do 10. Jednocześnie, w ramach każdej grupy mogą być załączone nie więcej niż cztery diody, przez co nie są wymagane dodatkowe elementy wykonawcze, jak na przykład tranzystory zwiększające wydajność prądową wyjść mikrokontrolera. Redukuje to liczbę elementów do absolutnego minimum. Prąd płynący przez pojedynczą diodę nie przekracza 9 mA, więc cała grupa pobiera nie więcej niż 36 mA. Typowy mikrokontroler z rodziny AVR potrafi obsłużyć obciążenie pobierające taki prąd.

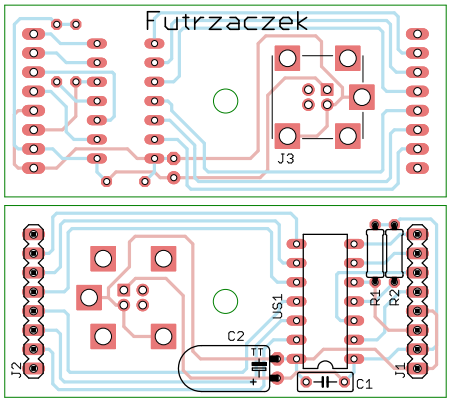
Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwóch dwustronnych płytkach drukowanych. Płytka wyświetlacza ma wymiary 135×48 mm, a sterująca (z mikrokontrolerem) 58×25 mm. Ich



Rysunek 3. Schemat płytki wyświetlacza

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 4. Schemat płytki sterującej

schematy zostały pokazane odpowiednio na **rysunku 3** i **rysunku 4**. W odległości 2,54 mm od krawędzi płytki wyświetlacza znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 2,5 mm. Ponadto w obu płytkach jest zlokalizowany jeszcze jeden otwór, którego rola zostanie omówiona dalej.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów. Pod układ US1 na płytce sterującej proponuję zastosować podstawkę, aby ułatwić jego programowanie oraz wymianę w razie uszkodzenia. Kondensator C1 na płytce wyświetlacza oraz C2 na płytce sterującej należy położyć na powierzchni płytki. Zmontowany układ można zobaczyć na **fotografii 1**. Warto zauważyć, że na płytce sterującej znajduje się złącze J3, które powinno być wlutowane w nią od przeciwnej strony niż pozostałe elementy – tak, aby był do niego dostęp po złączeniu płytek (**fotografia 2**).

Obie płytki są ze sobą połączone dwoma złączami, po 8 pinów każde. W układzie prototypowym zostały one obrócone względem siebie (po prawej stronie płytki wyświetlacza znajduje się złącze żeńskie, zaś męskie po lewej) aby uniemożliwić przypadkowe wetknięcie tych płytek odwrotnie. Mogłoby to uszkodzić układ, a na pewno byłoby przyczyną nieprawidłowego działania. Tak wlutowane złącza widać na fotografii 1, a na fotografii 2 znajduje się widok dwóch płytek już złączonych ze sobą, które dodatkowo skręcono tuleją dystansową. W ten sposób relatywnie gruby i ciężki kabel USB nie wyciągnie tych złączy szpilkowych.

Na etapie uruchamiania jest konieczne zaprogramowanie pamięci Flash mikrokontrolera dostarczonym wsadem oraz zmiana jego bitów zabezpieczających. Oto ich nowe wartości:

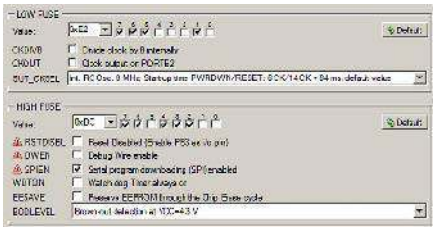
Low Fuse = 0xE2

High Fuse = 0xDC

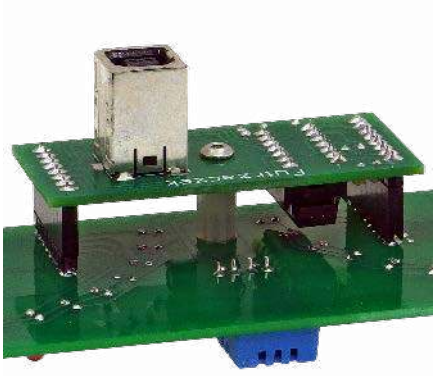
Szczegóły są widoczne na rysunku 5, który pokazuje okno konfiguracji bitów zabezpieczających z programu BitBurner. W ten sposób zostanie wyłączony preskaler zegara przez 8, zatem na rdzeń mikrokontrolera trafi sygnał zegarowy o częstotliwości 8 MHz. Ponadto włączy się Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej 4,3 V. To znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się układu podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po podłączeniu zasilania do złącza USB. Nie jest wymagana jakakolwiek kalibracja. Zasilanie powinno odbywać się napięciem o wartości 5 V lub zbliżonej (dopuszczalnej przez standard USB), dobrze stabilizowanym i filtrowanym. Pobór prądu zależy od liczby załączonych diod LED, ale nie przekracza 30 mA.

W trakcie pracy liczba załączonych diod LED jest tym większa, im większą wartość ma dany parametr. Każda dioda informuje o tym, że dana wartość została osiągnięta,



Rysunek 5. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

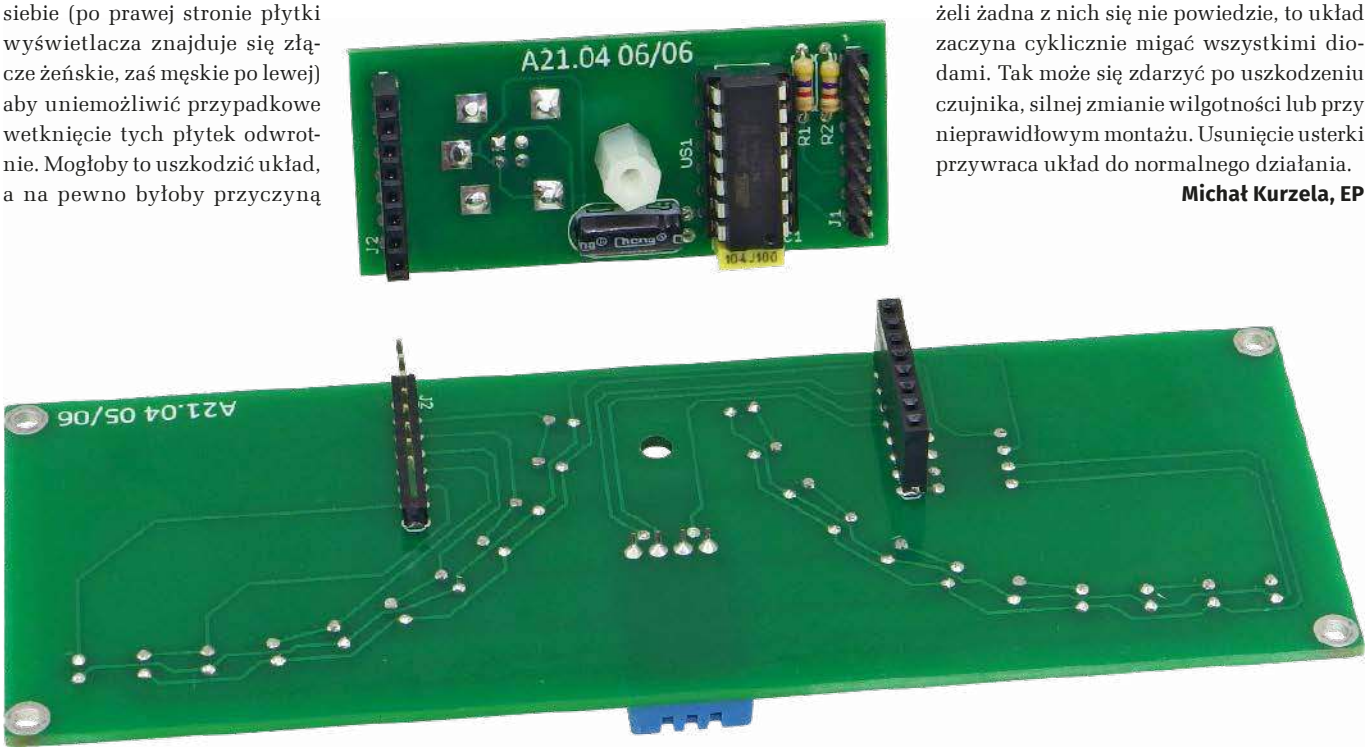


Fotografia 2. Szczegóły montażu płytek

więc temperatura wynosząca, na przykład, 27°C zostanie wskazana jako świecenie się diod od D1 (10°C) do D9 (26°C), ale już bez D10 (28°C). Analogicznie jest z wilgotnością. W temperaturze poniżej 10°C i wilgotności względnej niższej niż 20% układ nie załączy żadnej diody, lecz są to warunki niemal niemożliwe do wystąpienia w zwykłych warunkach mieszkaniowych.

Cyfrowy czujnik typu DHT11 komunikuje się z mikrokontrolerem co 2 s i wtedy następuje odświeżenie wskazań. Za każdym razem podejmowane są cztery próby komunikacji – jeżeli żadna z nich się nie powiedzie, to układ zaczyna cyklicznie migać wszystkimi diodami. Tak może się zdarzyć po uszkodzeniu czujnika, silnej zmianie wilgotności lub przy nieprawidłowym montażu. Usunięcie usterki przywraca układ do normalnego działania.

Michał Kurzela, EP



Fotografia 1. Wygląd zmontowanych płytek układu

eprasa.pl a982d0ace0

Podstawowe parametry:

- pomiar napięcia stałego o dowolnej polaryzacji w zakresie ±22 V lub 40 V przy ustawieniu unipolarnym,
- wykonywanie pomiarów z 2 wejść,
- pomiar oporności w zakresie od 10 Ω do 500 kΩ (maksymalnie do 1,5 MΩ przy rosnącym uchybie),
- pomiar pojemności w zakresie od 1 nF do 330 µF,
- pomiar indukcyjności w zakresie od około 100 µH do 100 mH,
- pomiar temperatury za pomocą czujnika DS18B20,
- test diod półprzewodnikowych,
- sterowanie i wyświetlanie danych na ekranie zdalnym (smartfona, laptopa) za pomocą dynamicznie generowanej strony dla przeglądarek obsługujących standard HTML5,
- zasilanie +5 V z zewnętrznego zasilacza, komputera, powerbanku, podawane przez gniazdo mini USB.

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

AVT5507	Miernik UIPTR (EP 7/2015)
AVT5399	Dwukanałowy multimetr panelowy (EP 6/2013)
AVT5386	Podwójny woltomierz i amperomierz (EP 3/2013)
AVT5383	Miernik tablicowy UIPt (EP 2/2013)
AVT5333	Multimetr panelowy (EP 3/2012)
AVT2857	Moduł woltomierza/amperomierza (EdW 3/2008)
AVT5086	Programowany 4-kanałowy komparator/woltomierz (EP 11/2002)
AVT2004	Woltomierz do modułowego zestawu pomiarowego (EdW 1/1996)

W ofercie AVT*

AVT5954

* 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

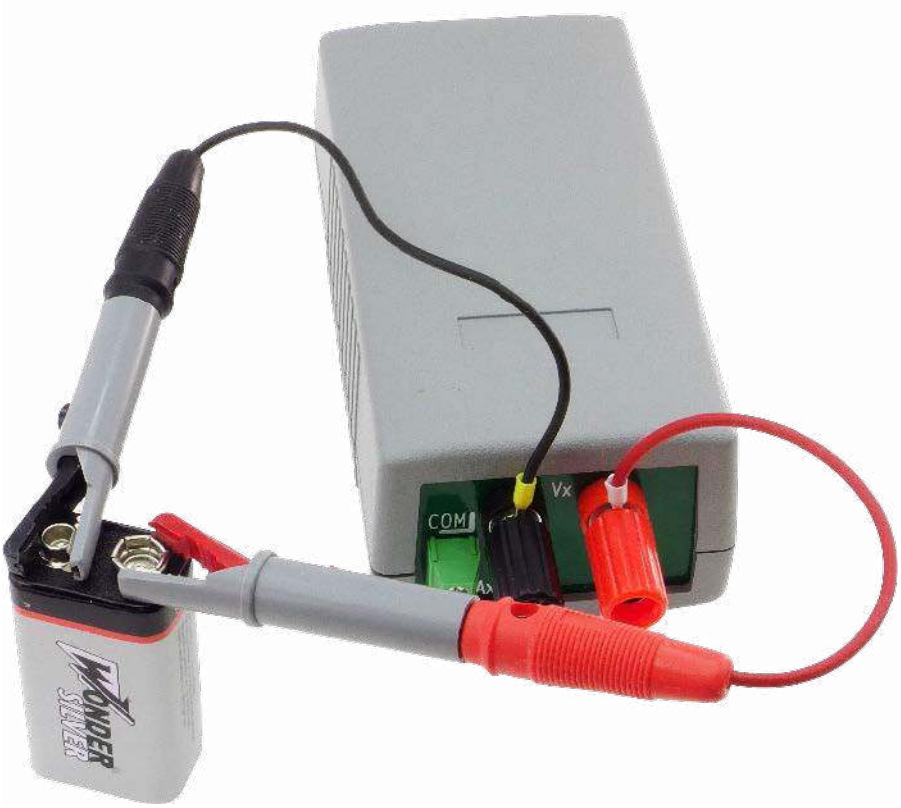
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

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

Warsztatowy multitester

Na bazie modułu ESP32, z możliwością pomiarów zdalnych

Miejsce pracy elektronika zwykle kojarzy się z płytkami elektronicznymi, narzędziami i przyrządem pomiarowym, najczęściej multimetrem. Pomiarów dokonuje się już na etapie montażu, sprawdzając niektóre z elementów, a potem, kiedy uruchamiane urządzenie złośliwie nie chce działać, miernik jest używany coraz częściej. I tak jak trzeciej ręki, często brakuje kolejnego przyrządu do kontroli parametrów w istotnych punktach układu. Jeżeli czytelnikowi zdarzają się takie przypadki, powinien się zainteresować prostym testerem, którym można zbadać poziom napięcia czy zmierzyć elementy dyskretne i który prześle wyniki na ekran wybranego smartfona.



Bezpośrednią inspiracją do opracowania przyrządu był projekt cyfrowego multimetru [1]. Taki multimetr dokonuje pomiarów za pomocą płytki Arduino. Następnie wyniki poprzez moduł Bluetooth przesyłane są do smartfona, gdzie specjalna aplikacja odpowiada za ich prezentację. W projekcie multitestera całą pracę, czyli pomiary, prezentację wyników i komunikację Wi-Fi ze smartfonem, wykonuje płytka z ESP32. Dodatkowe elementy tworzą kilka interfejsów, które zamieniają mierzone wielkości na równoważne sygnały napięciowe dla przetwornika lub liczników układu ESP32.

Ostatecznie zdecydowano, że projekt zamiast nazwy multimetr zadowoli się skromnym określeniem multitester.

Budowa i działanie

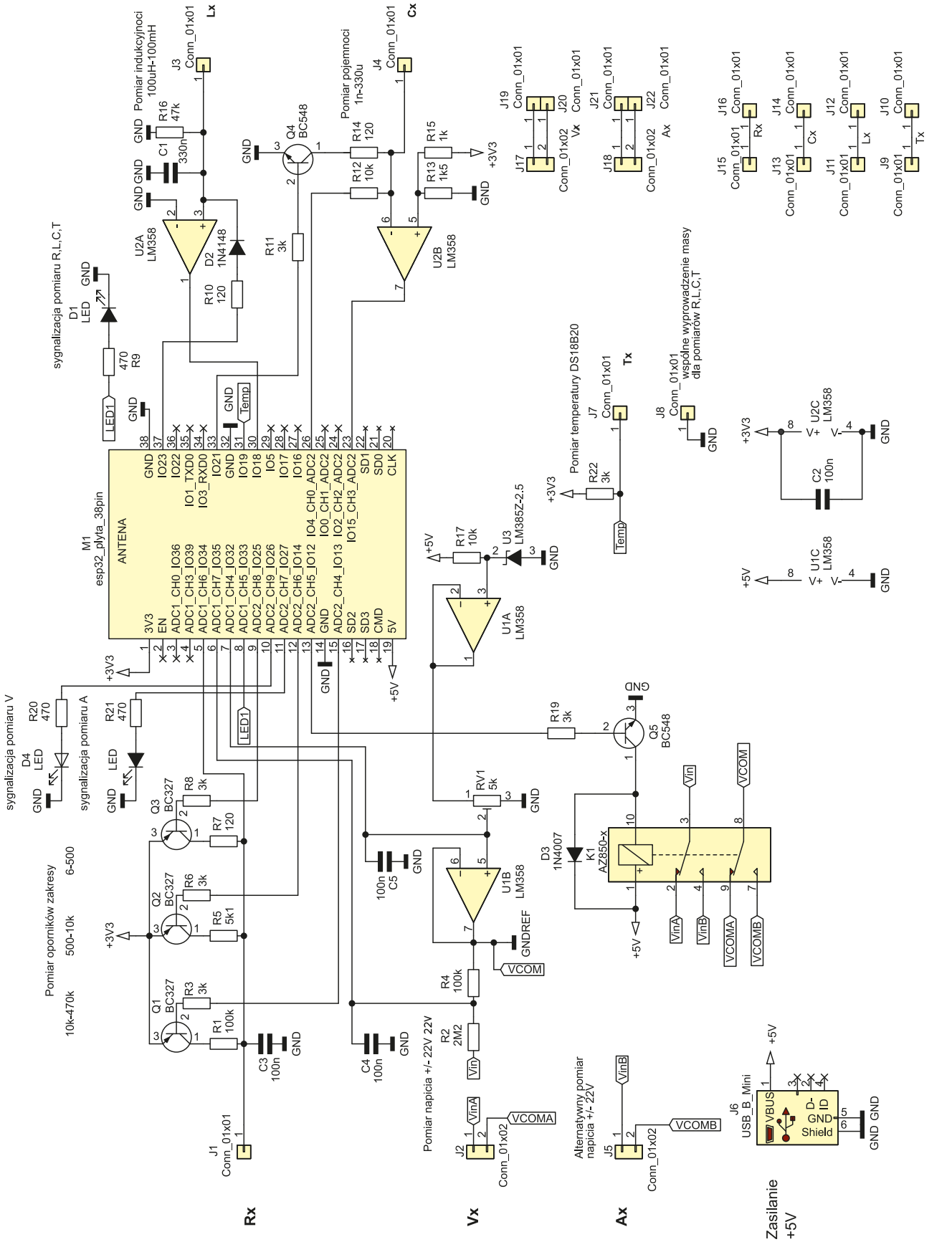
Na **rysunku 1** został pokazany kompletny schemat ideowy multitestera. Za pomiary i komunikację z użytkownikiem odpowiada płytka rozwojowa z modułem ESP-WROOM-32. Zintegrowana z modułem antena służy do komunikacji Wi-Fi na odległość kilku, kilkunastu metrów. Komunikacja z urządzeniem sterującym, takim jak smartfon, może odbywać się w jednym z dwu trybów: jako stacja w ramach sieci tworzonej przez zewnętrzny router lub jako samodzielny AP (*access point*) z własną siecią Wi-Fi, do której loguje się smartfon.

Do wyprowadzonych na złącza płytki portów ESP32 podłączone są dodatkowe elementy tworzące interfejsy pomiarowe.

eprasa.pl a982d0ace0

Interfejs do pomiaru oporności

W procedurze pomiaru oporności zastosowany jest dzielnik oporowy. Znana jest wartość oporu jednego opornika dzielnika oraz poziomy napięć wejściowego i wyjściowego, co umożliwia wyliczenie oporu drugiego opornika. Badany opornik podłączany jest do wejścia J1 i masy J8. Oporniki R7, R5, R1 stanowią człon dzielnika o znanej oporności. Są one przyłączane przez klucze tranzystorowe Q1...Q3 zależnie od wybranego podzakresu pomiarowego. Podział na podzakresy wynika z ograniczeń przetwornika ADC. Do wyboru są 3 przedziały pomiarowe: 6 Ω...500 Ω, 500 Ω...10 kΩ, 10 kΩ...470 kΩ. Napięcie z wyjścia dzielnika podawane jest na port IO34, który jest wejściem przetwornika ADC1/CH6.



Rysunek 1. Schemat ideowy

eprasa.pl a982d0ace0

Interfejs do pomiaru napięcia stałego

Przetwornik ESP32 potrafi zmierzyć jedynie napięcie dodatnie o ograniczonym poziomie. Aby uniezależnić się od polaryzacji badanego napięcia i poszerzyć zakres, trzeba zastosować układ dopasowujący. Pomysł takiego układu został zaczerpnięty z projektu potrójnego woltomierza [2]. Źródło U3 wraz z wtórnikiem U1A tworzą stabilne napięcie referencyjne o poziomie 2,5 V dla wieloobrotowego potencjometru RV1. Napięcie z suwaka podawane jest na wejście przetwornika ADC1/CH4 oraz poprzez wtórnik U1B na wejście pomiarowe COM. Wejście to tworzy sztuczną masę, do której podłącza się jeden biegun mierzonego źródła napięcia. Poziom napięcia wejścia COM względem rzeczywistej masy testera ustawiany jest potencjometrem i powinien mieć wartość 1,25 V. Drugi biegun mierzonego źródła podawany jest na wejście Vin i z dzielnika R2, R4 napięcie trafia do wejścia ADC1/CH7. Zależnie od polaryzacji napięcie Vin będzie albo sumować się z potencjałem sztucznej masy COM, albo od niego odejmować, jednak dla przetwornika ADC będą to zawsze napięcia dodatnie, czyli możliwe do zmierzenia. Znając napięcia z obydwu wejść przetwornika oraz rezystancję oporników R2, R4, można obliczyć poziom mierzonego napięcia Vin.

Tester obsługuje dwa gniazda pomiarowe Vx i Ax. Styki przekaźnika K1 podłączają wybierane gniazdo J2 lub J5 do wejść Vin i COM.

Interfejs do pomiaru indukcyjności

Pomiar indukcyjności bazuje na zjawisku rezonansu układu LC – cewka, kondensator. Podstawę do obliczeń stanowi wzór na częstotliwość rezonansową:

$$F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Znając pojemność kondensatora i zmierzoną częstotliwość rezonansu, można obliczyć indukcyjność cewki w obwodzie LC.

Badaną cewkę podłącza się do wejścia J3 i masy J8. Pojemność obwodu rezonansowego stanowi kondensator C1. Wzmacniacz U2A pracuje jako komparator, przekształcając niewielkie amplitudowo oscylacje obwodu LC w impulsy prostokątne. Impulsy podawane są na port IO23 pracujący jako wejście przerwania wyzwalanego przez obydwa zbocza. Wystąpienie przerwania umożliwia zmierzenie czasu trwania impulsów i określenie częstotliwości używanej w dalszych obliczeniach. Opornik R10 i dioda D2 służą do podania do obwodu LC impulsu, który pompuje go energią. Gdy impuls zanika, obwód oddaje energię w gasnących oscylacjach o częstotliwości rezonansowej. Opornik R16 służy do wytłumiania przypadkowych wzbudzeń układu i może nie być montowany.

Interfejs do pomiaru pojemności

Pomiar pojemności bazuje na pomiarze stałej czasowej układu RC. Należy dokonać pomiaru czasu ładowania w pełni rozładowanego kondensatora do poziomu 63,2% wartości maksymalnej. Wzór na stałą czasową układu RC:

$$\tau = RC$$

Mierząc TC i znając wartość oporności R, można obliczyć C.

Badaną pojemność podłącza się do wejścia J4 i masy J8. Tranzystor Q4 i opornik R14 służą do pełnego rozładowywania kondensatora. Opornik R12 tworzy część układu RC i ładuje kondensator. Wzmacniacz U2B pracuje jako komparator. Jego wejście nieodwracające jest spolaryzowane napięciem z dzielnika R13, R15 do poziomu około 63% maksymalnego poziomu zasilania. Gdy w czasie testu napięcie na kondensatorze podczas ładowania przekroczy ten poziom, na wyjściu komparatora pojawi się zbocze opadające. Jest ono podawane na port IO15 będący wejściem przerwania, które współpracuje z wewnętrznym licznikiem służącym do zliczenia czasu ładowania kondensatora, a więc do określenia stałej RC.

Interfejs do pomiaru temperatury

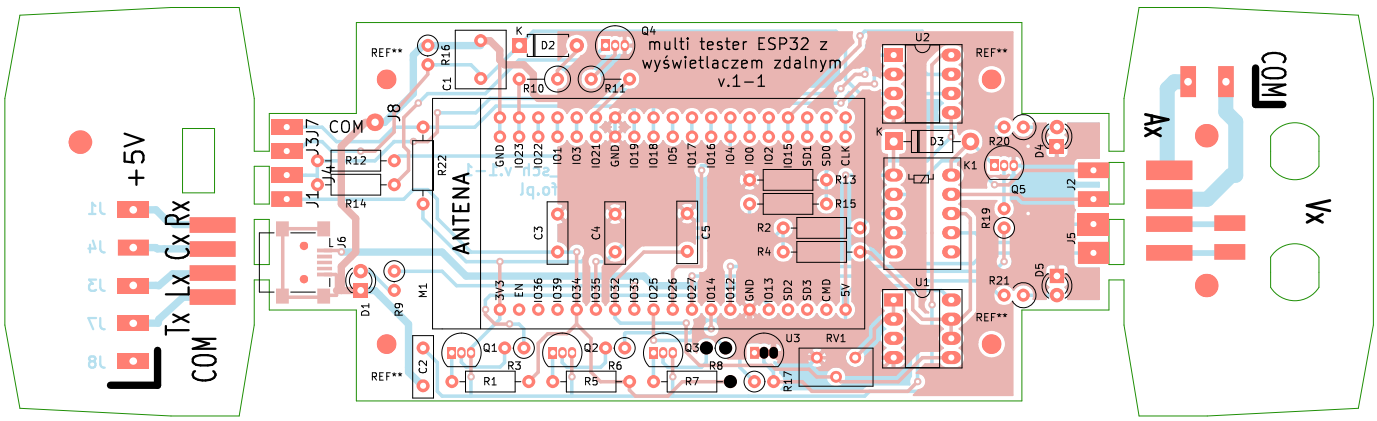
Wyjście J7 służy do podłączenia czujnika DS18B20 do pomiaru temperatury. Jest to magistrala 1-Wire podciągana do napięcia zasilania opornikiem R22. Magistralą czujnik przesyła dane cyfrowe zmierzonej temperatury.

Zasilanie i sygnalizacja

Gniazdem mini USB J6 podawane jest tylko napięcie zasilające. Diody LED sygnalizują stan urządzenia: świecenie D1 sygnalizuje aktywność któregoś z interfejsów R, L, C, T, świecenie D4 oznacza aktywny pomiar napięcia wejściem Vx, a świecenie D5 aktywny pomiar wejściem Ax.

Montaż

Dwustronna płytka drukowana została zaprojektowana do montażu przewlekanego, z elementami po stronie opisowej. Jej schemat został pokazany na **rysunku 2**. Jedynie gniazdo zasilania mini USB jest lutowane



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

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

Rezystory:
R1, R4: 100 kΩ
R2: 2,2 MΩ
R3, R6, R8, R19: 3 kΩ
R5: 5,1 kΩ
R7, R14: 120 Ω
R9: 470Ω
R10: 120Ω
R11: 3 kΩ
R12: 10 kΩ
R13: 1,5 kΩ
R15: 1 kΩ
R16: 47 kΩ
R17: 10 kΩ
R20, R21: 470 Ω
R22: 3 kΩ
RV1: 5 kΩ

Kondensatory:
C1: 330 nF
C2 C3 C4 C5: 100 nF

Półprzewodniki:
D1, D4, D5: LED 3 mm
D2: 1N4148
D3: 1N4007
Q3, Q2 Q1: BC327 (TO-92)
Q4, Q5: BC548 (TO-92)
U1, U2: LM358 (DIP-8)
U3: LM385Z-2.5 (TO-92)

Pozostałe:
K1: P-5 przekaźnik subminiaturowy
M1: ESP32 płyta 38 styków
J6: USB B mini

eprasa.pl a982d0ace0

powierzchniowo. Zmontowana płytka z zamontowanym modułem z ESP32 została pokazana na **fotografii 1**.

Uwaga! Parametry siedmiu elementów należy przed wlutowaniem zmierzyć, a wyniki pomiarów zachować. Zapamiętane wartości są używane do obliczeń podczas pracy multitestera i mają duży wpływ na precyzję otrzymywanych wyników pomiarów.

Lista elementów, które trzeba zmierzyć przed montażem:

- R7, R5, R1 – wartości w Ω, gdzie k=1000 Ω, 1 M=1000000 Ω
- R2, R4 – wartości w Ω
- C1 – wartość w faradach, gdzie 1 F=1000000 µF=1000000000 nF
- R12 – wartość w Ω

Wyniki pomiarów elementów zostaną użyte na etapie uruchamiania do utworzenia pliku konfiguracyjnego.

Użyta płyta ESP32 powinna być zamontowana w gnieździe składającym się z 2 listew dla goldpinów po 19 styków każda i rastrze 2,54 mm. Płytka drukowana testera ma rozstaw otworów przystosowany do płyt o szerokości 22,86 mm lub 25,4 mm. Ważne jest, aby rozkład sygnałów na stykach zastosowanej płyty odpowiadał rozkładowi na schemacie ideowym.

Również układy scalone U1, U2 i miniaturowy przekaźnik K1 warto zamontować w gniazdach wykonanych z listew styków precyzyjnych o rastrze 2,54, ale o mniejszych otworach niż goldpiny. Wykonane z takich listew 2-stykowe gniazdka bardzo ułatwiają prawidłowe mocowanie diod sygnalizacyjnych LED.

Płytka drukowana została tak zaprojektowana, by można ją było zamontować w obudowie G410 o wymiarach zewnętrznych 120×60×40. Do płytek drukowanych, pełniących funkcję paneli bocznych, należy wlutować gniazda śrubowe kątowe do mocowania przewodów w pomiarach elementów R, L, C, T (**fotografia 2**) – zaciski laboratoryjne do pomiaru napięcia Vx oraz gniazdo śrubowe proste do pomiaru napięcia Ax.

Płytki boczne można na sztywno przylutować do głównej płytki, jednak przynajmniej na etapie uruchamiania i kalibracji lepiej zastosować połączenia krótkimi odcinkami kabli. Zapewni to możliwość odchylania bocznych płytek, co ułatwi włożenie wtyku USB do gniazda na płycie ESP32.

Uruchomienie

W przypadku multitestera większość pracy wykonuje oprogramowanie płyty ESP32. Napisany do obsługi testera kod korzysta z ESP-IDF (*Espressif IoT Development Framework*) w wersji 4.4. Jest to zbiór oprogramowania systemowego i narzędziowego stworzonego i rozwijanego przez producenta systemu ESP32. Nie jest tak popularny jak opracowany na jego bazie arduinowy klon dla ESP32, ale zapewnia nieco większe możliwości. Jednak wszyscy, którzy chcieliby wypróbować oprogramowanie dla multitestera nie muszą tylko z tego powodu instalować na swoim komputerze Eclipse i reszty środowiska programistycznego. Wystarczy za pomocą jednego z narzędzi, dostarczanych przez firmę Espressif, przenieść do pamięci flash płyty ESP32, 3 pliki wynikowe oprogramowania multitestera [3]. Pracujący z systemem Windows znajdą firmowe narzędzie do programowania [4], a opis programowania za jego pomocą pamięci flash w [5]. Dla użytkownika systemu linuksowego naturalnym wyborem będzie konsolowy *esptool.py* napisany w Pytonie. Trzy pliki powinny zostać zapisane pod następującymi adresami:

```
bootloader.bin – 0x1000,
partition-table.bin – 0x8000,
esp32_http_server_baza3.bin
– 0x10000.
```

Korzystając z esptool, sekwencja przesyłania nowego oprogramowania do pamięci flash może wyglądać następująco. Jeżeli nie chcemy podawać długich ścieżek dostępu, przenosimy się do katalogu, gdzie są zapisane 3 pliki binarne. Następnie wpisujemy:

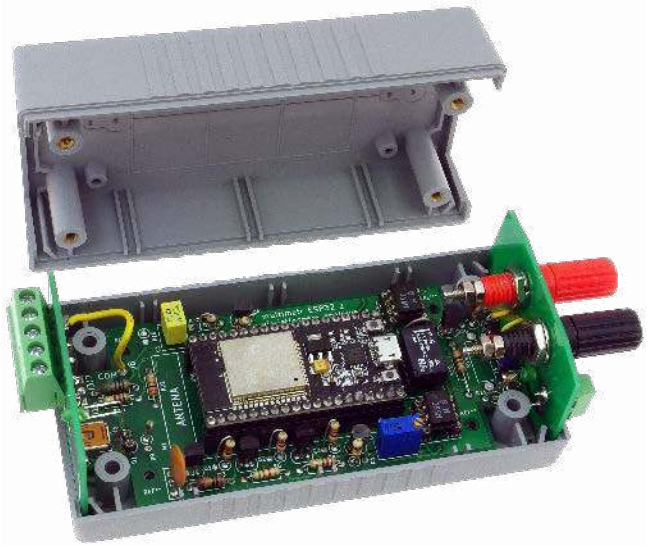
```
esptool.py erase_flash
```

To polecenie wyczyści pamięć flash. Nie ma potrzeby podawać numeru portu USB, do którego podłączona została płyta ESP poprzez zamontowane na jej pokładzie gniazdo, program sam go odszuka. Kolejne trzy linie inicjują zapis następnego pliku:

```
esptool.py write_flash 0x1000
bootloader.bin
esptool.py write_flash 0x8000
partition-table.bin
esptool.py write_flash 0x10000
esp32_http_server_baza3.bin
```

Jeżeli po zapisie ostatniego pliku i ewentualnie po resecie płyty ESP zacznie wolno migać dioda led D1, będzie to oznaczało, że prawdopodobnie wszystko poszło dobrze. Czy to oznacza, że można już korzystać z multitestera? Nie.

Teraz nadszedł czas na zapis do SPIFFS, wewnętrznego systemu plików utworzonego przez właśnie wgrane oprogramowanie, pliku konfiguracyjnego o dokładnie takiej nazwie: *plik_cfg.cfg*, którego przykład jest do pobrania [3]. Jest to zwykły plik tekstowy JSON. Podany przykład należy zmodyfikować, podając dane swojej sieci Wi-Fi



Fotografia 1. Wygląd zmontowanych płytek multitestera



Fotografia 2. Wygląd gniazda do pomiarów R, L, C, T

i zmierzone podczas montażu parametry elementów – **listing 1.** Znaczenie kolejnych pozycji pliku jest następujące:

- element 1. ("start_html") – nazwa pliku,który ma zostać automatycznie uruchomiony po resecie (dokładne wyjaśnienie znajduje się w dalszej części artykułu);
- elementy 2. i 3. ("ssid", "pass") – nazwa i hasło logowania do lokalnej sieci Wi-Fi;
- element 4. ("softAP_on") – jeśli „true", multitester zawsze będzie tworzył i pracował w obrębie własnej sieci Wi-Fi, jeśli „false" tester automatycznie zaloguje się w lokalnej sieci Wi-Fi, a gdyby była niedostępna, to po resecie stworzy własną;
- element 5. ("vref") – dokładna wartość napięcia zmierzona na wyprowadzeniu numer 1 (3V3) płyty ESP32, jak wszystkie parametry z zapisem z kropką, są to wartości zmiennoprzecinkowe;
- kolejne pozycje odnoszą się do rzeczywistych parametrów elementów zmierzonych przed zamontowaniem. Wszystkie wartości oporników są wyrażone w Ω, wartość kondensatora w faradach:
  – "Rref_zak_om" – R7,
  – "Rref_zak_kom" – R5,

eprasa.pl a982d0ace0

Listing 1. Przykładowa zawartość pliku plik_cfg.cfg,

```
{
    "start_html":    "index.html",
    "ssid":          "nazwa_sieci",
    "pass":          "hasło_sieci",
    "softAP_on":     false,
    "vref":          3.31,
    "Rref_zak_om":   118.5,
    "Rref_zak_kom":  4970.0,
    "Rref_zak_100k":100600.0,
    "res_cap":       9529,
    "cap_induc":     0.000000322,
    "r_high_volt":   2267000,
    "r_low_volt":    99500
}
```

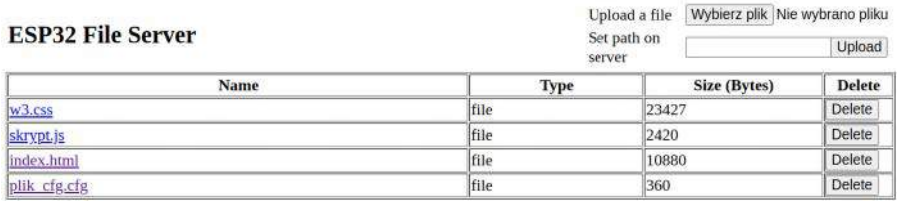
– "Rref_zak_100k" – R1,
– "res_cap" – R12,
– "cap_induc" – C1,
– "r_high_volt" – R2,
– "r_low_volt" – R4.

Wszystkie pliki przesyłane są do SPIFFS drogą radiową. **Przy pierwszym uruchomieniu tester zawsze zgłasza się jako softAP, tworząc własną sieć Wi-Fi**. Żeby się z nim połączyć, trzeba z listy dostępnych sieci wybrać sieć o nazwie „ESP32 Serwer" i haśle dostępu „mypassword". W pasku przeglądarki należy wpisać adres 192.168.4.1. Powinna wyświetlić się strona podobna do tej z **rysunku 3**. Jest to prosty menedżer plików obszaru SPIFFS. Pozwala na usuwanie i zapis nowych plików oraz na ich podgląd. Należy wskazać lokalizację utworzonego pliku *plik_cfg.cfg* i zapisać go do SPIFFS.

To dobry moment, żeby przesłać także pliki, które tworzą dla użytkownika graficzny interfejs i pozwalają komunikować się z multitesterem za pośrednictwem dowolnej przeglądarki obsługującej standard HTML5. Są to kolejne 3 pliki:

- *w3.css* – kaskadowy arkusz stylów wykorzystujący popularny szablon, który zapewnia jednolity wygląd elementów strony, a także jej responsywność;
- *skrypt.js* – plik z częścią skryptów JavaScript obsługujących przesył i prezentację danych na wyświetlaczu smartfona lub komputera;
- *index.html* – źródło generowanej strony dla przeglądarki i część skryptów JavaScript. To właśnie ten plik powinien zostać zadeklarowany w pliku konfiguracyjnym jako przeznaczony do automatycznego uruchomienia po resecie.

Pliki zapisywane są do SPIFFS w identyczny sposób jak plik *plik_cfg.cfg* i powinny być do pobrania z [3]. Teraz po resecie zależnie od ustawień zapisanych w pliku *plik_cfg.cfg*, multitester może ponownie zgłosić się we własnej sieci lub zalogować się do sieci podanej w pliku konfiguracyjnym. Ustawienie stanu sieci wpłynie na sposób świecenia diody LED 1. Gdy tester zacznie pracować jako Stacja i zaloguje się we wskazanej sieci, dioda zacznie migotać szybciej. Gdy aktywny jest tryb softAP i utworzona zostaje własna sieć, dioda świeci dłużej i miga wolniej.



Rysunek 3. Wygląd wygenerowanej strony z menedżerem plików obszaru SPIFFS

Można także podłączyć się do gniazda USB na płycie ESP32 i uruchomić program monitora danych z portu, pracujący z szybkością 115200. Po resecie wysyłanych jest portem szeregowym płyty ESP mnóstwo informacji o konfiguracji, w tym tryb pracy, nazwa sieci i adres IP testera w ramach sieci. Zaś w czasie pracy wysyłane są informacje o aktualnym statusie urządzenia.

Kiedy aktywna jest opcja automatycznego uruchamiania po resecie pliku *index.html*, dostęp do menedżera plików SPIFFS jest zablokowany. Jeżeli dostęp do niego jest potrzebny, np. żeby zmodyfikować plik konfiguracyjny, można go uruchomić poprzez zwieranie do masy w czasie resetu portu IO16 płyty ESP32.

Praca z multitesterem

Po resecie powinien pojawić się ekran z elementami sterującymi **rysunek 4**. Zależnie od szerokości dostępnego ekranu elementy mogą być ułożone w poziomie lub w pionie. Początkowo pomiary są wstrzymane a większość klawiszy nieaktywna i wybielona. Po naciśnięciu START smartfon lub komputer powinien nawiązać komunikację z multitesterem w trybie websocket – gniazda internetowego. Można wtedy wybrać rodzaj pomiaru:

- Przycisk U(V) otwiera dostęp do listy wyboru wejścia pomiarowego:
  – Vx to wejście poprzez zaciski laboratoryjne,
  – Ax jest wejściem alternatywnym z zamontowanego po tej samej stronie gniazda śrubowego.
- O wyborze informuje świecenie albo diody LED D4, albo LED D5;
- Przycisk R(Ω) daje możliwość wyboru podzakresu pomiarowego oporników lub testu złącza półprzewodnikowego. Przewody pomiarowe należy podłączyć do wejść COM, Rx wyprowadzonych na 5-stykowe gniazdo śrubowe;
- Przycisk C(F) uaktywnia pomiary pojemności. Naciśnięcie REL włącza lub wyłącza kompensację pasożytniczej pojemności zniekształcającej odczyty pojemności. Wejścia COM i Cx;
- Przycisk L(H) inicjuje pomiary cewek. Wejścia COM i Lx;
- Przycisk T(°C) rozpoczyna komunikację z zewnętrznym czujnikiem DS18B20 i pomiary temperatury w stopniach. Jeżeli czujnik wymaga podłączenia stałego zasilania, oprócz podłączeń COM i Tx trzecie wyprowadzenie czujnika łączy się z wyprowadzeniem Rx;
- Naciśnięcie przycisku STOP kończy pomiary.



Rysunek 4. Wygląd wygenerowanej strony z interfejsem użytkownika

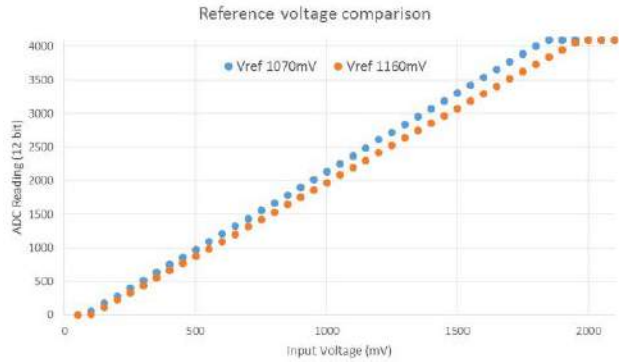
Gdy urządzenie przebywa w stanie nieaktywnym przez ponad 30 s, gniazdo websocked zamyka się.

- Na koniec kilka wyników pomiarów porównawczych multitestera z typowym multimetrem:
- Pomiary porównawcze napięcia stałego w zakresie 0...26 V. Maksymalna różnica wskazań ±1,5%;
- Pomiary porównawcze oporności. Zakres 10...500 Ω, maksymalna różnica wskazań ±1,6%, zakres 500 Ω...10 kΩ, maksymalna różnica wskazań ±1,4%, zakres 10...500 kΩ, maksymalna różnica wskazań ±1,49%;
- Pomiary porównawcze pojemności. Zakres 3...10 nF, maksymalna różnica wskazań ±4,74%, zakres 10 nF...1 µF, maksymalna różnica wskazań ±0,4%, zakres 1...100 µF, maksymalna różnica wskazań ±2%.

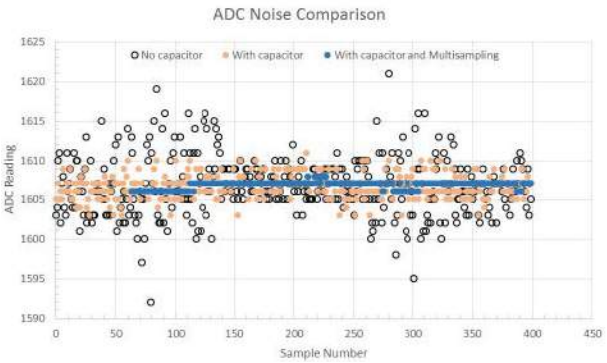
Przetwornik analogowo-cyfrowy układu ESP32

Test napięć z wejść Vx, Ax jak i test oporności Rx opierają się na pomiarach napięcia przez wewnętrzny przetwornik ADC układu ESP32. Jego możliwości i ograniczenia wpływają na ostateczną precyzję pomiarów. W pomiarach użyty został jeden z dwu przetworników ADC oznaczony jako ADC1. Obydwa przetworniki są 12-bitowe i pracują z wewnętrznym napięciem odniesienia o nominalnej wartości 1100 mV, która może się zmieniać w poszczególnych egzemplarzach ESP32 od 1000 mV do 1200 mV. Dodatkowym ograniczeniem są wypłaszczenia krzywej pomiarów na obu krańcach. Przykładowy wygląd krzywych dla dwóch układów ESP32 różniących się wartością napięć odniesienia pokazano na **rysunku 5**.

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 5. Krzywa pomiarowa przetwornika ADC



Rysunek 6. Szumy odczytu przetwornika ADC

Listing 2. Procedury kalibracyjne w ramach inicjacji przetwornika ADC1

```
static esp_adc_cal_characteristics_t *adc_chars;

static const adc_channel_t channel  = ADC_CHANNEL_6;      //GPIO34 dla ADC1 wejście 6
static const adc_bits_width_t width = ADC_WIDTH_BIT_12;   //rozdzielczość 12 bit
static const adc_atten_t atten      = ADC_ATTEN_DB_11;    //tłumienie 11 dB
static const adc_unit_t unit           = ADC_UNIT_1;      //ADC1
/*
 * sprawdzenie ustawień efuse
 */
static void check_efuse(void){
    //Check if TP is burned into eFuse
    if (esp_adc_cal_check_efuse(ESP_ADC_CAL_VAL_EFUSE_TP) == ESP_OK) {
        printf("eFuse Two Point: Supported\n");
    } else {
        printf("eFuse Two Point: NOT supported\n");
    }
    //Check Vref is burned into eFuse
    if (esp_adc_cal_check_efuse(ESP_ADC_CAL_VAL_EFUSE_VREF) == ESP_OK) {
        printf("eFuse Vref: Supported\n");
    } else {
        printf("eFuse Vref: NOT supported\n");
    }
}
/*
 * ADC1 inicjacja
 */
void adc_Ini(void){
    check_efuse();
    adc1_config_width(width);
    adc1_config_channel_atten(channel, atten);
    //Characterize ADC
    adc_chars = calloc(1, sizeof(esp_adc_cal_characteristics_t));
    esp_adc_cal_value_t val_type = esp_adc_cal_characterize(
        unit, atten, width, DEFAULT_VREF,    adc_chars);
}
```

Istnieje możliwość poszerzenia zakresu pomiarowego przetwornika przez wykorzystanie wewnętrznych tłumików napięcia wejściowego. Przy zastosowaniu dostępnych tłumień i ze względu na kształt charakterystyk przetworników realne zakresy pomiarowe są następujące:

- tłumienie 0 dB 100...950 mV,
- tłumienie 2,5 db 100...1250 mV,
- tłumienie 6 dB 150...1750 mV,
- tłumienie 11 dB 150...2450 mV.

Podanie na wejście przetwornika napięcia spoza zakresu da wynik konwersji obarczony dużym błędem, np. dla różnych napięć otrzymany wynik będzie taki sam.

W skład systemowego oprogramowania IDF wchodzą procedury kalibracyjne, które pozwalają częściowo usuwać ograniczenia przetwornika. Możliwe jest odczytywanie z tzw. fuse bits fabrycznie zapisywanej w pamięci nieulotnej rzeczywistej wartości napięcia odniesienia. Na podstawie odczytanych wartości tworzone są formuły korekcyjne dostosowane do ustawionego tłumienia i kształtu charakterystyki. Procedury oprogramowania IDF udostępniają odczyty nie tylko surowych danych konwersji ADC, ale także obliczone i skorygowane wartości mierzonego napięcia w miliwoltach.

Na **listingu 2** pokazano procedury kalibracyjne w ramach inicjacji przetwornika ADC1. Na początku zadeklarowane są parametry ustawienia dla wejścia 6 przetwornika ADC1: rozdzielczość w bitach konwersji i tłumienie. Procedura *check_efuse()* podaje informacje o tym, jakie ustawienia fuse bits są dostępne w egzemplarzu płyty ESP32, na której uruchomiono oprogramowanie multitestera. Jako kolejne podczas inicjacji zostają ustawione parametry rozdzielczości i tłumienia dla wejścia 6 przetwornika. Po utworzeniu bufora na parametry wywołana zostaje sama procedura korekcyjna. Podana domyślna wartość napięcia odniesienia zostanie automatycznie zastąpiona rzeczywistą wartością zapisaną w fabrycznych ustawieniach fuse bits.

Przetwornik ADC jest podatny na wszelkiego rodzaju zakłócenia, co może zniekształcić odczyty – **rysunek 6**. W dokumentacji technicznej układu ESP32 proponowane są środki zaradcze na zaszumienie odczytów przez zastosowanie pojemności filtrujących 0,1 µF na używanych wejściach pomiarowych przetwornika oraz uśrednianie wyników. Procedura pomiarowa pokazana na **listingu 3** służy do pokazania, jak zastosować uśrednianie wielu pomiarów, a następnie jak za pomocą procedury korekcyjnej otrzymać przekształcony wynik pomiarów w miliwoltach.

Rozwój oprogramowania nowe wersje

Więcej informacji na temat testera, w tym kody sterujące przy pracy z zewnętrznym oprogramowaniem i pliki źródłowe, pojawi się w [6]. W planach są nowe wersje oprogramowania z dodatkowymi funkcjami: testerem zwarć, generatorem akustycznym, być może dołączanie dodatkowych zewnętrznych modułów rozszerzających, takich jak amperomierz.

Ryszard Szymaniak
biuro@ars.info.pl

Odnośniki:
[1] https://bit.ly/3rlkVkk
[2] https://bit.ly/3Cm3SVp
[3] https://bit.ly/3rtH8g3
[4] https://bit.ly/3dPN2oF
[5] https://bit.ly/3CmMekq
[6] https://ars.info.pl

Listing 3. Procedura pomiarowa z uśrednianiem wielu pomiarów

```
/*
 * pomiar mV dla 1 kanału ADC1
 */
uint32_t adc_mV_1kanal(adc1_channel_t channel)
{
    uint32_t adc_reading = 0;
    //Multisampling
    for (int i = 0; i < NO_OF_SAMPLES; i++) {
        if (unit == ADC_UNIT_1) {
            adc_reading += adc1_get_raw((adc1_channel_t)channel);
        } else {
            int raw;
            adc2_get_raw((adc2_channel_t)channel, width, &raw);
            adc_reading += raw;
        }
    }
    adc_reading /= NO_OF_SAMPLES;
    //Convert adc_reading to voltage in mV
    uint32_t voltage = esp_adc_cal_raw_to_voltage(adc_reading, adc_chars);
    return voltage;
}
```


eprasa.pl a982d0ace0

Podstawowe parametry:

- kontroler umożliwia automatyczne przekierowanie namiarowej energii z instalacji PV do akumulatora,
- kontroluje stan akumulatora i nie dopuszcza do przeładowania,
- jest zoptymalizowany do utrzymania jak najdłuższej żywotności akumulatora.

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

----	Harvester do generatora termoelektrycznego (EP 2/2021)
----	Mikromocowy harvester solarny dla IoT (EP 9/2020)
AVT1994	Uniwersalna ładowarka słoneczna (EP 8/2018)
----	Słoneczna ładowarka akumulatorów żelowych 12 V (EP 5/2018)
AVT5621	Sterownik różnicowy kolektora słonecznego (EP 3/2018)
AVT5598	Solarna ładowarka akumulatora 12 V (EP 8/2017)
AVT1956	S6AE101 – harvester solarny (EP 7/2017)
AVT1904	Ładowarka akumulatora Li-Po zasilana energią słoneczną (EP 3/2016)
AVT1892	Słoneczna ładowarka akumulatorów Li-Po (EP 12/2015)
AVT5519	PWR_SolarCAP Power bank zasilany przez słońce (EP 11/2015)
AVT1846	EH_ADP5090 – inteligentna przetwornica do energy harvesting (EP 2/2015)
AVT2944	Bateria słoneczna (EdW 7/2010)

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

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

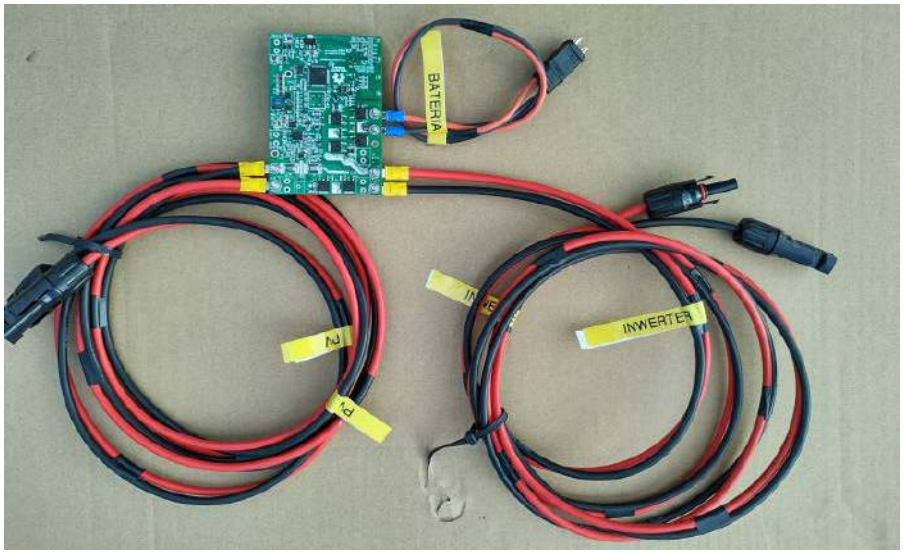
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

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

Bank energii z hulajnogi elektrycznej (2)

czyli jak hulajnogi elektryczne ratują instalację fotowoltaiczną

Kilka ostatnich lat przyniosło boom na instalacje fotowoltaiczne. Posiadacze takich rozwiązań szybko przekonali się, że ich systemy nie pracują tak intensywnie, jak można było tego oczekiwać. Falowniki w środku dnia zwyczajnie się wyłączają, bo napięcie w sieci osiąga lub nawet przekracza przewidziany normami poziom. Jest to problem, który dotyczy obecnie ponad połowy domowych instalacji PV. W artykule kontynuujemy opis ciekawego rozwiązania, które pozwala magazynować nadmiar energii.



Płytka PCB

Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 8**. Została zaprojektowana jako dwustronna, z dzieloną masą pomiędzy obwodem dużych prądów oraz obwodem pomiarowo-kontrolnym. Punkt wspólny łączenia obu mas oznaczony jest czerwono strzałką na **rysunku 9**. Prototyp został zamówiony ze standardową grubością miedzi – tj. 35 µm. Wartości prądów, które mogą występować w urządzeniu, wymagają, aby ścieżki przewodzące wysokie prądy pocynować. Specjalnie do tego celu mają usuniętą soldermaskę (**fotografia 1**). Przewodność poprawia się na tyle, że nagrzewanie się ścieżek jest porównywalne ze stratami mocy tranzystorów. Warto rozważyć zamówienie PCB w wersji z miedzią o grubości 70 µm.

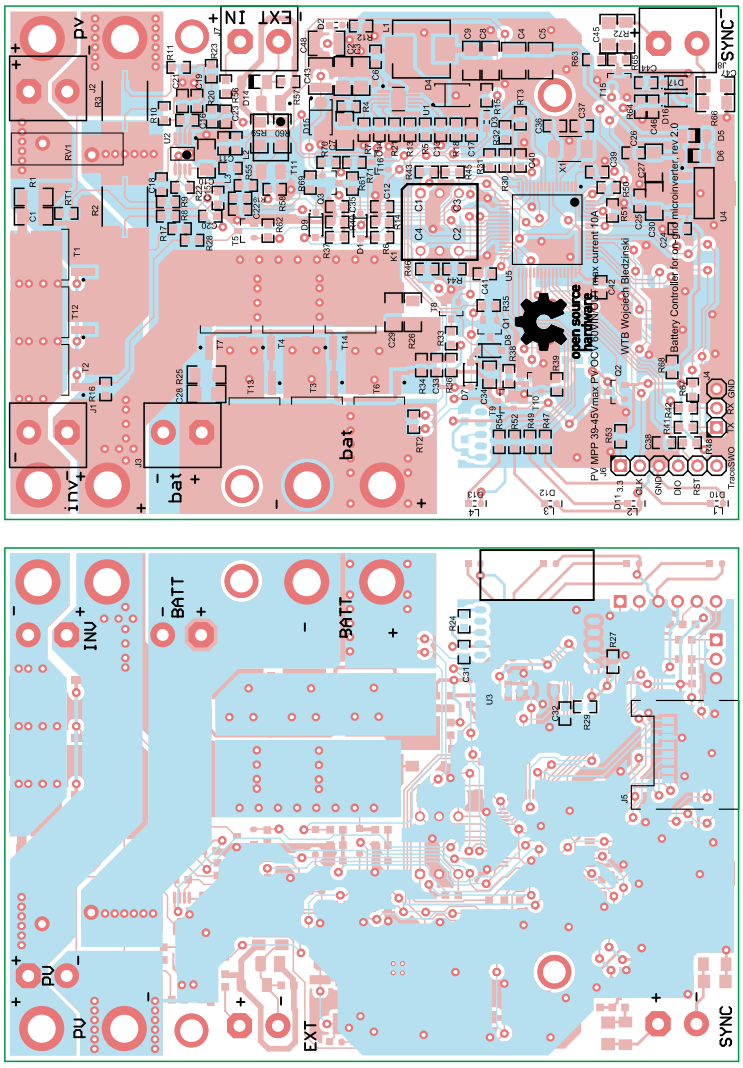
Oprogramowanie

Bazą oprogramowania jest system RTOS, w którym działa pojedynczy software timer do odliczania czasu i regularnego uruchamiania przetwornika ADC. Dane pomiarowe są odświeżane raz na sekundę. W głównej pętli programu, po uzyskaniu danych pomiarowych, uruchamiany jest algorytm podejmujący decyzje na podstawie uzyskanych danych pomiarowych (temperatura, prąd, napięcie) oraz zadanej konfiguracji kontrolera.

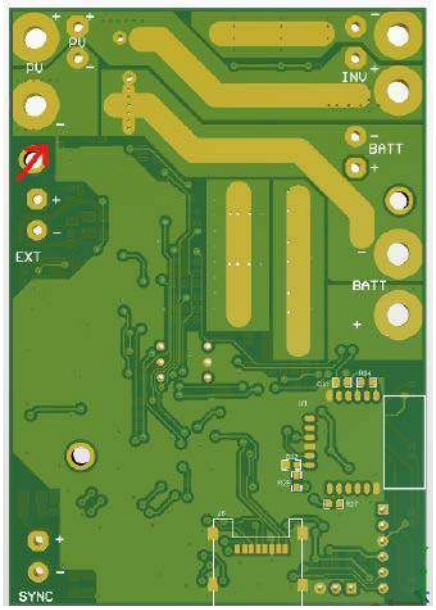
Do wyboru konfiguracji zastosowany jest przełącznik wielopozycyjny typu 16-pozycyjny zadajnik kodu. Pozycje od 0 do 6 oznaczają tryb pracy *energia PV do inwertera*, czyli priorytetem jest oddawanie energii z instalacji PV do sieci energetycznej. W przypadku przerw w pracy falownika energia jest magazynowana w baterii – tak długo, aż falownik nie wznowi pracy. W tym trybie, po nastaniu zmroku, wybór nastawy określa, jak długo od zmierzchu kontroler ma czekać z oddaniem energii z baterii do falownika (czyli po jakim czasie podłączyć baterie do falownika). Możliwe nastawy to przedział od 0 (czyli natychmiast) do 6 (czyli po 6 godzinach). Dla instalacji z kilkoma bankami energii warto ustawiać różne czasy, baterie będą wówczas rozładowywane po kolei co zwiększy możliwość autokonsumpcji zgromadzonej energii.

Pozycje 7...13 konfigurują kontroler do ładowania baterii w pierwszej kolejności i dopiero gdy bateria jest naładowana, podłączany jest falownik. Po zmroku energia z baterii będzie oddana do sieci po zadanym czasie: od 0 do 6

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 8. Schemat płytki PCB



Rysunek 9. Miejsce na płytce PCB, gdzie łączy się masa obwodu dużych prądów z obwodem pomiarowo-kontrolnym

godzin. Ostatnia nastawa oznacza magazynowanie energii w baterii w przerwach pracy falownika, ale bez oddawania zgromadzonej energii po zmroku.

Uproszczony algorytm pracy został pokazany na **rysunku 10**. Natomiast w rzeczywistości oprogramowanie do stabilnej pracy wymagało wbudowania szeregu dodatkowych zależności i zabezpieczeń. Przykładowo – do ograniczenia przełączania się pomiędzy trybami *naładowany 100%*/*można ładować* wbudowana została histereza, dla ogniw Li-Ion doświadczalna wartość to 2,0 V przy prądach do 12 A dla baterii 10 S. Innym przykładem jest problematyczny start falownika o świcie. Sporadycznie falownik potrafi się zawiesić. W oprogramowaniu wbudowałem mechanizm monitorujący, czy w ciągu ostatnich 30 minut falownik próbował się choć na chwile włączyć. Jeśli nie próbował, to na 10 sekund jest odłączane zasilanie falownika. Ten sposób testuję już kilka tygodni, sprawdza się bardzo dobrze. Procedura resetowania falownika jest komunikowana wyjściem/wejściem EXT_O do pozostałych egzemplarzy współpracujących z tym samym wielowejściowym mikroinwerterem.

Interfejs użytkownika – diody LED

Informację o stanie kontrolera prezentują trzy diody LED. Krótki opis w jaki sposób jest sygnalizowany stan urządzenia zawiera **tabela 1**.

Konsola UART

Po podłączeniu konwertera USB-UART można skomunikować się z kontrolerem za pomocą prostej konsoli poleceń. Konieczny jest konwerter USB-UART pracujący z napięciem 3,3 V, ustawienia terminalu to 115200 8-N-1.

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):

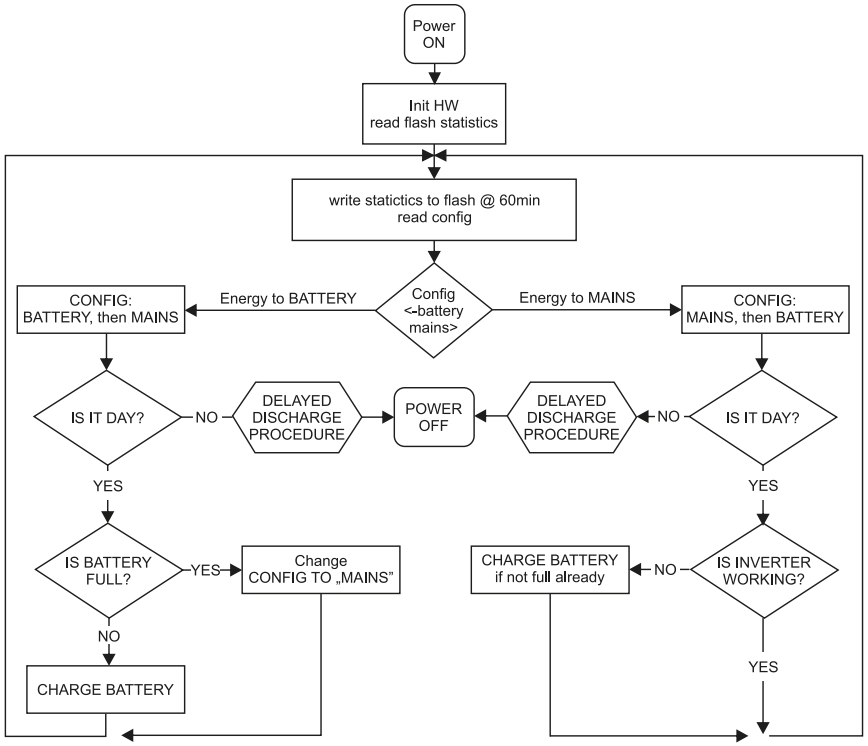
Rezystory:
R1, R50, R59, R60, R68: nie montować
R2 R3: 2 mΩ SMD2512
R4: 240 kΩ SMD0603
R5: 120 kΩ SMD0603
R6, R37: 470 kΩ SMD0603
R7, R12, R13, R24, R27, R29, R30, R31, R32, R33, R35, R39, R43, R44, R45, R46, R48, R51, R55, R56, R57, R58, R62, R63, R67: 10 kΩ SMD0603
R8, R9, R10, R11, R38, R47, R49, R52, R54, R65: 1 kΩ SMD0603
R14, R40: 16 kΩ SMD0603
R15: 510 Ω SMD0603
R16, R21, R70: 100 kΩ SMD0603
R17, R69: 47 kΩ SMD0603
R18: 20 kΩ SMD0603
R19, R20: 22 kΩ SMD0603
R22, R23: 49,9 kΩ SMD0603
R25, R26, R66, R72: 4,7 MΩ SMD1206
R28, R41, R42, R53, R71: 330 Ω SMD0603
R34, R64: 220 kΩ SMD0603
R36: 4,7 kΩ SMD0603
R61: 68 Ω SMD0603

Kondensatory:
C1, C28, C29: 1 µF/100 V ceramiczny SMD1206
C2, C3: 1 µF/100 V ceramiczny SMD1210
C4, C5: 4,7 µF/25 V ceramiczny SMD1210
C6, C11, C12, C22, C23, C26, C32, C35, C38, C39, C40, C41, C42, C44: 100 nF/50 V ceramiczny SMD0603
C7: 10 µF/25 V ceramiczny SMD1206
C8, C9, C10, C27, C30: 10 µF/16 V ceramiczny SMD1206
C13: 39 pF/100 V ceramiczny SMD0603
C14, C33, C46: 10 nF/100 V ceramiczny SMD0603
C15, C16, C18, C19, C20, C21: 1 nF/100 V SMD0603
C17: 47 nF/25 V ceramiczny SMD0603
C24, C25, C31: 1 µF/16 V ceramiczny SMD0603
C34: 100 nF/100 V ceramiczny SMD0805
C36, C37: 22 pF/50 V ceramiczny SMD0603
C43, C48: 2,2 µF/100 V ceramiczny SMD1210
C45, C47: 1 nF/2 kV ceramiczny SMD1206

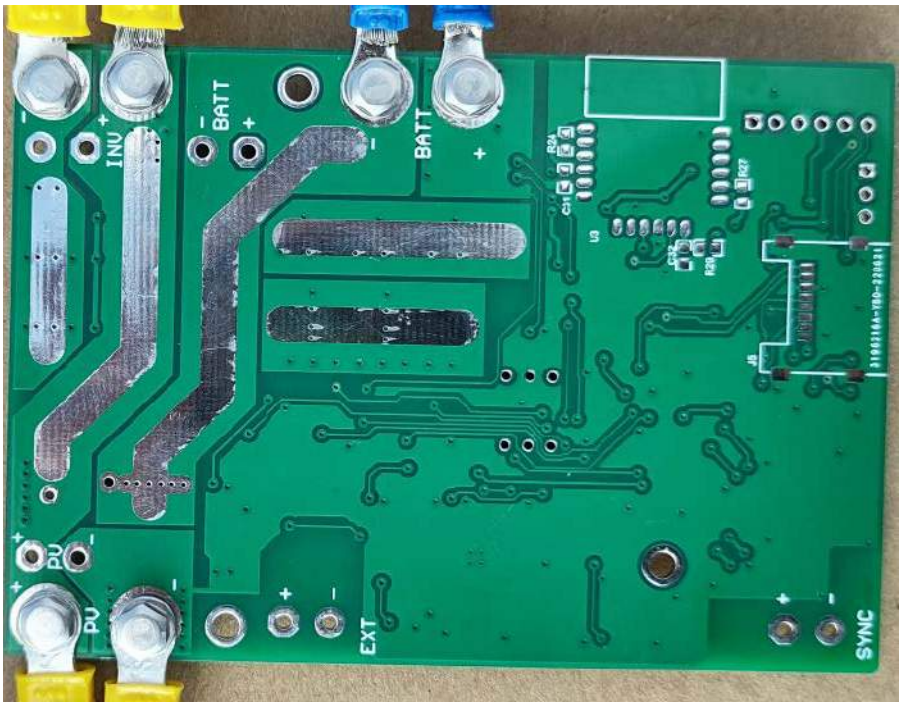
Półprzewodniki:
D1, D7, D8, D9, D16, D15, D17: dioda Schottky'ego BAT46GW (0,25 A, 100 V)
D3, D10, D11, D12, D13, D2: dioda LED zielona SMD0603
D4: dioda Schottky'ego szybka 1 A, 100 V, SMD
D5, D6: nie montować
D14: nie montować
T1, T2, T3, T4, T6, T7, T12, T13, T14: IPD034N06N
T5, T8, T9, T10, T15, T16: 2N7002
T11: transoptor HCPL817 SMD
Q1: BSS84P
Q2: DMG2301L
Q3: ZXMP10A13F
U1: TPS57160
U2: LMV772QMM
U3: moduł z ESP8266 – nie montować
U4: MCP1703-3302
U5: STM32L431RCT6 (LQFP64)

Pozostałe:
RV1: warystor 50 V
RT1, RT2, RT3: termistor NTC typu NTCS0603E36873
L1: dławik SMD 22 µH, 1 A
L2, L3: koralik ferrytowy SMD
X1: rezonator kwarcowy 8 MHz SMD 5×3,2
J1, J2, J3 – złącze wysokoprądowe lub śruba M3 + nakrętka samohamowna
J4: goldpin 1×3
J5: złącze kart microSD – nie montować
J6: goldpin 1×6
J7, J8: złącze ARK2/500
K1: Zadajnik kodu 16-pozycyjny

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 10. Uproszczony algorytm pracy oprogramowania



Fotografia 1. Usunięta soldermaska na ścieżkach PCB, które należy pocynować

Tabela 1. Sygnalizowane stany urządzenia

Numer diody LED	Sposób migania on/off	W ciągu dnia	W nocy
1	1 s/1 s	Inwerter nie pracuje, ładuje baterię energią z PV	
1	1 s/10 s	Inwerter pracuje z energii PV	
2	1 s/1 s		Inwerter pracuje z baterii
2	1 s/10 s		Inwerter nie pracuje, opóźnione włączenie
1, 2	1 s/1 s	Inwerter nie pracuje, bateria pełna, nie można ładować	
1, 2, 3	1 s/1 s	Przegrzanie elementów na płytce, urządzenie czeka, aż temperatura się obniży	

Raz na sekundę kontroler wysyła aktualne dane pomiarowe oraz stan najważniejszych zmiennych służących do podejmowania decyzji przez kontroler. W celu uzyskania informacji o statystyce pracy z danego dnia oraz archiwalnych zapisanych w pamięci flash należy skorzystać z funkcji *help* (wciskając klawisz H na klawiaturze). Wówczas pojawi się proste menu, gdzie poleceniami *help* (H), *configuration* (C), *Flash stored* (F), *Watt-hours* (W) odczytujemy poszczególne statystyki pracy. Polecenie *erase(*E) kasuje wszelkie dane zapisane w pamięci flash – statystyka pracy urządzenia będzie liczona od zera.

Dość istotna jest opcja kalibracji „zera" obu torów prądowych. Opis, jak poprawnie wyzerować oba kanały pomiaru prądu, znajduje się w dalszej części artykułu, w punkcie Uruchamianie.

Zapis i odczyt parametrów z pamięci flash

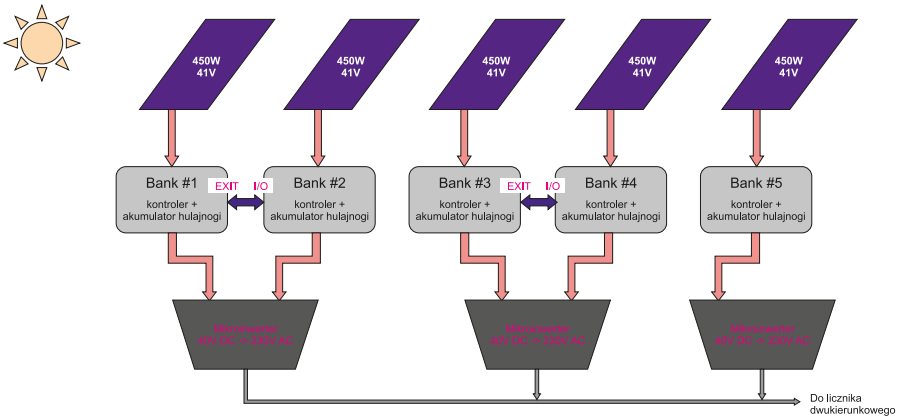
Z funkcji programowych szczególną uwagę chcę zwrócić na obsłudze pamięci flash. Mikroprocesor STM32L431 nie ma osobnej pamięci EEPROM. Do zapisu statystyki pracy oraz kalibracji użyłem wewnętrznej pamięci flash. Przed zapisem danych należy daną stronę pamięci wyczyścić (strona ma wielkość 2 kB). Zapis takich danych statystycznych, jak ładunek w mAh do/z baterii, wato-godzin do/z baterii i inwertera, odbywa się co godzinę. Ponieważ pamięć flash ma trwałość ograniczoną do ok. 10000 cykli kasuj-zapisz, zastosowałem „rozpraszacz" zużycia pamięci flash w formie bufora kołowego. Polega on na zarezerwowaniu w pamięci 54 stron. Co godzinę statystyka pracy jest zapisywana do kolejnej strony. Ponieważ umowny bufor jest wielkości 54 stron, umożliwia on zwiększenie trwałości pamięci do 61 lat ciągłej pracy (54×10000×1 h).

Z obsługą pamięci flash jest związany jeszcze pewien szczegół, który musiałem wypracować sam, nie znajdując nigdzie rozwiązania. Mianowicie w projekcie korzystam z kompilatora GCC dostarczanego wraz ze środowiskiem CubeIDE STM. GCC z jakiegoś powodu zbyt dobrze optymalizuje przy kompilacji obsługę pamięci flash, szczególnie funkcję odczytu danych z pamięci. Funkcja odczytu działa prawidłowo tylko i wyłącznie wtedy, gdy zostanie skompilowana bez optymalizacji. Jakakolwiek optymalizacja kodu, nawet najsłabsza, powoduje brak poprawnego funkcjonowania funkcji odczytu z pamięci flash. Ponieważ całkowite wyłączenie optymalizacji jest marnotrawstwem zasobów mikroprocesora, rozwiązaniem jest użycie dyrektywy

```
void __attribute__
((optimize("O0")))
RestoreCalValuesFromFLASH();
```

Taka dyrektywa wyłącza jakąkolwiek optymalizację w funkcji *RestoreCal-Values-*

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 11. Konfiguracja systemu PV, na którym testowano urządzenie

FromFLASH(), a cały pozostały kod jest kompilowany zgodnie z ustawionymi parametrami kompilacji całego projektu.

Domyślna konfiguracja kontrolera

Testując prototypy współpracujące z baterią Li-Ion, większość nastaw korygowałem doświadczalnie, obserwując zachowanie w różnych warunkach pracy. I tak:

- maksymalne napięcie ładowania baterii: 42,0 V;
- histereza ładowania: 2,0 V;
- na podstawie U_{MAX} i histerezy wynika maksymalne napięcie naładowanej baterii: 40,0 V;
- minimalne napięcie rozładowania: 33,0 V;
- histereza rozładowania: 1,8 V;
- prąd wejściowy graniczny detekcji dzień/noc: 0,3 A;
- minimalne napięcie OCV fotowoltaiki dla detekcji dzień/noc: 43 V.

Wszystkie nastawy czasów, prądów, napięć są konfigurowalne za pomocą #define w kodzie źródłowym tak, aby w stosunkowo prosty sposób można było dostosować kontroler do innych typów zastosowanych akumulatorów.

W oprogramowaniu wbudowałem całą gamę liczników czasu i energii, wbudowany jest też bufor kołowy zapisujący statystykę pracy kontrolera do pamięci flash. Umożliwia to elastyczną rozbudowę systemu od wersji minimalnej (pojedyncza bateria 8 Ah 36 V) do wersji optymalnej. Przykład poniżej.

Przykład systemu minimum

Zupełne minimum to pojedyncza bateria Li-Ion 10 S, koniecznie w stanie i konfiguracji umożliwiającej podanie prądu ładowania/rozładowania na poziomie zgodnym z tym,co jest w stanie generować panel słoneczny, zazwyczaj jest to 8...12 A. Taką baterię akumulatorów łączymy z kontrolerem w sieć DC inwertera i pozostawiamy na kilka dni do testów. Po kilku dniach pracy (liczą się przede wszystkim te słoneczne) odczytujemy statystykę przez złącze UART, korzystając z programu typu terminal. Jako odniesienie całej analizy służy zmienna *FlashPageCount* określająca adres/numer porządkowy zapisania najświeższej statystyki pracy kontrolera. Zapis statystyki jest dokonywany o każdej pełnej godzinie pracy, znając więc numer zapisu statystyki, znamy czas w godzinach, jakiego dana statystyka dotyczy. Znając statystykę, jestem w stanie określić, czy bateria jest optymalnie dobrana do naszego systemu – czy bateria nie jest za mała (duża wartość zmiennej *TimeNoBattery2Charge*), czy nie jest za duża (jeśli ani razu nie udało się jej naładować do pełna, zmienna *ChargeCycleCnt*), i czy przerwy w pracy falownika w ogóle występują (zmienna *TimeNoInverter*).

Przykład konfiguracji optimum

Teraz przytoczę konfigurację swojego systemu. Jest to 5 paneli, które podłączyłem do 5 banków energii (**rysunek 11**, **fotografia 2**). Każdy bank jest skonfigurowany na inny czas włączenia po zapadnięciu zmroku: pierwszy włącza się zaraz po zmroku, następny bank po godzinie i tak, aż do piątego banku, który włącza się po 4 godzinach od zapadnięcia zmroku. Taka konfiguracja maksymalizuje możliwość autokonsumpcji w godzinach nocnych.



Fotografia 2. Instalacja, w której działa prototyp urządzenia

Testy funkcjonalne

Testowany kontroler sprawuje się dobrze dla prądów ciągłych do 13 A, zarówno dla ładowania, jak i rozładowania. Szczególną uwagę należy zwrócić na dobór złączy, podróbki markowych złączy typu terminal block przy 12 A osiągają temperaturę 110°C. Przy markowych złączach lub okablowaniu bezpośrednio wlutowanym w PCB taki problem nie występuje. Polecam stosowanie końcówek oczkowych oraz śrubek M3 z nakrętkami samohamownymi (**fotografia 3**). Takie rozwiązanie minimalizuje rezystancje połączeń na drodze kabel-płytka PCB. Na **rysunku 12** znajduje się przykład termogramu przy prądzie rozładowania równym baterii 13 A, złącza kabel-płytka PCB to złącza oczkowe widoczne na zdjęciach układu.

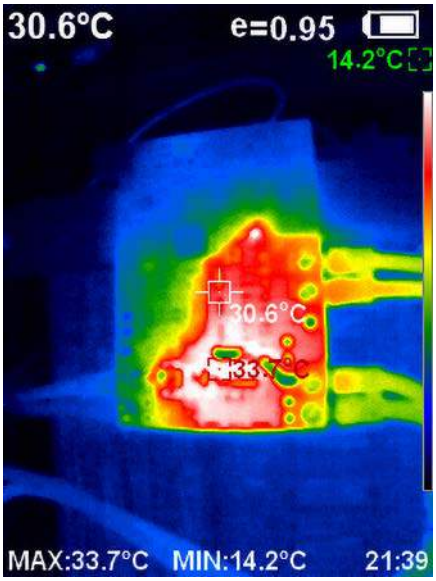
Uruchomienie

Do uruchomienia urządzenia wymagany jest programator ST-Link oraz konwerter USB-UART



Fotografia 3. Połączenia przewodów wykonane przy użyciu końcówek oczkowych oraz śrubek M3 z nakrętkami samohamownymi

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 12. Przykład termogramu przy prądzie rozładowania baterii równym 13 A

pracujący z napięciami 3,3 V. Jeśli ktoś czuje się na siłach, zapraszam do modyfikowania oprogramowania. Mnie czyszczenie oprogramowania z błędów zajęło 4 miesiące testów, a wzajemne zależności pomiędzy różnymi funkcjami są na tyle rozbudowane, że nie zalecam wprowadzania zmian, jeśli ktoś nie ma czasu na testy. Dla łaknących szybkiego efektu udostępniam repozytorium, które zawiera skompilowane pliki hex – wystarczy zaprogramować mikrokontroler programatorem.

Weryfikacja poprawności działania to sprawdzenie multimetrem napięcia zasilania z przetwornicy (10 V), napięcia zasilania mikroprocesora (3,3 V), pomiar prądu pobieranego przez sam kontroler (ok. 1 mA przy zasilaniu z 35 V). Kolejne testy to weryfikacja poprawności pomiaru napięć i prądów – tu wystarczy zwykły odczyt parametrów z konsoli urządzenia poprzez program typu terminal. Niezbędny jest też zasilacz z zakresem napięć powyżej 30 V, a najlepiej 45 V, gdyż wówczas możemy przetestować wszystkie pozostałe funkcje kontrolera.

Ważną czynnością uruchomieniową jest kalibracja zera w obu kanałach pomiaru prądu. Jest to bardzo istotne, gdyż na podstawie pomiaru prądu dostarczanego przez panel fotowoltaiczny kontroler rozróżnia dzień oraz noc. Prawidłowe zerowanie polega na uruchomieniu urządzenia z odłączonym inwerterem oraz odłączoną baterią. Następnie z konsoli wywołujemy menu, wciskając H. Menu związane z kalibracją wygląda tak:

0 – calibrate 'zero' current level for Inverter
1 – calibrate 'zero' current level for PV
P – show calibration values
O – read calibration values from Flash
K – clear calibration values (not saved)
L – save calibration values

Przy pierwszym uruchomieniu wciskamy 0 (zero) do kalibracji kanału pomiaru prądu inwertera, a następnie 1 do kalibracji kanału PV. Po wyzerowaniu obu kanałów należy zapisać wartości kalibracyjne, wciskając L. Przy każdym uruchomieniu kontroler będzie automatycznie odczytywał zapisane w pamięci dane kalibracyjne i korygował zmierzone wartości.

Pozostałe funkcje, jak P, O, K, umożliwiają weryfikację poprawności kalibracji na pracującym już urządzeniu. Zauważyłem, że po kilku tygodniach pracy napięcie niezrównoważenia wzmacniacza pomiarowego nieco odpływa. Funkcjami dostępnymi w menu można zweryfikować poprawność kalibracji.

Uzyskane wyniki pracy kontrolera

Dla parametrów przyłącza: linia napowietrzna ok. 900 metrów, prąd zwarciowy jednofazowy przy liczniku ok. 205 A. Czas uzyskania statystyki to 1...12 września 2022, wyniki były następujące:

- energia wyprodukowana w ciągu dnia: 84 kWh (instalacja 2,2 kWp);
- przerwy w pracy falowników: sumarycznie 133 godziny (z tego było planowane ok. 6 godzin serwisu sieci energetycznej);
- energia wpompowana w baterie akumulatorów w czasie przerw pracy falowników: 28 kWh
- z rozładowywania naładowanych akumulatorów odzyskałem 26 kWh.

W praktyce więc zastosowanie banku energii monitorującego pracę inwerterów pozwala odzyskać dodatkowo ok. 30% energii wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną. Oczywiście jest to aktualne tylko wtedy, gdy odbiorca energii elektrycznej jest usytuowany daleko od transformatora NN.

Możliwości rozwoju projektu

Zaprojektowany kontroler umożliwia sterowanie przepływem energii z panelu PV do inwertera lub baterii, lub z baterii do inwertera, w zależności od pomysłu, jak i kiedy chcemy to robić. Sprzętowe ograniczenie sprowadza się do limitu napięcia i prądu w systemie: napięcie musi być w zakresie 33...45 VDC, a prąd do 12 A. Tylko krótko wspomnę, że zaledwie po trzech tygodniach testów pierwszych egzemplarzy pojawił się u mnie serwisant z zakładu energetycznego, aby skontrolować poprawność podłączenia licznika energii. „Wie pan, instalacje fotowoltaiczne nie oddają prądu w nocy". Zalecenie, jakie otrzymałem, to „pan zgłosi to jako bank energii, bo mnie tu znowu na kontrolę wyślą".

Obecna wersja oprogramowania umożliwia kontrolę ładowania w ciągu dnia oraz oddawanie energii po zmierzchu po upływie ustalonego czasu. Jest to wystarczające rozwiązanie dla prosumentów z umową na starych zasadach. W planach jest rozbudowa oprogramowania o pomiar długości dnia, gdyż mając taką informację, jestem w stanie określić porę roku i przewidzieć maksimum słoneczne w środku dnia. Wówczas mając kilka banków energii, część systemu mogę skonfigurować na ładowanie w środku dnia (niezależnie od pracy falownika) i oddawanie energii po zmroku. Takie rozwiązanie będzie szczególnie korzystne dla prosumentów rozliczających się z ZE na warunkach net-billing. W ekstremalnych przypadkach, jeśli prąd podrożeje jeszcze bardziej, taki system będzie bardzo korzystny. Takie rozwiązania są typowe na Zachodzie, wspomagają równoważenie obciążenia sieci energetycznej.

Innym pomysłem jest rozbudowa oprogramowania o możliwość sterowania pracą inwerterów: od roku 2024 mają wejść kary za oddawanie energii odnawialnej podczas niekorzystnej pory dnia (dotyczy tylko net-billingu). Jest to związane ze zmiennymi stawkami hurtowymi cen energii, obowiązkowo trzeba będzie instalować DTU, które zdalnie będzie wyłączać inwertery, gdy ceny energii będą nadmiernie spadać w konkretnych godzinach dnia. Bank energii mógłby wówczas magazynować energię na godziny wieczorne i nocne, zamiast marnowania się godzin słonecznych.

Zamiast kosztownego DTU można zastosować Raspberry PI podłączone do sieci i śledzące stawki hurtowe energii elektrycznej (rynek dnia następnego) i sterujące pracą niniejszego kontrolera. Jako ciekawostkę tylko wspomnę, że w planach jest również budowa analogicznego rozwiązania dla inwerterów stringowych – bateria będzie wówczas mieć napięcie znamionowe 350 V.

Podsumowanie

Kontroler jest relatywnie prostym urządzeniem, a kosztowną częścią projektu są akumulatory. Każdy potencjalny zainteresowany sam musi policzyć, ile kosztuje pojedynczy akumulator, a ile oszczędności może dać zastosowanie takiego systemu. Jeden akumulator litowo-jonowy w konfiguracji 10S3P poskładany z ogniw cylindrycznych to pojemność ok. 8 Ah, co daje ok. 290 Wh. Łącząc 3 takie pakiety równolegle, uzyskujemy pojemność znamionową prawie 1 kWh. W dni słoneczne odzyskamy wówczas do 900 Wh dziennie na jeden panel PV. Przy ograniczonym DoD taki akumulator powinien wytrzymać minimum 5 lat, tyle też jest konieczne, aby zastosowany system się zwrócił, licząc dzisiejsze ceny energii. Najwięcej zyskają ci, którzy budują akumulatory samemu z odzyskanych ogniw, taki system zwróci się dużo szybciej. Osobiście mam nadzieję, że wkrótce zwiększy się dostępność akumulatorów pochodzących z używanych samochodów elektrycznych, przyspieszy to rozwój przydomowych banków energii.

Wojciech Błędziński
wojtekb@mailplus.pl

Odnośniki

- Grid tie micro inverter powered by battery, https://bit.ly/3R5TgPd
- https://bit.ly/3KbPmSC
- https://bit.ly/3QZeUVL

eprasa.pl a982d0ace0

Podstawowe parametry:

- umożliwia pomiar prądu w zakresie 0...5 A,
- może być przeskalowany na napięcie wyjściowe 0...2,5 V lub 0...3 V,
- dokładność przetwarzania w zakresie 50 Hz...1 kHz jest lepsza od 2%.

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

AVT5766	Ampera – miniaturowy miernik prądu stałego (EP 5/2020)
Projekt 232	Miliamperomierz TRMS (EP 9/2017)
AVT5399	Dwukanałowy multimetr panelowy (EP 6/2013)
AVT5386	Podwójny woltomierz i amperomierz (EP 3/2013)
AVT5333	Multimetr panelowy (EP 3/2012)
AVT2857	Moduł woltomierza/amperomierza (EdW 3/2008)

* 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

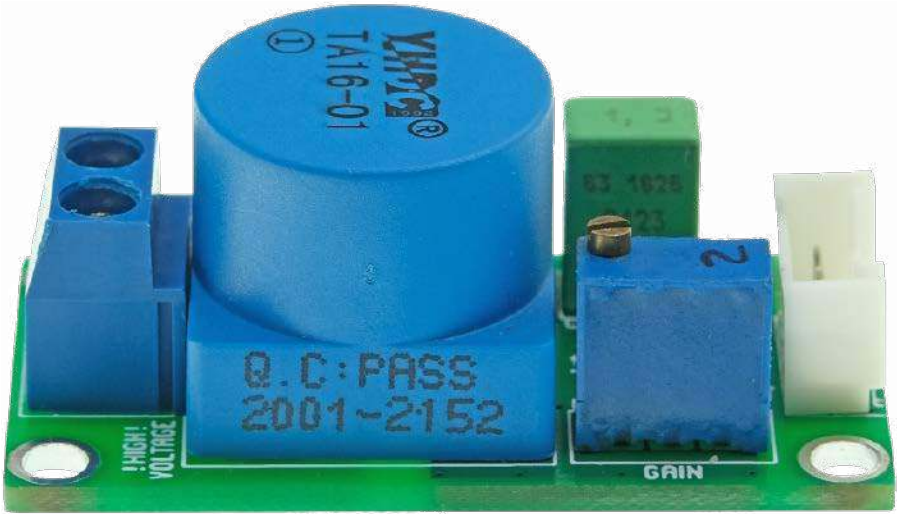
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Przetwornik prądu przemiennego na DC True RMS

Każda z metod pomiaru prądu ma swoje wady i zalety, najtaniej jest mierzyć spadek napięcia na rezystorze pomiarowym, lecz wymaga to ingerencji w obwód pobierający prąd i nie zapewnia izolacji galwanicznej. Zaprezentowany niewielki moduł przetwornika prądu przemiennego bazuje na przekładniku prądowym. Będzie przydatny np. w domowej automatyce do pomiaru wartości True RMS, prądu pobieranego przez urządzenia.

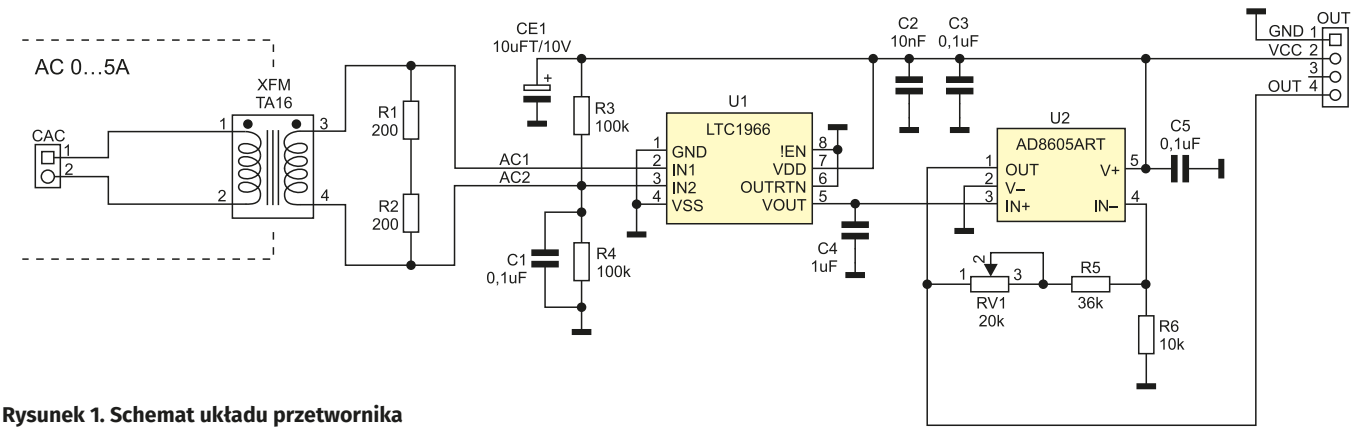


Innym rozwiązaniem na pomiar prądu jest zastosowanie nowoczesnych czujników typu ACSxx, które niestety są czułe na obce pola magnetyczne, chociaż w tym przypadku mamy przynajmniej podstawową izolację od obwodu mierzonego. Najłatwiej przy zachowaniu rozsądnych kosztów mierzyć prąd przemienny przekładnikiem prądowym, także wpinanym w obwód pomiarowy, ale zapewniającym jego separację galwaniczną. W zaprezentowanym module do pomiaru prądu zastosowano przekładnik TA16-01A firmy YDHC, wykonany w formie zalewanego transformatora, który umożliwia pomiar prądu w zakresie 0...5 A.

Budowa i działanie

Schemat układu został pokazany na **rysunku 1**. Sygnał wyjściowy 0...5 mA z przekładnika wywołuje spadek napięcia na rezystorach obciążenia R1 i R2, który jest doprowadzony do konwertera AC/TRMS. Układ typu LTC1966 to sprzętowy konwerter AC/TrueRMS. Dzielnik R3, R4 zapewnia polaryzację wejść U1, niezbędną do prawidłowej pracy przy zasilaniu niesymetrycznym. Kondensator C4 pełni funkcję filtra uśredniającego, wymagana jest więc od niego stałość parametrów i niski upływ. Ze względu na wartość pojemności konieczne jest zastosowanie kondensatora foliowego. Pozostałe kondensatory odsprzęgają zasilanie.

Po konwersji wyjściowe napięcie stałe z U1 podawane jest na wzmacniacz-bufor U2 bazujący na niskomocowym wzmacniaczu operacyjnym AD8605. U2 separuje wyjście LTC1966 o względnie wysokiej impedancji (ok. 85 kΩ) od wejść ADC, zapewniając minimalny błąd przetwarzania. Dodatkowo sygnał jest wzmocniony 4,6...6,6 razy, a dokładną wartość podczas skalowania układu można ustawić potencjometrem RV1. Sygnał wyjściowy oraz zasilanie 3,3...5 V/20 mA doprowadzone są do złącza OUT zgodnego ze standardem Grove. Zakres pomiaru prądu 0...5 A może być przeskalowany potencjometrem RV1 na napięcie 0...2,5 V (wzmocnienie ×5) lub 0...3 V (wzmocnienie ×6), zapewniając dokładność przetwarzania i niewielki margines zasilania.



Rysunek 1. Schemat układu przetwornika

eprasa.pl a982d0ace0

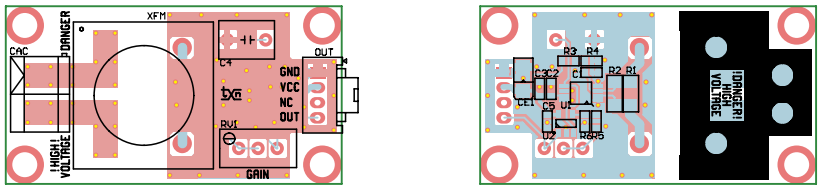
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Półprzewodniki:
U1: LTC1966 (MSOP8)
U2: AD8605ART (SOT-23-5)

Rezystory:
R1, R2: 200 Ω 1%, 0,5 W (SMD1206)
R3, R4: 100 kΩ 1% (SMD0603)
R5: 36 kΩ 1% (SMD0603)
R6: 10 kΩ 1% (SMD0603)

Kondensatory:
C1, C3, C5: 0,1 µF ceramiczny 50 V (SMD0603)
CE1: 10 µFT/10 V tantalowy (SMD3216)
C2: 10 nF ceramiczny 50 V (SMD0603)
C4: 1 µF ceramiczny 10 V (C7.2X5.0P5.0)

Pozostałe:
CAC: złącze DG126-5.0-2
OUT: złącze Grove proste (110990030)
RV1: potencjometr wieloobrotowy 20 kΩ (VR-64W)
XFM: przekładnik prądowy YDHC 5 A/5 mA



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Montaż i uruchomienie

Układ wykonany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż układu nie wymaga opisu. Po poprawnym montażu przetwornik wymaga kalibracji. W tym celu należy go zasilić z zasilacza 3,3...5 V/20 mA, do wyjścia podłączyć woltomierz prądu stałego. W obwód prądu przemiennego włączyć amperomierz lub założyć miernik cęgowy TrueRMS na przewód, w którym będziemy mierzyć prąd oraz wpiąć przetwornik szeregowo z obciążeniem.

Po włączeniu zasilania do obwodu mierzonego, należy za pomocą RV1 ustawić jednakowe wskazania przyrządów, uwzględniając współczynnik przetwarzania. Warto skalowanie przeprowadzić przy maksymalnej wartości prądu przekładnika 5 A i sprawdzić dokładność przetwarzania w kilku punktach. Dla modelu z przekładnikiem TA16-01 dokładność przetwarzania w zakresie 50 Hz...1 kHz jest lepsza od 2%.

Uwaga: pracując pod napięciem sieciowym, należy zachować szczególną ostrożność i przestrzegać zasad BHP.

Adam Tatuś,EP

W ofercie AVT*
AVT5951

Podstawowe parametry:

- wbudowany czujnik Halla do detekcji obecności pola magnetycznego,
- sygnalizacja światłem diody LED i dźwiękiem buzzera piezo,
- brak poboru prądu, gdy urządzenie nie jest używane,
- zasilanie napięciem 6 V z dwóch baterii CR2032.

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

AVT5947	Miniaturowy detektor przepływu prądu stałego (EP 8/2022)
----	Magnetometr GaussMeter (EP 4/2020)
----	Prosty detektor przepływu prądu (EP 4/2022)
AVT5688	Precyzyjny detektor przejścia napięcia przez zero (EP 7/2019)
AVT5548	Licznik czasu pracy wyzwalany za pomocą przepływu prądu (EP 9/2016)
AVT1429	Miniaturowy wykrywacz przewodów sieciowych

* 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

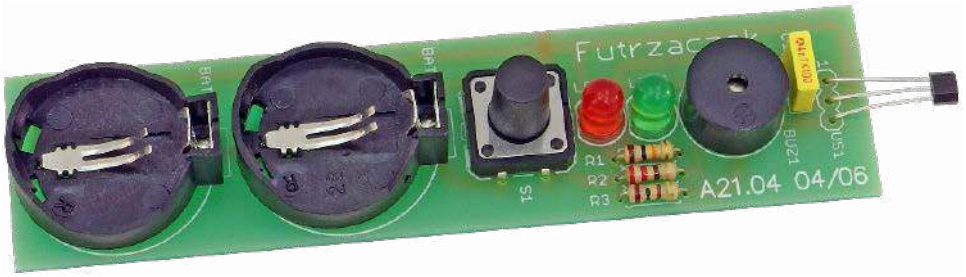
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

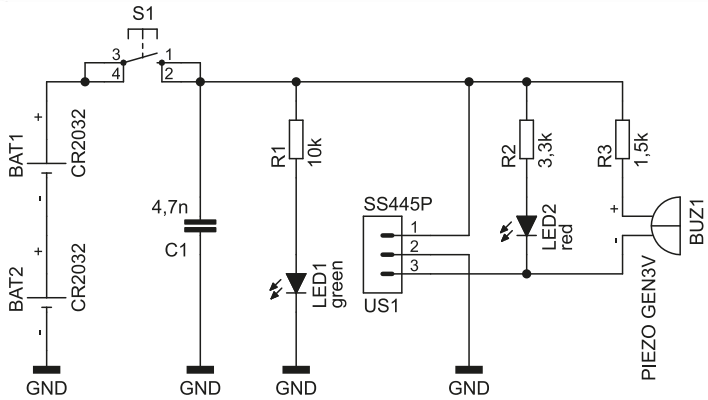
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

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

Szukacz włączonego przekaźnika

Przekaźniki elektromagnetyczne są mało wdzięcznymi elementami, jeżeli chodzi o ich diagnostykę. Zazwyczaj występują w dużych skupiskach i trzeba niemałego wysiłku, aby znaleźć ten, który aktualnie jest załączony i nie przewodzi prądu, chociaż powinien. Zaprezentowany układ pomoże wyśledzić taki element wśród wielu innych, identycznie wyglądających.





Rysunek 1. Schemat ideowy szukacza włączonego przekaźnika

Nakreślę bardzo prosty przykład: samochodowa instalacja zawierająca mnóstwo przekaźników. Nie działają, na przykład, światła mijania, więc któryś z nich jest winowajcą. Ale nie ma żadnego schematu, opis jest bardzo lakoniczny lub w ogóle go nie ma, a wyciąganie wszystkich po kolei i testowanie mija się z celem. Zwłaszcza że wyeksploatowany przekaźnik potrafi prawidłowo przewodzić prąd o niewielkim natężeniu, jakie daje tester ciągłości w multimetrze, lecz kilkanaście amperów dla kompletu żarówek halogenowych przerasta jego możliwości.

Co wtedy można zrobić? Użyć opisanego niżej układu i znaleźć przekaźnik, który załącza się po włączeniu świateł mijania odpowiednim przełącznikiem. Ten, który reaguje na włączanie, jest potencjalnie uszkodzony. W ten sposób można znacznie przyspieszyć diagnostykę.

eprasa.pl a982d0ace0

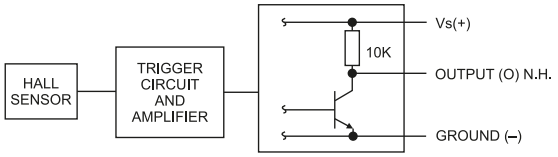
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Kondensatory:
C1: 4,7 nF raster 5 mm MKT

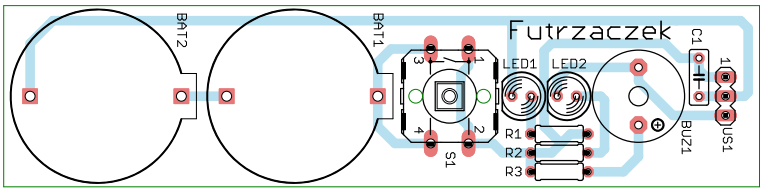
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1: 10 kΩ
R2: 3,3 kΩ
R3: 1,5 kΩ

Półprzewodniki:
LED1: zielona 5 mm
LED2: czerwona 5 mm
US1: SS445P

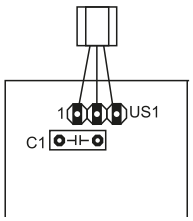
Pozostałe:
BAT1, BAT2: koszyk CR2032 THT leżący + bateria
BUZ1: PIEZO GEN3V
S1: microswitch 12×12 np. MIKROSW TS



Rysunek 2. Schemat blokowy układu SS445P



Rysunek 3. Schemat płytki PCB



Rysunek 4. Sposób montażu czujnika

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Jest niezwykle prosty, ponieważ cała logika odpowiedzialna za sterowanie znalazła się w niewielkiej obudowie czujnika typu SS445P. Zawiera on sensor wykorzystujący zjawisko Halla, układy wzmacniające i przełączające oraz wykonawczy tranzystor wyjściowy – **rysunek 2**. Dwustanowe wyjście tego układu potrafi przewodzić prąd, jak stwierdza nota katalogowa, o natężeniu nie większym niż 4 mA, zaś uszkodzenie tego elementu może nastąpić przy prądzie przekraczającym 8 mA.

Zbliżenie czujnika do cewki włączonego przekaźnika powoduje jego aktywację, która przejawia się wprowadzeniem tranzystora wyjściowego w stan nasycenia. Wtedy też zostaje załączona dioda LED2 i zaczyna piszczeć sygnalizator BUZ1. Rezystor R3, który ogranicza natężenie prądu płynącego przez ten ostatni element, ma znaczną rezystancję, lecz pamiętajmy, że ten układ ma nam jedynie wskazać załączony przekaźnik, a nie głośno ostrzegać przed jakimś niebezpieczeństwem. Cicho brzmiący piszczyk nie będzie męczył słuchu.

Układ jest zasilany z dwóch połączonych szeregowo baterii typu CR2032. Napięcie zasilające jest dołączane za pośrednictwem monostabilnego przycisku S1, co sygnalizuje załączenie diody LED1. W ten sposób układ pobiera prąd z baterii tylko wtedy, kiedy jest używany – trzymając go w dłoni, trzymamy wciśnięty przycisk i „obwąchujemy" wystającym z płytki czujnikiem US1 wszystkie podejrzane przekaźniki.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 24×100 mm, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Nie zostały przewidziane otwory montażowe, ponieważ płytka będzie trzymana w dłoni.

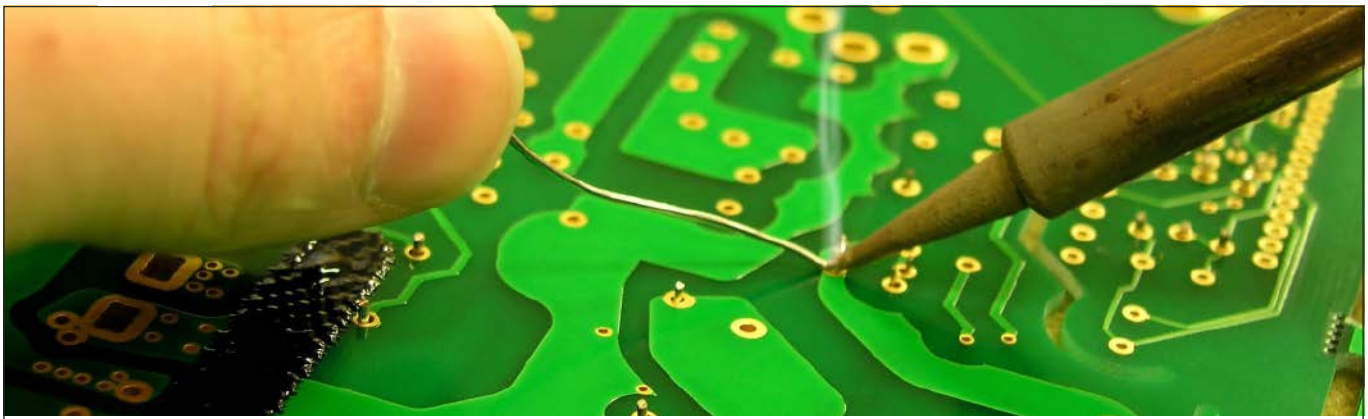
Montaż układu jest bardzo prosty i może się go podjąć nawet mało doświadczony użytkownik lutownicy. Proponuję zacząć od rezystorów, gdyż ich wysokość jest najmniejsza. Komentarza wymaga wlutowanie w płytkę czujnika US1 – jego obudowa powinna być ułożona ukośnie ściętymi krawędziami do góry, a nóżki zagięte pod kątem 90° tak, aby wystawał poza obrys płytki. Obrazuje to **rysunek 4**.

Zmontowany układ wygląda jak na fotografii tytułowej. Jest gotowy do działania pod warunkiem poprawnego montażu, nie wymaga jakichkolwiek czynności uruchomieniowych. Do zasilania wystarczą dwie baterie typu CR2032, które trzeba włożyć w odpowiednie gniazda. Pobór prądu wynosi do kilkunastu miliamperów (zależnie od tego, czy układ wykrył przekaźnik) i zanika do zera po zwolnieniu przycisku S1.

Uwaga eksploatacyjna: układ wykrywa pole magnetyczne, które indukuje się wokół cewki włączonego przekaźnika. Jednak jest ono dosyć słabe, ponieważ większość wytworzonej indukcji magnetycznej skupia się w rdzeniu. Czułość sensora typu SS445P wynosi od 5,5 mT do 28 mT, typowo 18 mT. Z tego powodu szukanie małych przekaźników sygnałowych może zakończyć się niepowodzeniem. Układ prototypowy radził sobie z takimi przekaźnikami jak HF115F po dotknięciu do ich obudowy w określonym miejscu, lecz to przekaźniki samochodowe były najłatwiejsze do wykrycia.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA



KITy AVT @KITyAVT • Elektronika • http://bit.ly/2BjVMN7

eprasa.pl a982d0ace0

Podstawowe parametry:

- zakres napięcia wejściowego 0...300 VAC,
- sygnał wyjściowy zmienia się w przedziale 0...3,00 VDC,
- dokładność przetwarzania w zakresie 50 Hz...1 kHz jest lepsza od 2%.

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

AVT5933	Miernik napięcia dodatniego i ujemnego (EP 5/2022)
AVT – 5844	Energooszczędny woltomierz (EP 3/2021)
AVT5828	Volta – miniaturowy woltomierz (EP 11/2020)
Projekt 233	3-fazowy woltomierz TRMS (EP 10/2017)
AVT5399	Dwukanałowy multimetr panelowy (EP 6/2013)
AVT5386	Podwójny woltomierz i amperomierz (EP 3/2013)
AVT5339	Woltomierz cyfrowy (EP 4/2012)
AVT5333	Multimetr panelowy (EP 3/2012)
AVT5300	VMOD – Uniwersalny miernik napięcia (EP 7/2011)
AVT5233	3-kanałowy woltomierz (EP 5/2010)
AVT5182	Wielokanałowy rejestrator napięć (EP 4/2009)
AVT2857	Moduł woltomierza/amperomierza (EdW 3/2008)
AVT5086	Programowany 4-kanałowy komparator/woltomierz (EP 11/2002)
AVT2270	Moduł miliwoltomierza (EdW 3/1998)
AVT2126	Moduł woltomierza na LCD (EdW 3/1997)
AVT2004	Woltomierz do modułowego zestawu pomiarowego (EdW 1/1996)
AVT266	Woltomierz 4,5 cyfry (EP 9/1995)

* 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

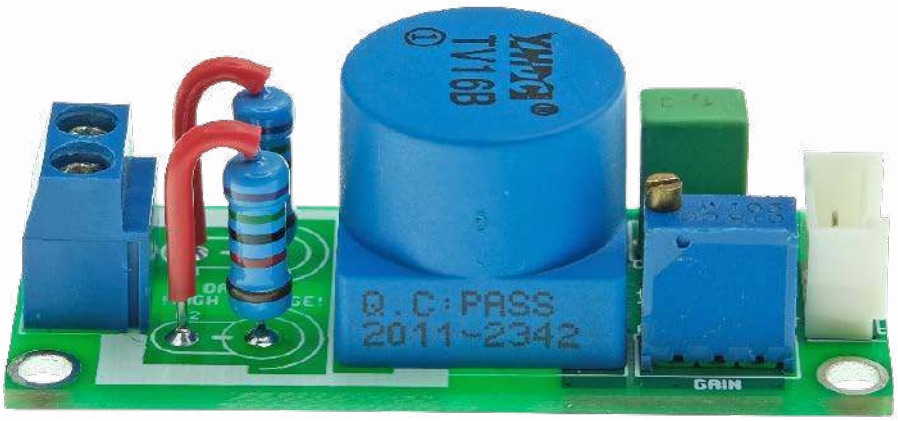
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Przetwornik napięcia przemiennego na DC True RMS

Niewielki moduł zaprezentowany w artykule to przetwornik napięcia przemiennego do 300 V bazujący na miniaturowym przekładniku napięciowym. Układ będzie przydatny np. w domowej automatyce do pomiaru wartości True RMS, napięcia zasilającego urządzenia.

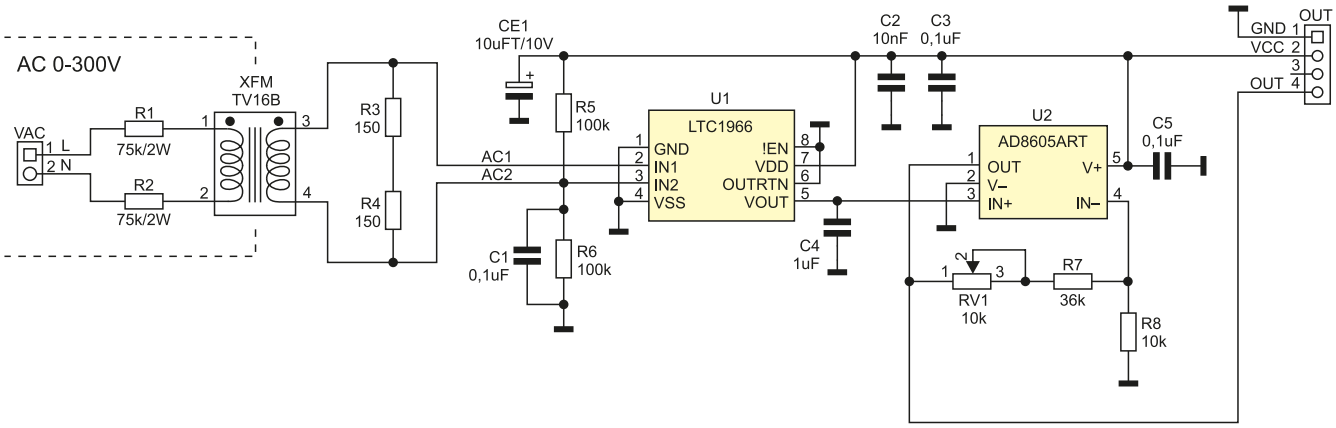


Do pomiaru napięcia zastosowano przekładnik TV16B firmy YDHC wykonany w formie zalewanego transformatora, który przy odpowiednim doborze elementów umożliwia pomiar napięcia w zakresie 0...300 V.

Budowa i działanie

Schemat układu został pokazany na **rysunku 1**. Transformator ma stałą przekładnię, a wartością wejściową i wyjściową jest prąd. Rezystory R1 i R2 ustalają zakres maksymalnego prądu przekładnika, który nie może przekroczyć 2 mA przy maksymalnym napięciu wejściowym. Prąd wyjściowy przekładnika (2 mA) wywołuje spadek napięcia na rezystorach obciążenia R3 i R4, który jest doprowadzony do konwertera AC/TRMS.

Układ scalony typu LTC1966 to sprzętowy konwerter AC/TrueRMS. Dzielnik R5, R6 zapewnia polaryzację wejść U1, niezbędną do prawidłowej pracy przy zasilaniu niesymetrycznym. Kondensator C4 pełni funkcję filtru uśredniającego, wymagana jest więc od niego stałość parametrów i niski upływ. Ze względu na wartość pojemności konieczne jest zastosowanie



Rysunek 1. Schemat układu przetwornika

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):

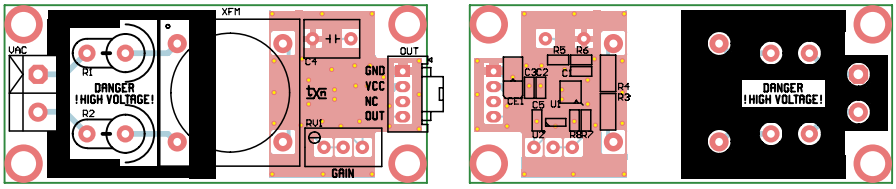
Półprzewodniki:
U1: LTC1966 (MSOP8)
U2: AD8605ART (SOT-23-5)

Rezystory:
R1, R2: 75 kΩ/2 W (RP0.2) metalizowany 2 W, 1%
R3, R4: 150 Ω 1%, 0,5 W (SMD1206)
R5, R6: 100 kΩ 1% (SMD0603)
R7: 36 kΩ 1% (SMD0603)
R8: 10 kΩ 1% (SMD0603)

Kondensatory:
C1, C3, C5: 0,1 µF ceramiczny 50 V (SMD0603)
CE1: 10 µFT/10 V tantalowy (SMD3216)
C2: 10 nF ceramiczny 50 V (SMD0603)
C4: 1 µF foliowy 63 V (C7.2X5.0P5.0)

Pozostałe:
OUT: złącze Grove proste (110990030)
RV1: potencjometr wieloobrotowy 10k (VR-64W)
VAC: złącze DG126-5.0-2
XFM: przekładnik napięciowy TV16B

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

kondensatora foliowego. Pozostałe kondensatory odsprzęgają zasilanie.

Po konwersji wyjściowe napięcie stałe z U1 podawane jest na wzmacniacz-bufor U2 na niskomocowym wzmacniaczu operacyjnym AD8605. U2 separuje wyjście LTC1966 o względnie wysokiej impedancji (ok. 85 kΩ) od wejść ADC, zapewniając minimalny błąd przetwarzania. Dodatkowo sygnał jest wzmocniony 4,6...5,6 razy, a dokładną wartość podczas skalowania układu można ustawić potencjometrem RV1. Sygnał wyjściowy oraz zasilanie 3,3...5 V/20 mA doprowadzone są do złącza OUT zgodnego ze standardem Grove. Zakres pomiaru napięcia 0...300 V jest przeskalowany na napięcie wyjściowe 0...3,00 V, zapewniając dokładność przetwarzania i niewielki margines zasilania.

Montaż i uruchomienie

Układ wykonany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż układu nie wymaga opisu, zmontowany moduł jest widoczny na fotografii tytułowej. Po poprawnym montażu przetwornik wymaga kalibracji. W tym celu należy go zasilić z zasilacza 3,3...5 V, a do wyjścia podłączyć woltomierz prądu stałego. Do gniazda VAC należy doprowadzić napięcie przemienne np. z autotransformatora oraz podłączyć równolegle woltomierz AC TRMS. Po włączeniu zasilania do obwodu mierzonego należy za pomocą RV1 ustawić jednakowe wskazania przyrządów, uwzględniając współczynnik przetwarzania. Warto skalowanie przeprowadzić przy maksymalnej wartości napięcia 300 V, ustawiając na wyjściu układu 3,00 V oraz sprawdzić dokładność przetwarzania w kilku punktach. Dla modelu z przekładnikiem TV16B dokładność przetwarzania w zakresie 50 Hz...1 kHz jest lepsza od 2%.

Uwaga: pracując pod napięciem sieciowym, należy zachować szczególną ostrożność i przestrzegać zasad BHP.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- przekazuje nadmiarowy ładunek z ogniwa o wyższym napięciu do ogniwa o napięciu niższym
- przeznaczony do pakietu 2S,
- balasowanie jest uruchamiane, gdy napięcia ogniw różnią się o więcej niż 100 mV,
- maksymalna wartość prądu balansowania w modelu to ok. 1500 mA,
- układ jest uniwersalny i nadaje się do ogniw LiFEPo4 i Li-Ion, o ile napięcie pakietu nie przekracza 10 V.

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

AVT5714 Moduł superkondensatora z balanserem (EP 9/2019)
AVT5649 Balanser do superkondensatorów EDLC (EP 10/2018)

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

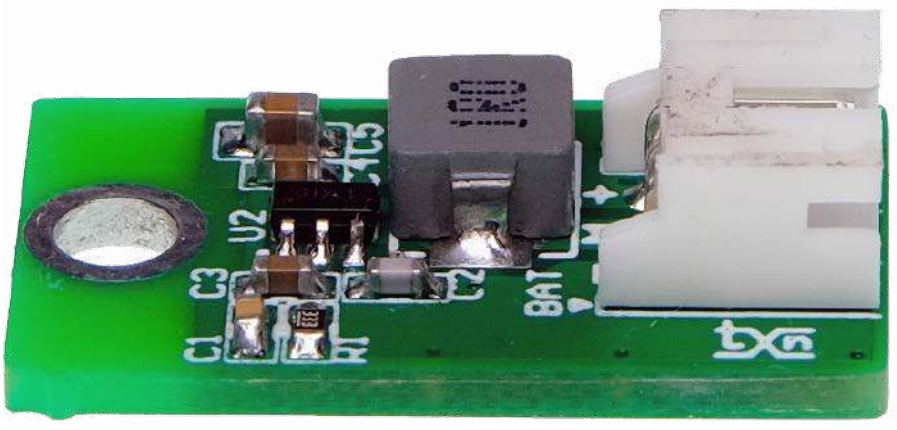
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Uniwersalny balanser aktywny

Niewielki moduł balansera 2S będzie przydatny przy budowie pakietów akumulatorów do przenośnych urządzeń DIY. W przeciwieństwie do rozwiązań pasywnych, nadmiarowy ładunek z ogniwa o wyższym napięciu nie jest tracony w postaci ciepła, tylko jest przekazywany do ogniwa o napięciu niższym.



Przy budowie amatorskich pakietów akumulatorowych spotykamy się z problemem trudności doboru identycznych cel z powodu tolerancji ich pojemności. Aby pakiet nie miał parametrów najsłabszego ogniwa, stosuje się układy balanserów mających za zadanie wyrównanie ładunku ogniw składowych. Najpowszechniejsze balansery to układy pasywne, które po przekroczeniu sztywno ustalonego progu napięcia obciążają ogniwa o wyższym napięciu, umożliwiając przepływ prądu ładowania do ogniw o niższym napięciu

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):

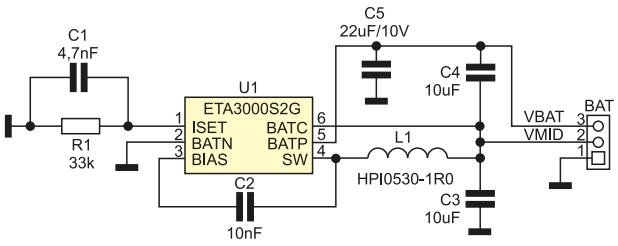
Kondensatory:
C1: 4,7 nF ceramiczny 50 V (SMD0603)
C2: 10 nF ceramiczny 50 V (SMD0603)
C3, C4: 10 µF ceramiczny 10 V (SMD0603)
C5: 22 µF/10 V ceramiczny 10 V (SMD0805)

Półprzewodniki:
U1: ETA3000S2G (SOT-23-6)

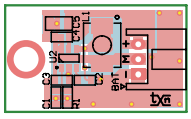
Rezystory:
R1: 33 kΩ dobrać wartość (SMD0603) 1%

Pozostałe:
BAT: złącze S3B_PHKS
L1: dławik 1 µH PI0530-1R0

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 1. Schemat układu balansera



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

i wyrównanie zgromadzonego ładunku. Niestety pomimo prostej realizacji balansery pasywne bezpowrotnie zamieniają nadmiar ładunku na ciepło, co oczywiście wpływa na sprawność ładowania. Ogranicza to ich zastosowanie do akumulatorów o niewielkiej pojemności lub znacząco wydłuża czas balansowania pakietu przy zachowaniu akceptowalnej mocy strat.

Budowa i działanie

Zaprezentowany balanser aktywny dzięki zastosowaniu cewki indukcyjnej przekazuje nadmiarowy ładunek z ogniwa o wyższym napięciu do ogniwa o napięciu niższym. Schemat układu został pokazany na **rysunku 1**. Napięcie z pakietu doprowadzone jest do złącza BAT, biegun dodatni do wyprowadzenia VBAT-3, środek do VMID-3, a minus do masy GND-1. Za proces balansowania odpowiada specjalizowany układ ETA3000 (ETA Solutions). Układ co 2 sekundy mierzy napięcia cel pakietu VBAT-VMID, VMID-GND, jeżeli zmierzone napięcia różnią się o więcej niż 100 mV, a napięcie VBAT-GND jest większe od progu detektora ULVO=3,75 V rozpoczyna się proces balansowania, tj. przekazywania energii z celi o wyższym napięciu do celi o niższym napięciu. Maksymalną wartość prądu balansowania ustala R1, w modelu to ok. 1500 mA. Balansowanie zostaje zatrzymane, gdy napięcia na celach zostaną wyrównane, po czym układ przechodzi w stan SLEEP, pobierając nie więcej niż 2 µA, co zapewnia niskie samorozładowanie pakietu.

Ze względu na rezystancje wewnętrzne ogniw i doprowadzeń wpływające na dokładność pomiaru napięć, maksymalna różnica na ogniwach po balansowaniu nie przekracza ±30 mV. Ze względu na zasadę działania bazującą na wykrywaniu różnicy napięć, a nie ustalonego progu, układ jest uniwersalny i nadaje się do ogniw LiFEPo$_4$ i Li-Ion, o ile napięcie pakietu nie przekracza 10 V. Warunek ten spełniają nawet nowoczesne ogniwa o podwyższonym do 4,35 V napięciu.

Montaż i uruchomienie

Układ wykonany jest dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż układu nie wymaga dokładnego opisu. Układ nie wymaga uruchamiania, wartość elementów należy dopasować do pojemności akumulatora i ustalonego prądu balansowania zgodnie z kartą katalogową ETA3000.

Adam Tatuś, EP

Podstawowe parametry:

- przetwornik cyfrowo-analogowy o rozdzielczości 10 bitów z jednym wyjściem,
- komunikacja poprzez magistralę I²C,
- zakres napięcia wyjściowego DAC wynosi 0...2,5 V, a prąd obciążenia nie może przekraczać 5 mA,
- praca w szerokim zakresie napięcia zasilania 2,7...5,5 V.

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

AVT5714 Moduł superkondensatora z balanserem (EP 9/2019)
AVT5649 Balanser do superkondensatorów EDLC (EP 10/2018)

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

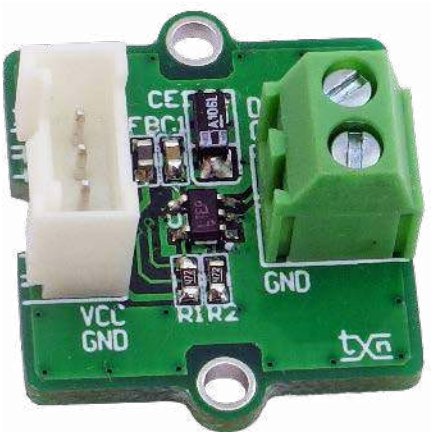
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Ekspander DAC z układem LTC1663

Minimoduł z przetwornikiem cyfrowo-analogowym uzupełni funkcjonalność dowolnego systemu mikroprocesorowego o wyjście analogowe. Dzięki użyciu magistrali I²C oraz możliwości pracy w szerokim zakresie napięcia zasilania 2,7...5,5 V może pracować z Raspberry Pi, Arduino, STM32 i nie tylko.



Przetwornik DAC to układ typu LTC1663, który wymaga do pracy tylko kilku elementów zewnętrznych. Jego struktura wewnętrzna została pokazana na **rysunku 1**. Jako źródło napięcia odniesienia przetwornika może posłużyć napięcie zasilania lub wbudowane źródło referencyjne o wartości 1,25 V.

Budowa i działanie

Schemat minimodułu został pokazany na **rysunku 2**. Komunikacja odbywa się poprzez magistralę I²C doprowadzoną do złącza I²C zgodnego ze standardem Grove. Rezystory R1, R2 polaryzują magistralę. Układ przetwornika U1 typu LTC1663 wymaga do pracy tylko odsprzęgnięcia zasilania elementami C1, CE1, FB1. W przypadku współpracy z wbudowanym źródłem zakres napięcia wyjściowego DAC wynosi 0...2,5 V. Buforowane napięcie wyjściowe przetwornika dostępne jest na złączu OUT, które nie powinno być obciążone prądem większym niż 5 mA.

Konfiguracja źródła odniesienia oraz trybu pracy U1 odbywa się poprzez zapis rejestru *Command*. Dane zapisywane są w dwóch ośmiobitowych rejestrach LSB/MSB. Zapis odbywa się zgodnie z **rysunkiem 3** podczas jednego cyklu. W rejestrze *Command* ustawiane są trzy bity określające konfigurację:

eprasa.pl a982d0ace0

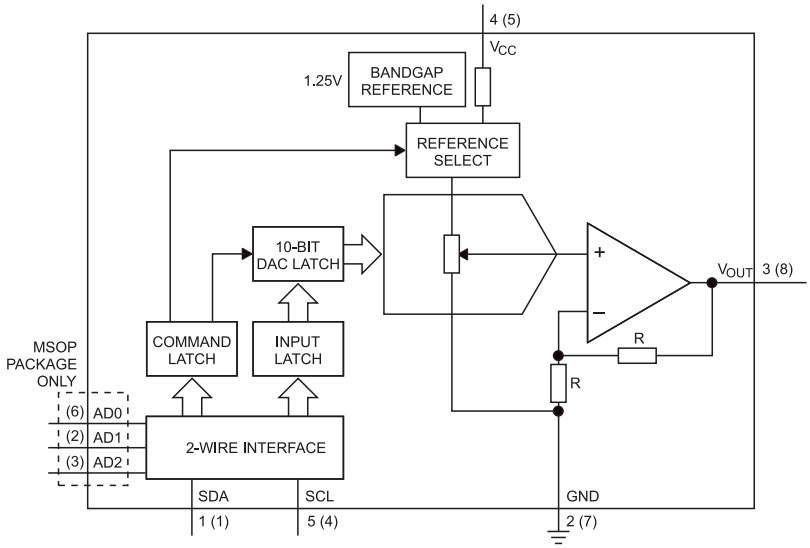
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1, R2: 4,7 kΩ (SMD0603)

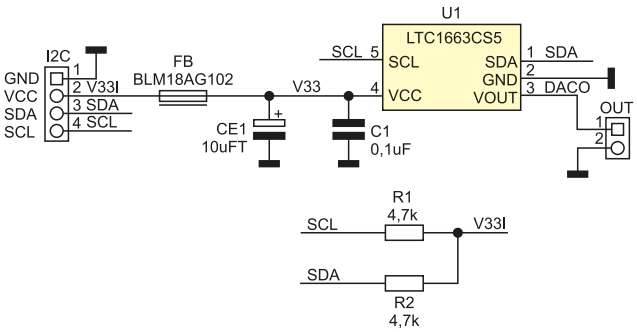
Kondensatory:
C1: 0,1 µF ceramiczny 10 V (SMD0603)
CE1: 10 µF tantalowy 10 V (SMD3216)

Półprzewodniki:
U1: LTC1663CS5 (SOT-23-5)

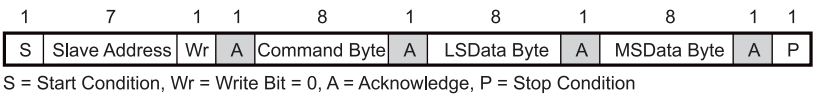
Pozostałe:
FB: koralik ferrytowy BLM18AG102 (SMD0603)
I²C: złącze Grove (110990030)
OUT: złącze śrubowe (DG381-3.5-2)



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny LTC1663 (za notą Analog Devices)



Rysunek 2. Schemat modułu



Rysunek 3. Sposób zapisu rejestru konfiguracyjnego

B7...B3 – niewykorzystane,
B2 – BG, określa użyte napięcie odniesienia:
- BG=1 – wewnętrzne 1,25 V, napięcie wyjściowe 0...2,5 V,
- BG=0 – napięcie zasilania (domyślne);

B1 – SD, tryb pracy układu:
- SD=1 – tryb obniżonego poboru mocy, napięcie wyjściowe ustawione na 0 V,
- SD=0 – tryb pracy (domyślne);

B0 – SY tryb zapisu danych:
- SY=1 – aktualizacja tylko przy potwierdzeniu SYNC,
- SD=0 – aktualizacja po wykryciu sygnału Stop (domyślne).

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 4**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu. Dla szybkiego sprawdzenia działania moduł można podłączyć do magistrali I²C Raspberry Pi. Za pomocą biblioteki i2ctools sprawdzamy obecność układu na magistrali poleceniem `i2cdetect -y 1`. Następnie do wyjścia OUT podłączamy woltomierz napięcia stałego i uruchamiamy prosty skrypt *ltc1663.sh* (**listing 1**), który umożliwia sprawdzenie poprawności działania DAC, ustawiając 4 wartości napięcia wyjściowego, przy napięciu odniesienia skonfigurowanym na zasilanie BG=0. Jeżeli wszystko działa poprawnie, można moduł zastosować we własnej aplikacji.

Układ dostępny jest pod adresem 0x20 i nie ma sprzętowej możliwości zmiany adresu. Jeżeli potrzebne jest użycie większej liczby przetworników, dostępne są układy ze zmienioną fabrycznie adresacją: LTC1663-1 (0x21), LTC1663-2 (0x22). Należy zwrócić uwagę na możliwą kolizję adresu z popularnymi ekspanderami PCF8574.

Adam Tatuś, EP

Listing 1. Skrypt testowy

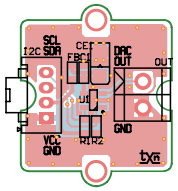
```
#!/bin/bash
echo "LTC1663 DAC ADR:0x20"

echo "DAC 0%"
i2ctransfer -y 1 w3@0x20 0x00 0x00 0X00
sleep 2

echo "DAC 25%"
i2ctransfer -y 1 w3@0x20 0x00 0xFF 0X00
sleep 2

echo "DAC 50%"
i2ctransfer -y 1 w3@0x20 0x00 0xFF 0x01
sleep 2

echo "DAC 100%"
i2ctransfer -y 1 w3@0x20 0x00 0xFF 0x03
sleep 2
```



Rysunek 4. Schemat płytki PCB

REKLAMA



eprasa.pl a982d0ace0

W ofercie AVT*

AVT5956

Podstawowe parametry:

- konwersja rezystancji czujnika PT1000 na napięcie stałe, możliwe do pomiaru przetwornikiem analogowo-cyfrowym,
- możliwość łatwej zmiany zakresu przetwarzania,
- wbudowany potencjometr ułatwiający kalibrację układu,
- pobór prądu około 10 mA przy 12 V,
- zasilanie napięciem 9...24 V.

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

AVT5952	eT – wielokanałowy, bezprzewodowy system pomiaru temperatury (EP 9/2022)
AVT5949	Energooszczędny termometr LED (EP 08/2022)
AVT5892	Energooszczędny termometr z kalibracją (EP 10/2021)
AVT5635	Bezprzewodowy, energooszczędny system pomiaru temperatury (EP 8-9/2018)
AVT5623	4-kanałowy termometr z interfejsem Wi-Fi (EP 4/2018)
AVT5566	THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT5518	Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)
AVT5535	Termometr 2-kanałowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
AVT1863	Termometr z interfejsem Bluetooth (EP 8/2015)
AVT1790	Termometr XXL (EP 2/2014)
AVT5489	8-kanałowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT5420	Wielopunktowy termometr z rejestracją (EP 10/2013)
AVT1734	Termometr do wędzarni (EP 4/2013)
AVT5373	Tlogger – rejestrator temperatury (EP 12/2012)
AVT1705	Moduł do pomiaru temperatury z interfejsem RS485 (EP 9/2012)

* 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

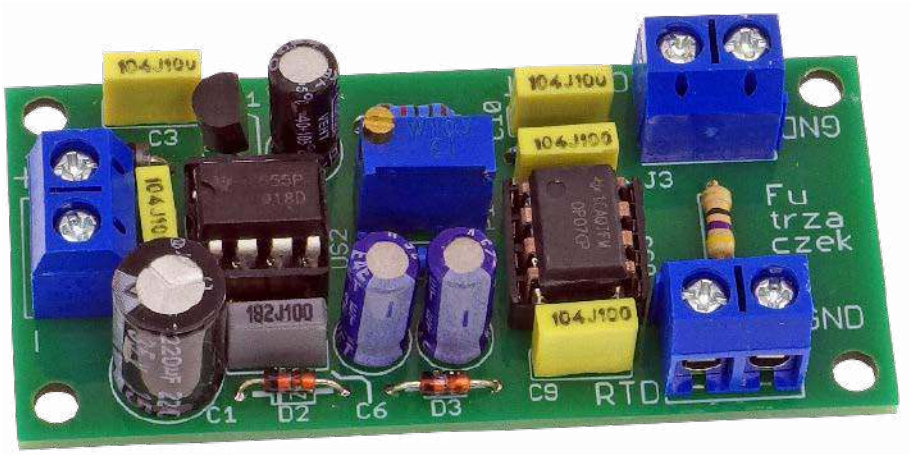
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Prosty wzmacniacz do czujnika PT1000

Platynowe czujniki temperatury, takie jak znany PT1000, umożliwiają dokładny pomiar w bardzo szerokim zakresie, nieosiągalnym dla typowych czujników termistorowych lub cyfrowych. Jednak kłopoty może sprawiać sprzęgnięcie takiego czujnika z nowoczesnym systemem mikroprocesorowym. Zaprezentowany układ w prosty i niedrogi sposób pomoże rozwiązać ten problem.



Czujniki analogowe, pomimo niskiej ceny i wszechstronności, często sprawiają problemy. Najpoważniejszym z nich jest obsługa wielkości wyjściowej, którą w przypadku czujników PT1000 jest rezystancja. Pomiar tej wielkości fizycznej nie nastręcza dużych problemów, lecz jeżeli chce się uzyskać wysoką dokładność w stosunkowo niewielkim zakresie zmian, zagadnienie staje się mocno problematyczne.

Typowy czujnik PT1000 zmienia swoją rezystancję w stosunkowo niewielkim zakresie, odnosząc to do zmienności temperatury. Dla temperatury –50°C jest to 803 Ω, zaś dla 300°C tylko 2120 Ω. Włączając czujnik do układu jako jedną z gałęzi dzielnika napięcia, uzyskamy nieliniową zmianę napięcia w niezbyt szerokim zakresie. Zaprezentowany układ pomoże w rozwiązaniu tego problemu.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Głównym elementem jest wzmacniacz operacyjny US3 (typu OP07), który cechuje się bardzo niskim wejściowym napięciem niezrównoważenia. To duża zaleta, bowiem offset napięciowy mógłby zaburzyć proces przetwarzania rezystancji na napięcie. Czujnik temperatury typu PT1000 należy podłączyć do zacisków złącza J2. Rezystor R2 polaryzuje go, tworząc prosty układ dzielnika napięciowego. Ale to nie wszystko, gdyż rezystor R3 z połączonymi równolegle rezystorem R4 i potencjometrem P1 tworzą dzielnik tego samego napięcia, którego wartość wynosi około 5 V. Wzmacniacz operacyjny przetwarza różnicę tych napięć, zatem obwód R3+R4+P1 (a dokładniej rezystancja wypadkowa równoległego połączenia R4 i P1) służy do eliminacji tej części rezystancji czujnika PT1000, która występuje zawsze i nie jest dla nas interesująca z punktu widzenia naszych pomiarów. Można to przyrównać do usunięcia offsetu rezystancyjnego samego czujnika, aby móc napięcie 0 V ustalić jako odpowiadające temperaturze, na przykład –10°C.

Gdyby zostawić ten układ bez dodatkowych modyfikacji, olbrzymie wzmocnienie różnicowe wzmacniacza operacyjnego powodowałoby jego nagłą reakcję na napięcie różnicowe zbliżone do 0 V i szybkie nasycenie wyjścia potencjałem skrajnie dodatnim lub ujemnym. Dlatego do układu dodano rezystor R5, którego zadaniem jest ograniczenie wzmocnienia i ustalenie jego wartości na znanym poziomie. Można tę część układu traktować jako wzmacniacz odwracający, którego rezystorem w pętli sprzężenia zwrotnego jest R5, zaś rezystancją wejściową jest wypadkowa rezystancja zastępcza od strony wejścia odwracającego. Z punktu widzenia twierdzenia Thévenina wartość ta będzie równa rezystancji równoległego połączenia R3, R4 i P1.

Zmiany temperatury zachodzą relatywnie wolno, więc szerokie pasmo przenoszenia układu jest niepotrzebne i może sprawiać jedynie problemy. Kondensator C10 ogranicza od góry pasmo przenoszenia do wartości około 160 Hz. Odpowiedź impulsowa tego układu będzie więc wystarczająco szybka, jak na potrzeby obsługi czujnika temperatury, a spora część szumów i zakłóceń zostanie wyeliminowana już w torze analogowym. Dodatkowa filtracja cyfrowa, polegająca chociażby na uśrednieniu wartości wielu próbek pobranych z przetwornika analogowo-cyfrowego, będzie dodatkowym zabiegiem poprawiającym dokładność pomiaru.

Rezystor R6 ustala rezystancję wyjściową układu na poziomie kilkudziesięciu omów. Jeżeli wyjście wzmacniacza operacyjnego byłoby bezpośrednio obciążone pojemnością o znacznej wartości (na przykład długimi przewodami połączeniowymi), mogłoby dojść do wzbudzenia się wzmacniacza. Taki rezystor nie ma praktycznie żadnego wpływu na wynik pomiaru, pozwala natomiast ustrzec się przed tym nieprzyjemnym i trudnym do opanowania zjawiskiem.

Kilka słów opisu należy poświęcić sekcji zasilającej. Otóż wzmacniacz operacyjny typu OP07 nie radzi sobie z obsługą potencjałów bliskich zarówno dodatniej, jak i ujemnej linii zasilania. Jego wejście ujemnej linii zasilającej (VEE) jest zatem

eprasa.pl a982d0ace0

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

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1: 10 kΩ
R2, R3: 10 kΩ 1%
R4: 1,5 kΩ 1% (opis w tekście)
R5: 10 kΩ 1% (opis w tekście)
R6: 47 Ω
P1: 10 kΩ montażowy pionowy 3296W

Kondensatory:
C1: 220 µF 35 V raster 3,5 mm
C2...C4, C9, C10: 100 nF raster 5 mm MKT
C5, C7, C8: 100 µF 25 V raster 2,5 mm
C6: 1,8 nF raster 5 mm MKT

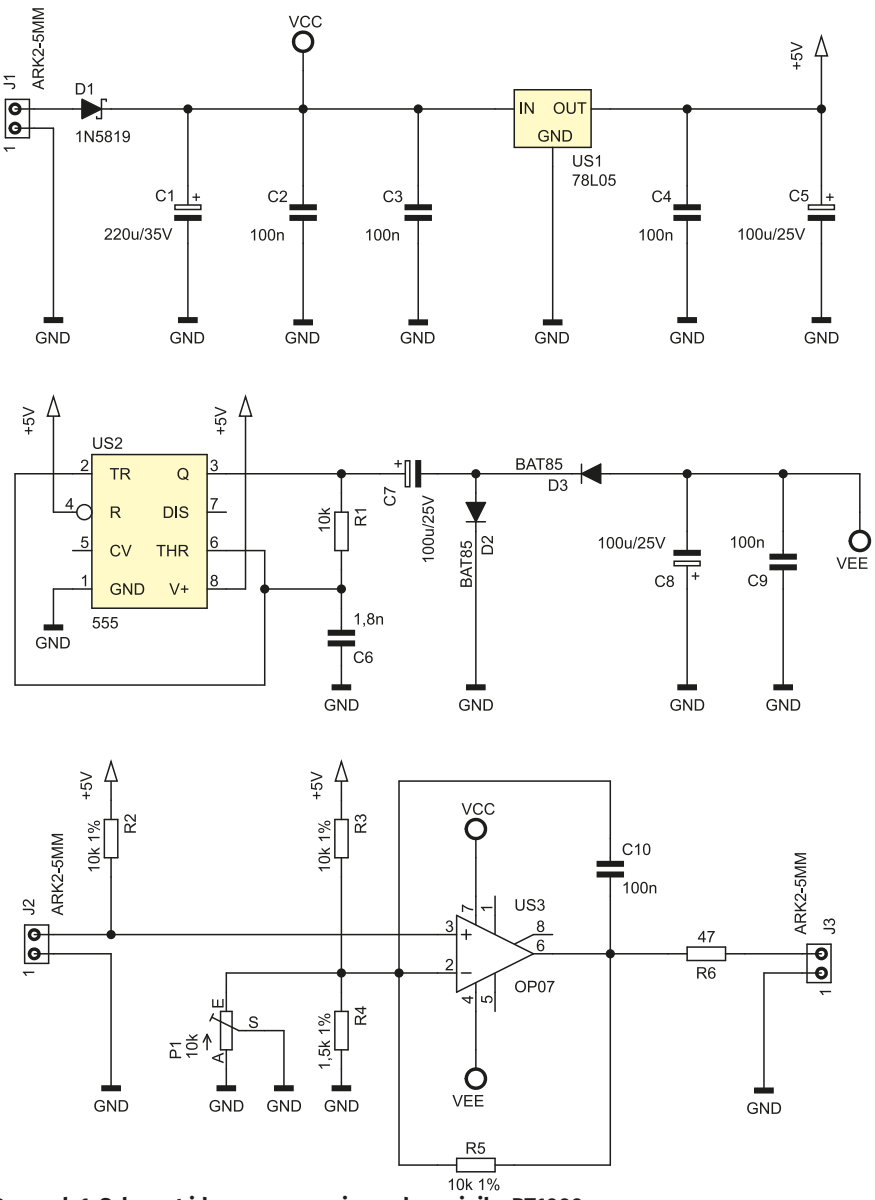
Półprzewodniki:
D1: 1N5819
D2, D3: BAT85
US1: 78L05 (TO92)
US2: 555 (DIP8)
US3: OP07 (DIP8)

Pozostałe:
J1... J3: ARK2/500
Dwie podstawki DIP8

polaryzowane napięciem o wartości około –3,5 V. Jego dokładna wartość nie ma tu znaczenia, ponieważ nie bierze ona udziału w ustalaniu napięcia wyjściowego, chodzi tylko o zapewnienie prawidłowych warunków pracy obwodom wewnętrznym wzmacniacza operacyjnego.

Ponieważ specjalizowane układy do wytwarzania napięcia ujemnego, jak ICL7660, są coraz droższe i trudniej dostępne, postawiono na proste rozwiązanie konwertera wykorzystujące znany układ typu 555 jako generator fali prostokątnej i układ diodowo-kondensatorowy, który zmienia znak polaryzacji napięcia. W tym układzie wypełnienie sygnału prostokątnego wynosi około 50%, zaś jego częstotliwość to około 40 kHz. Praca na częstotliwości ponadaktustycznej i leżącej daleko poza pasmem przenoszeniu układu gwarantują pracę bez powstawiania pisku i emitowania istotnego poziomu zakłóceń.

Układ czasowy typu 555 toleruje maksymalne napięcie zasilania wynoszące 18 V, więc mniej niż akceptuje wzmacniacz operacyjny. Z tego powodu dodano stabilizator napięcia US1, którego zadaniem jest dostarczenie napięcia 5 V do zasilania generatora napięcia ujemnego oraz obwodów wejściowych przetwornika rezystancja–napięcie. Jego dokładna wartość nie jest istotna, gdyż dla prawidłowej pracy 555 nie ma ona znaczenia, zaś obwody wejściowe są zasilane z tej samej gałęzi.



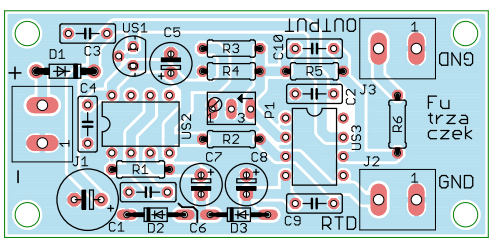
Rysunek 1. Schemat ideowy wzmacniacza do czujnika PT1000

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 64×30 mm. Jej wzór ścieżek oraz schemat montażowy został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Pod układy US2 i US3 proponuję zastosować podstawki, aby ułatwić ich wymianę w razie uszkodzenia.

Kilka słów trzeba poświęcić zakresowi przetwarzania układu, który należy dostosować do swoich wymagań oraz możliwości użytego przetwornika analogowo-cyfrowego. Jeżeli założymy, że wartości elementów idealnie odpowiadają wartościom ze schematu ideowego (zakładając ustawienie P1 na maksymalną rezystancję, czyli 10 kΩ), to napięcie wyjściowe 0 V uzyskamy dla rezystancji czujnika równej 1154 Ω, czyli dla temperatury około 40°C, zaś 5 V na wyjściu dla rezystancji 2615 Ω, co z kolei odpowiada temperaturze 440°C. Ale skręcając ślizgacz P1 do połowy nominalnej rezystancji ścieżki (czyli 5 kΩ), napięcie wyjściowe 0 V uzyskamy dla rezystancji czujnika równej 1035 Ω, czyli dla temperatury około 9°C, zaś 5 V na wyjściu dla rezystancji 2310 Ω, co z kolei odpowiada temperaturze 350°C.

Odpowiedni dobór wartości rezystora R5 (odpowiedzialnego za wzmocnienie) oraz położenia ślizgacza potencjometru P1 i/lub rezystancji rezystora R4 (odpowiedzialnych za ustalenie offsetu rezystancyjnego), umożliwią uzyskanie żądanego zakresu obsługiwanej temperatury i napięcia wyjściowego. Niestety,



Rysunek 2. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki

eprasa.pl a982d0ace0

obie te regulacje wpływają na siebie, więc pomocna w ustaleniu docelowych wartości elementów może być prosta symulacja komputerowa.

Prawidłowo zmontowany układ jest od razu gotowy do pracy. Do złącza J1 należy doprowadzić napięcie stałe z zakresu 9…24 V. Pobór prądu wynosi około 10 mA przy zasilaniu napięciem 12 V. Złącze J2 jest przewidziane do podłączenia czujnika typu PT1000. Jeżeli połączenie z płytką odbywa się za pomocą przewodu ekranowanego, to ekran warto podłączyć do zacisku oznaczonego jako GND, zaś żyłę środkową do wejścia RTD. Na złączu J3 mamy dostępne napięcie stałe, odpowiadające temperaturze czujnika.

Michał Kurzela, EP

Podstawowe parametry:

- sumowanie sygnału audio z dwóch źródeł,
- amplitudy sygnałów ze źródeł sumowane są w identycznym stosunku, niezależnie od impedancji wyjściowej źródła sygnału,
- stała impedancja wejściowa 1 MΩ,
- stała impedancja wyjściowa 33 Ω,
- dwa kanały,
- pasmo przenoszenia od 0 Hz (składowa stała),
- brak odwracania fazy między sygnałami wejściowymi a wyjściowym,
- zasilanie napięciem symetrycznym +15 V i -15 V (lub z przedziału ±9 V... ±15 V).

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

AVT5873	Stereofoniczny aktywny regulator głośności (EP 8/2021)
AVT5683	Trzykanałowy sumator/mikser audio (EP 6/2019)
AVT1972	Potencjometr „Panorama" audio (EP 9/2017)
AVT1958	Ducker audio z układem THAT4301 (EP 8/2017)
AVT1670	Stereofoniczny regulator barwy dźwięku (EP 4/2012)
AVT5208	T-Mixer. Nowoczesny mikser audio z panelem dotykowym (EP 11/2009)
AVT2710	Prosty dyskotekowy mikser (EdW 2/2004)
AVT490	Mikser audio ze sterowaniem cyfrowym (EP 2–3/1999)
AVT2173	Trzykanałowy mikser ze wzmacniaczem (EdW 12/1997–1/1998)
AVT1034	Czterokanałowy mikser stereo (EP 4/1995)
AVT2132	Przedwzmacniacz z regulacją barwy dźwięku
AVT5745	Przedwzmacniacz stereo z regulacją barwy dźwięku

W ofercie AVT*

AVT5957

* 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

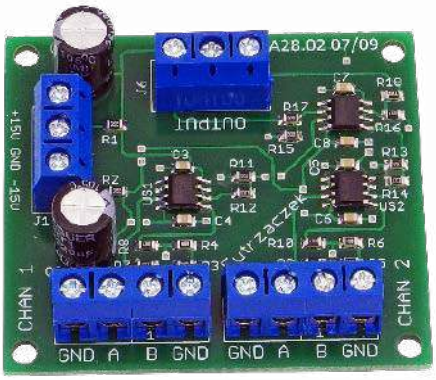
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

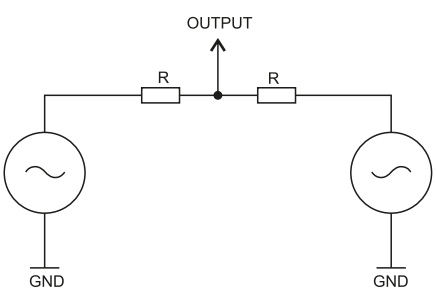
W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Sumator dwóch źródeł audio

Niektóre urządzenia audio, na przykład przedwzmacniacze, mają wbudowany selektor umożliwiający wybór źródła sygnału. Ale co w sytuacji, kiedy na jedno wejście musimy podać jednocześnie sygnał pochodzący z dwóch źródeł – na przykład z keyboardu i mikrofonu? Wtedy z pomocą może przyjść opisany układ.



Kiedy na jedno wejście trzeba podać sygnał z więcej niż jednego źródła, należy sygnały z tych źródeł poddać operacji sumowania. W teorii to nie jest nic trudnego – spójrzmy na **rysunek 1** – wystarczą dwa rezystory. Ale praktyka dowodzi inaczej. Po pierwsze, te źródła mogą mieć różną (najczęściej większą od zera) impedancję wyjściową. Ulegnie ona zsumowaniu z rezystancją opornika ograniczającego prąd wyjściowy danego źródła i spowoduje, że będzie ono brane z mniejszą wagą, tj. w wynikowym sygnale jego udział będzie mniejszy. O ile mniejszy? Tego najczęściej nie wiemy, zwłaszcza kiedy impedancja zależy od częstotliwości. Druga rzecz: impedancja wyjściowa tego tworu wynosi R/2, co w wielu przypadkach może być przyczyną silnego tłumienia już zsumowanego sygnału.



Rysunek 1. Bardzo prosty sumator napięć

Jednak wystarczy obudować ten prosty twór trzema wtórnikami napięciowymi oraz paroma innymi elementami, aby uzyskać układ o parametrach znacznie lepszych od tego z rysunku 1.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 2**. Jest na nim w sumie sześć wzmacniaczy operacyjnych, zamkniętych w trzech układach typu TL082. Te tanie i popularne kostki o bardzo przyzwoitych parametrach mogą z powodzeniem znaleźć zastosowanie w dziedzinie audio. Jak pokażą pomiary, nadają się do tego zastosowania wręcz doskonale.

REKLAMA



eprasa.pl a982d0ace0

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, R17, R18: 33 Ω (SMD0805)
R3...R6: 1 MΩ (SMD0805)
R7...R16: 10 kΩ 1% (SMD0805)

Kondensatory:
C1, C2: 220 µF 25 V raster 2,5 mm
C3...C8: 100 nF (SMD0805)

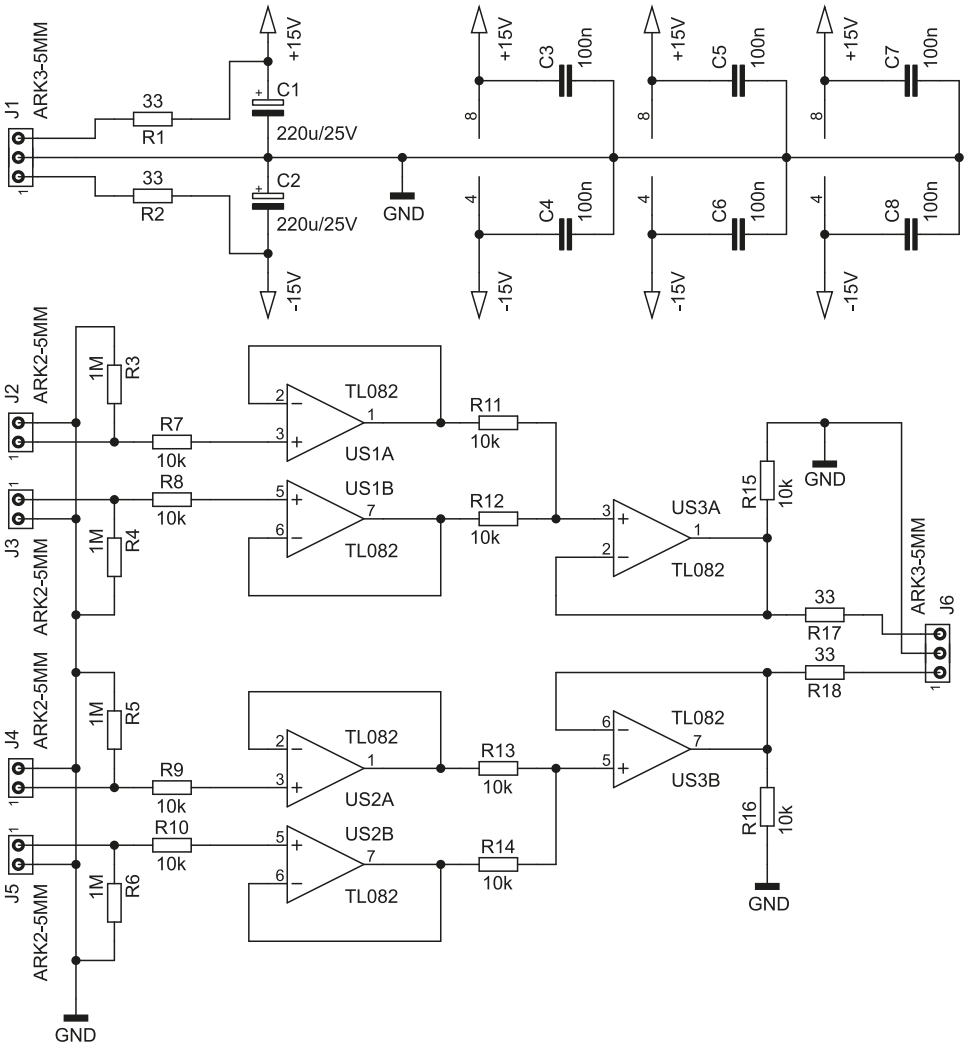
Półprzewodniki:
US1...US3: TL082 (SO8)

Pozostałe:
J1, J6: ARK3/500
J2...J5: ARK2/500

Napięcie zasilające jest filtrowane przez osiem kondensatorów: dwa elektrolityczne i sześć ceramicznych, zlokalizowanych tuż przy wyprowadzeniach wzmacniaczy operacyjnych. Dwa rezystory – R1 i R2 – tworzą z tymi kondensatorami filtry dolnoprzepustowe, redukując amplitudę przenikających do układu zakłóceń. Zwłaszcza należy mieć na uwadze niepożądane składowe pochodzące od zasilaczy impulsowych, których częstotliwość wynosi często wiele dziesiątek kiloherców a które w kolumnach głośnikowych objawiają się ciągłym, irytującym szumem.

Rezystory R3...R6 o rezystancji 1 MΩ polaryzują wejścia wzmacniaczy operacyjnych, stanowiąc przy tym bardzo małe obciążenie dla źródeł sygnału. Ponieważ układy typu TL082 mają obwody wejściowe z tranzystorami FET, nie trzeba przejmować się problemem wyrównywania rezystancji widzianej przez wejścia wzmacniaczy operacyjnych, gdyż prąd przez nie pobierany jest rzędu nanoamperów, a rezystancja wejściowa wynosi wiele gigaomów.

Zadaniem rezystorów R7...R10 jest ochrona delikatnych bramek tranzystorów FET przed uszkodzeniem, jakie mogłyby wywołać impulsy napięcia przekraczającego dopuszczalny zakres. Ich źródłem mogą być silne zakłócenia elektromagnetyczne lub wyładowania elektrostatyczne. Te rezystory wytracają na sobie część mocy, ograniczając jednocześnie prąd płynący przez wejścia wzmacniaczy operacyjnych.



Rysunek 2. Schemat ideowy układu sumatora

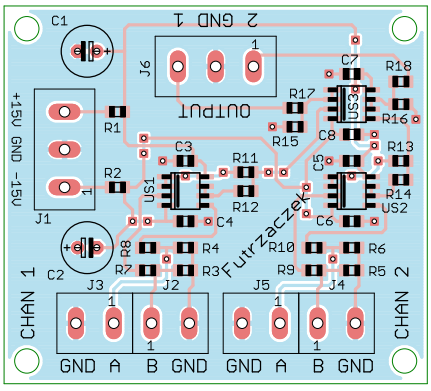
Układy US1 i US2 pełnią funkcję wejściowych wtórników napięciowych. Ich impedancja wyjściowa jest bliska zeru, więc doskonale imitują źródła napięciowe z rysunku 1. Rezystory R11 i R12 oraz R13 i R14 są odpowiedzialne za sumowanie sygnałów z dwóch źródeł. Polecam, aby ich tolerancja wynosiła 1% (lub mniej), by sumowanie odbywało się w stosunku 1:1.

Za rezystorami sumującymi znalazły się wtórniki napięciowe. Łatwo obliczyć, że bez nich impedancja wyjściowa układu wynosiłaby 5 kΩ. Rezystory R17 i R18 nadają pewną, aczkolwiek niewielką, rezystancję wyjściową, aby układ mógł pracować poprawnie na przykład z długimi przewodami prowadzącymi sygnał wyjściowy. Praktyka dowodzi, że bez nich wzmacniacze operacyjne niekiedy reagują wzbudzeniem na obciążenie o charakterze silnie pojemnościowym, a takim niewątpliwie jest długi przewód ekranowany.

Rezystory R15 i R16 stanowią wstępne obciążenie dla stopni wyjściowych wzmacniaczy operacyjnych US3A i US3B, czyniąc ich pracę bardziej liniową. Tutaj również praktyka dowodzi, że taki zabieg zmniejsza ilość słyszalnych zniekształceń (w porównaniu z brakiem jakiegokolwiek obciążenia), a jest bardzo prosty i niedrogi w realizacji.

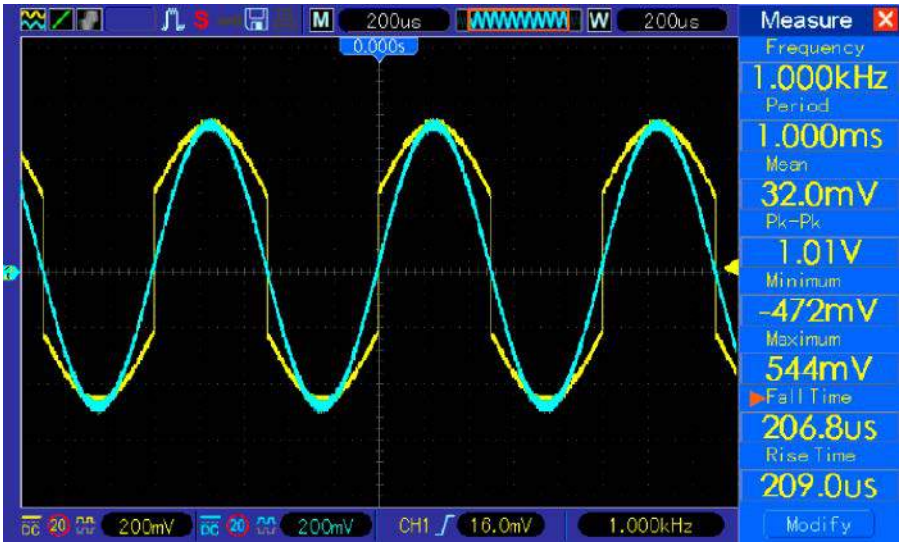
Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 56×50 mm. Jej schemat pokazuje **rysunek 3**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Montaż proponuję rozpocząć od elementów w obudowach przystosowanych do montażu powierzchniowego (SMD). Dopiero potem warto przejść do złączy i kondensatorów elektrolitycznych, aby nie utrudnić sobie dostępu do niewielkich padów SMD ich uprzednim wlutowaniem w płytkę. Układ jest



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 4. Przebiegi napięć wejściowego sygnału sinusoidalnego (niebieski) oraz wyjściowego, po zsumowaniu z sygnałem prostokątnym (żółty)

gotowy do działania pod warunkiem poprawnego montażu, nie wymaga jakichkolwiek czynności uruchomieniowych.

Do złącza J1 należy podłączyć zasilanie – dobrze filtrowane, najlepiej stabilizowane dla zmniejszenia amplitudy tętnień – o wartości ±15 V (symetryczne). Można użyć niższych napięć, ale należy liczyć się z mniejszą amplitudą nieniekształconego sygnału, jaki może ten układ przenosić. Za rozsądne minimum proponuję przyjąć ±9 V Pobór prądu przez układ nie zależy od napięcia zasilającego. W przedziale ±9 V...±15 V wynosił on około 11 mA, przy braku zarówno wysterowania, jak i obciążenia. Linia napięcia dodatniego i ujemnego jest obciążana w takim samym stopniu.

Złącza J2 i J3 służą do podania dwóch sygnałów wejściowych, które pojawia się jako suma w kanale 1 na wyjściu, którym jest złącze J6. Z kolei sygnały ze złączy J4 i J5 zostaną zsumowane jako wyjściowy kanał 2. Wszystkie zaciski GND na płytce są połączone ze sobą polem miedzi na spodniej stronie płytki – służy ono jako ekran dla zakłóceń elektromagnetycznych.

Impedancja wejściowa układu wynosi około 1 MΩ, zaś wyjściowa około 33 Ω. Układ przenosi sygnały o częstotliwościach od 0 Hz, czyli od składowej stałej, aż do około 2,5 MHz, czyli wykraczające daleko poza pasmo akustyczne. Pomiar przeprowadzono sygnałem sinusoidalnym o amplitudzie 500 mV przy zasilaniu ±15 V, a jako kryterium granicy pasma przenoszenia przyjęto spadek o 3 dB (0,707 wartości amplitudy sygnału o niskiej częstotliwości).

Maksymalna amplituda nieniekształconego sygnału na wyjściu zależy od napięcia zasilającego. Przy ±9 V, braku obciążenia na wyjściu (dokładniej, jest nim sonda oscyloskopu: 10 MΩ) i sygnale sinusoidalnym o częstotliwości 1 kHz charakterystyczne spłaszczanie wierzchołków sygnału zaczyna się od amplitudy 6,5 V sygnału wejściowego. Dla zasilania ±15 V ten próg jest wyższy i wynosi 12 V.

Każde ze źródeł jest wprowadzane do sygnału ze stałym współczynnikiem równym 0,5. To oznacza, że podanie na jedno wejście sygnału sinusoidalnego o amplitudzie 2 V i zwarcie do masy drugiego wejścia spowoduje pojawienie się na wyjściu sygnału o amplitudzie 1 V. Przykładowy efekt działania tego układu można zobaczyć na **rysunku 4**. Na jedno wejście podano sygnał sinusoidalny o amplitudzie 500 mV i częstotliwości 1 kHz, a na drugie sygnał prostokątny (bez składowej stałej) o wypełnieniu 50% i identycznej amplitudzie oraz częstotliwości. Uzyskana suma ma wartość międzyszczytową 500 mV i składa się z obu sygnałów wziętych w identycznych stosunkach.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

Sięgnij po archiwalne wydania
ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ

Przesyłka GRATIS



Zamów wygodnie na
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl a982d0ace0

Globalna ankieta na temat kobiet w świecie inżynierii

Tegoroczna, globalna ankieta zorganizowana przez Farnell pozwoli uzyskać bezpośrednie informacje od wszystkich członków społeczności inżynierskiej i zrozumieć jakie bariery obecnie uniemożliwiają osiągnięcie równości, a także w jaki sposób konsekwentnie ograniczać dyskryminację w pracy.

Ankieta prowadzona jest wraz ze Społecznością element14 i ma pozwolić kobietom zawodowo zajmującym się inżynierią na podzielenie się swoimi przemyśleniami oraz doświadczeniami, rozjaśniając kwestie rozwoju karier, a także szerzej rozumianych wyzwań i możliwości w branży elektronicznej. Ankietę można było wypełniać od Międzynarodowego Dnia Kobiet w Inżynierii, tj. 23 czerwca do 20 sierpnia. Ankieta została zaprojektowana tak, by pozyskać bezpośrednie opinie od różnych osób funkcjonujących w branży elektronicznej i by zrozumieć obecne bariery, stojące na przeszkodzie do pełnej równości. Organizatorzy chcą też dowiedzieć się, w jaki sposób ograniczyć praktyki dyskryminacyjne w firmach, kreując odpowiednią wizję na przyszłość.

Dianne Kibbey, Global Head of Community and Social Media w Społeczności element14, powiedziała: „W tym roku dodaliśmy nowe pytania dotyczące kwestii, na które zwrócono uwagę podczas analizy poprzednich badań. Choć jasne jest, że nasza branża zmierza w dobrym kierunku, jest jeszcze wiele do zrobienia. Z niecierpliwością czekamy również na odkrycie kolejnych niesamowitych historii sukcesów kobiet, które osiągają wspaniałe sukcesy w naszej branży".

W ramach ubiegłorocznej, globalnej ankiety udało się pozyskać odpowiedzi od 370 osób. Większość z nich mieściła się w kategorii wiekowej od 25 do 54 lat i nieco ponad połowa z nich deklarowała więcej niż 10-letnie doświadczenie w branży elektronicznej. Ankieta pokazała, że o ile kobiety w inżynierii zyskują wsparcie od wszelkich płci, to i tak są wciąż niedoreprezentowane i doświadczają różnego stopnia dyskryminacji.

Badanie z 2021 roku pokazało też, że według wszystkich respondentów, najważniejszym celem nowoczesnych kadr jest uzyskanie w pełni równego traktowania, niezależnie od płci. Dzięki tegorocznej ankiecie dowiemy się, czy wspomniany, pozytywny trend się utrzymuje.

Wśród wniosków z ubiegłorocznej edycji Globalnej Ankiety firmy Farnell na temat Kobiet w Inżynierii, znalazły się takie:





- Niezależnie od płci, wszyscy ankietowani mają podobne poglądy na temat korzyści, jakie obecność kobiet wnosi do branży inżynierskiej oraz wierzą, że kwestia nierówności nie powinna zostać zignorowana. Awansowanie większej liczby kobiet na stanowiska liderskie, na których mogą one prezentować się jako wzorce do naśladowania i jako mentorki dla innych kobiet, pomoże wzmocnić wdrażanie zasad równości oraz zmniejszyć obecnie nierówności i seksizm w pracy.
- Badanie pokazało dużą zgodę co do wielu kwestii, ale też pozwoliło odkryć kilka kluczowych różnic. Pomimo, że kobiety wskazują wysokie wynagrodzenie, jako jedną z zalet pracy na stanowisku inżynierskim, nadal wierzą, że różnica w płacach pomiędzy płciami jest problemem.
- Jednym z niezwykle ważnych odkryć było stwierdzenie, że kobiety mniej martwią się o konieczność podróżowania ze względu na pracę, niż wydawałoby się przedstawicielom innych płci. Jedynie 15% ankietowanych kobiet sugerowało, że ograniczenie ilości podróży zawodowych pozytywnie wpłynęłoby na ich work-life balance i na perspektywy kariery, podczas gdy wśród wszystkich uczestników ankiety, odsetek ten wynosił 25%. Taki wynik sugeruje, że jedna z barier podawanych za przeszkodę w rozwoju karier kobiet w inżynierii ulega redukcji.
- Niezależnie od płci, zdecydowanie przeważające były odpowiedzi zachęcające kobiety do bycia bardziej pewnymi siebie, do wiary we własne możliwości oraz do podejmowania wyzwań, związanych z pracą na stanowisku inżynierskim. Niektóre z czynników, uważanych za najważniejsze, by kobieta mogła cieszyć się karierą w świecie inżynierskim, obejmowały możliwość pracy nad różnorodnymi projektami, zaangażowanie w tworzenie technologii następnej generacji oraz utrzymywanie dobrej równowagi pomiędzy życiem prywatnym a zawodowym.

Stałe wsparcie firmy Farnell, dzięki któremu prowadzona jest ankieta, pozwoli uzyskać kompleksowy obraz wyzwań, przed jakimi nadal stoją kobiety pracujące w przemyśle elektronicznym. Dzięki ankiecie będzie możliwe również znalezienie sposobów jak skutecznie przekształcić wyzwania w zmieniające życie kobiet możliwości, zarówno dla nich samych jak i organizacji, które reprezentują.

pl.farnell.com

Wyniki ankiety wraz z podsumowaniem zamieścimy w jednym z najbliższych wydań EP.

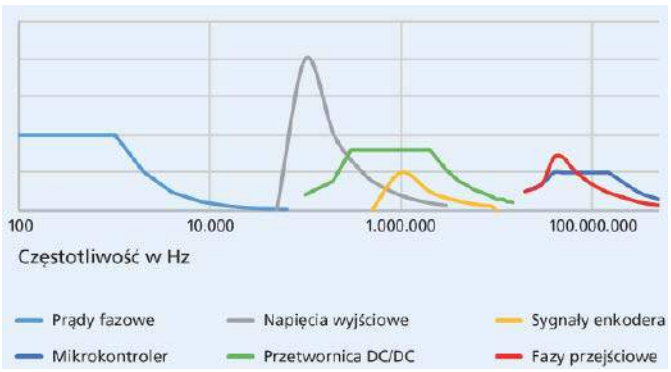
eprasa.pl a982d0ace0



Kompatybilność elektromagnetyczna napędów miniaturowych

Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) opisuje zdolność elementów elektrycznych i elektronicznych do jednoczesnego działania w określonym środowisku bez wzajemnych zaburzeń. Użytkownicy muszą brać to złożone zagadnienie pod uwagę w przypadku stosowania napędów regulowanych i podjąć odpowiednie kroki.

W latach 20. XX wieku konflikt pomiędzy technologią napędów elektrycznych stosowanych w ruchu miejskim a powstającym sektorem telekomunikacyjnym doprowadził do rozwoju poddziedziny kompatybilności elektromagnetycznej – eliminacji zaburzeń radiowych. W dzisiejszych czasach napędy elektryczne zwykle są regulowane. Oprócz komponentów służących do konwersji energii zawierają one również komponenty telekomunikacyjne wymagane przez czujniki do transmisji danych. Ze względu na zaburzenia emitowane podczas konwersji energii ważne jest zapewnienie niezbędnej odporności na zaburzenia czujników i urządzeń telekomunikacyjnych – często na jak najmniejszej przestrzeni.

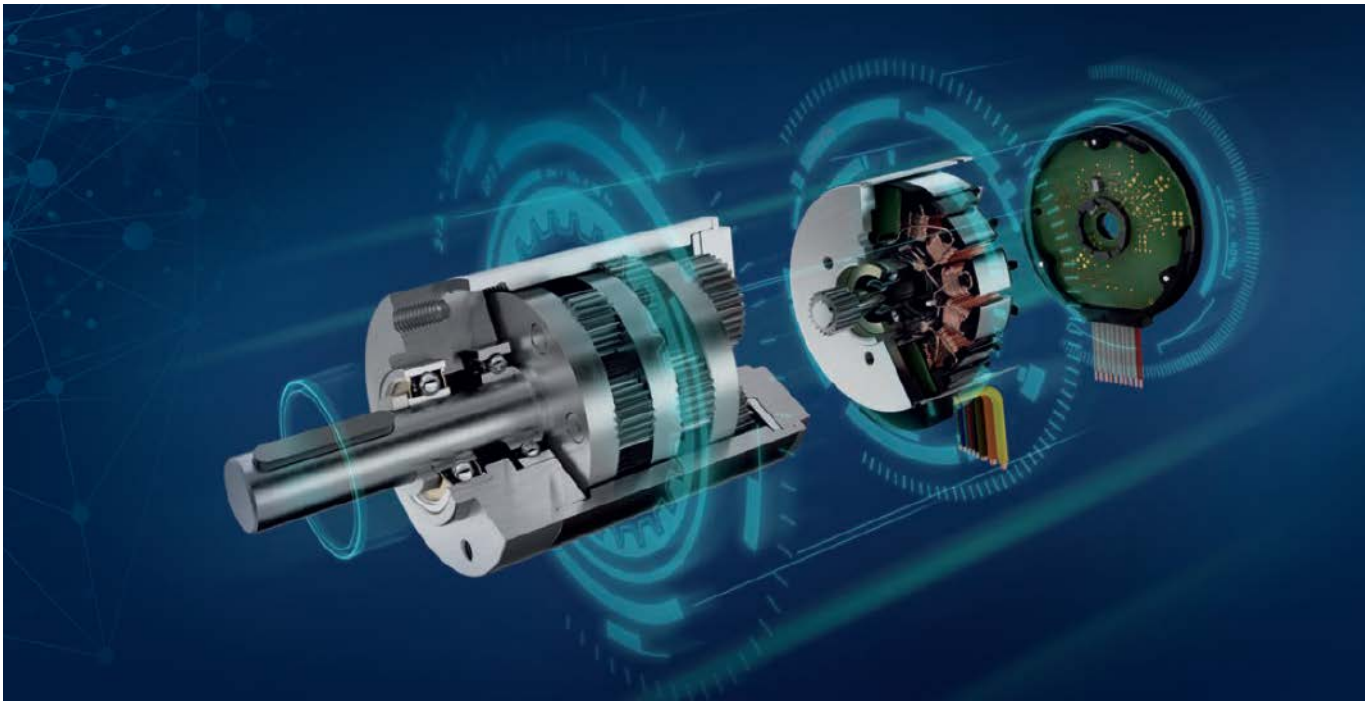


Rysunek 1. Zakresy częstotliwości różnych sygnałów i zakłóceń w otoczeniu sterowanego napędu

Certyfikacja w miejscu zastosowania

Wartości graniczne dla regulowanych napędów elektrycznych w zakresie emisji zaburzeń elektromagnetycznych oraz odporności na te zaburzenia określa norma PN-EN 61800-3. Norma ta stanowi jednak tylko podstawę do oceny napędu gotowego do pracy. Nie

eprasa.pl a982d0ace0

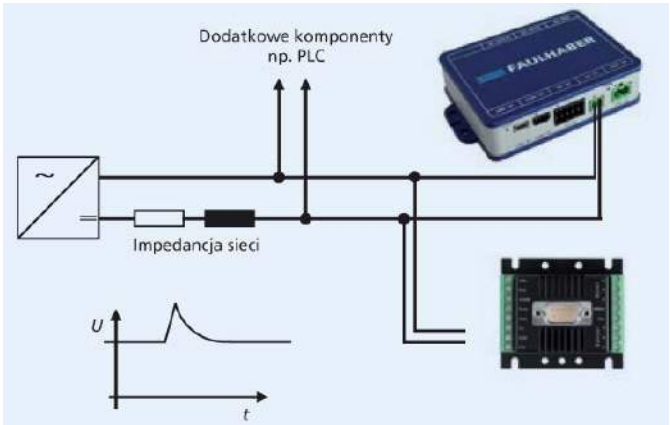


można w wiarygodny sposób przewidzieć, jak będzie się on zachowywał w urządzeniu końcowym. W tym wypadku użytkownik jest zobowiązany do uzyskania certyfikatu dotyczącego konkretnego zastosowania. W systemach zawierających miniaturowe napędy elektryczne energia elektryczna jest zwykle przekształcana kilka razy. Powstają przemienne wielkości elektryczne jako napięcia i prądy o bardzo różnych częstotliwościach (**rysunek 1**), np. przełączanie na stopniu wyjściowym, pola zaburzeń (elektro)magnetycznych podczas pracy dynamicznej lub wahania napięcia (tętnienia) podczas przełączania napędów.

Dyrektywa EMC 2014/30/UE dotyczy urządzeń na jednolitym rynku europejskim, natomiast konkretnej oceny dokonuje się w oparciu o tzw. normy zharmonizowane. W przypadku urządzeń sprzedawanych bezpośrednio użytkownikom końcowym wymagana jest zgodność z dyrektywą EMC potwierdzona oznaczeniem CE. Jednak urządzenia, które nie są wprowadzane na jednolity rynek europejski lub które są przeznaczone do zastosowania w przemyśle, często wymagają potwierdzenia zgodności.

Wartości graniczne w przypadku napędów regulowanych

Norma PN-EN 61800-3 stanowi podstawę do oceny gotowego do pracy napędu złożonego z silnika i falownika lub kontrolera ruchu, zasilanych bezpośrednio z sieci. Określa również zasady konfiguracji pomiarów. Do rodzajów zaburzeń mają zastosowanie różne określenia: w zakresie częstotliwości od 150 kHz do 30 MHz są one definiowane jako napięcie zaburzeń w dB (µV), w zakresie częstotliwości od 30 MHz do 300 MHz jako moc zaburzeń w dB (pW), a w zakresie od 30 MHz do 6 GHz jako pole zaburzeń w dB (µV/m). To podejście zakłada, że przemienne wielkości o niskiej częstotliwości występują przede wszystkim jako napięcie zaburzeń nakładające się na zasilanie. Prądy tętniące napędu regulowanego mogą wówczas wpływać np. na działanie sterownika PLC podłączonego równolegle (**rysunek 2**). Podobnie skok napięcia zasilania podczas hamowania może spowodować, że urządzenia połączone równolegle zainicjują wyłączenie ochronne. Moc zaburzeń i pole zaburzeń opisują promieniowane rozchodzenie się pól elektromagnetycznych.



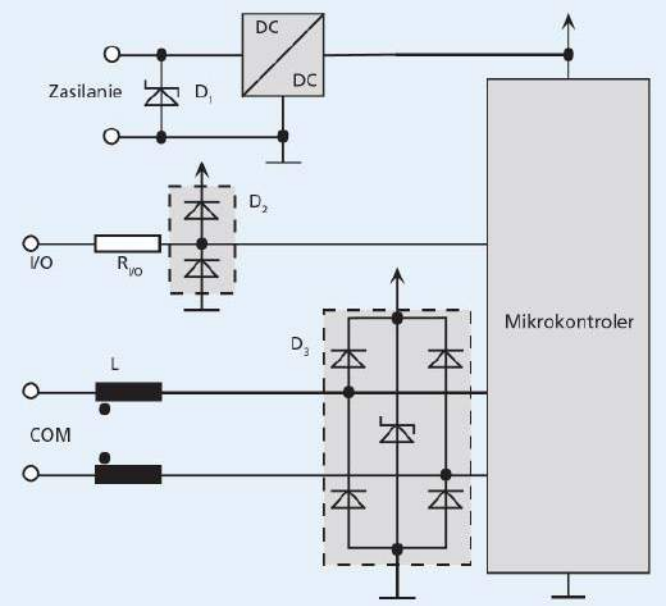
Rysunek 2. Sprzężenie galwaniczne wielu elementów w połączeniu DC. Energia regenerowana może powodować krytyczne przepięcia

Wyzwanie w postaci pola zaburzeń

Podczas certyfikacji urządzenia ze zintegrowanym napędem miniaturowym często największym wyzwaniem jest pole zaburzeń. Możliwe środki zapobiegawcze to np. filtry na wyjściach zasilania do tłumienia prądów zaburzeń o wysokiej częstotliwości (**rysunek 3**). Każdy przewód zasilający silnik zwykle musi być w pełni ekranowany. To samo dotyczy przewodu czujnika ułożonego oddzielnie od przewodu zasilającego silnik. Ważne jest również, aby wszystkie elementy przewodzące były podłączone do tzw. uziemienia funkcjonalnego za pomocą złączy z ekranowaniem RF. Bazując na uziemieniu funkcjonalnym, oba końce ekranu można następnie połączyć na płasko. Zwykłe uziemienie ochronne jest wystarczające tylko w bardzo niewielkiej liczbie przypadków.

Podczas, gdy pole zaburzeń jest skutecznie tłumione przez uziemienie funkcjonalne i przewody ekranowane, w rezultacie powrotny prąd przemienny w płycie podstawy ma tendencję do wzrostu. Jeżeli te prądy przemienne płyną z powrotem do przekształtnika przełączającego przez sieć lub zasilacz, napięcie prądu przemiennego na przewodzie zasilającym nieuchronnie wzrasta, a tym samym wzrasta również napięcie zaburzeń. Dlatego często potrzebny jest dodatkowy filtr na linii zasilającej, który ogranicza rozchodzenie się tych prądów. Do producenta urządzenia należy decyzja, czy zainstaluje taki filtr przed każdym napędem – w przypadku napędów miniaturowych zazwyczaj na linii zasilającej 24 V lub 48 V – czy tylko przed zasilaczem po stronie prądu przemiennego. To drugie rozwiązanie zapewnia oszczędność kosztów, ale sprawdza się tylko w przypadku napędów zaprojektowanych w taki sposób, aby nie wywoływały wzajemnych zaburzeń.

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 3. Typowe środki ochronne dla zwiększenia odporności na zaburzenia wejść zasilania, sygnału i komunikacji

Odporność na zaburzenia w testach standardowych

Standardowe testy odporności na zaburzenia obejmują szeroki zakres efektów elektromagnetycznych, takich jak odporność na zaburzenia wywoływane przez wyładowania elektrostatyczne (ESD) i pola elektromagnetyczne o wysokiej częstotliwości emitowane przez nadajnik w pobliżu, odporność na szybkie elektryczne stany przejściowe (impulsy), przepięcia, np. spowodowane wyładowaniami atmosferycznymi, lub zaburzenia współbieżne o częstotliwościach radiowych na dłuższych przewodach czujników i przewodach komunikacyjnych. Dodatkowe testy dla krótszych zapadów napięcia są zdefiniowane przede wszystkim dla napędów zasilanych bezpośrednio z sieci elektrycznej. Z drugiej strony typowe wahania napięcia wielu napędów dynamicznych w systemie zasilanym prądem stałym nie są wykrywane.

W przypadku napędów miniaturowych dodatkowe możliwości eliminacji zaburzeń obejmują użycie możliwie jak najkrótszych kabli lub zastosowanie diod ochronnych po stronie zasilania. Inną możliwość stanowią filtry ferrytowe, takie jak stosowane w kablach analogowych monitorów komputerowych lub w przewodach komunikacyjnych. W przypadku napędów kompaktowych enkodery stanowią główne wyzwanie, jeśli chodzi o odporność komponentów na zaburzenia. Również wymagają instalacji w niewielkiej przestrzeni. Jednak nawet w przypadku małych enkoderów wystarczającą podstawową ochronę przed wyładowaniami elektrostatycznymi można osiągnąć dzięki kompaktowym elementom ochronnym. Natężenia pola określone dla odporności na zaburzenia zasadniczo nie stanowią problemu ani w zakresie częstotliwości radiowych, ani w zakresie częstotliwości napięcia w sieci elektroenergetycznej. Odporność na zaburzenia wywoływane przez impulsy lub szybkie elektryczne stany przejściowe wymaga filtrów zarówno na przyłączu zasilania, jak i kablach sygnałowych.

Stanowi to jednak problem w przypadku przyłączy zasilania, ponieważ zasilanie jest zazwyczaj podłączone bezpośrednio do zintegrowanych obwodów enkodera. Skuteczna ochrona jest zatem możliwa tylko w kompletnym urządzeniu. Pełna ochrona bezpośrednio w enkoderach przed standardowymi zaburzeniami nie jest zazwyczaj konieczna. W razie potrzeby można jednak zainstalować diodę ochronną, np. na płytce adaptera.

Sygnał testowy dla przewodzonych zakłóceń w zakresie częstotliwości radiowych zgodnie z normą IEC 61000-4-6 ma większą moc niż sygnał użyteczny typowych enkoderów. Wykorzystanie filtrów sygnału współbieżnego w enkoderze dla silników o średnicach od 20 do 22 mm nie jest jednak możliwe. W tym przypadku należy przeprowadzić ocenę na poziomie urządzenia, aby określić, jakiego typu zaburzeń można się spodziewać. W razie potrzeby odporność na zaburzenia można poprawić za pomocą zewnętrznie podłączonych ferrytów.

Spadki napięcia w zasilaczu układu napędowego mogą spowodować wyłączenie układu. W zależności od bufora zasilania enkodera w kontrolerze ruchu, enkoder może mieć niewystarczające zasilanie w przypadku spadków napięcia. W takim przypadku enkodery przyrostowe tracą informacje o pozycji bezwzględnej i wymagają odtworzenia punktu odniesienia.

Zgodność projektu i dokumentacji z wymogami w zakresie EMC

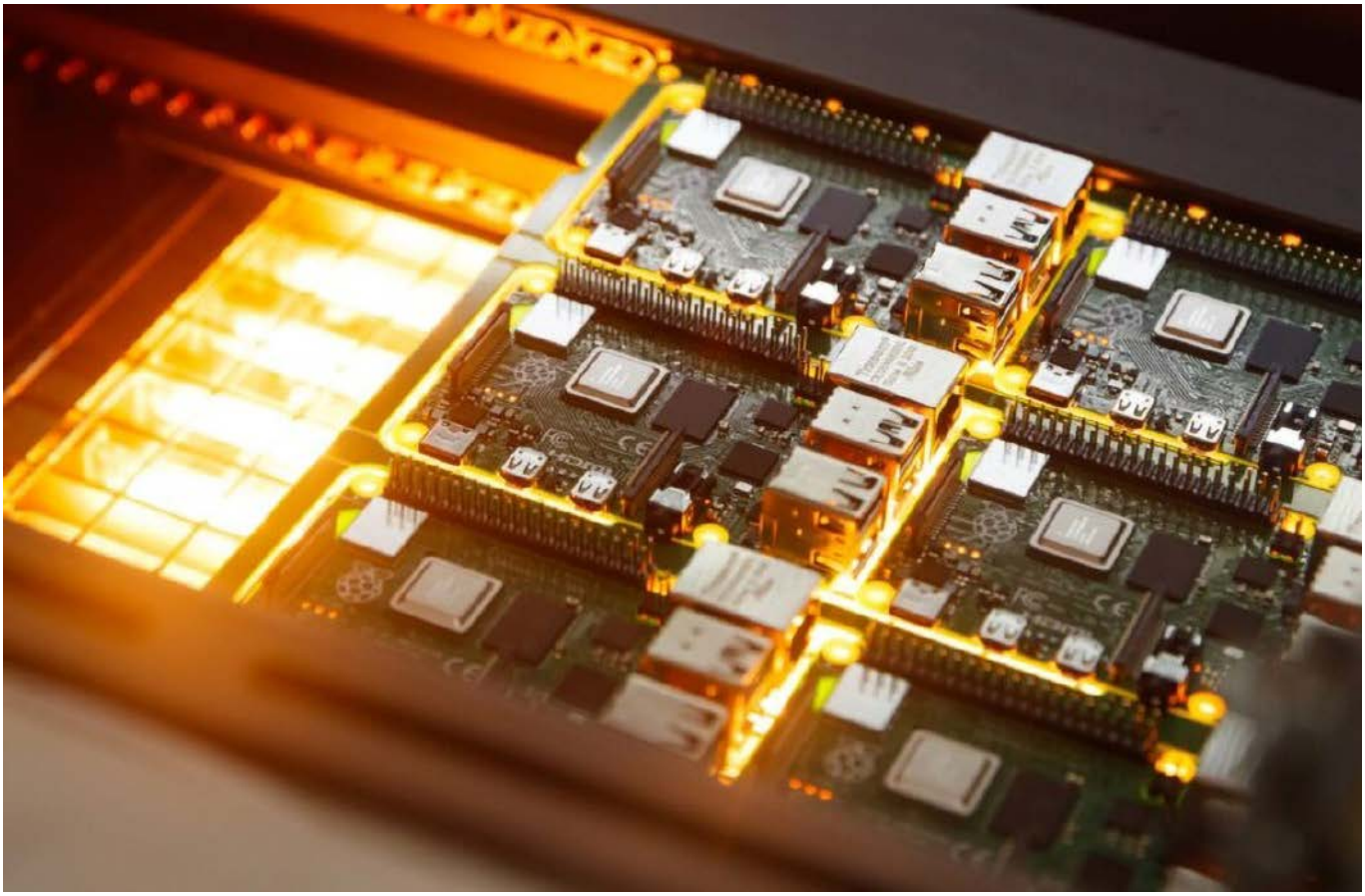
Kompatybilność elektromagnetyczna w przypadku napędów miniaturowych ma niebagatelne znaczenie dla użytkowników. Dlatego specjaliści w zakresie napędów z firmy FAULHABER szczegółowo zbadali to złożone zagadnienie. Wszystkie kontrolery ruchu w naszej szerokiej ofercie są zgodne z obowiązującymi przepisami w zakresie EMC. Nie tylko urządzenia zostały odpowiednio zoptymalizowane, ale także dokumentacja została dostosowana, aby zapewnić użytkownikom jak najlepsze wsparcie podczas certyfikacji własnych urządzeń.

Faulhaber
www.faulhaber.com

REKLAMA

Świat projektantów i programistów
dla elektroniki w nowej odsłonie. Odwiedź
ELPORTAL.pl
Obserwuj nas również na Facebooku: www.facebook.com/Elportalpl

eprasa.pl a982d0ace0



Komputery jednopłytkowe 2022

czyli czym zastąpić Malinę

Ostanie dwa lata były niezwykle trudne dla branży elektronicznej. Szereg awarii w fabrykach półprzewodników, pandemia, lockdowny, skomplikowana sytuacja geopolityczna, a nawet ekstremalne zjawiska klimatyczne przyczyniły się do poważnych perturbacji w produkcji i dostawach półprzewodników. To oczywiście zakłóciło funkcjonowanie wielu powiązanych branż, jak np. branży motoryzacyjnej. Chociaż obecnie sytuacja się stabilizuje, to ciągle brakuje niektórych modułów – można się o tym przekonać, próbując zdobyć komputerek Raspberry Pi. Jak się okazuje, aktualne braki nie wynikają z zakłóceń w produkcji, ale z ogromnego zapotrzebowania na komponenty tego typu.

Fundacja Raspberry informuje na swojej stronie, że pomimo różnych wyzwań związanych z łańcuchem dostaw, co miesiąc jest w stanie wyprodukować około 500 tys. komputerków Raspbrerry Pi. Natomiast obecna sytuacja wynika ze skumulowania się występującego aktualnie dużego popytu i ciągle nieskompensowanych niedawnych przestojów produkcyjnych. W rezultacie wielu dystrybutorów ma zaległości, które wypełniają, gdy tylko otrzymują towar.

Słaba dostępność SBC z rodziny Raspberry Pi przyczyniła się też do nasilenia działalności, która polega na wykupowaniu dostępnych egzemplarzy od oficjalnych dystrybutorów i odsprzedawania ich po dużo wyższej cenie. Często dzieje się, to w sposób wręcz automatyczny przy użyciu programów tzw. botów. Choć podejmowane są działania, które mają temu zapobiegać to w praktyce, chcąc zakupić RPi w standardowej cenie, poniżej 300 zł, zobaczymy tylko: *Out of stock*. Natomiast komputerki po dwukrotnej cenie są dostępne od ręki na różnych serwisach aukcyjnych.

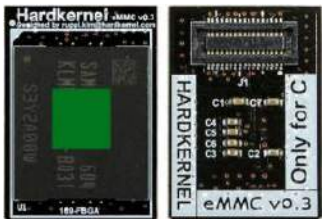
Taka sytuacja jest bulwersująca i na forach można było znaleźć wypowiedzi użytkowników, konstruktorów, małych firm – startupów, czy nawet osób zaangażowanych w edukację dzieci i młodzieży, które zarzucały Fundacji Raspberry odejście od jej głównego celu. Celem Raspberry miała być edukacja – umożliwienie młodym uczniom i studentom poszerzenia ich świadomości STEM (nauka, technologia, inżynieria i matematyka – *science, technology, engineering, mathematics*), dzięki dostarczeniu wydajnego, łatwo dostępnego komputera jednopłytkowego w akceptowalnej cenie. Tymczasem cała produkcja jest przeznaczana na zapotrzebowania komercyjne.

eprasa.pl a982d0ace0

Według prognoz cała ta skomplikowana sytuacja ma się ustabilizować w 2023 roku. Naturalnym zjawiskiem jest to, że kiedy brakuje jednego komponentu, to szukamy rozwiązań alternatywnych. Producenci elektroniki doskonale o tym wiedzą i wręcz wyczekują takich sytuacji. To doskonała okazja, aby wejść na rynek z nowym produktem. Jaka jest odpowiedź branży elektronicznej na braki Maliny? W artykule omówimy kilka minikomputerów, które mogą być alternatywą dla serii Raspberry, wybranych nie ze względu na parametry czy innowacyjność, ale ze względu na dobrą dostępność na rynku.

ODROID

Komputery jednopłytkowe ODROID to szeroka rodzina produktów opracowanych przez firmę Hardkernel z siedzibą w Korei Południowej. Nazwa ODROID powstała z połączenia słów *open* + *Android*, jednak projekt sprzętu nie jest w pełni otwarty. Komputerki w większości działają z system Android, ale także z popularnymi dystrybucjami Linuksa.

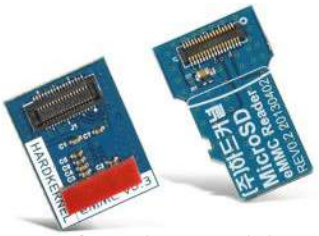


Fotografia 1. Moduł z pamięcią eMMC przeznaczony do komputerów z rodziny ODROID

Pierwsza generacja płytek trafiła na rynek w 2009 roku, potem pojawiły się kolejne nowocześniejsze modele. Urządzenia z oznaczeniem C w nazwie są wyposażone w układ Amlogic SoC, natomiast modele XU są wyposażone w układ Samsung Exynos SoC. Oba zawierają procesor ARM (CPU) i procesor graficzny (GPU). Architektury procesorów obejmują ARMv7-A i ARMv8-A, zakres dostępnej pamięci RAM wynosi od 1 GB do 4 GB. Większość płyt ma od trzech do pięciu gniazd USB 2.0 i/lub 3.0 i wyjście HDMI, a niektóre modele mają port Gigabit Ethernet. Wyprowadzenia GPIO mają postać 40-pinowego złącza ze szpilkami goldpin, na którym dostępne są popularne interfejsy, takie jak I²C, SPI, UART.



Fotografia 2. Programator do modułów z pamięcią eMMC

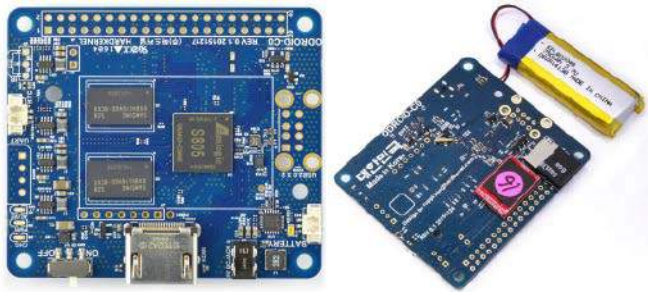


Fotografia 3. Adapter modułu z pamięcią eMMC do złącza kart pamięci MicroSD

ODROID-C0

Jest to zminimalizowana wersja sprzętowa ODROID-C1+ ze zintegrowanym obwodem zasilania współpracującym z akumulatorem litowym 3,7 V. Doskonale nadaje się do projektów IoT, urządzeń do noszenia i innych aplikacji, które wymagają lekkiego mobilnego rozwiązania (**fotografia 4**). Wszystkie obrazy systemów operacyjnych dla ODROID-C1/C1+ są w pełni kompatybilne z ODROID-C0. Działają np. Ubuntu, Android, Arch Linux, Debian i OpenELEC, z tysiącami dostępnych darmowych pakietów oprogramowania typu open source. Płytka jest dostarczana bez wlutowanych gniazd USB, złączy szpilkowych i bez radiatora dla obniżenia wagi i zoptymalizowania aspektów logistycznych. Najważniejsze cechy ODROID-C0:

- 32-bitowy procesor Amlogic S805 SoC: 4×ARM Cortex-A5 (ARMv7) 1,5 GHz,
- GPU Mali-450 MP2 600 MHz (z obsługą OpenGL ES 2.0/1.1),
- 1 GB pamięci DDR3 792 MHz,
- gniazdo pamięci flash eMMC 4.5 HS200 oraz gniazdo karty microSD UHS-1,
- 40-pinowe złącze GPIO, 7-pinowe złącze z wyprowadzonym interfejsem I²S, 2×ADC 10-bitowy,
- standardowe wyjście HDMI (audio, video), 2×USB 2.0 (niezamontowane na płytce)
- ładowarka akumulatorów litowych,
- odbiornik podczerwieni (IR), złącze UART 3,3 V (niezamontowane),
- zegar RTC z możliwością podtrzymania zasilania,
- poziom napięcia akumulatora dostępny z przetwornika ADC zintegrowanego z procesorem,
- zasilanie: 5 V/2 A lub z akumulatora litowego 3,7 V,
- wymiary: 58×56×11 mm,
- oficjalna produkcja została zakończona.



Fotografia 4. Komputer SBC typu ODROID-C0

ODROID-C1+

Wersja C1+ jest odnowioną wersją C1, a zasadnicza różnica to standardowe – złącze HDMI zamiast wersji micro (**fotografia 5**). Specyfikacja minikomputera jest podobna do wcześniej opisanej wersji C0, czyli zawiera wydajny procesor Amlogic S805 oraz 1 GB pamięci RAM, ale dodatkowo ma wbudowany port Ethernet Gigabit, cztery gniazda USB 2.0 oraz USB OTG. Działa z systemami Ubuntu 14.04 lub Android 4.2. Ma bardzo szerokie zastosowanie – może służyć jako prosty komputer do przeglądania stron internetowych, sterownik do automatyki domowej, mały serwer, czy tanie urządzenie do prototypowania systemów wbudowanych. Konstrukcja jest bardzo podobna do płytek Raspberry i z powodzeniem może je zastąpić. Najważniejsze cechy ODROID-C1+:

- 32-bitowy procesor Amlogic S805 SoC: 4×ARM Cortex-A5 (ARMv7) 1,5 GHz,
- GPU Mali-450 MP2 600 MHz (z obsługą OpenGL ES 2.0/1.1),
- 1 GB pamięci DDR3 792 MHz,
- gniazdo pamięci flash eMMC 4.5 HS200 oraz gniazdo karty microSD UHS-1,
- 40-pinowe złącze GPIO, 7-pinowe złącze z wyprowadzonym interfejsem I²S, 2×ADC 10-bitowy,
- standardowe wyjście HDMI (audio, video), 4×USB 2.0, Ethernet 1 Gb/s,
- USB OTG, poprzez które może być dostarczane zasilanie i realizowana transmisja danych,
- odbiornik podczerwieni (IR), złącze UART 3,3 V,
- zegar RTC z możliwością podtrzymania zasilania,
- zasilanie: 5 V/2 A,
- wymiary: 85×56×18 mm,
- oficjalna produkcja została zakończona.



Fotografia 5. Komputer SBC typu ODROID-C1+

eprasa.pl a982d0ace0

ODROID-C2

Minikomputer w wersji C2 (**fotografia 6**) ma znaczne ulepszenia w stosunku do poprzednika. Zastosowano nowy CPU w postaci 64-bitowego procesora Amlogic S905 (ARM Cortex-M53) o częstotliwości taktowania 1,5 GHz oraz ulepszony 3-rdzeniowy GPU Mali-450 MP3. Również zwiększona została ilość pamięci RAM do 2 GB. Wyjście HDMI ulepszono do wersji 2.0 i pozwala na pracę w trybie 4k/60 Hz. W tej wersji zrezygnowano natomiast z zegara RTC – może być zastosowany tylko jako zewnętrzny moduł. Działa z systemami Ubuntu 16.04 i Android 5.1. Większa wydajność wiąże się z większym zapotrzebowaniem na energię, w tym wypadku zasilacz 5 V/2 A niskiej jakości może nie wystarczyć. Charakterystyczna dla tej wersji jest płytka w kolorze czarnym. Najważniejsze cechy ODROID-C2:

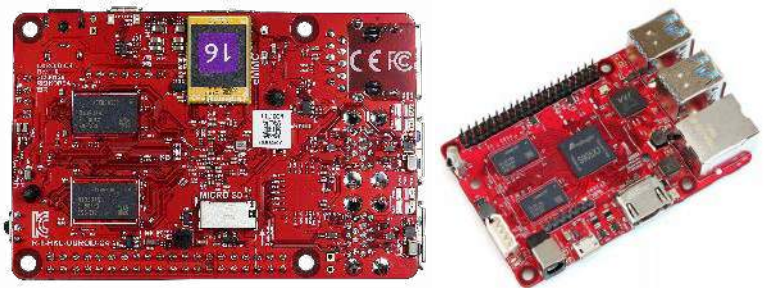


Fotografia 6. Komputer SBC typu ODROID-C2

- 64-bitowy procesor Amlogic S905 SoC: 4×ARM Cortex-A53 (ARMv8) 1,5 GHz,
- GPU ARM Mali-450 MP3 700 MHz (z obsługą OpenGL ES 2.0/1.1),
- 2 GB pamięci DDR3 912 MHz,
- gniazdo pamięci flash eMMC 5.0 HS400 oraz gniazdo karty microSD UHS-1 (83 MHz),
- 40-pinowe złącze GPIO, 7-pinowe złącze z wyprowadzonym interfejsem I²S, 2×ADC 10-bitowy,
- standardowe wyjście HDMI 2.0, 4k/60 Hz, 4×USB 2.0, Ethernet 1 Gb/s,
- USB OTG, poprzez które może być dostarczane zasilanie i realizowana transmisja danych,
- odbiornik podczerwieni (IR), złącze UART 3,3 V,
- zasilanie: 5 V/2 A,
- wymiary: 85×56×18 mm,
- oficjalna produkcja została zakończona.

ODROID-C4

Najnowsze urządzenie – ODROID-C4 (**fotografia 7**), to komputer jednopłytkowy nowej generacji, który jest jednocześnie szybszy i bardziej energooszczędny niż wersja C2. Procesor główny to Amlogic S905X3 quad-core Cortex-A55 2,0 GHz ze zintegrowanym procesorem graficznym nowej generacji Mali-G31. Procesor działa z maksymalną częstotliwością bez dławienia termicznego przy zastosowaniu standardowego radiatora, co sprawia, że ODROID-C4 jest solidnym i cichym komputerem. Płytka ma również 4 GB pamięci RAM DDR4, port Ethernet 1Gb/s, HDMI 2.0 i cztery gniazda USB 3.0. Działa z systemami Ubuntu 20.04 lub Android Pie 9.0. Charakterystyczna dla tej wersji jest płytka w kolorze czerwonym. Najważniejsze cechy ODROID-C4:

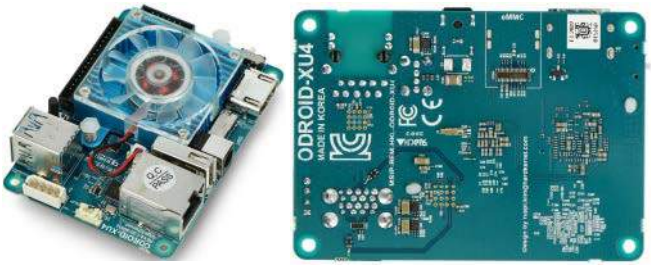


Fotografia 7. Komputer SBC typu ODROID-C4

- 64-bitowy procesor Amlogic S905X3 SoC: 4×ARM Cortex-A55 (ARMv8) 2,0 GHz,
- GPU ARM Mali-G31 650 MHz (z obsługą OpenGL ES 2.0/1.1),
- 4 GB pamięci DDR3 (magistrala 32-bitowa),
- gniazdo pamięci flash eMMC 5.1 oraz gniazdo karty microSD UHS-1,
- 40-pinowe złącze GPIO, 7-pinowe złącze z wyprowadzonym interfejsem I²S, 2×ADC 12-bitowy,
- standardowe wyjście HDMI 2.0, 4k/60 Hz, 4×USB 3.0, Ethernet 1 Gb/s,
- USB OTG, poprzez które może być dostarczane zasilanie i realizowana transmisja danych,
- odbiornik podczerwieni (IR), złącze UART 3,3 V,
- zasilanie: 5,5...15,5 V, zalecane 12 V/2 A, gniazdo DC jack 5,5/2,1 mm,
- wymiary: 85×56×18 mm.

ODROID-XU4/XU4Q

Komputerki SBC ODROID-XU4 (**fotografia 8**) są zbudowane z zastosowaniem 8-rdzeniowych procesorów Samsung Exynos5422 Octa bazujących na nowej technologii Heterogeneous Multi-Processing (HMP), czyli heterogenicznej wieloprocesorowości. Technologia HMP pozwala wykorzystać większą moc dzięki jednoczesnemu użyciu wszystkich ośmiu rdzeni, co przekłada się na znaczną wydajność i skuteczność minikomputerów. Dzięki interfejsom eMMC 5.0, USB 3.0 oraz Ethernet Gigabit wyróżniają się dużą prędkością przesyłania danych, co jest istotne w zaawansowanych procesach obliczeniowych czy generowaniu grafiki 3D. Kompatybilne są różne systemy na bazie Linuxa, takie jak Ubuntu 15.04, Android 4.4 KitKat oraz Android 5.1 Lollipop czy też przygotowany przez społeczność użytkowników – Android 7.1 Płytka ma nieco inny format niż standard Raspberry Pi, inny jest układ złączy, a 40-pinowe GPIO zastąpiono wersją 30-pinową. Standardowo radiator jest wyposażony w wentylator i wtedy jest to wersja XU4, natomiast XU4Q ma zamontowany wyższy radiator bez wentylatora i jest wyposażona w dodatkowe zabezpieczenia termiczne. Najważniejsze cechy ODROID-XU4/XU4Q:



Fotografia 8. Komputer SBC typu ODROID-XU4

- 32-bitowy, 8-rdzeniowy procesor Samsung Exynos5422 Octa, 4×ARM Cortex-A15 2,0 GHz, 4×Cortex-A7 1,5 GHz,
- GPU Mali-T628 MP6 600 MHz (z obsługą OpenGL ES 3.1/2.0/1.1, OpenCL 1.2),
- 2 GB pamięci DDR3 933 MHz (magistrala 32-bitowa),
- gniazdo pamięci flash eMMC 5.0 oraz gniazdo karty microSD UHS-1,
- 30-pinowe złącze GPIO, 12-pinowe złącze (I²S, I²C), 2×ADC,
- standardowe wyjście HDMI 1.4a, 2×USB 3.0, 1×USB 2.0, Ethernet 1 Gb/s,
- zintegrowany RTC, złącze UART 3,3 V,
- zasilanie: 5 V/4 A, gniazdo DC jack 5,5/2,1 mm,
- wymiary: 82×58×22 mm.

eprasa.pl a982d0ace0

Do przechowywania systemu operacyjnego oraz jako pamięć programów i danych służy karta pamięci MicroSD lub pamięć flash eMMC w postaci modułu (**fotografia 1**) dołączanego poprzez charakterystyczne złącze. Taki moduł oferuje 2...3 razy szybszy transfer niż karta pamięci. Do zainstalowania systemu operacyjnego na module z pamięcią eMMC wymagany jest specjalny programator USB (**fotografia 2**) lub adapter eMMC-MicroSD (**fotografia 3**). Dostępne są też zaprogramowane moduły, oznaczane kolorowymi nalepkami lub wykonane na laminacie o różnych kolorach. Należy upewnić się co do wersji i kompatybilności modułu, ponieważ niektóre nie działają z danymi komputerami.

Charakterystyczną cechą minikomputerów ODROID jest złącze z interfejsem UART, odbiornik podczerwieni oraz sprzętowy

ODROID-N2/N2+

Model N2+ odznacza się zupełnie inną konstrukcją (**fotografia 9**), odbiegającą od standardu Raspberry. Cała płytka jest osadzona na radiatorze, który jest solidną podstawą urządzenia i jednocześnie zapewnia skuteczne odprowadzanie ciepła. Złącza są rozmieszczone w uporządkowany sposób tak, że urządzenie można zamknąć w kompaktowej obudowie. Jako procesor zastosowano nowoczesny układ Amlogic S922X z czterema rdzeniami Cortex-A73 oraz dwoma rdzeniami Cortex-A53 i zintegrowanym procesorem graficznym Mali--G52. Dostępne są warianty z 2 GB lub 4 GB szybkiej pamięci RAM. ODROID-N2 ma zintegrowaną pamięć Flash SPI o rozmiarze 8 MB, która może zawierać pliki binarne ładowania początkowego (*boot*) (U-boot, minimalne jądro Linuksa, czy ramdysk zawierający Petitboot). Na płytce znajdują się wszystkie standardowe złącza i interfejsy, także charakterystyczny dla komputerków ODROID odbiornik podczerwieni, układ RTC wraz z gniazdem baterii, a nawet analogowe wyjście video i audio wysokiej jakości. Takie zestawienie doskonale sprawdzi się w różnych aplikacjach multimedialnych. Wersja N2+ zawiera niższy radiator w stosunku do wersji N2, pomimo, że pracuje z wyższymi częstotliwościami rdzeni (Cortex-A73 z 1,8 GHz do 2,4 GHz, a dwurdzeniowy Cortex-A53 z 1,9 GHz do 2,0 GHz). Komputer współpracuje z systemami Linux Ubuntu 18.04, a także Android Pie 9.0. Najważniejsze cechy ODROID-N2+:



Fotografia 9. Komputer SBC typu ODROID-N2+

- 64-bitowy, 6-rdzeniowy procesor Amlogic S922X, 4×ARM Cortex--A73 2,4 GHz, 2×Cortex-A53 2,0 GHz,
- GPU Mali-G52 MP6 800 MHz (z obsługą OpenGL ES 3.2, Vulcan 1.0, OpenCL 2.0),
- 2 GB lub 4 GB pamięci DDR4 1320 MHz (magistrala 32-bitowa),
- gniazdo pamięci flash eMMC 5.0 oraz gniazdo karty microSD UHS-1, pamięć Flash SPI 8 MB,
- 40-pinowe złącze GPIO, 2×ADC 10-bitowy,
- standardowe wyjście HDMI, composite video, 4×USB 3.0, USB OTG, Ethernet 1 Gb/s,
- odbiornik podczerwieni (IR), zintegrowany RTC (NXP PCF8563), złącze UART 3,3 V,
- wyjście liniowe audio/stereo wysokiej jakości (DAC 384 kHz, 32 bity),
- zasilanie: 7,5...18 V, zalecane 12 V/2 A, gniazdo DC jack 5,5/2,1 mm,
- wymiary płytki 90×90×17 mm, radiator: 100×91×19 mm.

ODROID-M1

Minikomputer ODROID-M1 (**fotografia 10**) został opracowany, aby sprostać wymaganiom aplikacji korzystających z technologii AI i ML. Jako procesor zastosowano energooszczędny i wydajny czterordzeniowy układ Rockchip RK3568B2 Cortex-A55 ze zintegrowanym, wysokowydajnym akceleratorem AI – układem przetwarzania sieci neuronowych (NPU). Na systemie operacyjnym Ubuntu Linux można uruchomić różne modele TensorFlow Lite i ONNX. Płytkę wyposażono w 4 GB lub 8 GB pamięci RAM oraz złącza do obsługi pamięci eMMC i kart microSD. W zestawie gniazd znajdują się wszystkie niezbędne interfejsy Ethernet, HDMI i USB 3.0. Na spodzie płytki zamontowano wydajny radiator, który wspomaga chłodzenie całego układu podczas pracy.

Cechą, która wyróżnia płytkę ODROID-M1, jest obsługa pamięci masowych w postaci dysków M.2 NVMe o wymiarach 22×80 mm. Złącze M.2 ma 2-liniową konfigurację PCIe 3.0, która zapewnia szybki dostęp sekwencyjny o wydajności 1600 MB/s. Minikomputer nie obsługuje pamięci M.2 SATA. Gniazdo M.2 obsługuje tylko interfejs PCIe (M-Key). Komputer ma też pojedynczy natywny port SATA 3.0 (nie USB), który umożliwia podłączenie dysku twardego 2,5" lub urządzenia pamięci masowej SSD NAND. Interfejs SATA zapewnia szybkość dostępu sekwencyjnego na poziomie prawie 500 MB/s. Kolejnym rozwiązaniem wyróżniającym model M1 na tle wcześniejszych produktów jest interfejs kamery MIPI-CSI. Taka konfiguracja komputera sprawia, że jest odpowiednim rozwiązaniem do aplikacji związanych z przetwarzaniem obrazu.

Najważniejsze cechy ODROID-M1:

- 64-bitowy, 6-rdzeniowy procesor Rockchip RK3568B2, 4×ARM Cortex-A55 2,0 GHz,



Fotografia 10. Komputer SBC typu ODROID-M1

- zintegrowany, wysokowydajny akcelerator AI NPU, obsługuje m.in. TensorFlow, TFLite, ONNX, PyTorch, Keras,
- GPU Mali-G52 MP2 650 MHz (z obsługą OpenGL ES 3.2, Vulcan 1.0, OpenCL 2.0),
- 4 GB lub 8 GB pamięci DDR4 1560 MHz (magistrala 32-bitowa),
- gniazdo pamięci flash eMMC 5.1 oraz gniazdo karty microSD UHS-1, pamięć flash SPI 16 MB,
- gniazdo pamięci masowych NVME M.2 SSD (2×PCIe 3.0), natywny port SATA 3.0,
- 40-pinowe złącze GPIO, 2×ADC 10-bitowy,
- standardowe wyjście HDMI, composite video, 2×USB 3.0, 2×USB 2.0, Ethernet 1 Gb/s,
- złącze kamery MIPI-CSI, złącze wyświetlacza MIPI-DSI,
- odbiornik podczerwieni (IR), zintegrowany RTC, złącze UART 3,3 V,
- wyjście liniowe audio/stereo wysokiej jakości (DAC 384 kHz, 32 bity),
- zasilanie: 7,5...18 V, zalecane 12 V/2 A, gniazdo DC jack 5,5/2,1 mm,
- wymiary płytki 90×122×16 mm, radiator: 100×123×19 mm.

eprasa.pl a982d0ace0

zegar RTC z podtrzymaniem. Wszystkie te komponenty są zintegrowane w większości wersji.

Spośród opisanych dalej komputerków część nie jest już oficjalnie produkowana, jednak pomimo to są stale dostępne w sprzedaży i mogą być dobrym wyborem do mniej wymagających aplikacji. Dokładna dokumentacja i materiały dodatkowe do minikomputerów ODROID dostępne są na stronie https://wiki.odroid.com/.

Banana Pi

Seria komputerów jednopłytkowych Banana Pi jest produkowana przez chińską firmę Shenzhen SINOVOIP i jej spin-off Guangdong BiPai

Banana Pi M2+/M2 Magic

Wersja M2+ (**fotografia 11**) bazuje na procesorze Allwinner H3, 4×ARM Cortex-A7 1,2 GHz połączonym z 1 GB pamięci SDRAM DDR3 i 8 GB pamięci flash eMMC. Zawiera standardowy zestaw złączy: USB, HDMI, Ethernet 1 Gb/s, gniazdo microSD oraz 40-pinowe złącze szpilkowe GPIO z interfejsami UART, I²C, SPI. Wbudowane przyciski: Reset, Power, Uboot oraz odbiornik podczerwieni, są pomocne podczas użytkowania modułu. Dodatkowo na pokładzie jest też moduł Wi-Fi b/g/n oraz BT 4.0 i złącze kamery MIPI-CSI. Wszystko mieści się na płytce o niewielkich rozmiarach 65×65 mm. Obsługiwane systemy to m.in. Android, Ubuntu, Debian oraz Raspbian. Powstała nowsza i bardziej wydajna wersja M2 Pro, jednak jest słabo dostępna i nie zyskała popularności. Najważniejsze cechy Banana Pi M2+:



Fotografia 11. Komputer SBC typu Banana Pi M2+

- 32-bitowy, 4-rdzeniowy procesor Allwinner H3, 4×ARM Cortex-A7 1,2 GHz,
- GPU Mali-400 MP2 600 MHz (z obsługą OpenGL ES 2.0),
- 1 GB pamięci DDR3,
- wbudowana pamięć flash 8 GB eMMC, gniazdo karty microSD,
- moduł Wi-Fi b/g/n oraz BT 4.0, złącze anteny zewnętrznej,
- 40-pinowe złącze GPIO, złącze kamery MIPI-CSI,
- standardowe wyjście HDMI, 2×USB 2.0, USB OTG, Ethernet 1 Gb/s,
- odbiornik podczerwieni (IR), złącze UART 3,3 V,
- zasilanie: 5 V/2 A, DC jack 4,0/1,7 mm,
- wymiary: 65×65 mm.

M2 Magic (M2M)

Podobną konstrukcję ma wersja M2 Magic (M2M) (**fotografia 12**). Została zoptymalizowana do aplikacji IoT i dlatego zasoby sprzętowe są nieco słabsze, zrezygnowano też ze złączy HDMI i Ethernet, ale dzięki temu wymiary płytki zostały zredukowane aż do 51×51 mm. Większość dostępnych urządzeń to wersje bez zamontowanego układu pamięci eMMC, zatem do uruchomienia konieczna jest karta pamięci microSD. Najważniejsze cechy Banana Pi M2 Magic (M2M):



Fotografia 12. Komputer SBC typu Banana Pi M2 Magic

- 32-bitowy, 4-rdzeniowy procesor Allwinner R16, 4×ARM Cortex-A7 1,0 GHz,
- GPU Mali-400 MP2 600 MHz (z obsługą OpenGL ES 2.0),
- 512 MB pamięci DDR3,
- gniazdo karty microSD, opcjonalnie wbudowana pamięć flash 8 GB eMMC,
- moduł Wi-Fi b/g/n oraz BT 4.0, złącze anteny zewnętrznej,
- 40-pinowe złącze GPIO, złącze kamery MIPI-CSI, złącze wyświetlacza MIPI-DSI,
- brak HDMI, brak Ethernet, USB 2.0, USB OTG, złącze UART 3,3 V,
- mikrofon, wyjście na głośnik,
- zasilanie: 5 V/2 A, DC jack 4,0/1,7 mm lub złącze USB OTG,
- złącze akumulatora litowego 3,7 V,
- wymiary: 51×51 mm.

Banana Pi M4

Minikomputer Banana Pi M4 (**fotografia 13**) został wyposażony w 64-bitowy procesor Realtek RTD1395 ARM Cortex-A53 Quad-Core połączony z 2 GB pamięci RAM oraz 8 GB pamięci eMMC. Konstrukcja płytki i rozmieszczenie gniazd odpowiada standardowi Raspberry. Minikomputer został wyposażony w moduł Wi-Fi 802.11 b/g/n/AC oraz Bluetooth 4.2. Złącze antenowe u.FL pozwala wzmocnić sygnał Wi-Fi. Dzięki wbudowanemu złączu M.2 można podłączyć zewnętrzny dysk SSD M.2. Zasilanie może być doprowadzone poprzez USB typu C lub nakładkę PoE. Banana Pi M4 jest kompatybilny z systemami Android oraz Linux. Najważniejsze cechy Banana Pi M4:



Fotografia 13. Komputer SBC typu Banana Pi M4

- 64-bitowy, 4-rdzeniowy procesor Realtek RTD1395, 4×ARM Cortex-A53 1,4 GHz,
- GPU Mali-470 MP4 (z obsługą OpenGL ES 2.0),
- 2 GB pamięci DDR4,
- wbudowana pamięć flash 8 GB eMMC, gniazdo karty microSD,
- złącze M.2 Key E PCIE 2.0 dla dysku SSD,
- moduł Wi-Fi b/g/n/AC oraz BT 4.2, złącze anteny zewnętrznej,
- 40-pinowe złącze GPIO, złącze UART 3,3 V,
- standardowe wyjście HDMI 2.0, 4×USB 2.0, Ethernet 1 Gb/s,
- wyjście audio jack 3,5 mm,
- zasilanie: 5 V/2 A poprzez złącze USB C,
- wymiary: 92×60 mm.

eprasa.pl a982d0ace0

Technology. Projekt sprzętowy minikomputerów Banana Pi był inspirowany płytką Raspberry Pi, dlatego w obu rozwiązaniach jest stosowane to samo 40-pinowe złącze GPIO. Większość modeli korzysta z procesorów SoC MediaTek lub Allwinner. Banana Pi jest platformą typu open source. Wspiera takie systemy operacyjne, jak Android, Linux Ubuntu, Debian, Arch Linux, NetBSD, a także Raspbian. Dokładana dokumentacja i materiały dodatkowe do minikomputerów Banana Pi są dostępne na stronie https://www.banana-pi.org/en/banana-pi-sbcs/.

BeagleBone

Fundacja BeagleBoard.org jest korporacją nonprofit z siedzibą w Michigan, USA, która zajmuje się projektowaniem i zastosowaniami oprogramowania i sprzętu typu open source w systemach wbudowanych. Płytki rozwojowe BeagleBone są tanimi, bezwentylatorowymi komputerami jednopłytowymi bazującymi na energooszczędnych procesorach Texas Instruments. Oferują możliwości dzisiejszych komputerów stacjonarnych, ale przy małych gabarytach,

Banana Pi M5

Jednym z nowszych komputerków jest Banana Pi M5 (**fotografia 14**), bazujący na czterordzeniowym procesorze Amlogic S905X, ARM Cortex-A55 2.0 GHz, połączonym z 4 GB pamięci RAM oraz 16 GB pamięci eMMC. Dodatkowo dostępne jest gniazdo microSD wspierające karty o pojemności do 2 TB. Zrezygnowano ze złącza M.2, ponieważ zewnętrzny dysk SSD można z powodzeniem dołączyć poprzez szybkie złącza USB 3.0. Natomiast brak modułu komunikacji bezprzewodowej może wykluczyć wersję M5 z niektórych aplikacji. Banana Pi M5 jest kompatybilny z systemami Android oraz Linux. Najważniejsze cechy Banana Pi M5:

- 64-bitowy, 4-rdzeniowy procesor Amlogic S905X3, 4×ARM Cortex-A55 2,0 GHz,
- GPU Mali-G31 MP2 (z obsługą OpenGL ES 2.0),
- 4 GB pamięci DDR4,
- wbudowana pamięć flash 16 GB eMMC, gniazdo karty microSD do 2 TB,
- 40-pinowe złącze GPIO, złącze UART 3,3 V, odbiornik podczerwieni,
- standardowe wyjście HDMI 2.0, 4×USB 3.0, Ethernet 1Gb/s,
- wyjście audio Jack 3,5 mm,
- zasilanie: 5 V/3 A poprzez złącze USB C,
- wymiary: 92×60 mm.



Fotografia 14. Komputer SBC typu Banana Pi M5

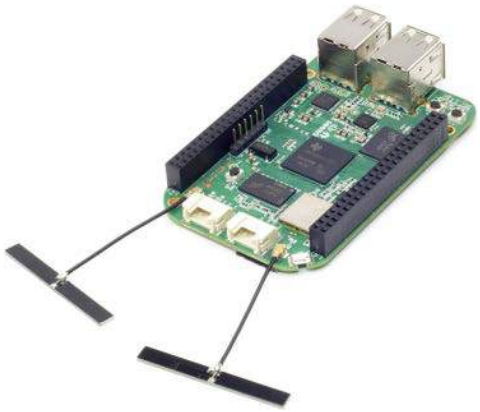
BeagleBone Green/Green Wireless/Black

Wersja Green (**fotografia 15**) to tania, wspierana przez społeczność platforma programistyczna dla konstruktorów. Powstała w wyniku współpracy BeagleBoard.org i Seeed Studio. Bazuje na klasycznym projekcie sprzętowym BeagleBone Black o otwartym kodzie źródłowym z procesorem AM3358 1 GHz ARM Cortex-A8, pamięcią SDRAM 512 MB DDR3 i pamięcią flash 4 GB. Procesor ma wbudowany akcelerator grafiki 3D, sprzętową jednostkę zmiennoprzecinkową NEON floating-point accelerator oraz dwa mikrokontrolery PRU (*Programmable Real-Time Unit*). Na płytce znajdują się załącza USB i Ethernet, natomiast zrezygnowano ze złącza HDMI na rzecz dwóch złączy Grove, co ułatwia podłączenie różnorodnych czujników serii Grove. Minikomputer ma dwa dwurzędowe złącza, na które zostały wyprowadzone cyfrowe piny GPIO. Każdy z pinów może pracować w jednym z 8 trybów. Wspierane systemy operacyjne to m.in. Angstrom Linux, Android, Ubuntu.
W wersji Green Wireless (**fotografia 16**) brakuje złącza Ethernet, za to znajduje się moduł komunikacji bezprzewodowej Wi-Fi 802.11 b/g/n 2,4 GHz i Bluetooth 4.1 z BLE wraz z dwiema zewnętrznymi antenami oraz w sumie 4 gniazda USB.
W wersji Black (**fotografia 17**) zestaw złączy obejmuje Ethernet oraz dodatkowe złącze zasilania, a po przeciwnej stronie płytki złącze USB oraz micro HDMI. Obsługiwane rozdzielczości wideo to: 1280×1024, 1024×768, 1280×720, 1440×900.
Najważniejsze cechy BeagleBone Green/Green Wireless/Black:

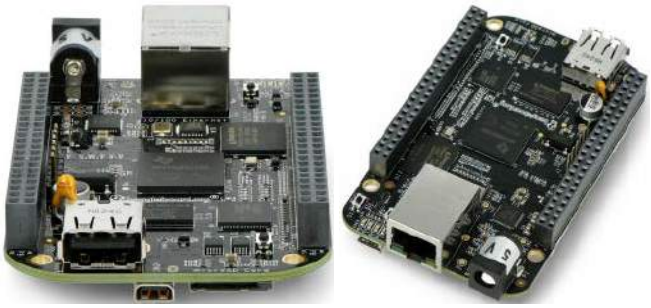
- 32-bitowy, 1-rdzeniowy procesor TI Sitara AM3358, Cortex-A8 1,0 GHz,
- wbudowany akcelerator grafiki 3D, sprzętowa jednostka zmiennoprzecinkowa NEON,
- dwa mikrokontrolery PRU (*Programmable Real-Time Unit*) taktowane zegarem 200 MHz,
- 512 MB pamięci DDR3,
- wbudowana pamięć flash 4 GB eMMC, gniazdo karty microSD,
- 2×46-pinowe złącze GPIO, złącze UART,
- 2 złącza Grove (UART, I²C),
- USB 2.0, USB OTG, Ethernet 1 Gb/s (wersja Green oraz Black),
- 4×USB 2.0, USB OTG (wersja Green Wireless),
- moduł komunikacji bezprzewodowej Wi-Fi 802.11 b/g/n 2,4 GHz i Bluetooth 4.1 z BLE (wersja Green Wireless),
- zasilanie: 5 V poprzez złącze microUSB lub złącze zasilania (tylko wersja Black),
- wymiary: 86×53 mm.



Fotografia 15. Komputer SBC typu BeagleBone Green



Fotografia 16. Komputer SBC typu BeagleBone Green Wireless

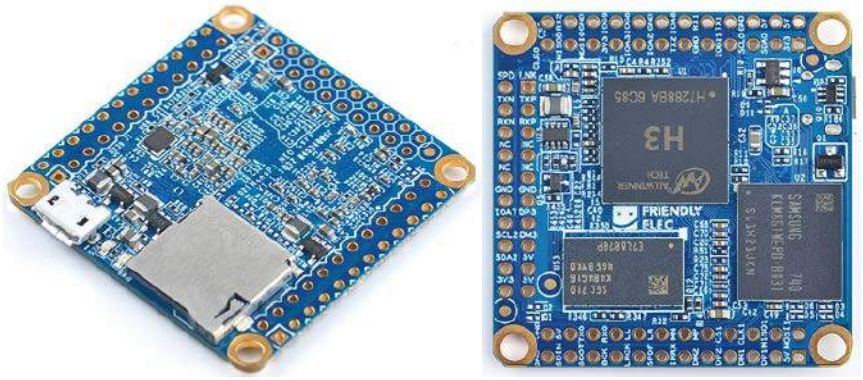


Fotografia 17. Komputer SBC typu BeagleBone Black

eprasa.pl a982d0ace0

NanoPi NEO Core

Wersja Neo Core (**fotografia 18**) to niewielka płytka o wymiarach 40×40 mm wyposażona w układ SoC Allwinner H3 oraz pamięć RAM o standardowej pojemności 256 MB lub 512 MB. Jako pamięć oprogramowania może posłużyć karta pamięci umieszczona w gnieździe na płytce lub opcjonalnie zamontowana pamięć eMMC. Na krawędziach płytki rozmieszczone są złącza GPIO o organizacji 2×12, 2×10 i 2×12 w standardowym rastrze 2,54 mm. Wyprowadzone są tam m.in.: interfejs Ethernet, USB, SPI, UART, I²C, I²S. Moduł współpracuje z systemem Ubuntu w wersji 16.04. Płytkę można zasilać ze złącza Micro USB. Najważniejsze cechy NanoPi NEO Core:

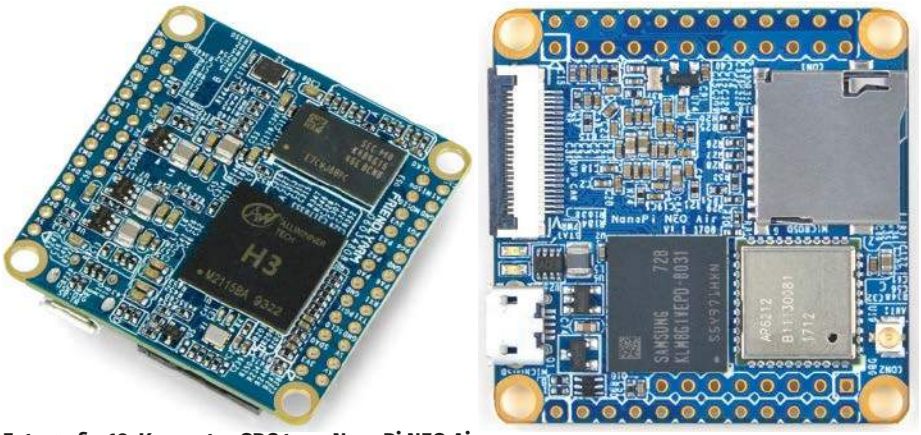


Fotografia 18. Komputer SBC typu NanoPi NEO Core

- 32-bitowy, 4-rdzeniowy procesor SoC Allwinner H3, Cortex-A7 1,2 GHz,
- 256 lub 512 MB pamięci DDR3,
- gniazdo karty microSD oraz opcjonalnie wbudowana pamięć flash 8/16/32 GB eMMC,
- złącza GPIO o organizacji: 2×12, 2×10 i 2×12,
- interfejs Ethernet 10/100 M wyprowadzony na port GPIO,
- wejście/wyjście audio wyprowadzone na port GPIO,
- 3 porty USB 2.0 wyprowadzone na port GPIO,
- złącze UART 3,3 V wyprowadzone na port GPIO,
- złącze micro USB – USB OTG,
- zasilanie: 5 V poprzez złącze micro USB,
- wymiary: 40×40 mm.

NanoPi NEO Air

NEO Air to kompaktowa oraz lekka płytka (**fotografia 19**) podobna do wersji NEO Core ale dodatkowo wyposażona w moduł radiowy umożliwiający na uruchomienie komunikacji Wi-Fi 802.11b/g/n oraz Bluetooth 4.0. Procesor Allwinner H3 Quad-Core jest taktowany zegarem 1,2 GHz i współpracuje z 512 MB pamięci RAM oraz 8 GB pamięci eMMC. Na płytce znajduje się także złącze DVP, które może obsługiwać kamerę producenta. Dodatkowe interfejsy wyprowadzone są na złączach GPIO w rastrze 2,54 mm. Najważniejsze cechy NanoPi NEO Air:

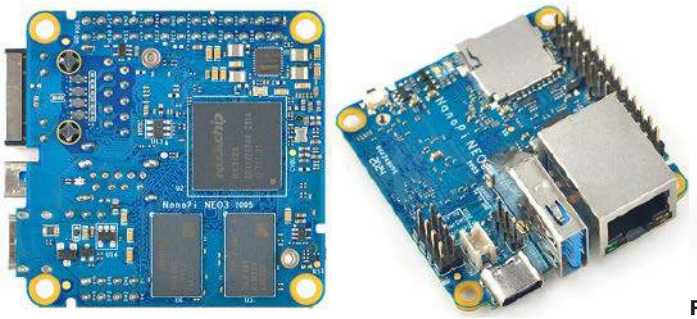


Fotografia 19. Komputer SBC typu NanoPi NEO Air

- 32-bitowy, 4-rdzeniowy procesor SoC Allwinner H3, Cortex-A7 1,2 GHz,
- 512 MB pamięci DDR3,
- gniazdo karty microSD oraz pamięć flash 8 GB eMMC,
- złącza GPIO 24-pinowe i 12 ponowe,
- komunikacja Wi-Fi 802.11b/g/n oraz Bluetooth 4.0,
- wejście/wyjście audio wyprowadzone na port GPIO,
- 2 porty USB 2.0 wyprowadzone na port GPIO,
- złącze UART 3,3 V wyprowadzone na port GPIO,
- złącze micro USB – USB OTG,
- zasilanie: 5 V poprzez złącze micro USB,
- wymiary: 40×40 mm,
- waga: 7,5 g

NanoPi NEO3

NEO3 to niewielki minikomputer (**fotografia 20**) z czterordzeniowym układem SoC RockChip RK3328 (ARM Cortex-A53) i pamięcią RAM DDR4 o pojemności 2 GB. Na płytce znajduje się port Gigabit Ethernet, gniazdo USB 3.0 oraz złącze 26-pinowe z wyprowadzonymi standardowymi interfejsami. Zasilanie jest dostarczane przez złącze USB Typ-C, a system operacyjny uruchamiany jest z karty microSD. Moduł współpracuje z systemem Ubuntu w wersji 18.04. Do minikomputerka dostępna jest dopasowana, estetyczna, niewielka obudowa – **fotografia 21**. Najważniejsze cechy NanoPi NEO3:



Fotografia 20. Komputer SBC typu NanoPi NEO3



Fotografia 21. Obudowa dla płytki NanoPi NEO3

- 64-bitowy, 4-rdzeniowy procesor SoC RockChip RK3328, Cortex-A53 1,3 GHz,
- 2 GB pamięci DDR4 1056 MHz (magistrala 32-bitowa),
- gniazdo karty microSD,
- złącza GPIO 2×13,
- złącze Ethernet 1Gb/s, USB 3.0,
- 2 porty USB 2.0 wyprowadzone na port GPIO,
- złącze UART 3,3 V wyprowadzone na port GPIO,
- zasilanie: 5 V poprzez złącze micro USB C,
- wymiary: 48×48 mm.

eprasa.pl a982d0ace0

niskiej cenie i wysokiej oszczędności energii. Dzięki ogromnemu sukcesowi i wsparciu ze strony licznych dystrybucji Linuksa rozwój stał się bardziej skoncentrowany na zaawansowanych urządzeniach z interfejsem graficznym i/lub sieciowym, bardzo łatwych w obsłudze i programowaniu. Dokładna dokumentacja i materiały dodatkowe do minikomputerów BeagleBone są dostępne na stronie https://beagleboard.org/boards.

NanoPi

Konstrukcje formatu płytek Raspberry Pi w niektórych zastosowaniach mogą okazać się niewystarczająco kompaktowe. Dlatego wielu producentów SBC, oprócz klasycznych płytek zgodnych konstrukcyjnie z RPi oferuje, także moduły bardziej kompaktowe, a niektórzy producenci wręcz koncentrują się tylko na tworzeniu takich rozwiązań. Firma FriendlyElec produkująca minikomputerki NanoPi postanowiła rzucić wyzwanie takim produktom, jak Arduino, Raspberry, czy BeagleBone. NanoPi to ciekawa alternatywa wśród minikomputerów jednopłytkowych – odznaczają się dużymi możliwościami i niezwykle zwartą konstrukcją. Więcej informacji na temat produktów FriendlyElec można znaleźć na stronie https://wiki.friendlyelec.com/wiki/index.php/Main_Page#NanoPCSeries.

Podsumowanie

Oferta komputerków SBC obejmuje wiele modeli wielu producentów, ale w większych ilościach dostępne są tylko najbardziej popularne modele. Warto rozważyć zastosowanie rozwiązań mniej popularnych, takich jak moduły Raspberry Compute Module czy moduły som np. od SomLabs. Choć wymaga to zaprojektowania dodatkowego obwodu PCB ze złączami i układami peryferyjnymi, to pozwala na lepsze dopasowanie finalnej konstrukcji do wymagań aplikacji i może być bardziej odporne na problemy z dostępnością komponentów.

Damian Sosnowski, EP

REKLAMA

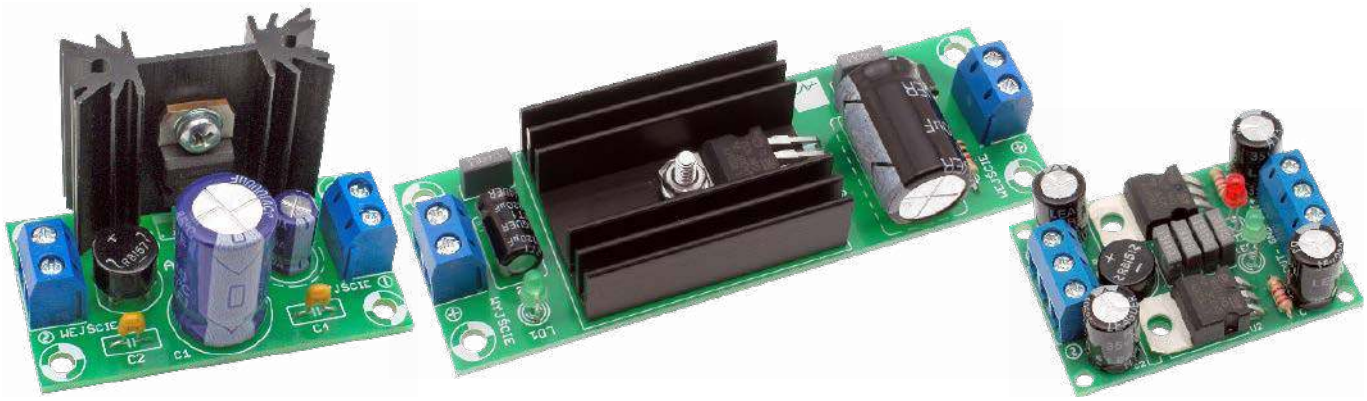
KSIĄŻKI Z RABATEM DO 30%
W ULUBIONYM KIOSKU



Zobacz pełną ofertę - ponad 500 tytułów!

www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl a982d0ace0



Kondensatory przy stabilizatorach serii 78xx

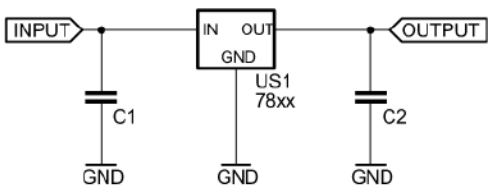
Stabilizatory serii 78xx to jedne z najbardziej znanych i rozpoznawalnych układów scalonych na świecie. Są stosowane w milionach urządzeń i produkowane nieprzerwanie od kilkudziesięciu lat. Mimo to, nadal potrafią przysporzyć problemów elektronikom w każdym zakątku globu.

Bohaterem tego odcinka Notatnika Konstruktora jest najprostszy stabilizator liniowy z serii 78xx, czyli np. dobrze wszystkim znany 7805. Ta konstrukcja to prawdziwy przepis na sukces: bardzo prosta aplikacja, niezłe parametry, zintegrowane zabezpieczenia, bardzo przystępna cena. Czego chcieć więcej? Przecież wystarczy podłączyć wejście, masę, wyjście i gotowe. A nie, jeszcze kondensatory... Ale jakie?

Co z tymi kondensatorami?

Schemat ideowy problematycznego układu możemy zobaczyć na **rysunku 1**. Jest niesamowicie prosty, ale zawiera dwa kontrowersyjne elementy – C1 i C2. Jaka powinna być ich pojemność oraz rodzaj, aby nasz stabilizator pracował w możliwie najlepszych dla siebie warunkach? Jak to zwykle w takich sytuacjach bywa, odpowiedź brzmi: to zależy. W celu jej uszczegółowienia zajrzałem do źródeł, którymi w tym wypadku są noty katalogowe różnych producentów. Nie będę analizował schematu wewnętrznego, zabezpieczeń ani innych parametrów, chcę uzyskać odpowiedź na pytanie: co z tymi kondensatorami?

Texas Instruments w swojej dosyć skrótowej nocie katalogowej [1] informuje pod każdą z tabel: *All characteristics are measured with a 0.33-µF capacitor across the input and a 0.1-µF capacitor across the output*. To zdanie mówi wprost, że kondensator C1=330 nF, natomiast C2=100 nF. Niestety, nie został podany rodzaj dielektryka, więc tutaj można snuć jedynie domysły. Schemacik z takimi samymi wartościami pojawia się w tej nocie również niżej. Ale, ale... To były tylko warunki wykonywania pomiarów. Nie ma mowy o tym, że takie pojemności



Rysunek 1. Schemat ideowy podłączenia stabilizatora 78xx

kondensatorów są najlepsze lub zoptymalizowane do jakichś parametrów. Nie ma też informacji o tym, jakie są dopuszczalne odstępstwa. Słowem: producent napisał tylko: ja zrobiłem tak i tak – i już. Tymczasem te wartości elementów w niektórych miejscach urosły do rangi prawdy objawionej, której nie wolno na krok odstępować. Chciałbym poznać uzasadnienie, dlatego szukam dalej.

Szukamy dalej

Więcej do powiedzenia na ten temat ma ST. W nocie katalogowej tego producenta [2] część poświęcona owym kondensatorom jest zdecydowanie bardziej rozbudowana. Możemy się dowiedzieć, że kondensator C1 jest zalecany, o ile przewody łączące stabilizator z filtrem napięcia są długie. Nie ma żadnych szczegółów na temat tego, jaka długość jest krytyczna, jaki przekrój przewodów bądź jaka ich indukcyjność może napsuć nam krwi, nie ma też słowa o samym źródle napięcia (na przykład ESR i ESL, które miałyby wpływ na możliwość wzbudzenia się układu). Powinno się zastosować kondensator o pojemności 330 nF (lub większy) w celu zapewnienia dobrych charakterystyk częstotliwościowych oraz stabilności dla każdego rodzaju obciążenia. Powinien być to kondensator tantalowy, mylarowy lub dowolny inny, którego impedancja w zakresie wysokich częstotliwości jest niska. Producent przypomina też, że taki element należy zamontować jak najbliżej wyprowadzeń stabilizatora.

Na temat kondensatora C2 napisano jedynie tyle, że nie jest niezbędny do zapewnienia stabilności, za to poprawia odpowiedź impulsową. Wszystko się zgadza: kondensatory zmniejszają impedancję wewnętrzną nieidealnego źródła napięcia, a za takie może uchodzić wyjście układu 78xx, zwłaszcza dla wysokich częstotliwości, kiedy wewnętrzna pętla sprzężenia zwrotnego przestaje wyrabiać się czasowo.

Fairchild w swoim dokumencie na temat tego układu scalonego [3] twierdzi coś innego – kondensator C1 jest potrzebny, o ile stabilizator jest znacznie oddalony od filtra zasilania. Czym jest owe znacznie? W opisie kondensatora C2 można znaleźć jeszcze krótszą informację: *CO improves stability and transient response*. Poprawia stabilność i odpowiedź impulsową, lecz co bez niego? Układ się wzbudzi? Oba kondensatory mają takie same pojemności, jak w dotychczas omówionych notach.

W innej nocie Texas Instruments [4], do której dodano również LM340, odpowiedzi na moje pytania znajdują się już na pierwszej stronie. Tutaj C1=220 nF (!) z adnotacją, że jest potrzebny, o ile układ znajduje się daleko od filtru zasilacza. Z kolei przy C2 stoi

eprasa.pl a982d0ace0

objaśnienie, że nie jest potrzebny do zapewnienia stabilności, ale poprawia odpowiedź impulsową. I jeszcze: jeżeli zachodzi potrzeba, należy użyć kondensatora ceramicznego o pojemności 100 nF. Na dalszej stronie można znaleźć informację, że C2 wprawdzie nie jest wymagany, ale TI zaleca go zastosować dla uzyskania stabilności i poprawy odpowiedzi impulsowej. Z kolei C1 nie jest konieczny, jeżeli odległość między stabilizatorem a filtrem zasilacza wynosi mniej niż 6 cali.

Te słowa niosą już jakieś konkrety, w dodatku C1 ma inną pojemność niż dotychczas. Jeszcze ciekawsze wieści ma ON Semiconductor [5]. Wszystkie informacje na temat C1 i C2, które dotychczas padły, pokrywają się, z jednym wyjątkiem: użycie C2 o pojemności mniejszej niż 100 nF może doprowadzić do niestabilnej pracy układu! Ale w poprzednim zdaniu możemy przeczytać, że ten element w ogóle nie jest wymagany do zapewnienia stabilności, jedynie poprawia odpowiedź impulsową. W dalszej części można znaleźć informację, że C1 jest zalecany, jeżeli przewody łączące stabilizator z filtrem zasilacza są długie (to już znamy) lub gdy pojemność obciążająca wyjście stabilizatora jest wysoka. To drugie stwierdzenie dotychczas nie padło, ponadto znowu zostawia mnóstwo wątpliwości: jaka jest owa wysoka pojemność? Co się stanie, kiedy nie będzie C1? Tak wiele pytań, tak mało odpowiedzi.

CYStech Eletronic podchodzi do tematu jeszcze inaczej [6]. Według tej firmy, oba kondensatory, C1 i C2, są wymagane, jeżeli stabilizator znajduje się daleko od kondensatorów filtra w zasilaczu albo kiedy w połączeniach mogą zaindukować się oscylacje. Jakie to są oscylacje i co może się stać w razie braku tych dwóch elementów? Nie wiadomo. Pojemności typowe, czyli C1=330 nF, C2=100 nF.

Być może dalsze przekopywanie się przez internet przyniosłoby jeszcze więcej rewelacji, lecz tutaj postanowiłem się zatrzymać. Z przeanalizowanych not katalogowych wynika, że każdy producent traktuje te kondensatory w nieco inny sposób. A to przecież niebagatelna sprawa, ponieważ urządzenie wprowadzone do masowej produkcji nie może zacząć się wzbudzać tylko dlatego, że udało się zdobyć partię stabilizatorów od innego producenta niż dotychczas. Braki w magazynach są na tyle dokuczliwe, że trzeba być gotowym na zastosowanie czegokolwiek, co tylko spełnia kryteria. Projektowanie celowo pod układy od wyłącznie jednego producenta może szybko skończyć się klęską.

Podsumowanie

W swoich urządzeniach stosuję C1=C2=100 nF. Najczęściej są to kondensatory MLCC w rozmiarze 0805, rzadziej 1206, a w przypadku THT polegam na kondensatorach MKT o takiej samej pojemności. O ile C2=100 nF jest zalecane przez producentów, o tyle w przypadku C1 minimalną napotkaną pojemnością było 220 nF, a znacznie częściej 330 nF, skąd zatem wynika ta rozbieżność? Po pierwsze, kondensatory 100 nF stosuję w swoich urządzeniach hurtowo i kupowanie innych tylko do tego celu byłoby wątpliwe pod względem produkcyjnym. Po drugie, można zastosować dwa lub trzy kondensatory połączone równolegle, co dałoby pożądany efekt, lecz tutaj warto przypomnieć sobie adnotacje z not katalogowych: C1 jest konieczny, o ile dystans między stabilizatorem a filtrem zasilacza jest znaczny. W jednym przypadku oszacowano tę odległość na około 15 cm. Na płytce drukowanej rzadko kiedy można znaleźć tak długie ścieżki prowadzące do stabilizatora, więc można uznać te połączenia za odpowiednio krótkie.

Natomiast w przypadku podłączania zasilania z zewnątrz (na przykład z zasilacza wtyczkowego) i tak warto dodać jakiś kondensator elektrolityczny do C1, oprócz wspomnianego już 100 nF, ponieważ zupełnie nie znamy impedancji wyjściowej dołączanego źródła zasilania. Uchroni to również nasze urządzenie przed krótkotrwałymi zapadami napięcia, które byłyby spowodowane chociażby iskrzeniem styków w gnieździe.

Michał Kurzela, EP

Bibliografia
[1] https://bit.ly/3e0Jdgo
[2] https://bit.ly/3Rvdp0X
[3] https://bit.ly/3RvbQ2I
[4] https://bit.ly/3Rpxky1
[5] https://bit.ly/3rpBV90
[6] https://bit.ly/3y68m04

REKLAMA



eprasa.pl a982d0ace0



Pomiary RF (1)

Co oznaczają poszczególne parametry S

Świat systemów radiowych rządzi się swoimi prawami – obwodów wysokiej częstotliwości nie można analizować tak, jak typowych obwodów elektronicznych. W związku z tym także i charakteryzacja tych systemów jest inna niż w przypadku urządzeń czy elementów pracujących z niższymi częstotliwościami. W pomiarach systemów radiowych stosowane są S-parametry do opisywania fundamentalnych charakterystyk systemów radiowych.

Parametry S opisują podstawowe cechy sieci RF, a ich główne typy obejmują parametry S dla małego sygnału, dużego sygnału, sygnału impulsowego (odpowiedź impulsowa), zbierane w trybie zimnym i mieszanym. W poniższym artykule opisane zostaną najbardziej podstawowe pojęcia, które należy znać, aby opisać dowolny komponent radiowy za pomocą parametrów rozpraszania, czyli parametrów S (*Scattering* – rozpraszanie). W przeciwieństwie do innych artykułów na ten temat, oprócz omówienia podstawowych definicji parametrów S, zostaną także wskazane kluczowe typy parametrów powszechnie stosowane w praktyce.

Podstawowe definicje

Parametry S określają ilościowo, w jaki sposób energia RF rozchodzi się w systemie, a tym samym zawierają informacje o jego podstawowych właściwościach. Używając parametrów S, można opisać nawet najbardziej złożone urządzenie RF jako prostą N-portową sieć. **Rysunek 1** pokazuje przykład dwuportowej, niesymetrycznej sieci, która może być używana do reprezentowania wielu standardowych komponentów RF, takich jak wzmacniacze, filtry czy tłumiki.

Wielkości falowe a_X, schematycznie pokazane na rysunku1, są złożonymi amplitudami fal napięcia, które padają na Port 1 i Port 2 urządzenia. Jeśli jeden port w danym momencie jest pobudzany pewną mocą – a_1 lub a_2, gdy drugi port jest podłączony do dopasowanego obciążenia, można zdefiniować odpowiedź układu do przodu i do tyłu (względem urządzenia) w postaci fal oznaczonych odpowiednio b1 oraz b2. Wielkości te reprezentują fale radiowe odbite lub przesyłane przez porty sieci. Jeśli obliczymy stosunek wynikowych odpowiedzi złożonych i początkowych wielkości bodźca, możemy zdefiniować parametry S komponentu dwuportowego, jak pokazano w równaniu 1.

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1}; S_{12} = \frac{b_1}{a_2}; S_{21} = \frac{b_2}{a_1}; S_{22} = \frac{b_2}{a_2} \quad (1)$$

Wewnętrzna odpowiedź sieci może być następnie wyrażona przez grupowanie parametrów S razem w macierz rozpraszania (macierz S), która wiąże złożone wielkości fal na wszystkich portach analizowanego układu. Dla sieci dwuportowej niezrównoważonej relacja bodziec–odpowiedź przyjmie postać, jaką pokazano w równaniu 2.

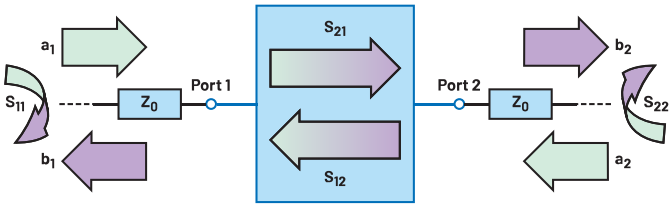
$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Macierz parametrów S może być zdefiniowana w analogiczny sposób dla dowolnego N-portowego komponentu radiowego.

Typy parametrów S

Jeśli wyraźnie nie zaznaczono inaczej, termin parametry S zwykle odnosi się do parametrów S mierzonych dla małego sygnału. Reprezentują one odpowiedź sieci RF na mały bodziec sygnałowy, określając ilościowo jego charakterystykę odbicia i transmisji w funkcji

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 1. Dwuportowa asymetryczna sieć RF

częstotliwości w liniowym trybie pracy układu. Używając parametrów S dla małego sygnału, można określić podstawowe charakterystyki RF, w tym współczynnik fali stojącej napięcia (VSWR), straty odbiciowe, tłumienie lub wzmocnienie przy danych częstotliwościach dla danego układu.

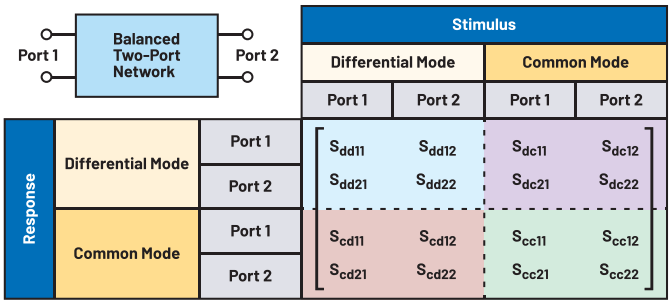
Jeśli jednak zwiększamy ustawicznie poziom mocy sygnału przechodzącego przez urządzenie RF, często powoduje to pojawienie się efektów nieliniowych. Efekty te można określić ilościowo przy użyciu innego rodzaju parametrów rozpraszania, zwanych parametrami S mierzonymi dla dużego sygnału. Różnią się one nie tylko dla różnych częstotliwości, ale także dla różnych poziomów mocy sygnału bodźca. Ten typ parametru rozpraszania może być używany do określenia nieliniowych charakterystyk urządzenia, takich jak parametry kompresji.

Zarówno mało-, jak i wielkosygnałowe parametry S są zwykle mierzone za pomocą sygnałów bodźca o fali ciągłej (CW) i stosując wykrywanie odpowiedzi na detektorze wąskopasmowym. Jednak wiele komponentów RF jest zaprojektowanych do pracy z sygnałami impulsowymi, które mają szeroką odpowiedź w dziedzinie częstotliwości. To sprawia, że trudno jest dokładnie scharakteryzować komponent RF przy użyciu standardowej metody wykrywania wąskopasmowego. Dlatego do charakteryzowania urządzeń w trybie impulsowym stosuje się zwykle parametry S mierzone w trybie impulsowym. Te parametry rozpraszania uzyskuje się za pomocą specjalnych technik pomiaru odpowiedzi impulsowej.

Innym szczególnym rodzajem parametrów S, o którym rzadko się mówi, ale który czasami może stać się ważny do rozważenia, są parametry S mierzone na zimno. Termin „zimny" w tym przypadku oznacza, że parametry rozpraszania są uzyskiwane dla urządzenia aktywnego, ale będącego w trybie nieaktywnym (to znaczy, że wszystkie jego elementy aktywne są nieaktywne, na przykład złącza tranzystorów są odwrócone lub spolaryzowane zerowo i nie płyną prądy w układzie). Ten typ parametrów S może być używany na przykład w celu poprawy dopasowania segmentów łańcucha sygnału ze składnikami w stanie wyłączonym, co powoduje wysokie odbicia w ścieżce sygnału.

Do tej pory parametry S definiowane były dla typowego przykładu pomiaru układu z sygnałami asymetrycznymi (*common*). W układach takich sygnał bodźca, jak i odpowiedzi odnoszą się do poziomu masy. Jednak dla komponentów symetrycznych (*differential*), które wyposażone są w porty różnicowe, ta definicja nie jest wystarczająca. Zrównoważone sieci wymagają szerszego podejścia do charakteryzowania, które muszą być w stanie w pełni opisać ich odpowiedzi w pomiarze różnicowym i we wspólnym. Można to osiągnąć za pomocą parametrów S trybu mieszanego. **Rysunek 2** pokazuje przykład parametrów rozpraszania mierzonych w trybie mieszanym zgrupowanych razem w rozszerzoną macierz S reprezentującą typowy dwuportowy komponent różnicowy.

Indeksy dolne parametrów S trybu mieszanego w tej macierzy używają konwencji nazewnictwa, gdzie po kolei opisano: tryb b, tryb a, port b i port a, czyli dwa pierwsze znaki opisują tryby pomiaru/wymuszenia portu odpowiedzi (tryb b) i portu bodźca (tryb a), a dwa dalsze znaki określają numery indeksów tych portów, gdzie port b odpowiada odpowiedzi, a port a odpowiada portowi sygnału wzbudzającego. W naszym przykładzie tryby działania portów są zdefiniowane przez indeks dolny d – różnicowy – lub c – tryb współbieżny. Jednak w bardziej ogólnym przypadku komponentu, który ma zarówno porty zbalansowane, jak i niezbalansowane, macierz S w trybie mieszanym będzie również



Rysunek 2. Dwuportowa zrównoważona sieć RF i jej macierz rozpraszania w trybie mieszanym

miała dodatkowe elementy z indeksami dolnymi opisującymi wielkości uzyskane dla portów z wyjściem asymetrycznym. Parametry rozpraszania mierzone w trybie mieszanym pozwalają określić nie tylko podstawowe parametry komponentu radiowego, takie jak tłumienie, odbicie czy wzmocnienie, ale także kluczowe wartości użyte do charakteryzowania parametrów obwodów różnicowych, takie jak współczynnik odrzucenia sygnału współbieżnego (CMRR), niezrównoważenie wielkości i nierównowaga faz.

Podsumowanie

W artykule omówiono podstawowe definicje i krótko omówiono kluczowe typy parametrów rozpraszania. Parametry S mogą być użyte do opisania podstawowych charakterystyk komponentów radiowych przy różnych częstotliwościach i dla różnych poziomów mocy sygnału. Rozwój aplikacji RF w dużej mierze opiera się na wykorzystaniu danych parametrów S opisujących integralne struktury i elementy składowe projektów RF. Inżynierowie elektronicy mierzą lub polegają na już istniejących danych parametrów S, które są zwykle przechowywane w standardowych plikach tekstowych znanych jako pliki Touchstone lub SnP (formaty standardowo używane do zapisu parametrów S oraz do wczytywania ich np. do oprogramowania do symulacji). Pliki te są często dostarczane bezpłatnie dla najpopularniejszych komponentów RF dostępnych obecnie na rynku.

Nikodem Czechowski, EP

Bibliografia:

• https://bit.ly/3rqERSE

REKLAMA



eprasa.pl a982d0ace0



Miniaturowe radio internetowe z ESP32

Klasyczne radia są w dużej mierze wypierane przez inne media, takie jak telewizja czy, przede wszystkim, Internet. Istnieją stacje radiowe w Internecie, jednak, jak można się łatwo domyślić, nie można ich odbierać za pomocą zwykłego radia. Potrzebny jest do tego komputer. Jednak angażowanie komputera PC tylko do tak błahego zadania, jakim jest odtwarzanie muzyki, budzi wiele zastrzeżeń.

Zaprezentowana konstrukcja to kompaktowy odbiornik radia internetowego bazującego na niedrogim mikrokontrolerze ESP32 sprzęgniętym z przetwornikiem cyfrowo-analogowym. System ten, mimo pewnego minimalizmu, ma wszystko, co potrzebne do odtwarzania internetowego radia. MWR (*Mini Web Radio*) to proste radio internetowe, które zaprogramowane jest do odtwarzania pojedynczej stacji, można ją zmieniać w specjalnym panelu konfiguracyjnym. Konstrukcja jest zasilana bateryjnie, ma regulację głośności i gniazdo słuchawkowe jack 3,5 mm. Moduł zamknięty jest w obudowie wykonanej w technologii druku 3D. Pierwotnie radio zaprojektowane było jako projekt charytatywny.

Potrzebne elementy

Trzy kluczowe elementy omawianego radia to moduł z mikrokontrolerem ESP32, moduł z przetwornikiem DAC MAX98357A oraz bateria litowo-jonowa, która jest źródłem energii do zasilania urządzenia. Autor przygotował listę elementów elektronicznych i innych komponentów potrzebnych do zbudowania urządzenia. Obejmuje ona nie tylko moduły elektroniczne, ale także elementy dyskretne, elementy mechaniczne:

- moduł WeMos Lolin32 Lite (można zastąpić dowolnym innym modułem z ESP32, jednak wtedy należy odpowiednio skorygować połączenia z wyprowadzeniami modułu),
- moduł MAX98357A I²S DAC ze wzmacniaczem,
- liniowy potencjometr 10 kΩ z wbudowanym przełącznikiem SPST,
- oporniki 2×47 kΩ, 2×330 Ω o standardowej mocy 0,25 W,
- dwie diody LED 3 mm,
- uchwyt na ogniwo 18650,
- dwie śruby M1,7×5 mm z łbem kopułkowym i jedna śruba M2×5 mm z łbem płaskim,
- elementy z druku 3D (obudowa, panel przedni i pokrętło głośności),
- przewody do połączenia modułów oraz koszulki termokurczliwe do ich zabezpieczenia.

Oprócz tego potrzebne będą pewne podstawowe narzędzia, które powinny być dostępne w warsztacie każdego elektronika:

- lutownica,
- obcinaczki do przewodów i narzędzie do zdejmowania izolacji,
- pistolet na klej na ciepło.

Zasada działania

MWR dołącza się do zdefiniowanej sieci Wi-Fi i wtedy tworzy połączenie ze zdalnym serwerem radia internetowego. Układ odbiera i dekoduje strumień audio, a następnie wysyła go poprzez interfejs I²S do przetwornika cyfrowo-analogowego, który konwertuje dane cyfrowe na analogowy sygnał i podaje go na wzmacniacz, dzięki czemu do systemu można podłączyć niewielki głośnik, znajdujący się w radiu.

eprasa.pl a982d0ace0

Listing 1.

```
#include <Arduino.h>
#include <SPIFFS.h>
#include "mwr_radio.h";
#include "mwr_config.h";

// Definicje pinów
#define I2S_DOUT 27
#define I2S_BCLK 26
#define I2S_LRC  25
#define I2S_GAIN 14
#define I2S_SD 12
#define LED_BATT 5
#define LED_WIFI 18
#define VOL 34
#define MODE_0 13
#define MODE_1 15
int VBATT = 33;

// Inicjalizacja bibliotek
MWConfig mConfig;
MWRadio mRadio;

// Inicjalizacja kontrolera baterii
TaskHandle_t ChckBatTsk;

int mode = 0;   // Status trybu

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(LED_BATT,OUTPUT);
  pinMode(LED_WIFI,OUTPUT);
  if (!SPIFFS.begin(true)) {
    Serial.println("An error has occurred while mounting SPIFFS");
  }
  Serial.println("SPIFFS mounted successfully");
  // Zadanie kontrolera baterii uruchomione na drugim rdzeniu
  xTaskCreatePinnedToCore(
    CheckBattery,"ChckBatTsk",10000,(void*)&VBATT,0,&ChckBatTsk,NULL);
  mode = mConfig.detectMode(MODE_0,MODE_1);  // Sprawdzenie trybu pracy
  if(!mode){
    mConfig.apMode();
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){flashLED(LED_WIFI,150);delay(500);}
  }else{
    mConfig.stMode();
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){flashLED(LED_WIFI,150);delay(500);}
    WiFi.onEvent(WiFiStationDisconnected, SYSTEM_EVENT_STA_DISCONNECTED);
    // Inicjalizacja audio
    mRadio.init(I2S_DOUT, I2S_BCLK, I2S_LRC, I2S_GAIN, I2S_SD);
    String url = mConfig.readUrlFromFile();
    mRadio.setStation(url);
  }
}

void loop() {
  if(mode){
    if(getVolume() >1){
     mRadio.setVolume(getVolume());
     mRadio.play();
    }
  }
}

int getVolume() {
  return map(analogRead(VOL), 0, 4095, 1, 20);
}

void CheckBattery(void * _VBATT) {
  int timer = 200;
  float voltage = 0.0;
  for(;;) {
    // sprawdzanie co 200 tików
    if(timer >= 200){
      // Odczyt napięcia
      voltage = (
    (float)analogRead(*((int*)_VBATT)) / 4095) * 3.3 * 2 * 1.035;
      Serial.print("Battery:");
      Serial.println(voltage);
      Serial.print("RSSI:");
      Serial.println(WiFi.RSSI());
    // Typowe napięcie ładowania
      if(voltage > 4) {
          flashLED(LED_BATT,500);flashLED(LED_BATT,250);
      }else{
        if(voltage > 3.7){
          digitalWrite(LED_BATT,HIGH);    // Zakres normalny
        }else{
          if(voltage > 3.5){              // Zakres niski
            flashLED(LED_BATT,500);
          }else{
            flashLED(LED_BATT,150);       // Zakres bardzo niski
            if(voltage <= 3.0){
       // Bateria rozładowania, usypianie ESP32
              flashLED(LED_BATT,50);
              Serial.println("Battery low, going to sleep");
              delay(1000);
              Serial.flush();
              esp_deep_sleep_start();
            }
          }
        }
      }
    timer++;
   }
  }
}

void flashLED(int LED, int SPEED){
  digitalWrite(LED,HIGH);
  delay(SPEED);
  digitalWrite(LED, LOW);
  delay(SPEED);
}

void WiFiStationDisconnected(WiFiEvent_t event, WiFiEventInfo_t info){
  Serial.println("Disconnected from WiFi access point");
  Serial.print("WiFi lost connection. Reason: ");
  Serial.println(info.disconnected.reason);
  Serial.println("Trying to Reconnect");
  WiFi.reconnect();
}
```

Urządzenie ma wbudowany panel konfiguracyjny dostępny przez przeglądarkę internetową, który umożliwia zdefiniowanie nazwy hosta, poświadczeń sieci bezprzewodowej i adresu URL odtwarzania. Aby włączyć tryb konfiguracji, należy wyłączyć urządzenie, otworzyć panel czołowy i założyć zworkę na wyprowadzenia13 i 15. W takim stanie uruchamiamy radio i łączymy się z siecią o nazwie MWR-WIFI-SETUP. Możemy teraz usunąć zworkę, a pozostając w tej sieci, w oknie przeglądarki wpisujemy adres strony internetowej jako adres IP – 192.168.1.1. Pojawi się panel, w którym można wprowadzić wszystkie szczegóły konfiguracji i finalnie nacisnąć przycisk *Zapisz*. Po zapisaniu urządzenie automatycznie uruchomi się ponownie, zacznie działać w trybie radia i rozpocznie odtwarzanie.

Oprogramowanie

Kod programu dla urządzenia został napisany w pełni w Arduino IDE i jest do pobrania z repozytorium na GitHubie. Przed przystąpieniem do kompilacji należy pobrać i zainstalować odpowiednie biblioteki oraz pliki konfiguracyjne. Firmware korzysta z następujących bibliotek:

- ESPAsyncWebServer
- ESP32-AudioI2S

Oprogramowanie budowane było z użyciem Arduino IDE w wersji 1.8.16 z ESP32 lib w wersji 1.0.6. W przypadku używania Arduino 2.x i ESP32 lib 2.x należy zmodyfikować linię w pliku *MWR.ino*:

```
WiFi.onEvent(WiFiStationDisconnected,
SYSTEM_EVENT_STA_DISCONNECTED);
```

Należy zmienić na:

```
WiFi.onEvent(WiFiStationDisconnected,
ARDUINO_EVENT_WIFI_STA_DISCONNECTED);
```

Finalnie, przed kompilacją, trzeba zainstalować jeszcze pakiet ESPTool_py i dodać adres URL do repozytorium z plikami konfiguracyjnymi dla płytki ESP32 (https://bit.ly/2MA5KTC). Za pomocą Board Managera możemy dodać teraz płytkę esp32 – by Expressif Systems (Narzędzia > Board Manager) i wybrać zastosowany moduł, w tym przypadku Lolin32 Lite.

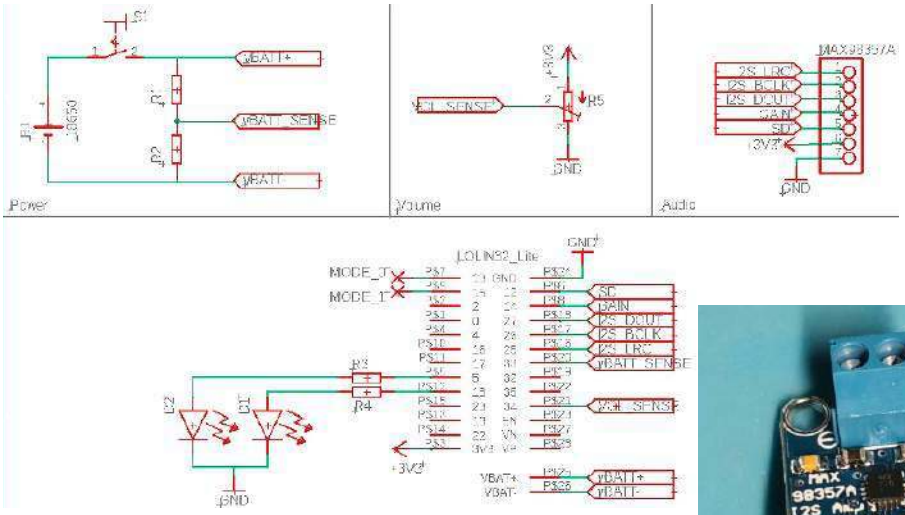
Szkic Arduino pokazany jest na **listingu 1**. Oprócz wskazanego szkicu potrzebne są jeszcze pliki *mwr_radio.h* oraz *mwr_config.h*, które można pobrać z repozytorium na GitHubie. System umożliwia konfigurację z poziomu interfejsu webowego (opisaną powyżej), ale możliwe jest również wstępne skonfigurowanie systemu, wpisując dane dotyczące sieci Wi-Fi (SSID i hasło) oraz pozostałe ustawienia sieciowe (host, url) w odpowiednich plikach tekstowych w folderze */data*. W repozytorium przygotowane są odpowiednie pliki, które należy tylko wypełnić.

Montaż

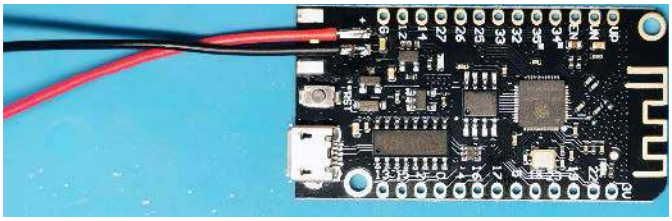
Montaż systemu jest bardzo prosty. Aby urządzenie było możliwie kompaktowe, autor proponuje polutowanie wszystkich modułów za pomocą krótkich przewodów. Całość, dzięki temu, mieści się bez problemu w obudowie, której pliki STL (do druku 3D) zamieszczone są na stronie projektu. W czasie, gdy obudowa radia się drukuje, można przystąpić do montażu elektroniki. Schemat ideowy układu jest pokazany na **rysunku 1**.

W pierwszej kolejności należy przygotować moduł z mikrokontrolerem ESP32. W tym celu z modułu Lolin32 należy wylutować złącze baterii i wlutować w nie przewody (**fotografia 1**). Potrzebne jest około 10 cm

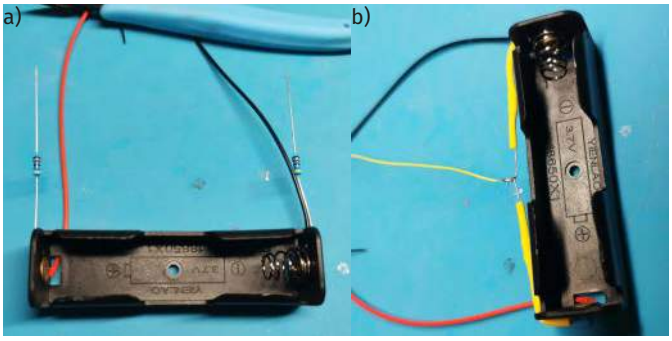
eprasa.pl a982d0ace0



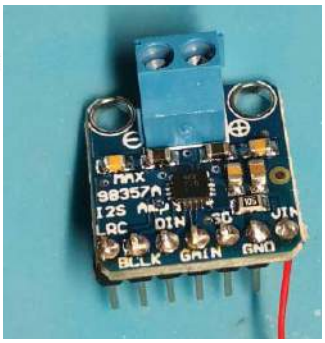
Rysunek 1. Schemat ideowy układu



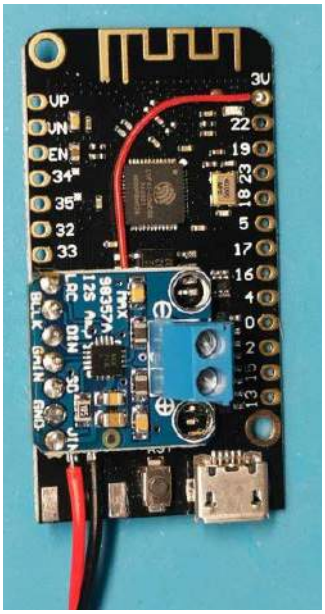
Fotografia 1. Moduł z ESP32 z przylutowanymi przewodami do podłączenia ogniwa litowo-jonowego



Fotografia 2. Uchwyt ogniwa 18650: a) z przylutowanymi przewodami i opornikami; b) oporniki połączone w dzielnik napięcia z przylutowanym przewodem (żółty) i zabezpieczone koszulką termokurczliwą



Fotografia 3. Moduł przetwornika DAC ze wzmacniaczem

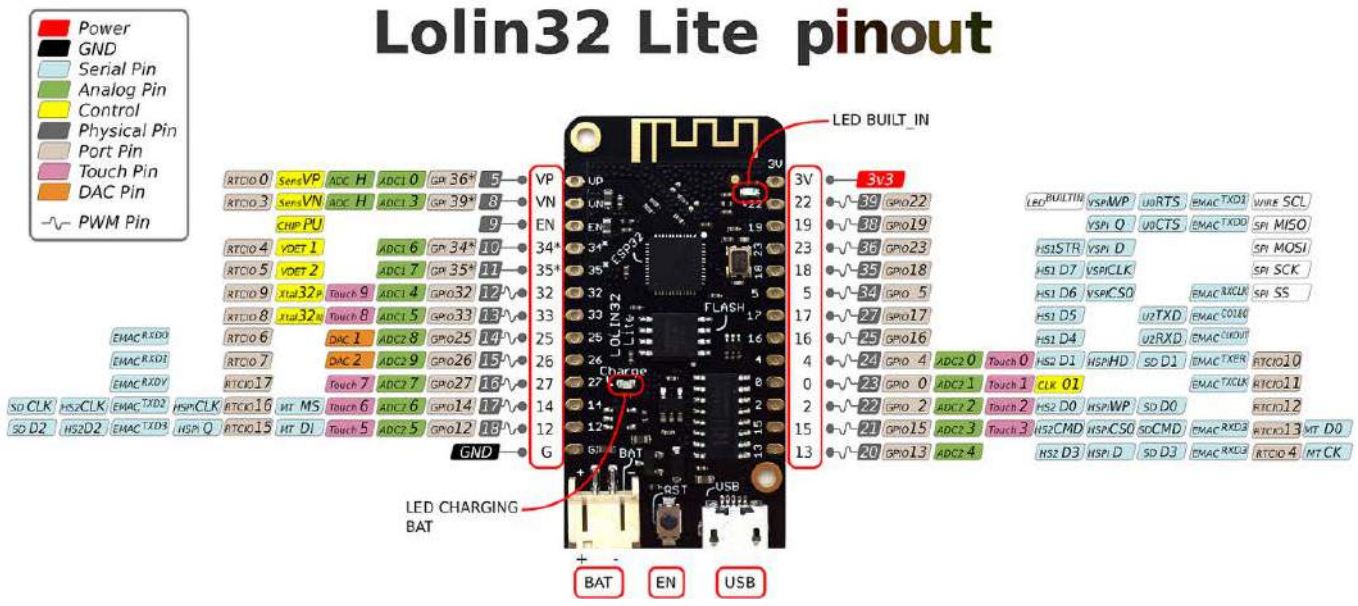


Fotografia 4. Moduł DAC umieszczony na module z mikrokontrolerem ESP32

przewodów. Następnie drugą stronę przewodów należy przylutować do uchwytu baterii (ogniwa 18650). Do obu biegunów trzeba przylutować także po oporniku 47 kΩ – utworzą one dzielnik, który posłuży do pomiaru napięcia przez przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC) w mikrokontrolerze – jak pokazano na **fotografii 2a** i **2b**. Wyprowadzony przewód lutujemy do padu 33 na module z mikrokontrolerem.

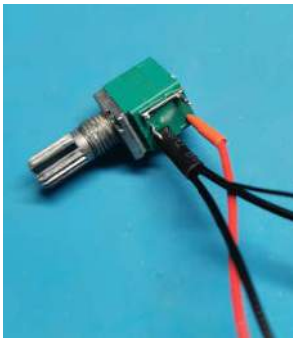
Podłączenie modułu MAX98357A

Kolejnym krokiem jest podłączenie do systemu przetwornika cyfrowo-analogowego (DAC), który będzie generował dźwięk. Jako DAC zastosowano moduł z układem MAX98357A, który podłączony jest do interfejsu I²S. Ma on zintegrowany wzmacniacz, więc można podłączyć go bezpośrednio do głośnika w systemie. Z drugiej strony moduł musi być podłączony do mikrokontrolera. W tym celu, od listwy goldpinów, jaka jest dostarczana z urządzeniem, odcinamy jeden pin, aby pozostało ich 6 i wlutowujemy w moduł, jak pokazano na **fotografii 3**. Niezapełniony pozostawiamy pin zasilania (VIN), w miejsce którego lutujemy około 15 cm przewodu (najlepiej w kolorze czerwonym), który zostanie podłączony do linii napięcia 3,3 V w systemie.

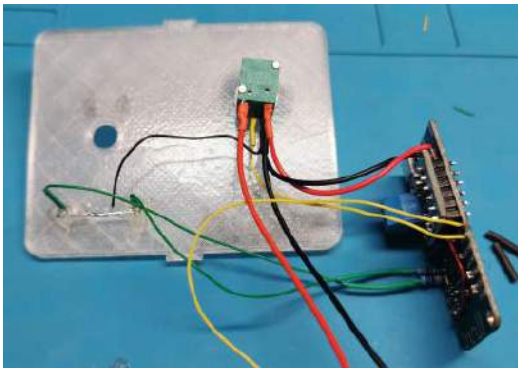


Rysunek 2. Schemat wyprowadzeń płytki Lolin32

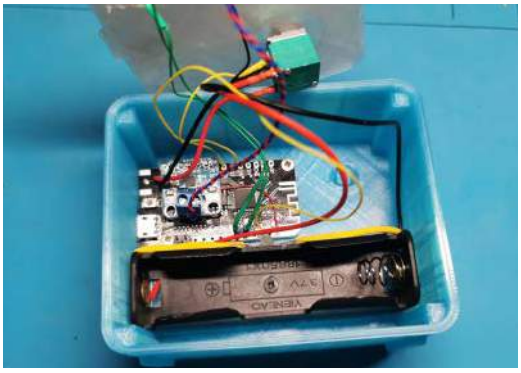
eprasa.pl a982d0ace0



Fotografia 5. Podłączenie przewodów do potencjometru/przełącznika



Fotografia 6. Potencjometr zamontowany w panelu przednim



Fotografia 7. Wygląd konstrukcji przed zamknięciem obudowy

Moduł DAC jest następnie osadzany na module z mikrokontrolerem ESP32, jak pokazano na **fotografii 4**. Umieszczając moduły jeden na drugim, należy zwrócić uwagę na piony masy (GND), jeśli dopasują się, to znaczy, że moduł DAC jest na swoim miejscu (schemat wyprowadzeń płytki Lolin32 na **rysunku 2**).

Przełącznik i diody LED

Finalnym elementem elektronicznym, jaki dołączany jest do systemu, jest potencjometr, zintegrowany z przełącznikiem oraz diody LED sygnalizujące status urządzenia. Na **fotografii 5** pokazano zastosowany przełącznik/potencjometr. W pierwszej kolejności należy przylutować mostek, wykonany z odcinka pocynowanego drutu, pomiędzy jedną z nóg przełącznika (tylną) a jedną stroną potencjometru, jak na **fotografii 5**. Do zmostkowanej nogi podłączany jest następnie czerwony przewód z akumulatora. Następnie czerwony przewód (zasilanie) z modułu z ESP32 podłączany jest do przeciwległej nogi przełącznika. Na koniec docinamy odcinek około 5 cm czarnego przewodu, którym łączymy masy w systemie i dołączamy go do przeciwległego wyprowadzenia potencjometru. Całość zabezpieczamy koszulkami termokurczliwymi. Do środkowego wyprowadzenia mocujemy około 10 cm żółtego przewodu. Podłączamy go do drugiego wejścia analogowego w module z mikrokontrolerem. Poziom napięcia z dzielnika posłuży do programowego sterowania poziomem głośności. Podajemy go na pad 34 modułu z mikrokontrolerem.

Po podłączeniu potencjometru-przełącznika do systemu można zamontować go w obudowie, w panelu przednim, jak pokazano na **fotografii 6**. Na płycie czołowej umieszczone są także dwie diody LED. Anody diod połączone i zlutowane są ze sobą. Do nich dołączony jest czarny przewód masowy, jaki przygotowano wcześniej. Z kolei katody LED przycięte są do około 10 mm, a następnie dolutowano do nich przewody o długości około 10 cm każdy. Do padów 5 oraz 18 modułu z mikrokontrolerem należy przylutować oporniki 330 Ω. Drugie wyprowadzenie opornika powinno być przycięte do około 10 mm, a następnie przylutowane do przewodów biegnących do diod LED (**fotografia 7**).

Podsumowanie

Po połączeniu wszystkich elementów i zaprogramowaniu mikrokontrolera poprzez Arduino IDE możemy zamknąć system w drukowanej obudowie i rozpocząć korzystanie z niego. Jeśli nie wpisaliśmy wcześniej danych do oprogramowania, ustawmy je za pomocą interfejsu webowego i cieszmy się przenośnym radiem internetowym, które będzie się niewiele różnić od klasycznych odbiorników radiowych.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło

- https://www.instructables.com/Mini-Web-Radio-ESP32/
- https://github.com/AllanGallop/mini-web-radio

REKLAMA

Miernik uniwersalny 5999 [V, A, Ω, F, Hz, DutyC, temp] True RMS, MT-1707 Pro'sKit

Pomiary, zakresy:

napięcie DC [V]:	600 m/6/60/600/1000 ±(0,5%+3)
napięcie AC [V]:	6/60 ±(0,8%+3); 600/750 ±(1%+10)
prąd DC [A]:	600 µ/60 m/600 m ±(0,8% +3); 10 ±(1,5%+10)
prąd AC [A]:	60 m/600 m ±(1%+3); 10 ±(2%+10)
rezystancja [Ω]:	600/6 k/60 k/600 k ±(0,8%+3); 60 M/600 M ±(1,2%+30)
pojemność [F]:	1 n~9.999 n ±(4,0%+30); 10 n~1 m ±(2,5%+10); 1 m~60 m ±(5,0%+30)
częstotliwość [Hz]:	9.999 Hz~9.999 MHz ±(1%+3)
współczynnik wypełnienia [Duty Cycle]:	0,1%...99,9%
temperatura [°C/°F]:	–20°C do 1000°C ±(1%+3)

Funkcje, cechy:
wyświetlacz LCD 5999 podświetlany, podświetlenie miejsca pomiaru, True RMS, test diody, test ciągłości obwodu, Data Hold, wybór zakresu: ręczny, impedancja wejściowa do pomiaru napięcia DC ok. 10 MΩ, Auto Power Off, wskaźnik polaryzacji, wskaźnik przekroczenia zakresu, wskaźnik niskiego napięcia baterii, NCV – wbudowany bezkontaktowy detektor napięcia AC, zabezpieczenia: bezpiecznik 0,5 A/1000 V i 10 A/1000 V, normy: CE, CAT. III – 1000 V, CAT. IV – 600 V, zasilanie 1× bateria 9 V (np. 6F22), wymiary: 190×89×53 mm, waga netto: 315 g, waga brutto: 510 g

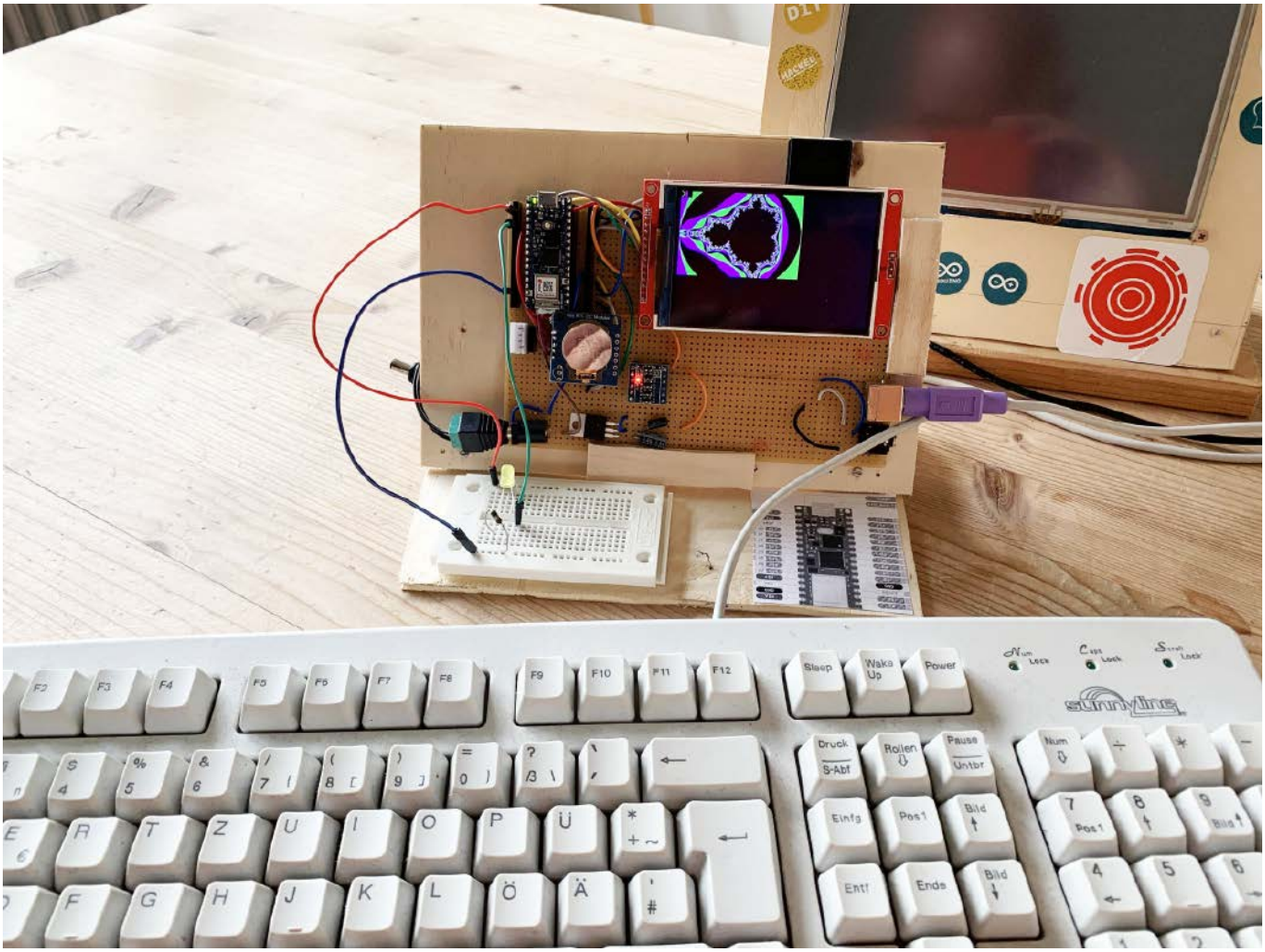
145,00 zł



AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. +48 22 257 84 49, handlowy@avt.pl
sklep.avt.pl

Przedstawiona oferta cenowa ma charakter informacyjny i nie stanowi oferty handlowej w rozumieniu Art.66 par.1 Kodeksu Cywilnego

eprasa.pl a982d0ace0



Komputer na bazie RP2040 ze wsparciem dla BASIC-a

Rok 1976 był czasem interpreterów BASIC-a. Legendarny magazyn Dr. Dobb's opublikował wiele artykułów, projektów i implementacji interpreterów Tinybasic. Autor poniższej konstrukcji, 45 lat później, zatęsknił za tymi czasami i postanowił opracować własny interpreter BASIC-a zupełnie od podstaw. Dodatkowo, system uzupełniła platforma sprzętowa, zbudowana na mikrokontrolerze Raspberry Pi RP2040, która pozwoliła na uruchomienie tego interpretera.

Punktami wyjścia do prac nad interpreterem były interpretery Palo Alto i Apple 1 BASIC. Potem projekt znacznie się rozrósł, jak wskazuje autor, Stefan Lenz. Jest to obecnie niemal standardowy interpreter BASIC-a typu Dartmouth z opcjonalnym wsparciem dla liczb zmiennoprzecinkowych, łańcuchami, tablicami i możliwościami komunikacji w systemach IoT dla różnych mikrokontrolerów. Ma sterowniki ekranu, dostęp do sprzętu i kilka innych nietypowych dla BASIC-a funkcji.

Podstawowy język BASIC bazuje na specyfikacji Dr. Wanga, która nazywana jest Palo Alto BASIC. Autor zastosował tę specyfikację na podstawie artykułu opublikowanego przez Rogera Rauskolba. Nie użył jednak kodu z żadnego źródła, tylko samej specyfikacji języka. Drugim źródłem jest podręcznik Steva Wozniaka, dotyczący Apple 1 BASIC. Interpreter ten jest kompatybilny z Apple Integer BASIC z 1976 roku. Korzysta z logiki ciągów Apple Integer BASIC, która nie jest kompatybilna z MS lub Dartmouth BASIC. Autor wspomina również o legendarnej książce 101 BASIC Computer Games. Mówi, że było to jedno z głównych źródeł inspiracji dla Apple Integer BASIC. Finalnie, wiele zaczerpnięte zostało z Altair BASIC, które szybko stało się standardem dla interpreterów języka BASIC po 1976 roku, ze względu na jego kompletność i użyteczność. Za tę pracę inżynierii oprogramowania trzeba podziwiać 20-letniego Billa Gatesa – oryginał interpretera mieścił się w 4 kB pamięci i miał wsparcie dla arytmetyki zmiennoprzecinkowej.

Implementacja języka w tym projekcie wyszła poza zestaw Apple Integer BASIC i oferuje obsługę arytmetyki zmiennoprzecinkowej, drukowanie, obsługę terminali, komunikację z Arduino I/O i zapis/odczyt z pliku. Dodano również funkcje sieciowe i niektóre funkcje potrzebne do integracji z systemami Internetu Rzeczy (IoT).

eprasa.pl a982d0ace0

Interpreter działa na platformie Arduino AVR 8-bitowej i 32-bitowej. Obsługiwane są mikrokontrolery takie, jak ESP8266 i ESP32, a także mikrokontrolery SAMD oraz MbedOS. Obsługiwany jest również Raspbian, w tym niektóre podstawowe operacje we/wy za pośrednictwem biblioteki wirePI. Obecnie autor udostępnił wersję 1.3. Zawiera ona pliki binarne dla systemów DOS, Mac, Windows i Raspbian.

Artykuł dotyczy budowania samodzielnego komputera z interpreterem BASIC, omówionym powyżej. Zawiera on niedrogie komponenty, które są łatwo dostępne i można je zintegrować bez większych trudności. System bazuje na mikrokontrolerze Raspberry Pi RP2040. Alternatywnie, zamiast tej platformy, można zastosować moduły Arduino MKR lub dowolną płytkę z ESP32. Omówiony powyżej system wyposażony jest w kartę SD i system plików, kolorowy wyświetlacz (rozdzielczość 480×320 px) obsługujący 30×20 znaków tekstowych z domyślną czcionką 16×16. Ma wbudowany zegar czasu rzeczywistego z podtrzymaniem bateryjnym do dokładnego pomiaru czasu oraz interfejs dla klawiatury PS/2 do wprowadzania danych. Opcjonalnie można podłączyć do niego drukarkę termiczną (przez interfejs szeregowy) lub sensory środowiskowe itp. (przez interfejs I²C). Do jego zasilania można użyć dowolnego zasilacza od 7 V do 12 V, ponieważ system ma własny stabilizator napięcia 5 V. Do dyspozycji jest 64 kB użytecznej dla BASICa pamięci oraz 2 GB miejsca na dysku.

Dlaczego więc warto uruchamiać BASIC na mikrokontrolerze? Każdemu, kto programował na mikrokontrolerach z lat 80. (a nawet późniejszym – wystarczy wspomnieć Bascoma dla AVR, szalenie popularnego w Polsce) brakuje jednej rzeczy na nowoczesnym komputerze. Jest to łatwość użycia, gdy chcemy zrobić coś szybko. Można w BASIC-u interaktywnie wpisać mały program, debugować go i krok po kroku rozszerzać. Bez kompilatora, IDE i innych rzeczy, które w takiej sytuacji częściej przeszkadzają, niż pomagają. Wiele programów używanych w środowisku IoT jest naprawdę prostych. To często mechanizmy działania typu „odczytaj czujnik i prześlij dane". Można to bardzo dobrze oprogramować za pomocą tego naprawdę prostego języka programowania.

Komputer, który jest głównym bohaterem tej historii, oparty jest na połączeniu Arduino RP2040 i omówionego interpretera BASICa w pełni funkcjonalny system komputerowy wspierający język programowania z tablicami, grafiką, obsługą zmiennych zmiennoprzecinkowych, a także z dostępem do kompletnego zestawu wyjść I/O przez Arduino i kilkoma innymi przydatnymi funkcjami.

Potrzebne elementy

Omawiany komputer można zbudować na dużej płytce stykowej prawie bez lutowania (poza złączem PS/2, które generalnie trzeba przylutować). Najlepiej jest użyć płytki 10×15 cm, aby uzyskać naprawdę stabilną konfigurację sprzętową. Do budowy systemu potrzebne będą:

- moduł Arduino RP2040, który łączy wszystkie elementy i ma na pokładzie mikrokontroler,
- shield dla Arduino z wyświetlaczem na sterowniku ILI9488. Te kontrolery korzystają z interfejsu SPI do komunikacji, a moduł ma także gniazdo kart SD i opcjonalnie wejście dla ekranu dotykowego, które jednak nie będzie tutaj potrzebne. Zamiast tego można zastosować inny moduł, należy się tylko upewnić, że będzie to moduł z komunikacja poprzez SPI,
- konwerter poziomów napięć,
- klawiatura z interfejsem PS/2 i gniazdko PS/2,
- duża płytka stykowa lub płytka uniwersalna o wymiarach 10×15 cm,
- kable do płytek prototypowych, jeśli układ budujemy na płytce stykowej,
- karta SD (opcjonalnie),
- zegar czasu rzeczywistego – moduł oparty na układzie DS1307 lub DS3231 (opcjonalnie) ,
- stabilizator napięcia 7805, kondensatory 0,1 µF i 0,33 µF oraz gniazdo zasilania, jeśli chcemy korzystać z zasilania innego, niż za pomocą USB (opcjonalnie),
- drukarka termiczna z interfejsem szeregowym (opcjonalnie),
- trochę sklejki i mała płytka stykowa na podstawkę plus zasilacz do układu (USB lub inny, zależnie, od wybranego rodzaju zasilania).

Oprogramowanie

Całe oprogramowanie potrzebne do działania omawianego systemu znajduje się w repozytorium na GitHubie. Składa się ono z wielu elementów i opisanie go na łamach tego artykułu jest raczej bezcelowe – każdy zainteresowany źródłami może przeanalizować je w repozytorium.

To, co jest istotne, z punktu widzenia budowy urządzenia, to plik definicji sprzętu *hardware-*.h*, gdzie zdefiniowane są poszczególne komponenty sprzętowe, w jakie wyposażono komputer. Taka architektura oprogramowania pozwala na bardzo elastyczne konstruowanie sprzętu w omawianym systemie. W dalszej części, omawiając poszczególne komponenty sprzętowe, opisany zostanie, także sposób ich definiowania w tym pliku.

Jeśli chodzi o ustawienia w pliku ze szkicem oprogramowania (TinybasicArduino.ino) należy edytować sekcję definicji języka:

```
#define BASICFULL
#undef BASICINTEGER
#undef BASICSIMPLE
#undef BASICMINIMAL
#undef BASICTINYWITHFLOAT
```

Jedynie opcja BASICFULL powinna być włączona. Pozwoli to na wykorzystanie wszystkich możliwości języka.

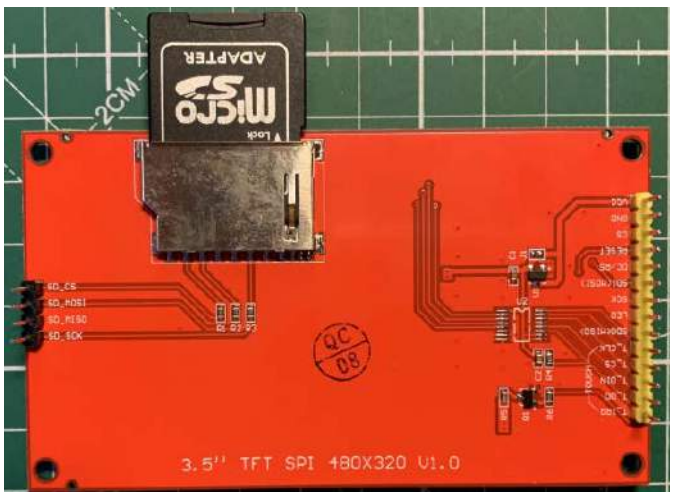
Budowa urządzenia

Zaprezentowany komputer jest niezwykle modułowy. W dalszej części artykułu pokazane są poszczególne elementy, z jakich składa się system, także te opcjonalne. Oprócz sposobu podłączenia poszczególnych modułów, zawarto także informacje na temat ich definicji w pliku konfiguracyjnym.

Podłączenie ekranu

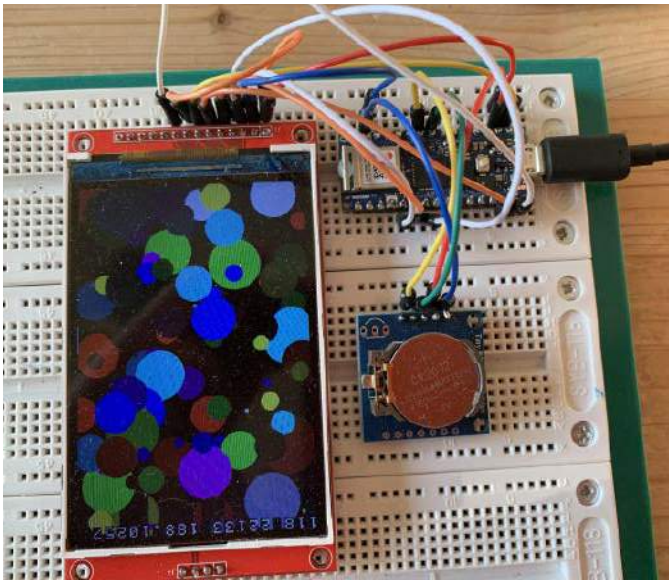
Moduł wyświetlacza ILI9488 został wyposażony w rząd pinów z tyłu (**fotografia 1**). Po prawej stronie znajdują się złącza zasilania, wyświetlacza i ekranu dotykowego (jeśli dany moduł posiada panel dotykowy). Po lewej stronie znajdują się 4 złącza do karty SD (patrz opis w dalszej części artykułu). W tym projekcie interfejs dotykowy nie jest używany.

Domyślnie interpreter BASIC-a będzie używał ekranu w trybie poziomym. W układzie pokazanym na **fotografii 2** kartę SD można wyjąć



Fotografia 1. Wygląd zastosowanego wyświetlacza od strony złączy

eprasa.pl a982d0ace0



Fotografia 2. Podłączenie modułu wyświetlacza do układu

od góry, a na dole płytki jest miejsce na inne elementy. Należy następnie zamontować również moduł Arduino tak, aby złącze zasilania znajdowało się na górnej stronie płytki. Ułatwia to okablowanie i montaż komputera.

Wyświetlacze ILI9488 to układy zasilane 3,3 V, podobnie jak Arduino RP2040. Oznacza to, że nie są potrzebne żadne konwertery poziomów. Wystarczy podłączyć pin zasilania i masy ekranu do pinów modułu z mikrokontrolerem. Aby sterować wyświetlaczem, pin CS musi być połączony z pinem 9 modułu RP2040, DC z pinem 8, a RESET z pinem 7. Linie magistrali SPI w module z mikrokontrolerem to 13 dla SCK, 12 dla MISO i 13 dla MOSI. Są to standardowe ustawienia Arduino dla tego układu. Należy połączyć te piny z odpowiednimi pinami na module wyświetlacza. Pin LED może być używany do kontrolowania jasności wyświetlacza. Można podłączyć go albo do potencjometru, albo do pinu analogowego A3. Ten ostatni pozwala kontrolować jasność wyświetlacza z poziomu programu w BASIC-u.

Po wykonaniu połączeń koniecznie trzeba włączyć odpowiednią funkcje w pliku opisu sprzętu *hardware-arduino.ino* gdzie włączamy następującą opcje:

```
#define DISPLAYCANSCROLL
#define ARDUINOILI9488
```

Wszystko powinno być oddefiniowane (#undef), oprócz ARDUINOILI9488 oraz DISPLAYCANSCROLL. Po skompilowaniu i wgraniu szkicu do mikrokontrolera, interpreter powinien wydrukować na ekranie zachętę do podania kodu przez interfejs szeregowy. Jeśli teraz podamy prosty kod:

```
PRINT &2, "Hello World"
```

Na ekranie powinno się ukazać Hello World, jeśli wszystko podłączone jest dotychczas prawidłowo.

Podłączanie karty SD lub LittleFS

W przypadku samodzielnego komputera potrzebny jest magazyn plików. Istnieją dwie opcje dla tego systemu. Można użyć gniazda karty SD modułu wyświetlacza lub wewnętrznej pamięci Flash mikrokontrolera z systemem plików LittleFS. Biorąc pod uwagę niestabilność i ograniczenia kart SD, LittleFS wydaje się być lepszy, jako system plików dla tego komputera.

Jeśli chodzi o karty SD, to trzeba uważać, gdyż niektóre działają na Arduino ze standardową biblioteką, a niektóre nie. Kartę najlepiej jest sprawdzić pod kątem błędów i sformatować na komputerze PC. Jeśli system pokazuje sporadyczne błędy, należy sprawdzić połączenia, ale także warto wypróbować inną kartę. Karty są bezpośrednio podłączone do magistrali SPI za pomocą tylko kilku rezystorów. Autor zastosował kartę o pojemności 1 GB firmy Kingston.

Aby użyć gniazda karty SD, trzeba podłączyć linie SD_MISO, SD_MOSI i SD_SCK dla portu SD po prawej stronie wyświetlacza do pinów magistrali SPI, jak powyżej. Dodatkowo należy podłączyć pin 10 modułu z mikrokontrolerem do pinu SD_CS. Po podłączeniu nowego modułu należy otworzyć plik *hardware-arduino.h* i dodać definicję kart SD do sekcji definicji sprzętu:

```
#define ARDUINOSD
```

W projekcie dołączone są standardowe biblioteki Arduino SD. Po skompilowaniu szkicu można wgrać go do układu i wpisać prosty program przez port szeregowy:

```
10 PRINT &2, "hello world"
20 PRINT "hello world"
```

A następnie wpisać:

```
SAVE
CATALOG
```

BASIC powinien wyświetlić zawartość karty SD po drugim poleceniu. Zapisany program pojawi się, jako *file.bas*.

Jeśli któreś z tych poleceń powoduje błąd, należy sprawdzić połączenia pomiędzy modułami oraz wypróbować inną kartę SD. Jeśli nie potrzebujemy wymiennego magazynu plików lub nie mamy odpowiedniej karty SD, najlepiej użyć wewnętrznej pamięci Flash. W takiej sytuacji w pliku konfiguracyjnym ustawiamy zamiast ARDUINOS definicję RP2040LITTLEFS:

```
#undef ARDUINOSD
#define RP2040LITTLEFS
```

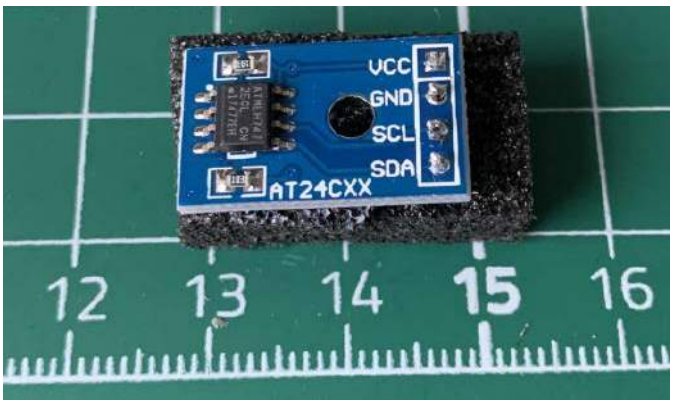
Po skompilowaniu i wgraniu programu można skorzystać z komendy FDISK, aby wstępnie sformatować wewnętrzną pamięć plików LittleFS. Po tym działaniu wszystkie polecenia pliku mogą być używane w pamięci wewnętrznej. Domyślny rozmiar systemu plików to 1 GB. Można to zmienić za pomocą parametru RP2040_FS_SIZE_KB w kodzie źródłowym. Dostępne są następujące komendy:

- SAVE "nazwa pliku" – zapisuje program,
- LOAD "nazwa pliku" – ładuje program,
- CATALOG – wyświetla zapisane pliki,
- DELETE – usuwa plik,
- OPEN i CLOSE – służą do otwierania i zamykania plików do odczytu.

Podłączenie pamięci EEPROM

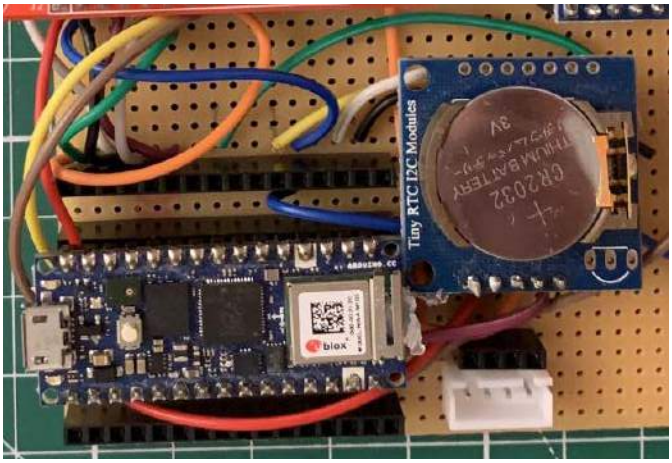
Jeśli nie mamy pod ręką odpowiedniej karty SD, a nadal chcemy dodać wymienne urządzenie pamięci masowej do swojego komputera, moduły EEPROM są świetną alternatywą. Przykładowy moduł tego rodzaju pokazany jest na **fotografii 3**. Linie SDA i SCL podłączane są do odpowiednich pinów mikrokontrolera – A4 i A5. Dodatkowo, do pamięci trzeba podłączyć zasilanie do linii VCC i GND. Sugerowane moduły powinny mieć 32 kB lub 64 kB pamięci.

Aby skompilować program z obsługą pamięci EEPOM należy pobrać bibliotekę systemu plików EEPROM z repozytorium (https://github.com/slviajero/EepromFS). Biblioteka ta tworzy bardzo prosty system plików na dowolnej pamięci EEPROM podłączonej przez interfejs I²C. Może być używana bez interpreter BASIC-a, jako samodzielny

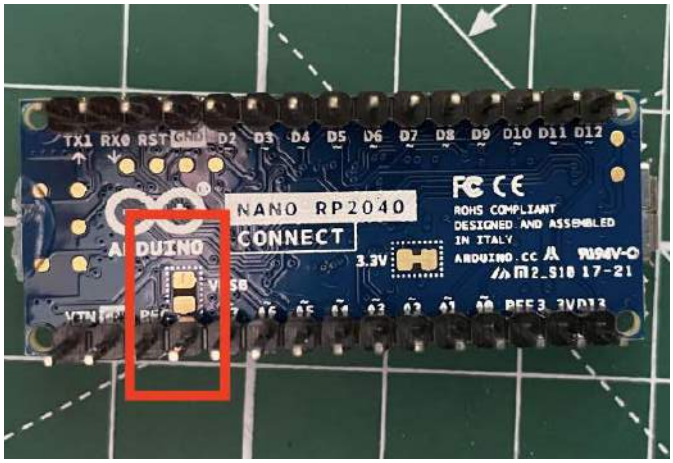


Fotografia 3. Moduł z pamięcią EEPROM

eprasa.pl a982d0ace0



Fotografia 4. Moduł zegara RTC z baterią podtrzymującą



Fotografia 5. Lokalizacja zworki VUSB na płytce z RP2040

komponent. System plików dzieli pamięć EEPROM na kilka slotów o równej wielkości i przechowuje w niej pliki. API jest napisane w stylu C.

Aby wykorzystać zewnętrzną pamięć EEPROM należy zamiast ARDUINOSD lub RP2040LITTLEFS, ustawić flagę kompilatora ARDUINOEFS:

```
#define ARDUINOEFS
```

Trzeba również zdefiniować adres I²C i rozmiar pamięci. To wykonywane jest w następującej sekcji:

```
#define EEPROMI2CADDR 0x050
#define RTCI2CADDR 0x068
#define EFSEEPROMSIZE 32767
```

Po uruchomieniu interpretera BASIC-a można sformatować system plików EEPROM korzystając z komendy FDISK X, gdzie X to ilość slotów na pliki, jaka ma być utworzona. Każdy slot ma pojemność 8 kB. Polecenia plików, takie jak CATALOG, SAVE, LOAD, OPEN, CLOSE i DELETE, mogą być teraz używane w EEPROM – działają tak samo, jak opisano wcześniej.

Moduły EEPROM można łatwo wymieniać między różnymi komputerami. Przypominają trochę moduły programowe starych komputerów ATARI. Zaletą modułów EEPROM jest niskie zużycie energii. Alternatywnie, jako system plików można użyć EEPROM zegara czasu rzeczywistego.

Podłączenie zegara czasu rzeczywistego

Płytka zegara czasu rzeczywistego (**fotografia 4**) jest podłączona do magistrali I²C komputera. Płytkę można umieścić tuż pod Arduino nieco w prawo, jak pokazano na rysunku. Moduł podłączamy do interfejsu I²C oraz oczywiście do linii zasilania (VCC i GND). SDA zegara jest połączone z pinem A4, a SCL z A5. To jest standardowe wyjście I²C z tego modułu. Następnie w pliku konfiguracji sprzętowej ustawiamy odpowiednie flagi, aby włączyć obsługę dodanego sprzętu:

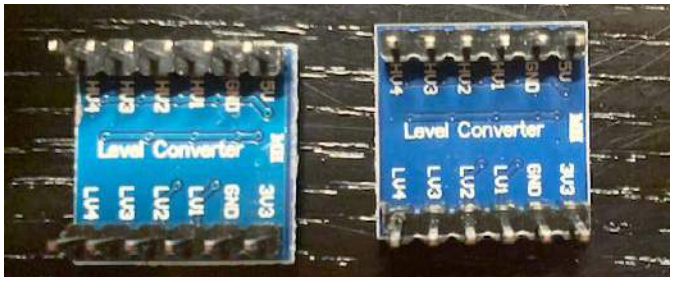
```
#define ARDUINORTC
#define ARDUINOWIRE
```

Aby szkic skompilował się poprawnie trzeba zainstalować bibliotekę uRTC. Można ją pobrać za pomocą menedżera bibliotek Arduino.

Finalnie, przed kompilacją, należy jeszcze skonfigurować ustawienia I²C dla układu zegara czasu rzeczywistego. W przypadku zastosowania omawianego modułu w szkicu Arduino wpisujemy:

```
#define EEPROMI2CADDR 0x050
#define RTCI2CADDR 0x068
#define EFSEEPROMSIZE 32767
```

Wartość 0x068 to standardowa wartość adresu zegara czasu rzeczywistego I²C. Jeśli zastosowany moduł ma inny adres, trzeba go tutaj zmienić. Jeśli używany w systemie EFS i mamy dodatkowy EEPROM podłączony do magistrali I²C, należy sprawdzić, czy nie ma konfliktu adresów. Dodatkowo, niektóre zegary mają swoją pamięć EEPROM, dostępną pod adresem 0x057 lub 0x050. W systemie można mieć tylko jedną pamięć EEPROM.



Fotografia 6. Moduł konwertera poziomów napięć

Gdy w wierszu poleceń pojawi się komunikat BASIC, należy wpisać:

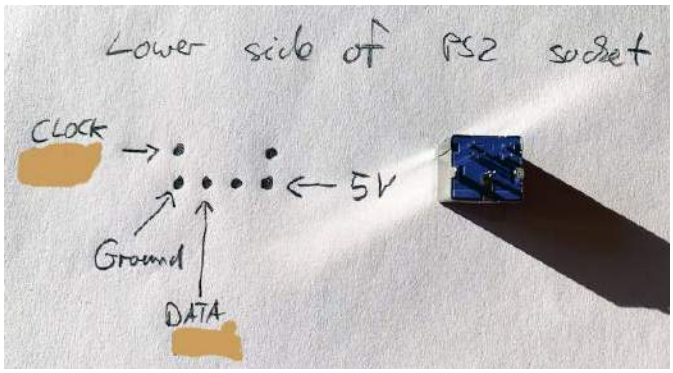
```
@T(0)=0
PRINT @T$
```

Pierwsze polecenie inicjuje zegar, a drugie polecenie powinno wydrukować na ekranie ciąg aktualnej daty i godziny.

Podłączenie klawiatury

Omówione elementy działały z zasilaniem 3,3 V. Niestety klawiatury PS/2 wymagają napięcia 5 V. Aby udostępnić 5 V na płytce należy zewrzeć połączenie z tyłu płytki z mikrokontrolerem, jak pokazano na **rysunku 5**. Połączenie tego elementu pozwala wystawić 5 V z USB na wyprowadzeniu 5 V modułu. Uwaga – połączenie go z jakimkolwiek innym pinem prawdopodobnie uszkodzi płytkę.

Do podłączenia klawiatury potrzebny będzie konwerter poziomów (**fotografia 6**). Podłączamy do niego zasilanie 3,3 V, GND oraz piny 2 i 5 modułu z mikrokontrolerem do strony 3,3 V konwertera poziomów. Podłączamy również linie 5 V i GND do strony 5 V konwertera poziomów. Następnie podłączamy gniazdo PS/2 tak, jak pokazano na **rysunku 1**. Pin zegara po prawej stronie gniazda przechodzi do pinu konwertera poziomu od strony 5 V, który trafia po drugiej stronie konwertera na pin 2 danych mikrokontrolera. Pin danych jest połączony z pinem 5 mikrokontrolera, oczywiście przez konwerter poziomów. Zasilanie i masa układu są oczywiście odpowiednio połączone.



Rysunek 1. Sposób podłączenia złącza klawiatury

eprasa.pl a982d0ace0

Teraz należy ponownie rozszerzyć definicje sprzętu w pliku *hardware-arduino.h*:

```
#define ARDUINOPS2
```

Do skompilowania potrzebna będzie biblioteka Arduino PS2. Można użyć np. źródła autora systemu z jego repozytorium (https://github.com/slviajero/PS2Keyboard). Po skompilowaniu i wgraniu szkicu do układu można podłączyć klawiaturę i zrestartować mikrokontroler. Kontrolki stanu klawiatury powinny migać po ponownym uruchomieniu. Klawiatury PS/2 często wymagają dużej mocy, więc należy dostarczyć odpowiednią ilość prądu do układu. Czasami klawiatura inicjuje się bardzo wolno. W takiej sytuacji dobrze jest wypróbować kilka różnych klawiatur. Może być konieczne ponowne uruchomienie Arduino poprzez odłączenie zasilania i ponowne podłączenie, jeśli wystąpi problem z klawiaturą.

Gdy klawiatura mignie diodami, można przetestować ją za pomocą programu w BASIC-u:

```
10 FOR I=1 TO 100
20 GET &2, A: PRINT A
30 DELAY 500
40 NEXT
```

Wpisanie RUN uruchamia program. Wartości ASCII naciskanych przycisków będą wysyłane przez port szeregowy i mogą być podejrzane za pomocą monitora portu szeregowego w Arduino IDE.

Zasilanie

Jeśli chcemy zbudować naprawdę niezależny komputer to musi on być niezależny od zasilania z USB. Można oczywiście użyć zasilacza USB i odpowiedniego kabla albo też dodać gniazdo zasilania dla zasilacza wtyczkowego i stabilizator napięcia. Obwód stabilizatora liniowego jest prosty. Stabilizator napięcia 7805 ma jedno wejście, które podłączone jest do wtyczki zasilania. Plus znajduje się na wewnętrznym bolcu zasilacza, a minus na zewnętrznej części wtyczki. Pin wyjściowy stabilizatora jest połączony bezpośrednio z linią 5 V w układzie. Tylko konwertery poziomów i klawiatura używają napięcia 5 V. Nie ma zabezpieczenia pinu USB komputera tym obwodem – nie można podłączać jednocześnie zasilacza i komputera. Zalecane są dodatkowo dwa kondensatory filtrujące

Drukarka

Małe drukarki termiczne są bardzo przydatne do szybkiego uzyskania kopii danych zebranych przez Arduino. Te drukarki termiczne zawierają logikę 5 V i zazwyczaj wymagają zasilania 5 V/2 A. Podłączenie drukarki powinno odbywać się poprzez konwerter poziomów. W tym celu należy podłączyć pin TX i RX Arduino do strony 3,3 V konwertera poziomów. Następnie należy podłączyć stronę 5 V tych pinów do odpowiedniej wtyczki. Można do tego celu użyć standardowych kabli i wtyczek stereo audio. To może być niekonwencjonalne, ale te kable są tanie, dobrej jakości i dobrze ekranowane. Szybkość transmisji 9600 może być przez nie bezpiecznie przesyłana. Uziemienie jest połączone z zewnętrzną stroną wtyczki, TX i RX przez wewnętrzną stronę. Należy upewnić się, że TX Arduino jest połączony z RX drukarki i odwrotnie.

Aby aktywować drukowanie, należy przekompilować interpreter po skonfigurowaniu pliku *hardware-arduino.h:*

```
#define ARDUINOPRT
```

Teraz ARDUINOPRT jest zdefiniowany. Dzięki temu Serial1 jest dostępny w BASIC, jako strumień wyjściowy &4. Dane są wysyłane do drukarki za pomocą polecenia:

```
PRINT &4, "Hello World"
```

W instrukcji do samego języka, jaka dostępna jest w repozytorium z projektem, znaleźć można więcej informacji na temat strumieni wyjściowych BASIC i użycia modyfikatora &.

Listing 1. Przykładowy program, który wykrywa urządzenia na magistrali I²C

```
10 REM "Identify devices on the I2C bus"
20 REM ""
100 REM "the setup()"
110 FOR I=1 TO 127
120 @S=0
130 REM "Try to open a device and send a byte"
140 OPEN &7, I
150 PUT &7, 0
160 IF @S=0 THEN PRINT "device found on", #3, I;": ";:GOSUB 500
190 NEXT
200 PRINT
210 END
500 REM "Search the device name"
505 IF I=56 THEN PRINT "AH10" : RETURN
510 IF I=60 THEN PRINT "Oled" : RETURN
520 IF I>=80 AND I<=87 THEN PRINT "EEPROM" : RETURN
530 IF I=104 THEN PRINT "Real Time Clock" : RETURN
540 IF I=118 OR I=119 THEN PRINT "BMP/E280" : RETURN
590 PRINT "Unknown"
600 RETURN
```

Sieć bezprzewodowa

Do interpretera BASIC dodano bardzo podstawową obsługę Internetu Reczy (IoT). Aby podłączyć system do sieci, należy otworzyć plik *wifisettings.h*, a w nim wpisać w następującym miejscu:

```
const char* ssid = "";
const char* hasło = "";
const char* mqtt_server = "test.mosquitto.org";
const short mqtt_port = 1883;
bajt mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xE9, 0xE9, 0xE9};
```

Identyfikator SSID i hasło do naszej sieci. Nie jest to zbyt bezpieczne podejście, więc nie nadaje się do większych instalacji. Następne dwie linijki zawierają adres i port serwera MQTT. Obecnie obsługiwane są tylko nieuwierzytelnione i niezaszyfrowane serwery MQTT. Ponownie, nie jest to bezpieczne rozwiązanie dla typowych systemów IoT instalowanych w warunkach rzeczywistych. Wstępnie skonfigurowany serwer to serwer testowy Mosquitto.

Po skonfigurowaniu tego pliku należy otworzyć plik *hardware-arduino.h* i wprowadzić następującą zmianę:

```
#define ARDUINOMQTT
```

Do działania potrzebna jest biblioteka Pubsub MQTT i biblioteki Arduino WifiNINA z menedżera bibliotek Arduino. Po ich doinstalowaniu można przekompilować szkic i wysłać go do mikrokontrolera.

Po ponownym uruchomieniu systemu wpisujemy mu komendę NETSTAT. Jeśli komputer jest podłączony do sieci, wyjście powinno zawierać informacje na temat połączenia i dostępu do serwera MQTT. Teraz komputer jest gotowy do odbierania i wysyłania wiadomości MQTT.

Typowy program do wysyłania bez obsługi błędów może wyglądać tak:

```
10 OPEN &9, "iotbasic/testdata", 1
20 PRINT &9, "data:", AREAD(AZERO)
30 DELAY 2000
40 GOTO 20
```

Ten program otworzy temat MQTT *iotbasic/testdate* do zapisu, wypisze ciąg *data:* i wartość analogową na A0, odczeka dwie sekundy, a następnie zmierzy i zapisze wartość ponownie.

Dodawanie sensorów I²C

Interpreter BASIC ma wbudowany zestaw czujników i może uzyskać dostęp do magistrali I²C bezpośrednio za pomocą poleceń BASIC-a. Na **listingu 1** pokazano przykładowy program, który powinien wykryć zegar czasu rzeczywistego na magistrali I²C. Podłączając dowolny inny czujnik I²C, on także zostanie wykryty. Polecenia BASIC GET, PUT, PRINT i INPUT na kanale I/O &7 umożliwiają bezpośredni dostęp do urządzeń I²C. Czujniki mogą być odczytywane na poziomie bajtów, a dane mogą być wykorzystywane w programach.

Niektóre czujniki są już wstępnie zdefiniowane w języku BASIC. Można je aktywować, jako część kodu. W *hardware-arduino.h* w sekcji ARDUINOSENSORS znajdują się flagi, odpowiedzialne za sensory:

```
#ifdef ARDUINOSENSORS
#undef ARDUINODHT
#define DHTTYPE DHT22
```


eprasa.pl a982d0ace0

```
#define DHTPIN 2
#undef ARDUINOSHT
#ifdef ARDUINOSHT
#define ARDUINOWIRE
#endif
#undef ARDUINOMQ2
#define MQ2PIN A0
#undef ARDUINOLMS6
#define ARDUINOAHT
#undef ARDUINOBMP280
#undef ARDUINOBME280
#endif
```

Te czujniki są obecnie obsługiwane, jako wbudowane. Aktywacja ARDUINOSENSORS poprzez ustawienie definicji oraz aktywacja czujnika w tym miejscu spowoduje, że wartości czujnika będą dostępne w języku BASIC. Jeśli czujnik DHT22 jest dostępny i zostanie podłączony do pinu D3, sekcja DHT powyżej zmieni się na:

```
#define ARDUINODHT
#define DHTTYPE DHT22
#define DHTPIN 3
```

Następnie, w sekcji definicji sprzętowej dodane powinno zostać:

```
#define ARDUINOSENSORS
```

Po oznaczeniu flagi ARDUINOSENSORS pozostaje w tym przypadku tylko pobranie biblioteki dla DHT22 i rekompilowanie szkicu w Arduino IDE. Sensor podłączamy do pinu 3 modułu. Aby odczytać wartość używana jest funkcja SENSOR, tak jak pokazano w kodzie poniżej. Pierwszy argument to numer sensora, a drugi, to numer wartości, jaka ma być odczytana. I w ten sposób program:

```
PRINT SENSOR(1,2), SENSOR(1,1)
```

Wydrukuje na ekranie obecną temperaturę i wilgotność. Jeśli potrzebne jest nam coś bardziej skomplikowane, lub chcemy po prostu wysłać te dane do serwera MQTT, możemy skorzystać z kodu:

```
10 OPEN &9, "iotbasic/testdata", 1
20 PRINT &9, "dhtdata:", SENSOR(1,2), SENSOR(1,1)
30 DELAY 2000
40 GOTO 20
```

Dzięki czterem linijkom kodu w BASICu dane mogą być mierzone i przesyłane na zdalny serwer. Zapisanie tego pliku, jako *autoexec.bas* na karcie SD spowoduje jego automatyczne uruchomienie po każdym ponownym uruchomieniu komputera. Dzięki temu komputer może działać, jako samodzielne urządzenie do akwizycji danych.

Podsumowanie

W powyższym artykule opisano ciekawe zastosowanie modułu Raspberry Pi RP2040 z programowym interpreterem BASIC-a. Komputer ten może działać zupełnie samodzielnie, posiadając własną pamięć w postaci układu EEPROM, czy też karty SD, czy nawet podłączenie do Internetu! BASIC nie jest może najczęściej używanym współcześnie językiem, jednak sam projekt pozwala zapoznać się z tym łatwym w nauczeniu i używaniu językiem programowania. Interpreter BASIC-a ma wiele funkcji, które nie zostały omówione w tym artykule. Może działać, jako urządzenie podrzędne, a także odbierać i wyświetlać komunikaty z serwera MQTT. Istnieje cały szereg modułów, których tutaj nie opisano, z uwagi na ograniczoną objętość artykułu.

Nikodem Czechowski, EP

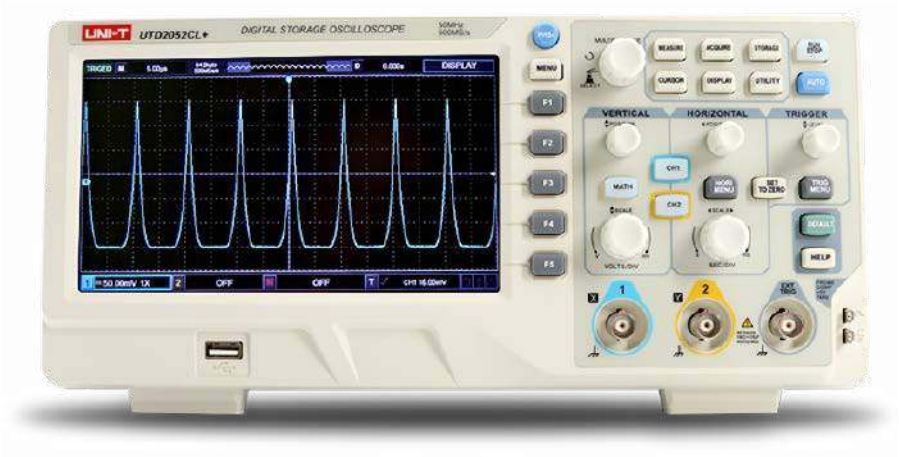
Źródła:

- https://bit.ly/3CsW4Bx
- https://github.com/slviajero/tinybasic
- https://github.com/slviajero/tinybasic/wiki

REKLAMA

Oscyloskop UNI-T UTD2052CL+

1 169,00 zł



Szerokość pasma analogowego:	50 MHz
Czas narastania:	<7 ns
Liczba kanałów:	2
Podstawa czasu:	2 ns/div ~ 50 s/div
A/D:	8 bit
Czułość odchylania pionowego:	1 mV/div ~ 20 V/div
Sposób zapisu danych pomiarowych:	setup, wave, bitmap
Sposoby wyzwalania:	zboczem, szerokością impulsu, sygnałem wideo, naprzemienne
Operacje matematyczne:	dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie
Interfejsy:	USB Host, USB Device, Pass/Fail
normy:	CE, EN:61010-1
zasilanie:	230 V AC
wymiary:	306×138×124 mm
masa:	2,73 kg

W zestawie: oscyloskop, 2 sondy pomiarowe z dzielnikiem 1× i 10×, kabel zasilający, kabel USB, instrukcja obsługi



AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. +48 22 257 84 49, handlowy@avt.pl
sklep.avt.pl

Przedstawiona oferta cenowa ma charakter informacyjny i nie stanowi oferty handlowej w rozumieniu Art.66 par.1 Kodeksu Cywilnego

eprasa.pl a982d0ace0

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (18)

Front-endy do pomiarów ultradźwiękowych (3)

W ostatniej części Poradnika Implementacji szczegółowo omówiliśmy front-end PGA460 – interesujący przykład mariażu dość przeciętnego toru analogowego z zaawansowanym blokiem DSP, znacząco rozszerzającym zakres dynamiki i możliwości aplikacyjne układu. Niniejszy odcinek kończy już sekcję poświęconą pomiarom ultradźwiękowym (z pominięciem AFE przeznaczonych do obrazowania medycznego, którymi zajmiemy się w przyszłości) – w tym miesiącu zaprezentujemy dwie dalsze propozycje ze stajni TI oraz jeden układ konkurencji – firmy onsemi.



Wszystkie poprzednie odcinki znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

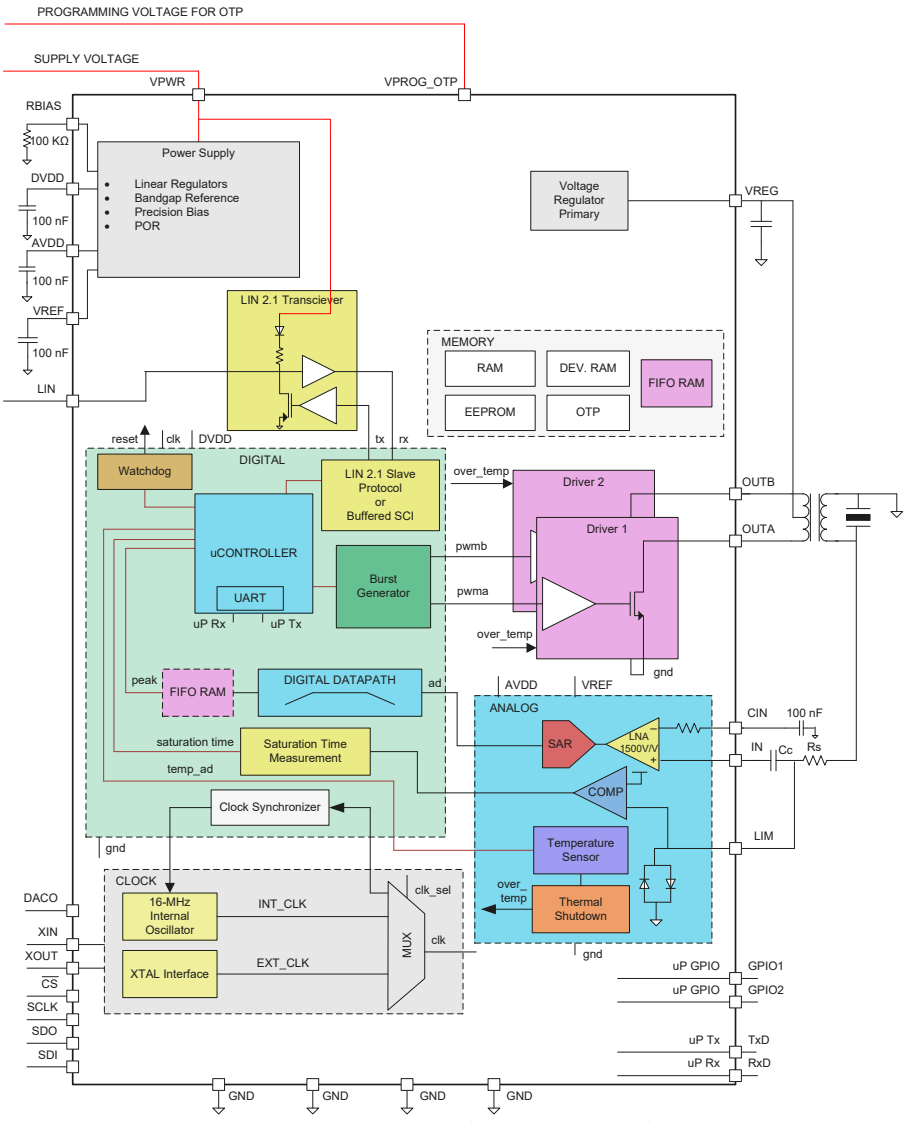
PGA450-Q1

Kolejny interesujący przykład wysoce zintegrowanego rozwiązania z oferty Texas Instruments stanowi układ PGA450-Q1, którego schemat blokowy pokazano na **rysunku 1**. Układ jest przeznaczony do aplikacji pomiaru odległości metodą ToF – z uwagi na zastosowane rozwiązania techniczne w zakresie zasilania i komunikacji z kontrolerem nadrzędnym, liczba niezbędnych do pracy elementów dyskretnych oraz liczba zewnętrznych połączeń zostały zminimalizowane, przez co front-end świetnie nadaje się do budowy wielokanałowych systemów echolokacyjnych dla branży automotive (czujniki parkowania), dronów (systemy wspomagania lądowania oraz zabezpieczenia antykolizyjne), robotyki mobilnej (detekcja odległości od przeszkód) itp. Układ – według zapewnień producenta – umożliwia pracę w zakresie od 1 do 7 metrów, przy rozdzielczości 1 cm i to zarówno z przetwornikami ultradźwiękowymi o konstrukcji otwartej, jak i zamkniętej (*closed-top*).

Układ PGA450-Q1 należy do stosunkowo wąskiej (choć z roku na rok coraz szerszej) grupy front-endów wyposażonych we wbudowany mikrokontroler. W tym przypadku mamy do czynienia – co ciekawe – ze architekturą 8051W (8051 WARP), choć nie da się ukryć, że sam MCU stanowi zaledwie niewielki (pod względem funkcjonalnym) fragment struktury układu. W budowie front-endu możemy wyróżnić kilka głównych bloków, które kolejno omówimy.

Blok zasilania (**rysunek 2**) jest złożony z szeregu stabilizatorów napięcia (osobnych dla domeny cyfrowej i analogowej), źródła napięcia odniesienia, układu POR (*Power-On Reset*) oraz osobnego, impulsowego regulatora napięcia dla uzwojenia pierwotnego transformatora, o konstrukcji znanej z poprzednio opisanych front-endów (**rysunek 3**).

Blok taktowania zawiera 16-megahercowy oscylator wewnętrzny oraz generator przystosowany do pracy z zewnętrznym rezonatorem kwarcowym. Typowa dokładność oscylatora wbudowanego (równa ±4%) może być poprawiona 8-krotnie (do ±0,5%) za pomocą bloku synchronizacji (**rysunek 4**), który otrzymuje dane z interfejsu LIN jako



Rysunek 1. Schemat blokowy układu PGA450-Q1 (źródło: datasheet)

eprasa.pl a982d0ace0

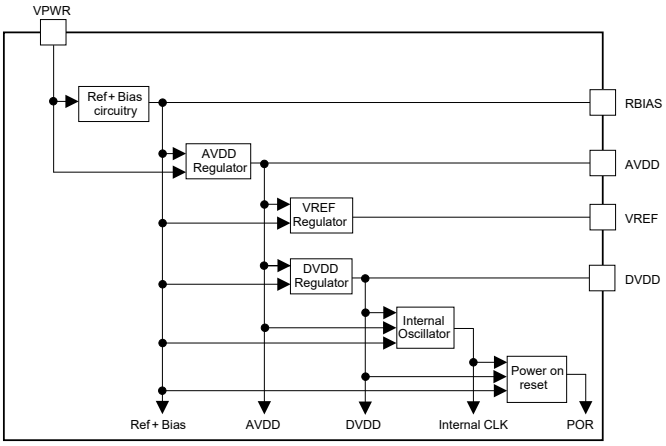
– teoretycznie – idealny wzorzec częstotliwości (przy założeniu, że ramki zostały odebrane z prędkością dokładnie 19200 bps).

Blok kontrolera cyfrowego stanowi serce całego układu i oprócz wymienionego już mikrokontrolera (odpowiedzialnego za dalsze przetwarzanie danych pomiarowych, obsługę rejestrów konfiguracyjnych, a także komunikację za pośrednictwem transceivera LIN 2.1/SCI lub interfejsu UART – schemat blokowy MCU można zobaczyć na **rysunku 5**), obejmuje także cyfrowy blok kondycjonowania i przetwarzania sygnałów echa, wspomniany wcześniej układ synchronizacji sygnałów zegarowych, blok pomiaru czasu saturacji przetwornika, generator impulsów pobudzających, a także układ watchdog oraz kontroler protokołu LIN/SCI. Z częścią cyfrową współpracuje także rozbudowany blok pamięci, w tym wypadku obejmujący aż pięć jej rodzajów:

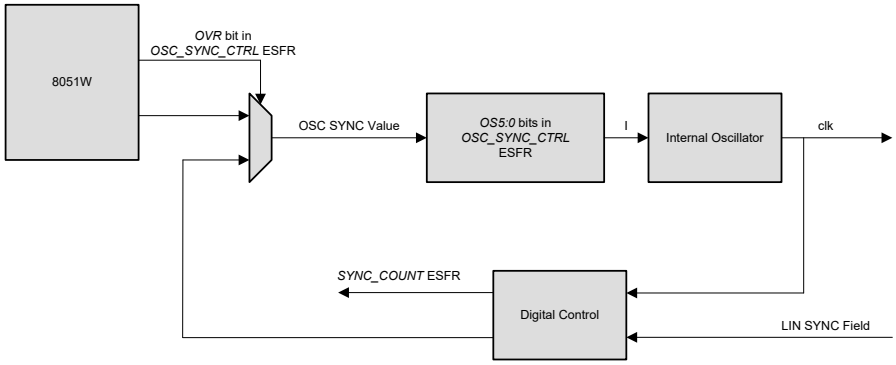
- FIFO RAM (768 B) – służy jako bufor dla próbek sygnału przetworzonego przez tor DSP,
- Scratchpad RAM (256 B) – główna pamięć operacyjna MCU,
- EEPROM (32 B) – przeznaczona na dane konfiguracyjne,
- OTP (8 kB) – przechowuje kod programu procesora,
- DEVELOPMENT RAM (8 kB) – zastępuje pamięć OTP podczas pracy nad programem MCU.

Tor odbioru echa jest zbudowany na bazie wzmacniacza LNA o wzmocnieniu regulowanym w zakresie od około 100 V/V do 1750 V/V, połączonego bezpośrednio z 12-bitowym przetwornikiem SAR. Niezależnie od głównego toru sygnałowego pracuje komparator, przeznaczony do pomiaru czasu saturacji przetwornika oraz blok zabezpieczeń termicznych z wbudowanym czujnikiem temperatury o czułości 1,75°C/LSB, przeciętnej dokładności równej ±5°C, ale dość szerokim zakresie pracy (od –40 do +140°C).

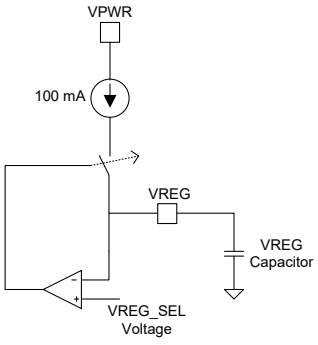
Tor kondycjonowania DSP (**rysunek 6**) rozpoczyna się tuż za wyjściem przetwornika SAR, będącego źródłem danych pomiarowych o częstotliwości próbkowania równej 1 MHz. Próbki są wstępnie kierowane do filtra pasmowoprzepustowego drugiego rzędu o częstotliwości środkowej ustawianej w zakresie od 40 kHz do 70 kHz i szerokości pasma od 4 kHz do 7 kHz (w obydwu przypadkach z krokiem co 500 Hz). Przefiltrowany sygnał jest następnie prostowany i podawany



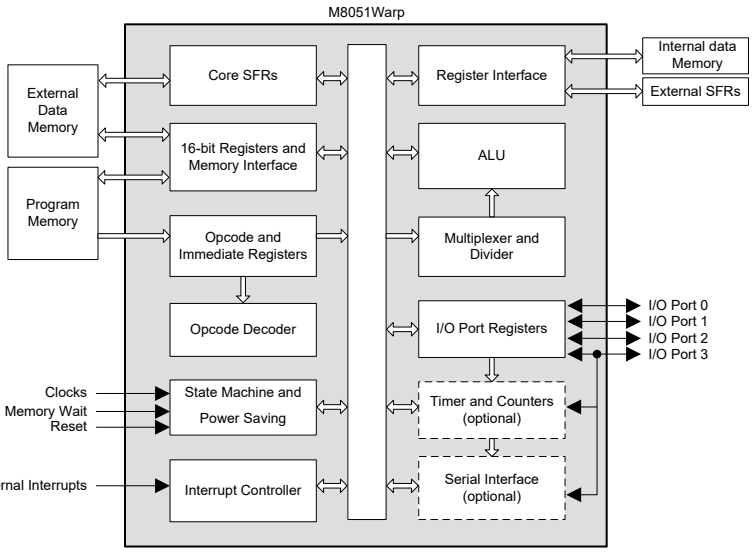
Rysunek 2. Schemat bloku zasilania front-endu PGA450-Q1 (źródło: datasheet)



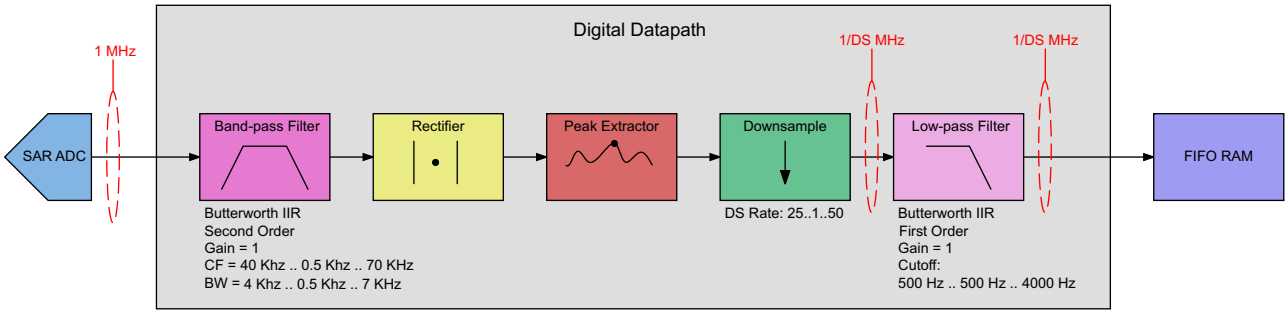
Rysunek 4. Blok synchronizacji oscylatora wewnętrznego front-endu PGA450-Q1 (źródło: datasheet)



Rysunek 3. Schemat regulatora napięcia, przeznaczonego do zasilania uzwojenia pierwotnego transformatora, współpracującego z front-endem PGA450-Q1 (źródło: datasheet)

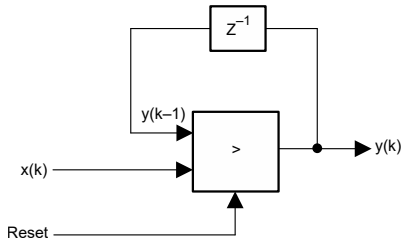


Rysunek 5. Schemat blokowy wbudowanego mikrokontrolera 8051W – front-end PGA450-Q1 (źródło: datasheet)

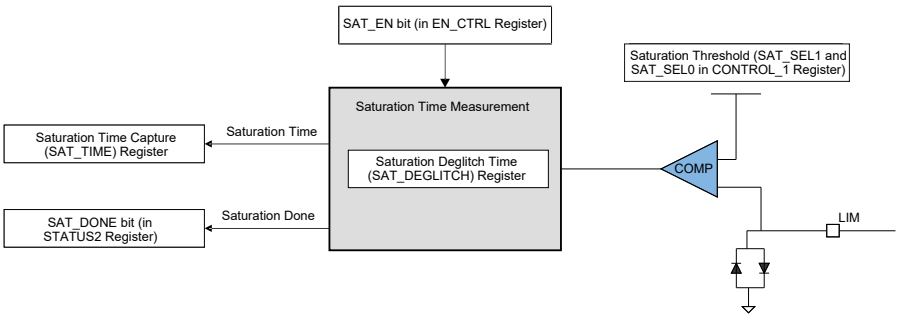


Rysunek 6. Tor DSP front-endu PGA450-Q1 (źródło: datasheet)

eprasa.pl a982d0ace0



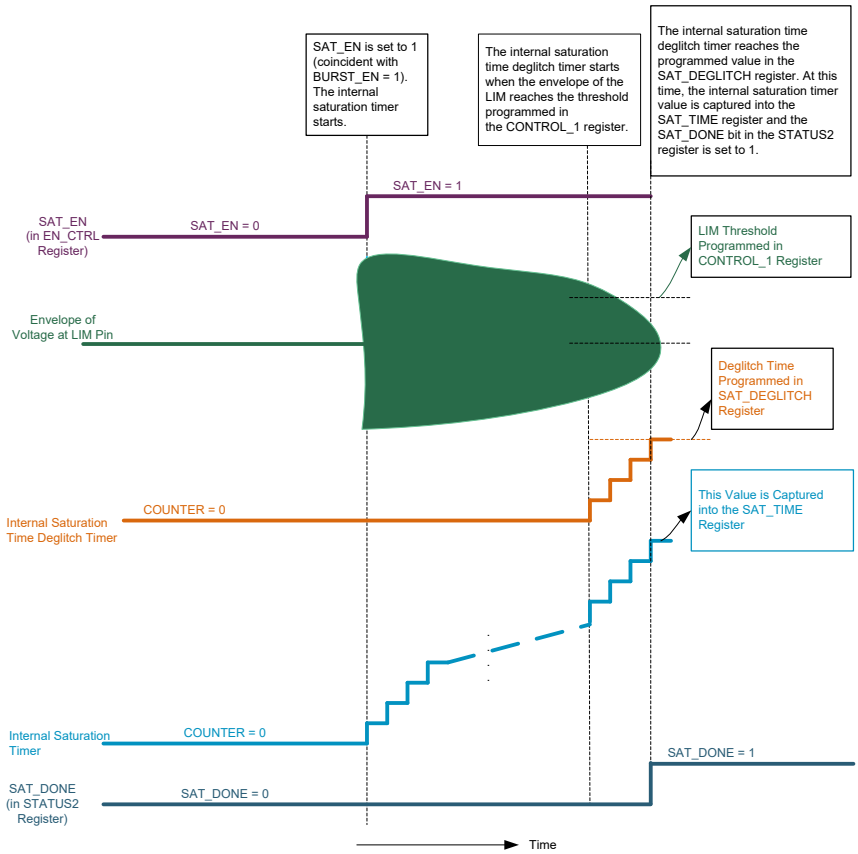
Rysunek 7. Zasada działania detektora szczytowego front-endu PGA450-Q1. Oznaczenia: x(k) – sygnał wyjściowy modułu prostowania, y(k) – wyjście detektora szczytowego, Reset – sygnał zerujący z bloku podpróbkowania (źródło: datasheet)



Rysunek 8. Schemat funkcjonalny bloku przeznaczonego do pomiaru czasu nasycenia przetwornika ultradźwiękowego – front-end PGA450-Q1 (źródło: datasheet)

na prosty detektor szczytowy, przepuszczający nową wartość wejściową tylko pod warunkiem, że aktualna próbka jest większa lub równa poprzedniej wartości wyjściowej detektora (**rysunek 7**). Ciąg danych wyjściowych detektora szczytowego jest następnie poddawany procesowi podpróbkowania (*downsampling*) ze współczynnikiem ustawionym w zakresie od 25 do 50 (z krokiem co 1). Tak przygotowany sygnał ponownie ulega filtracji, tym razem z użyciem dolnoprzepustowego filtra pierwszego rzędu o częstotliwości progowej w zakresie od 500 Hz do 4 kHz (z krokiem co 500 Hz). Próbki trafiają następnie do dwuportowego bufora FIFO, skąd odbiera je procesor 8051W i przetwarza zgodnie z zapisanym w pamięci OTP programem.

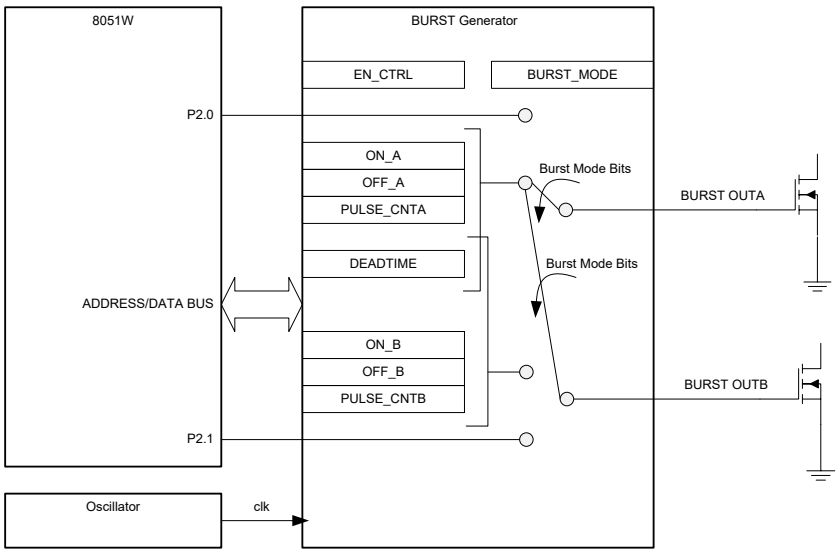
Front-end PGA450-Q1 jest wyposażony w sprzętowy blok pomiaru czasu saturacji przetwornika, którego schemat pokazano na **rysunku 8**. Układ współpracuje z przetwornikiem za pośrednictwem osobnego wejścia LIM, połączonego – poprzez komparator o progu ustalanym w sekwencji 200, 300, 400, 600 mV – ze specjalnie do tego celu przeznaczonym timerem. Przykład działania bloku pomiaru czasu nasycenia przetwornika ultradźwiękowego zobrazowano na **rysunku 9** – bit SAT_EN jest ustawiany automatycznie w momencie przekroczenia przez napięcie na wejściu LIM zadanego progu detekcji. Wewnętrzny licznik rozpoczyna odmierzanie czasu saturacji i jest zatrzymywany po obniżeniu napięcia na wejściu LIM poniżej progu detekcji, jednak nie bezpośrednio, ale dopiero po upłynięciu dodatkowego czasu, zaprogramowanego w rejestrze SAT_DEGLITCH. Takie rozwiązanie pozwala jednoznacznie stwierdzić fakt wyjścia przetwornika ze stanu nasycenia, nawet podczas pracy z sygnałami silnie zaszumionymi (np. przy dużych wzmocnieniach LNA), przydaje się zatem zwłaszcza w urządzeniach o dużym zasięgu detekcji.



Rysunek 9. Napięcie na wejściu LIN (zielony przebieg) oraz stany rejestrów i bitów związanych z blokiem pomiaru czasu saturacji w układzie PGA450-Q1 (źródło: datasheet)

Generator impulsów pokazany na **rysunku 10** umożliwia sterowanie wyjściami (więcej informacji na ich temat w dalszej części artykułu) w jednym z trzech możliwych trybów:

- **single-ended** – jedno z wyjść (OUTA lub OUTB) jest sterowane

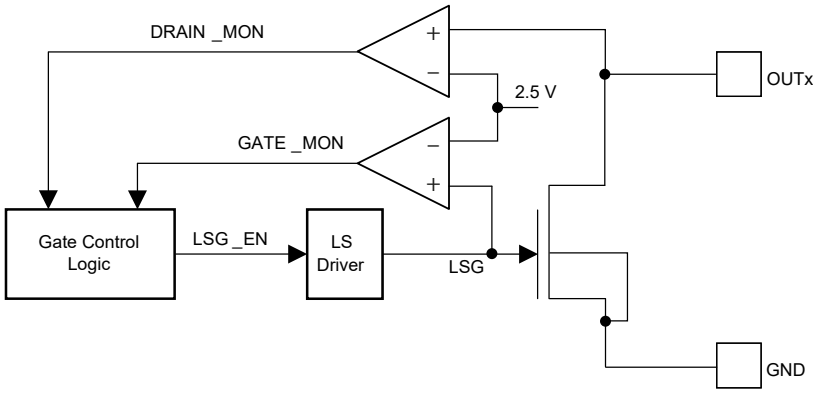


Rysunek 10. Uproszczony schemat funkcjonalny generatora impulsów front-endu PGA450-Q1 (źródło: datasheet)

eprasa.pl a982d0ace0

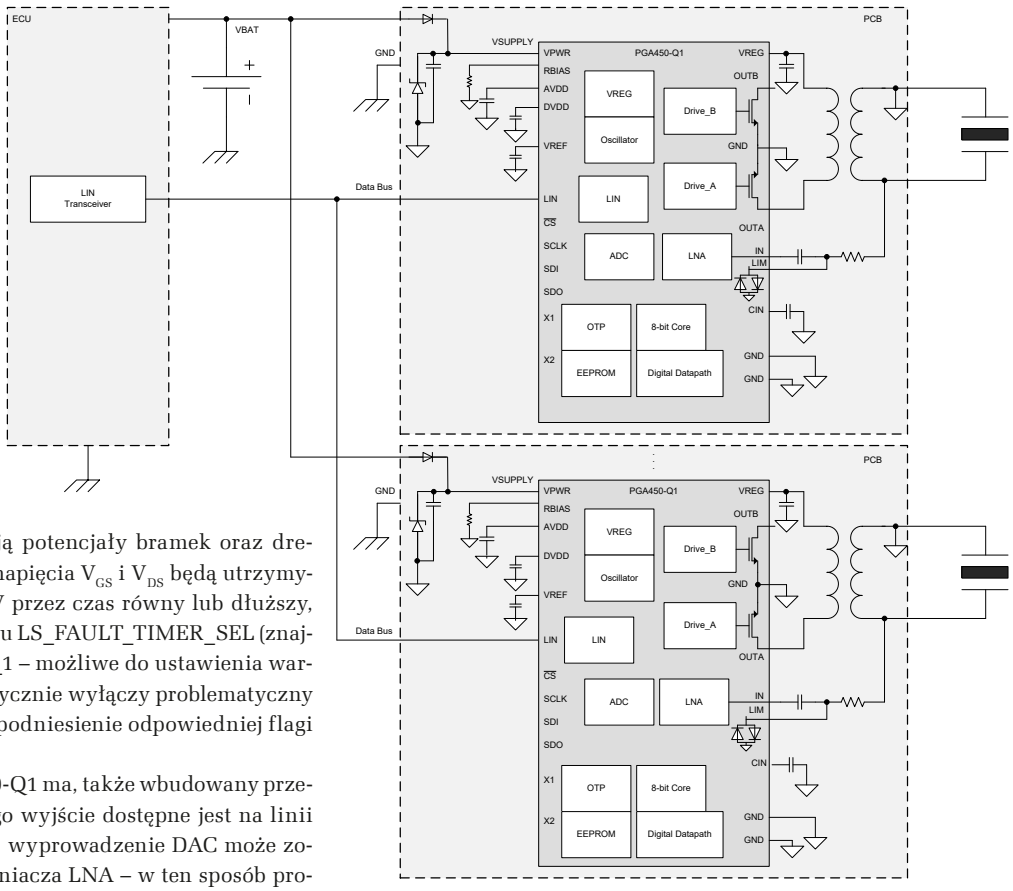
sprzętowo za pomocą generatora, bazującego na rejestrach EN_CTRL, DEADTIME oraz ON_A, OFF_A oraz PULSE_CNTA w przypadku wyjścia OUTA (lub ON_B, OFF_B oraz PULSE_CNTB w przypadku wyjścia OUTB); w tym samym czasie drugie wyjście można obsługiwać za pomocą oprogramowania wbudowanego mikrokontrolera poprzez jedną z wewnętrznych linii GPIO,

- **push-pull** – obydwa wyjścia są sterowane z przesunięciem fazowym 180o za pomocą zestawu rejestrów ON_A, OFF_A, DEADTIME, PULSE_CNTA oraz PULSE_CNTB,
- **8051W port drive** – obydwa wyjścia są sterowane w pełni programowo za pomocą wewnętrznych linii P2.0 i P2.1 mikrokontrolera, bez użycia sprzętowego generatora i ww. rejestrów.



Rysunek 11. Schemat blokowy układu sterowania pojedynczym wyjściem generatora (na podstawie noty katalogowej PGA450-Q1)

Generator współpracuje ze stopniem wyjściowym złożonym z dwóch bliźniaczych kanałów z wyjściami typu otwarty dren, wyposażonych w podwójne komparatory diagnostyczne (**rysunek 11**) i przeznaczonych do bezpośredniego sterowania uzwojeniem pierwotnym transformatora dopasowującego. Poszczególne komparatory na bieżąco monitorują potencjały bramek oraz drenów tranzystorów MOSFET. Jeżeli napięcia V_{GS} i V_{DS} będą utrzymywały się na poziomie powyżej 2,5 V przez czas równy lub dłuższy, niż nastawa dokonana za pomocą bitu LS_FAULT_TIMER_SEL (znajdującego się w rejestrze CONTROL_1 – możliwe do ustawienia wartości to 1 µs lub 2 µs), układ automatycznie wyłączy problematyczny tranzystor oraz zgłosi awarię przez podniesienie odpowiedniej flagi w rejestrze STATUS2.



Rysunek 12. Przykładowy schemat aplikacyjny urządzenia korzystającego z dwóch czujników parkowania, opartych na front-endach PGA450-Q1 (źródło: datasheet)

Warto dodać, że front-end PGA450-Q1 ma, także wbudowany przetwornik cyfrowo-analogowy, którego wyjście dostępne jest na linii DAC. W zależności od konfiguracji, wyprowadzenie DAC może zostać przełączone na wyjście wzmacniacza LNA – w ten sposób projektanci układu umożliwili obserwację działania głównego układu pomiarowego, zarówno przed, jak i za cyfrowym blokiem kondycjonowania sygnału echa.

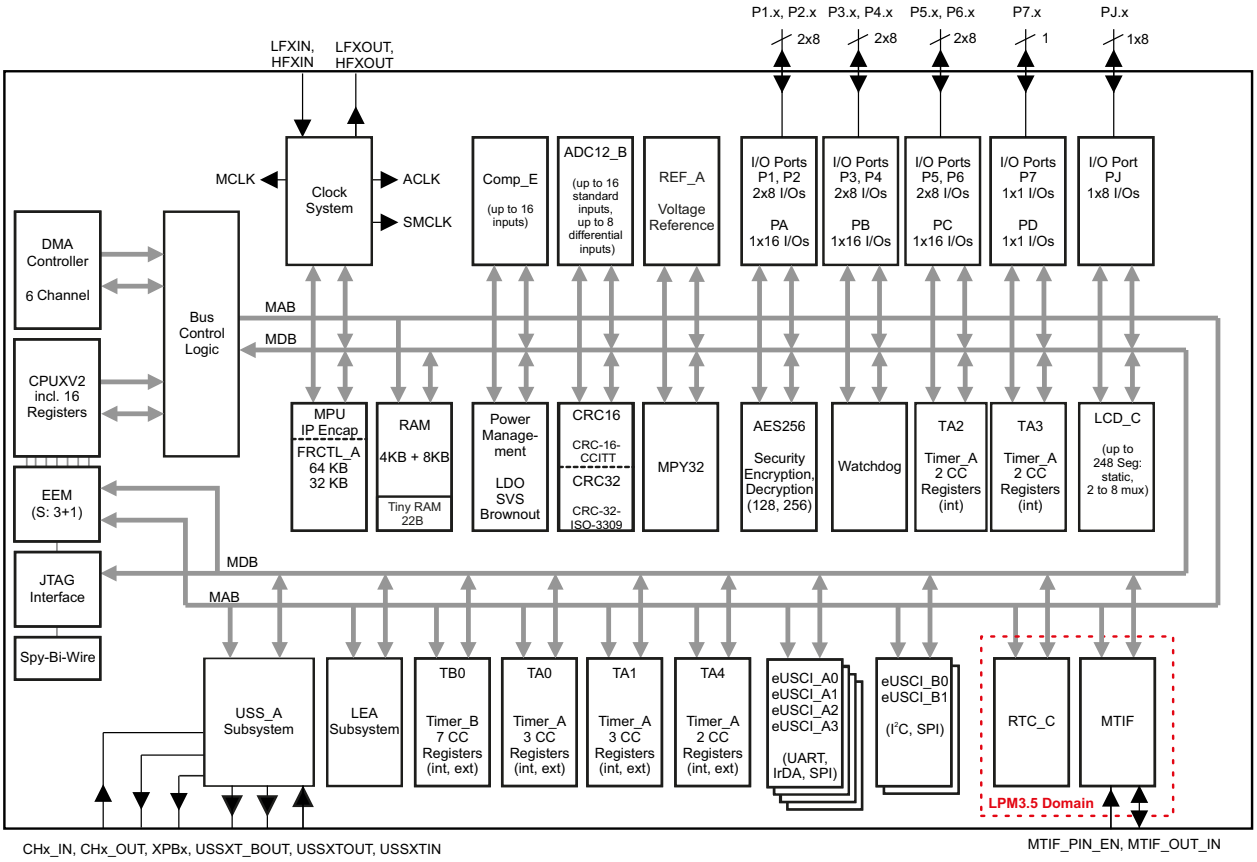
Przykładowy schemat aplikacyjny front-endu PGA450-Q1 pokazano na **rysunku 12**, doskonale ilustrującym jak prosty może być podstawowy układ pracy opisywanego AFE: szeroki zakres napięć zasilania na linii VPWR (od 7 V do 18 V) ułatwia podłączenie urządzenia np. do samochodowej sieci zasilania, bez konieczności stosowania dodatkowych przetwornic DC/DC czy też zewnętrznych stabilizatorów liniowych.

MSP430FR6043 wyposażony w blok *Ultrasonic Sensing Solution*

Kolejna propozycja ze stajni Texas Instruments należy do dość szerokiej gamy niskomocowych mikrokontrolerów MSP430 z wbudowanym front-endem ultradźwiękowym, przeznaczonym głównie do przepływomierzy. Z tego też względu zastosowany w omawianej rodzinie układ peryferyjny – nazwany skrótem USS (*Ultrasonic Sensing Solution*) umożliwia pomiary ToF z bardzo przyzwoitą dokładnością – na poziomie 12,5 ps (!) i rozdzielczość aż 5 ps. Schemat blokowy całego mikrokontrolera z tej serii – na przykładzie modelu MSP430FR6043, został pokazany na **rysunku 13**. Jak przystało na „dużych" przedstawicieli rodziny MSP430, także w tym przypadku mamy do czynienia z naprawdę solidnym zestawem uniwersalnych bloków peryferyjnych, w tym z 6-kanałowym kontrolerem DMA, 32-bitowym mnożnikiem sprzętowym, peryferium do obliczania sum kontrolnych CRC, aż 12-kanałowym komparatorem analogowym, 12-bitowym przetwornikiem ADC, koprocesorem kryptograficznym (wspierającym szyfrowanie AES-128 i AES-256) oraz kontrolerem segmentowych wyświetlaczy LCD. W ramach Poradnika Implementacji nie będziemy jednak zajmować się mikrokontrolerem jako takim, skupimy się bowiem wyłącznie na właściwym front-endzie.

Schemat blokowy modułu USS_A, który jest rozbudowaną wersją oryginalnego USS – został pokazany na **rysunku 14**. Front-end składa się z kilku zasadniczych bloków:

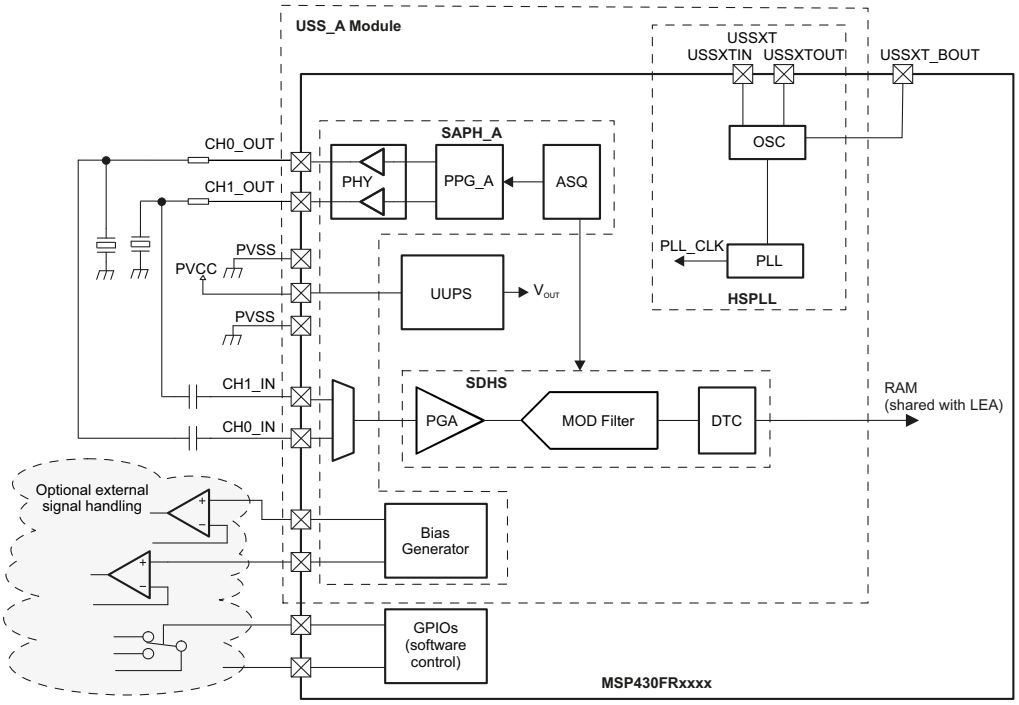
eprasa.pl a982d0ace0



NOTE: The device has 12KB of RAM, and 8KB of the RAM is shared with the LEA subsystem.

Rysunek 13. Schemat blokowy mikrokontrolera MSP430FR6043 (źródło: datasheet)

- **UUPS** (*Universal USS Power Supply*) – blok zasilania front-endu, odpowiedzialny za wytwarzanie napięć i prądów odniesienia oraz napięć zasilania wszystkich obwodów układu pomiarowego, a także generowanie sekwencji niezbędnych do prawidłowego załączania i wyłączania USS/USS_A;
- **HSPLL** (*High-Speed PLL*) – pętla synchronizacji fazowej o zakresie częstotliwości wyjściowych od 68 do 80 MHz i niskim poziomie jitteru. Sygnałem odniesienia dla pętli HSPLL jest USSXT – specjalny oscylator przeznaczony do pracy z HSPLL, obsługujący zewnętrzne rezonatory ceramiczne bądź kwarcowe o częstotliwości 4 lub 8 MHz;
- **SAPH/SAPH_A** (*Sequencer for Acquisition, Programmable Pulse Generator, and Physical Interface*) – jak sama nazwa wskazuje, blok ten jest odpowiedzialny za generowanie impulsów wyjściowych oraz akwizycję i kondycjonowanie sygnału echa. Wyjścia sterujące przetwornikami (CH0_OUT i CH1_OUT) zapewniają niską impedancję wewnętrzną na poziomie 3...4 Ω. Oprócz wspomnianego wcześniej sekwencera akwizycji (ASQ – *Acquisition Sequencer*), SAPH/SAPH_A zawiera także blok programowalnego generatora impulsów (PPG/PPG_A) oraz stopień wyjściowy, oznaczony skrótem PHY (*Physical Interface*). Dodatkowe wyjścia XPB0/1, dostępne w wersji SAPH_A, umożliwiają podanie napięć polaryzujących dla zewnętrznych obwodów, np. dodatkowych wzmacniaczy wejściowych (LNA) lub wyjściowych.
- **SDHS** (*Sigma-Delta High Speed*) – szybki przetwornik ADC, wyposażony we wbudowany wzmacniacz PGA oraz własny kontroler



Rysunek 14. Schemat front-endu ultradźwiękowego USS/USS_A na przykładzie mikrokontrolera MSP430FR6043 (źródło: https://bit.ly/3R4yW0e)

eprasa.pl a982d0ace0

DMA (nazwany przez producenta mianem DTC – *Data Transfer Controller*).

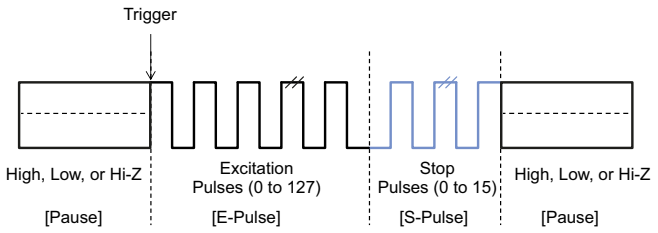
Podobnie, jak w przypadku opisanego wcześniej układu PGA450-Q1, także tutaj mamy do czynienia z trzema trybami pracy – front-end może pracować niejako autonomicznie (czyli z automatyczną sekwencją – normalną bądź energooszczędną, w obu przypadkach obsługiwaną przez blok ASQ), jak i z pełną kontrolą programową, ułatwiającą tworzenie oprogramowania czy też realizację zadań autodiagnostycznych w ramach docelowego urządzenia.

Podczas gdy podstawowa wersja USS zawiera blok PPG, umożliwiający pracę tylko z sygnałami pobudzającymi o jednej, określonej programowo częstotliwości – *single tone* (**rysunek 15**), to rozszerzona odmiana modułu generatora – PPG_A – pozwala także na generowanie przebiegów określanych jako *dual tone* – ton podwójny (**rysunek 16**), *trill tone* – tryl (**rysunek 17**) oraz *multi tone* – chirp (**rysunek 18**).

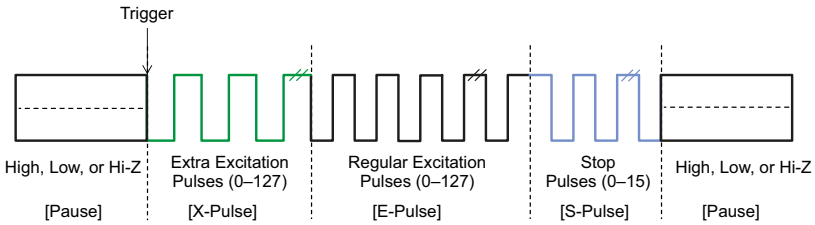
Rozbudowany blok toru wejściowego (**rysunek 19**) zawiera m.in. przełączniki ustalające warunki polaryzacji wejść, wzmacniacz PGA o wzmocnieniu od –6,5 dB do 30,8 dB, a także… pompę ładunkową, generującą napięcie zasilania dla głównego multipleksera. Napięcie to jest równe 3,2 V i powstaje w wyniku podwojenia napięcia wyjściowego stabilizatora LDO modułu USS. Wyjście PGA jest skierowane na modulator delta-sigma trzeciego rzędu, współpracujący z zespołem filtrów CIC, zapewniających decymację na poziomie od 10 do 160. Modulator wraz z filtrami tworzy wysokiej jakości przetwornik ADC o częstotliwości próbkowania do 8 MSps, z którego dane trafiają do 64-pozycyjnego bufora. Zastosowanie wspomnianego wcześniej kontrolera DTC wraz z buforem pozwala na bezstratną akwizycję danych z szybkością nieosiągalną dla głównego kontrolera DMA – układ jest zatem zoptymalizowany pod kątem maksymalnej wydajności pomiarowej przy dość ograniczonych możliwościach 16-megahercowego, energooszczędnego rdzenia RISC.

NCV75215 produkcji onsemi

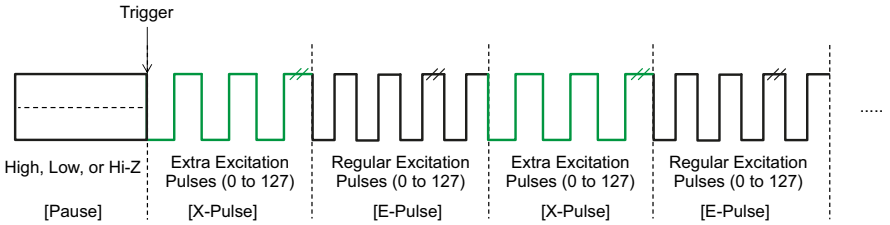
Ostatnim front-endem, który pozostał nam do omówienia w tej części naszego cyklu, jest propozycja firmy onsemi – NCV75215, jedyny w jej ofercie układ AFE przeznaczony do aplikacji ultradźwiękowych. NCV75215 umożliwia pomiary dystansu w zakresie od 0,25 m do 4,5 m za pomocą przetworników o częstotliwości rezonansowej od 35 kHz do 90 kHz. Schemat funkcjonalny front-endu NCV75215 pokazano



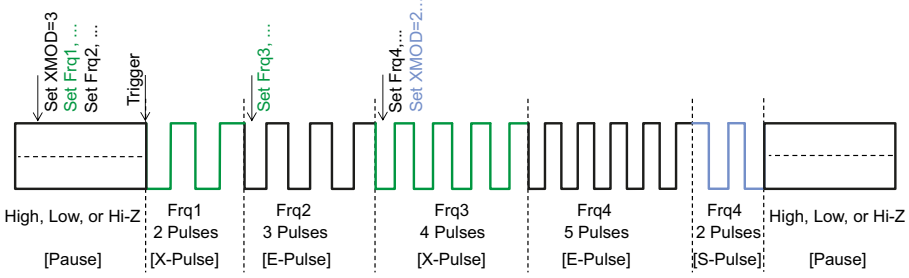
Rysunek 15. Przebiegi na wyjściu pobudzającym przetwornik w trybie single tone. Po przerwie (stan niski/wysoki lub wysoka impedancja) następuje szereg właściwych impulsów o zadanej częstotliwości, po czym generator odwraca fazę sygnału o 180°, przyspieszając w ten sposób wygaszenie drgań rezonansowych (faza Stop). Następnie układ znów przechodzi do fazy przerwy (Pause). Źródło: https://bit.ly/3R4yW0e



Rysunek 16. Przebiegi na wyjściu pobudzającym przetwornik w trybie dual tone. Tryb ten jest zbliżony do single tone z tą różnicą, że przed właściwą paczką impulsów pobudzających generator „dodaje" paczkę dodatkowych impulsów o częstotliwości ustawionej za pomocą osobnego zestawu rejestrów. Źródło: https://bit.ly/3R4yW0e



Rysunek 17. Początkowa część przebiegu na wyjściu pobudzającym przetwornik w trybie trill tone. Generator PPG_A wytwarza naprzemiennie paczki impulsów o dwóch różnych częstotliwościach, przy czym za zakończenie sekwencji odpowiada program (poprzez wpisanie wartości 2 do pola bitowego SAPH_AXPGCTL.XMOD). Po zakończeniu ostatniej sekwencji impulsów z częstotliwością podstawową (Regular Excitation) generator wytwarza sekwencję Stop. Źródło: https://bit.ly/3R4yW0e



Rysunek 18. Przebiegi pobudzające przetwornik w trybie multi tone (chirp). Generator PPG_A wytwarza kilka kolejnych sekwencji impulsów o rosnącej częstotliwości, co daje efekt zbliżony do chirp. Źródło: https://bit.ly/3R4yW0e

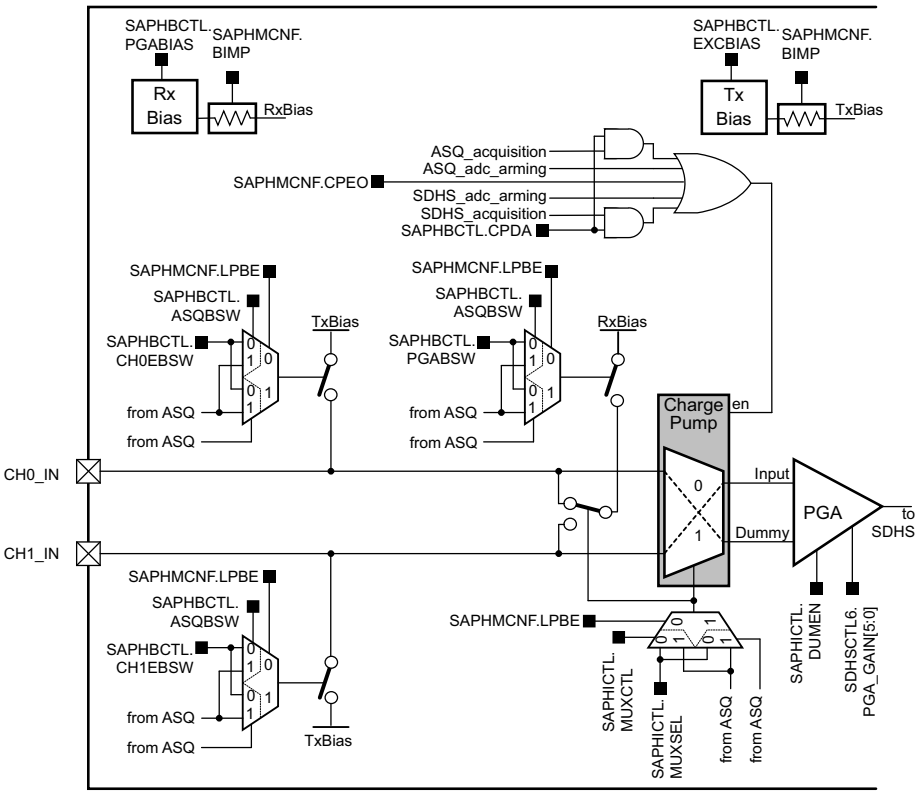
REKLAMA



O projektach, miniprojektach, projektach soft i na wiele innych tematów dyskutuj na forum.ep.com.pl

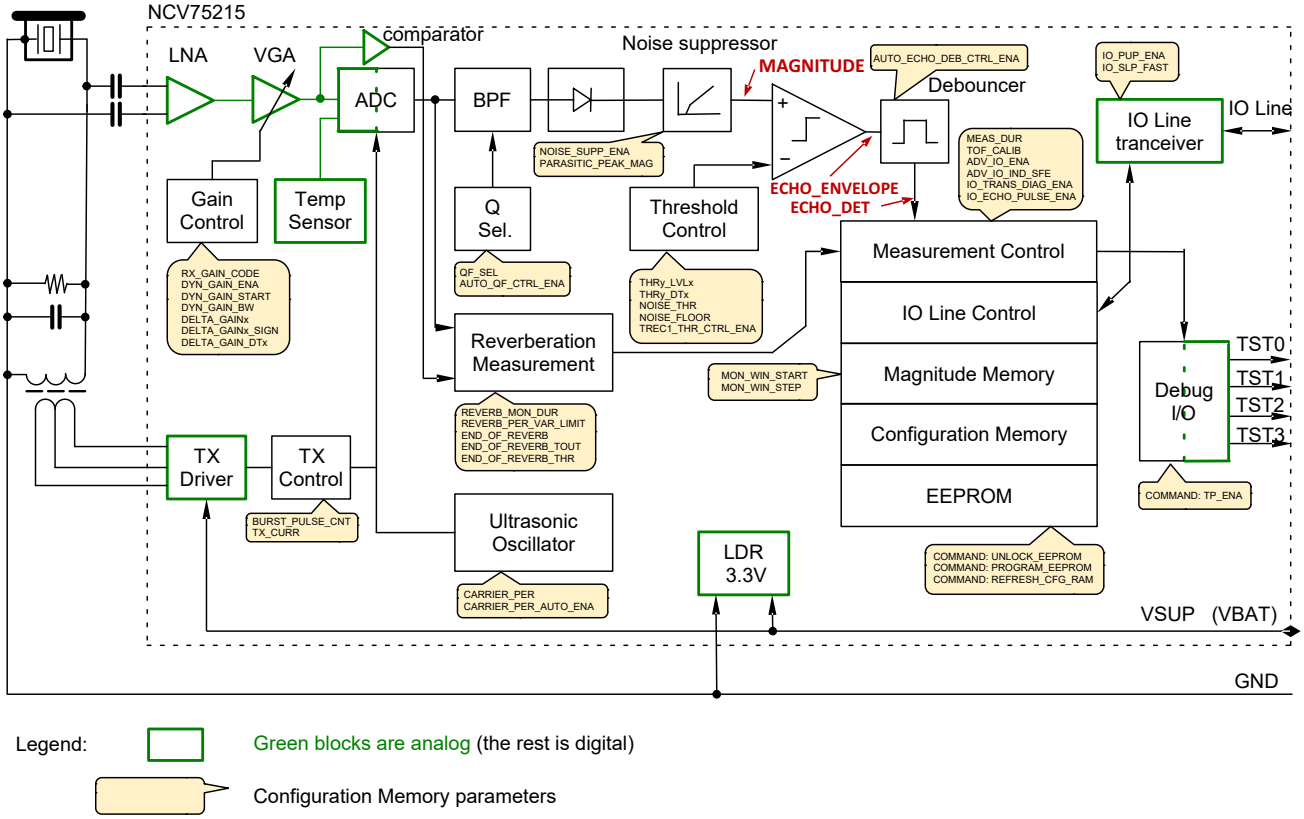
eprasa.pl a982d0ace0

na **rysunku 20**. Podobnie jak w przypadku opisanych wcześniej propozycji Texas Instruments, także ten układ bazuje w większości na cyfrowym przetwarzaniu danych pomiarowych, podczas gdy domena analogowa została zredukowana do minimum. Tor odbiorczy rozpoczyna się kaskadowym połączeniem niskoszumnego wzmacniacza LNA oraz przestrajanego z krokiem 0,476 dB/LSB wzmacniacza VGA. 7-bitowe pole konfiguracyjne pozwala na osiągnięcie zakresu wzmocnienia całkowitego równego 50...110 dB. Tuż za sekcją wzmacniaczy znajduje się (połączony także z wbudowanym czujnikiem temperatury) przetwornik ADC – co ciekawe, producent nie podaje żadnych szczegółowych informacji na temat jego parametrów. Sygnał z wyjścia VGA trafia także na komparator, służący do pomiaru czasu rezonansu własnego przetwornika (rozwiązanie to jest zbliżone do obecnego w PGA450-Q1 bloku pomiaru czasu saturacji).



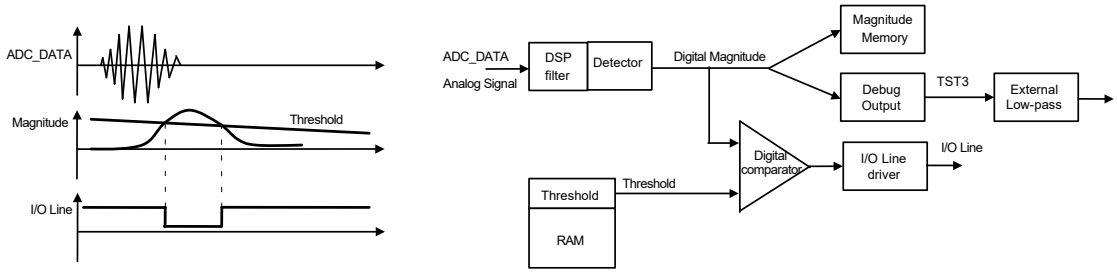
Rysunek 19. Tor odbiorczy front-endu USS/USS_A (źródło: https://bit.ly/3R4yW0e)

Koncepcja cyfrowego kondycjonowania sygnałów jest także nieco zbliżona do technik zastosowanych w AFE marki Texas Instruments – schematycznie pokazano ją na **rysunku 21**. Dane z przetwornika ADC trafiają najpierw do pasmowoprzepustowego filtra cyfrowego, następnie do detektora (prostownika) i po odfiltrowaniu szumów są porównywane w komparatorze cyfrowym – co ciekawe, producent użył uderzająco podobnych rozwiązań w stosunku do bardziej zaawansowanych front-endów TI. Po pierwsze, próg odniesienia dla komparatora jest zmienny w czasie i w pełni programowalny za pomocą obszernego zestawu rejestrów, ustalających długości poszczególnych odcinków czasowych oraz kolejne wartości progu (**rysunek 22**). Po drugie – zbliżone rozwiązanie zastosowano też w przypadku wzmocnienia (**rysunek 23**), choć w przypadku omawianego front-endu producent zadbał o „wygładzenie" cyfrowego przebiegu sterującego wzmacniaczem LNA – funkcja sklejana, utworzona za pomocą rejestrów delta Time i delta Gain, jest dodatkowo przetwarzana za pomocą filtra dolnoprzepustowego – oczywiście już za blokiem interpolatora, zamieniającego definicje przedziałów czasowych i poszczególnych



Rysunek 20. Schemat funkcjonalny front-endu NCV75215 z zaznaczeniem rejestrów konfiguracyjnych dla poszczególnych bloków (żółte komentarze). Źródło: datasheet NCV75215

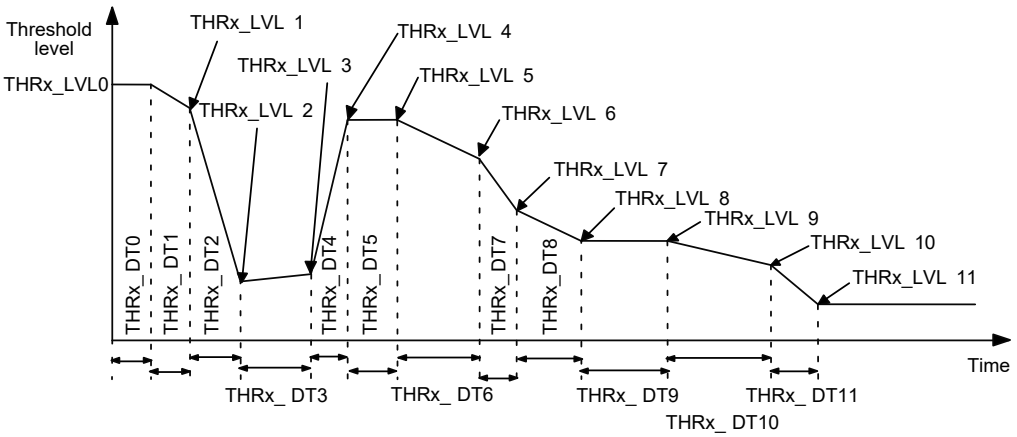
eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 21. Koncepcja toru cyfrowego przetwarzania sygnału echa, zastosowana w układzie NCV75215. Źródło: datasheet

przyrostów wzmocnienia, na jego liniowe zmiany w funkcji czasu.

Konstrukcja układu NCV75215, jest – podobnie, jak w przypadku PGA450-Q1 – silnie zoptymalizowana pod kątem ogólnego uproszczenia konstrukcji urządzenia bazującego na omawianym front-endzie, a także minimalizacji liczby elementów zewnętrznych. Stąd też na schemacie aplikacyjnym (**rysunek 24**) zobaczymy raczej niewiele komponentów dyskretnych – oprócz transformatora dopasowującego mamy zatem trzy rezystory i cztery kondensatory w obwodzie toru wejściowego oraz kilka dodatkowych elementów formujących obwód zasilania i otoczenie dwukierunkowej linii komunikacyjnej interfejsu szeregowego (IO). Co więcej – konstruktorzy z firmy onsemi zadbali nawet o uproszczenie podłączenia uzwojenia pierwotnego transformatora, przewidując trzy linie (DRVA, DRVB i DRVC) do bezpośredniego podłączenia końcówek uzwojenia oraz jego środkowego odczepu.

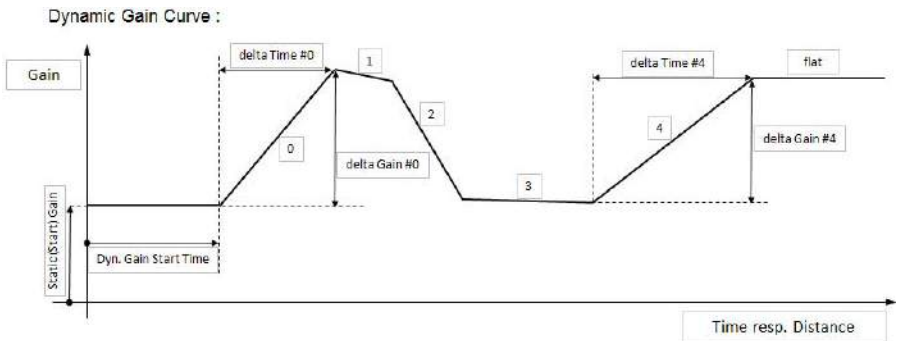


Rysunek 22. Konfigurowalny próg detekcji echa we front-endzie NCV75215. Źródło: datasheet

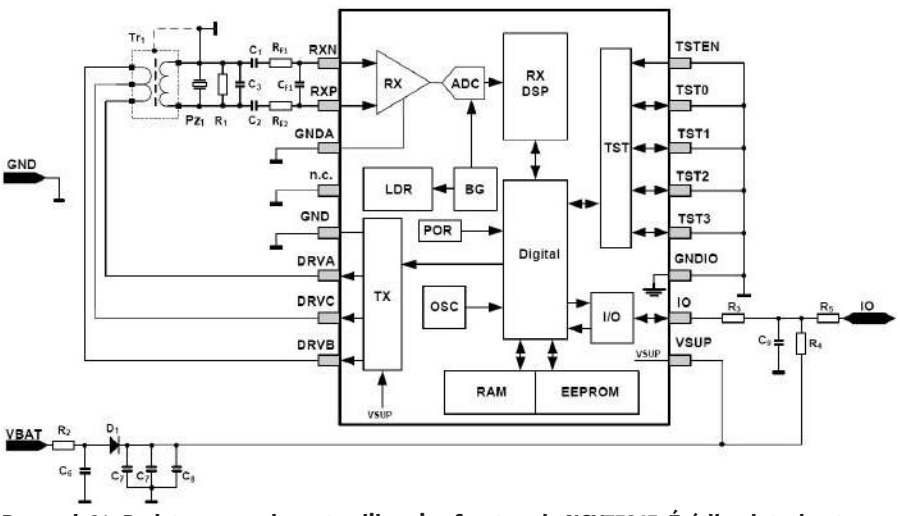
Podsumowanie

W kolejnym odcinku Poradnika Implementacji omówiliśmy trzy przykłady front-endów ultradźwiękowych – dwa z nich, silnie zintegrowane, przeznaczone do autonomicznej pracy w wielokanałowych systemach dalmierzy ultradźwiękowych (głównie w aplikacjach czujników parkowania) oraz jeden, będący wbudowanym blokiem peryferyjnym zaawansowanego mikrokontrolera metrologicznego, opracowanego pod kątem nowoczesnych przepływomierzy. Jak widać, producenci stosują często bardzo zbliżone rozwiązania techniczne, przerzucając większość operacji (w zakresie przetwarzania sygnału echa oraz generacji sygnałów pobudzających przetwornik) na cyfrową część sprzętową układu lub oprogramowanie. Stopniowo maleje zatem udział bloków analogowych w strukturach współczesnych układów AFE – i choć nie można przecenić zasług wysokiej jakości wzmacniaczy wejściowych czy przetworników ADC i DAC, to bez wątpienia trend cyfryzacji znakomitej większości funkcjonalności AFE będzie z czasem stawał się coraz wyraźniejszy.

inż. Przemysław Musz, EP

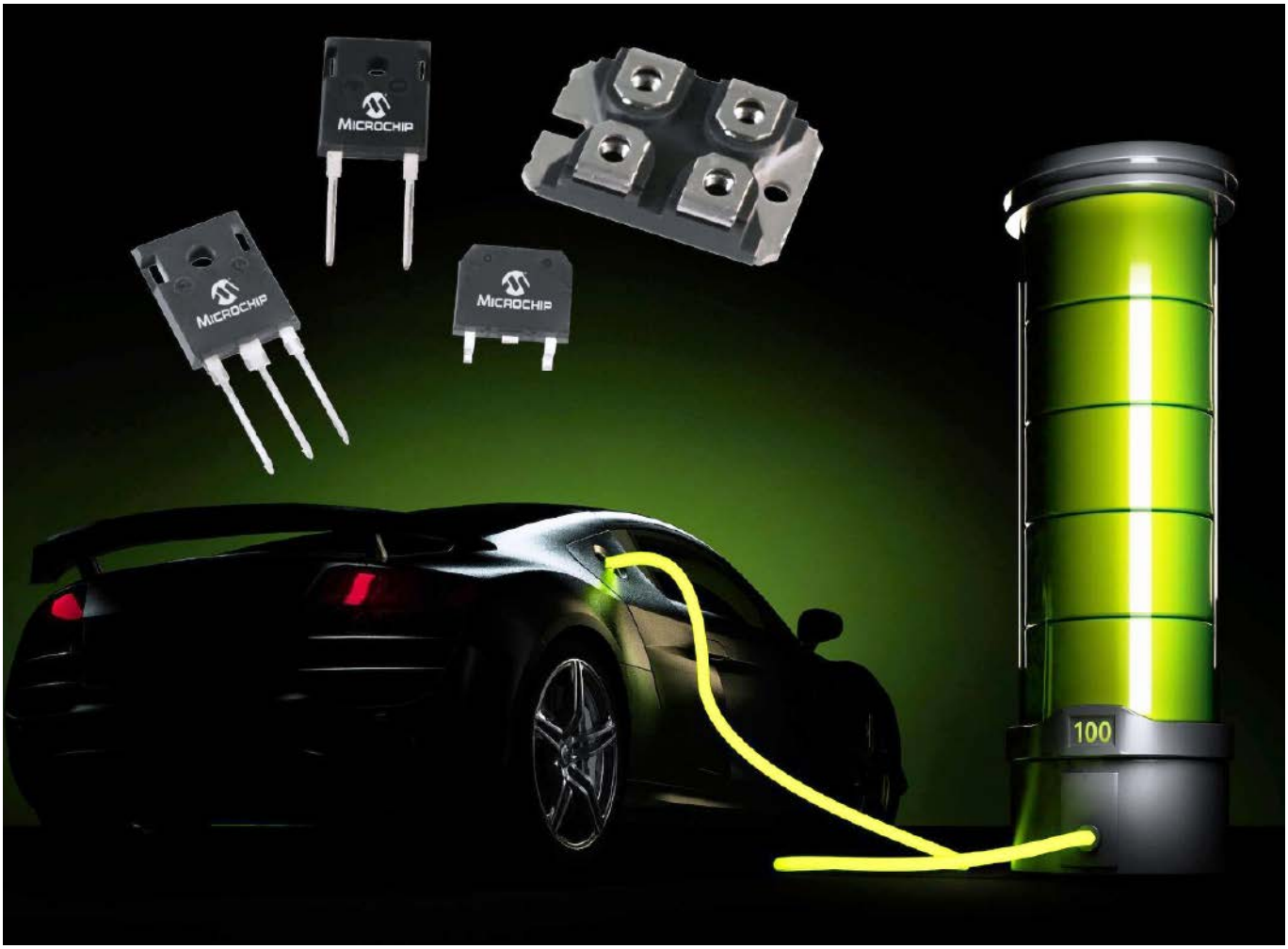


Rysunek 23. Dynamiczne przestrajanie wzmocnienia w układzie NCV75215. Źródło: datasheet



Rysunek 24. Podstawowy schemat aplikacyjny front-endu NCV75215. Źródło: datasheet

eprasa.pl a982d0ace0



Zwiększenie mocy z watów na megawaty

Konwersja energii z zastosowaniem elementów SiC MOSFET

W świecie energoelektroniki zwiększenie mocy nie musi oznaczać zwiększenia gabarytów. Odnosi się to szczególnie do systemów zasilania wyższego napięcia, w których zapotrzebowanie klientów skupia się na konwerterach mniejszych, lżejszych, bardziej niezawodnych, wydajnych oraz tańszych. Aby sprostać tym wymaganiom, potrzebna jest lepsza technologia półprzewodnikowa. W przypadku krzemowych tranzystorów MOSFET i krzemowych tranzystorów IGBT konieczne są kompromisy – trzeba wybrać albo najbardziej niezawodny, albo najbardziej wydajny projekt, ale nie oba. Wysokonapięciowe tranzystory MOSFET z węglika krzemu (SiC) są rozwiązaniem, które uwolni projektantów z krzemowych kajdanek.

Przez prawie dwie dekady komponenty mocy na bazie SiC przeszły z napięcia znamionowego 650 V do wartości 1200 V i zyskały istotne znaczenie na rynku. Stosowane w nowych konstrukcjach, umożliwiały dokonywanie przełomowych postępów w sprzęcie końcowym, jednocześnie poprawiając wydajność, niezawodność, rozmiar, wagę, a nawet koszty.

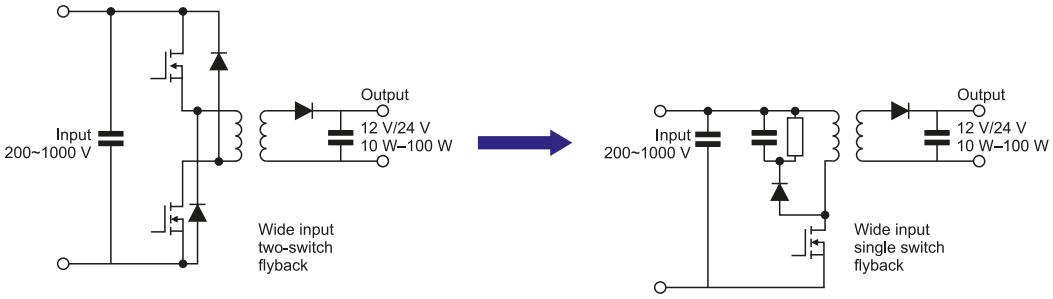
Niedawna premiera rodziny produktów SiC 1700 V rozszerza zastosowanie technologii SiC w branży dostarczania energii, pomagając przenieść punkt konwersji energii na nowe segmenty, na końcowe urządzenia, takie jak zelektryfikowane pojazdy użytkowe i ciężkie, trakcje lekkiej kolei, zasilanie pomocnicze, systemy energii odnawialnej i napędy przemysłowe.

W artykule szczegółowo omówiono korzyści oferowane przez tranzystory MOSFET 1700 V SiC w porównaniu z dotychczasowymi rozwiązaniami krzemowymi w szerokim zakresie poziomów mocy – od watów do megawatów.

eprasa.pl a982d0ace0

Z dziesiątek do setek watów

Przy niskim poziomie mocy jaka może być przyczyna stosowania tranzystorów na napięcie 1700 V? W każdym systemie energoelektronicznym znajduje się jeden zasilacz pomocniczy tzw. AuxPS. Jest niezbędny do rutynowej pracy przemysłowych napędów silnikowych, pojazdów elektrycznych, centrów danych, zasilania rezerwowego, falowników instalacji słonecznych, infrastruktury ładowania itd. AuxPS ma kluczowe znaczenie dla systemu, ponieważ dostarcza zasilanie do sterowników bramek, obwodów czujnikowych i sterujących oraz wentylatorów chłodzących, w związku z tym nie może zawieść, a wszelkie związane z tym zagrożenia powinny zostać złagodzone.



Rysunek 1. Topologię z dwoma przełącznikami (po lewej) zawierającą tranzystory krzemowe można zastąpić znacznie prostszym rozwiązaniem typu flyback z jednym przełącznikiem (po prawej) przy użyciu wydajniejszych i tańszych tranzystorów MOSFET 1700 V SiC

Ponieważ te energooszczędne, izolowane zasilacze impulsowe są używane w różnych zastosowaniach na całym świecie, muszą akceptować na wejściu napięcie z szerokiego zakresu: od 300 nawet do 1000 V i dostarczać niskie napięcie od 5 do 48 V. Być może najpotężniejszą metodą łagodzenia awarii jest uproszczony projekt obwodu. Jak pokazano na **rysunku 1**, najbardziej niezawodną konstrukcją obwodu jest topologia flyback z jednym przełącznikiem (rysunek 1, po prawej), która zapewnia prostotę i zmniejszoną liczbę komponentów – ta ostatnia daje korzyść w postaci niższych kosztów całkowitych.

Wprowadzenie tranzystorów MOSFET 1700 V SiC stanowi idealne rozwiązanie dla zasilaczy AuxPS. Łącząc wysokie napięcie przebicia, niższą właściwą rezystancję włączania i dużą szybkość przełączania, urządzenia te doskonale nadają się do topologii flyback z jednym przełącznikiem. Klasyczne rozwiązania bazujące na elementach krzemowych albo mają zbyt niskie napięcie znamionowe, co wymaga architektury z dwoma przełącznikami (pokazana na rysunku 1, po lewej) i podwaja prawdopodobieństwo awarii albo mają odpowiednią wartość napięcia, ale słabą wydajność, niewielu dostawców i wyższą cenę w porównaniu z SiC.

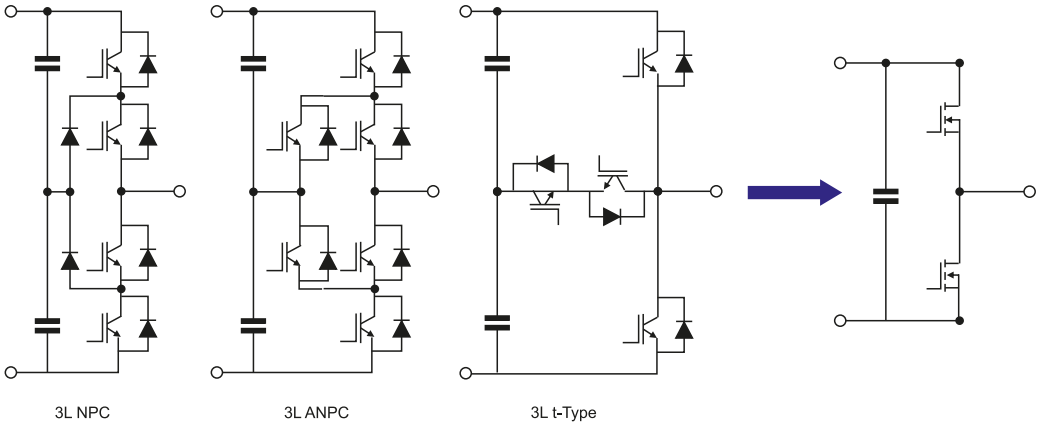
Oprócz zwiększonej niezawodności, prostszego schematu sterowania, mniejszej liczby komponentów i niższych kosztów, AuxPS z tranzystorami MOSFET 1700 V SiC może być również mniejszy. Rezystancja w stanie włączenia (zwana także specyficzną rezystancją przy włączaniu – $R_{on,sp}$) tranzystorów MOSFET SiC stanowi ułamek wartości tego parametru w odniesieniu do krzemowych tranzystorów MOSFET. Oznacza to, że komponenty mogą być mniejsze, tworzone na mniejszej strukturze i jednocześnie straty przewodzenia będą zmniejszone, co ostatecznie może skutkować mniejszymi lub całkowicie usuniętymi radiatorami. Co więcej, tranzystory MOSFET SiC charakteryzują się niższymi stratami przełączania, co umożliwia zmniejszenie rozmiaru, wagi i kosztów transformatora poprzez zwiększenie częstotliwości przełączania.

Z dziesiątek do setek kilowatów

Zwiększając zakres mocy, tranzystory MOSFET 1700 V SiC zapewniają również wiele korzyści w porównaniu z krzemowymi tranzystorami MOSFET i tranzystorami IGBT w aplikacjach przystosowanych do mocy rzędu dziesiątek czy setek kilowatów. Przykładami zastosowań są łańcuchowe i centralne falowniki do instalacji słonecznych, pomocnicze jednostki zasilania (APU) w pojazdach transportu komercyjnego, nagrzewnice indukcyjne i spawarki, napędy przemysłowe, konwertery wiatrowe i wiele innych.

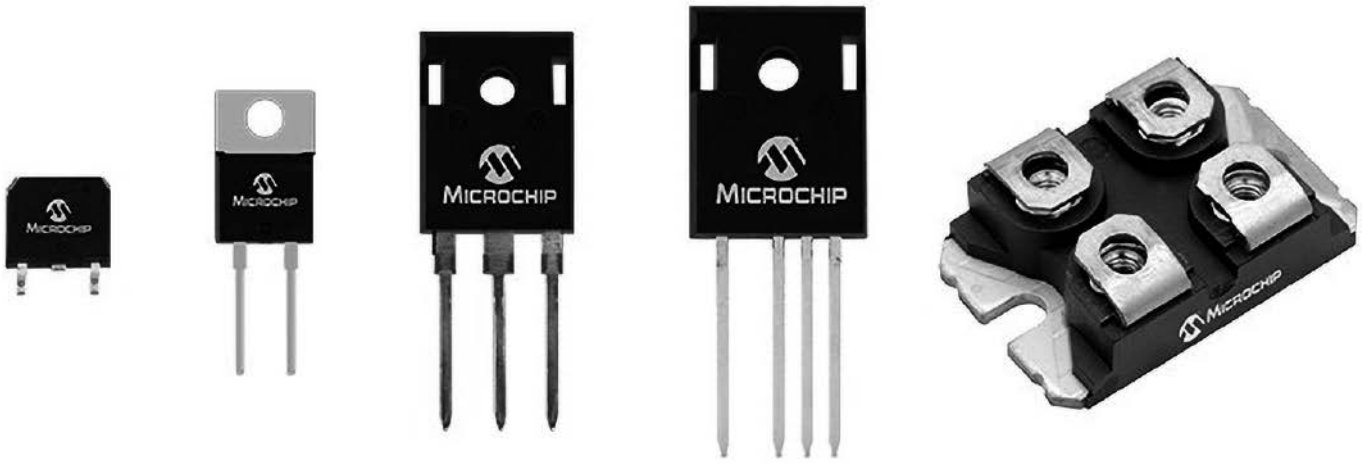
Wraz ze wzrostem przetwarzanej mocy rośnie również wpływ szybszego i wydajniejszego przełączania elementów SiC. W porównaniu z krzemowymi tranzystorami IGBT, tranzystory SiC MOSFET redukują straty przełączania średnio o 80%, umożliwiając konwerterom zwiększenie częstotliwości przełączania i zmniejszenie rozmiarów, wagi i kosztów nieporęcznych, drogich transformatorów. I chociaż straty przewodzenia tranzystorów SiC MOSFET i krzemowych tranzystorów IGBT są podobne pod dużym obciążeniem, wiele aplikacji pracuje w warunkach lekkiego obciążenia przez większość swojego okresu eksploatacji. Są to np. falowniki słoneczne działające w pochmurne dni, konwertery turbin wiatrowych w bezwietrzne dni lub drzwi pociągu (otwierane/zamykane przez APU transportowe), które są prawie cały czas zamknięte. W tych bardzo powszechnych warunkach obciążenia tranzystory MOSFET SiC oferują niższe straty przewodzenia uzupełnione dodatkowo zmniejszonymi stratami przełączania, umożliwiając zredukowanie rozwiązań do pochłaniania ciepła lub zastosowanie innych, bardziej optymalnych środków zarządzania ciepłem.

Z punktu widzenia niezawodności, tranzystory SiC MOSFET dają projektantom możliwość uproszczenia topologii obwodu i schematu sterowania, a także zmniejszenia liczby komponentów – co oczywiście wiąże się z niższymi kosztami. Ze względu na zapotrzebowanie na wyższą moc przekształtników średniej mocy stosowane jest wyższe napięcie szyny DC – zwykle między 1000 a 1300 V. Wybierając tranzystory krzemowe przy tak wysokich napięciach w obwodach prądu stałego, wymagania dotyczące wydajności nakazują projektantom wybór spośród kilku



Rysunek 2. Skomplikowane trójpoziomowe topologie obwodów (po lewej) zawierające krzemowe tranzystory IGBT można uprościć do bardziej eleganckiej i niezawodnej topologii dwupoziomowej (po prawej) przy użyciu połowy (lub mniej!) modułów 1700 V SiC MOSFET

eprasa.pl a982d0ace0



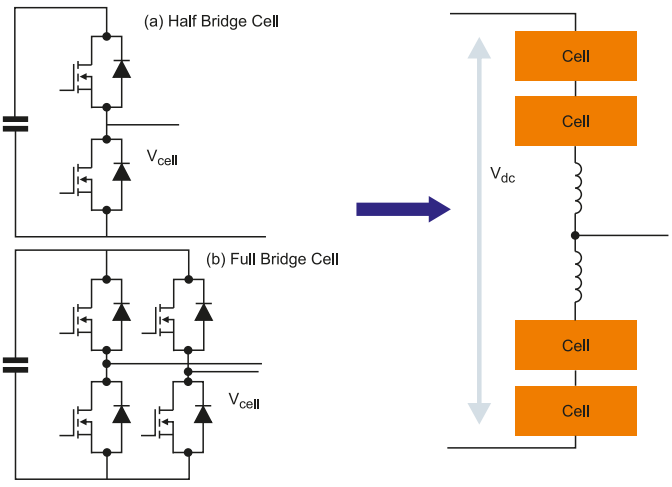
złożonych, trójpoziomowych architektur obwodów pokazanych na **rysunku 2**. Obejmują one obwód z punktem neutralnym połączonym z diodami – NPC, aktywny obwód NPC – ANPC lub obwód typu T. Zastosowanie tranzystorów MOSFET 1700 V SiC pozwala projektantom uwolnić się od tych ograniczeń i powrócić do bardziej eleganckiego dwupoziomowego obwodu pokazanego po prawej stronie rysunku 2, zmniejszając liczbę urządzeń o połowę i usprawniając sterowanie.

Warto wspomnieć, jak ważne jest właściwe sterowanie bramką tranzystorów SiC MOSFET. Ponieważ SiC może przełączać wysokie poziomy mocy przy bardzo dużych prędkościach, należy zachować ostrożność, aby uniknąć przeskoków napięcia i zmniejszyć emisję hałasu. Przetwornice średniej mocy w standardowo przełączają prąd rzędu setek amperów na szynie 1000...1300 V w czasie poniżej mikrosekundy. To wymaga najniższej możliwej indukcyjności komponentów, inteligentnych i szybko działających sterowników bramek oraz optymalnie zaprojektowanego obwodu.

Połączenie pakietu mocy SP6LI firmy Microchip Technology z rodziną sterowników bramek cyfrowych AgileSwitch zapewnia projektantom gotowe rozwiązania pozwalające uzyskać maksymalne korzyści z tranzystorów MOSFET 1700 V SiC bez stawiania czoła tym typowym wyzwaniom.

Megawaty

W zakresie mocy wielu megawatów kluczowe czynniki projektowe obejmują łatwą skalowalność i minimalne czynności konserwacyjne, co skłania do stosowania rozwiązań modułowych bazujacych na podstawowym ogniwie jednostkowym. Jak pokazano na **rysunku 3**, komórki elementarne, czasami określane jako bloki lub podmoduły energoelektroniczne, są skonfigurowane jako kaskadowe konwertery mostka H lub modułowe konwertery wielopoziomowe (MMC). Zastosowania takich komponentów w skali megawatowej obejmują transformatory półprzewodnikowe (SST), systemy dystrybucji prądu stałego i średniego napięcia, jednostki trakcyjne (TPU) w pojazdach komercyjnych i ciężkich, centralne falowniki słoneczne i morskie konwertery wiatrowe oraz pokładowe systemy konwersji energii.



Rysunek 3. Modułowy konwerter wielopoziomowy (po lewej) z wieloma ogniwami w celu uzyskania wymaganej mocy znamionowej oraz (po prawej) dwa przykłady zastosowania prostej, dwupoziomowej konfiguracji ogniw elementarnych z tranzystorami MOSFET 1700 V SiC

Historycznie, urządzeniami półprzewodnikowymi mocy używanymi w ogniwach elementarnych były krzemowe tranzystory IGBT o napięciu od 1200 do 1700 V. Podobnie jak w przypadku aplikacji o niższej mocy, wdrożenie tranzystorów MOSFET 1700 V SiC na poziomie komórki elementarnej zwiększa ich zdolność do obsługi mocy i wydajność elektryczną. Jak wspomniano wcześniej, tranzystory MOSFET 1700 V SiC mają znacznie mniejsze straty przełączania, co umożliwia zwiększenie częstotliwości przełączania i drastyczne zmniejszenie rozmiaru każdej komórki elementarnej. Co więcej, wysokie napięcie blokujące wynoszące 1700 V zmniejsza liczbę ogniw elementarnych wymaganych dla tego samego napięcia w obwodzie prądu stałego, co ostatecznie zwiększa niezawodność systemu przy jednoczesnym obniżeniu kosztów.

Streszczenie

Tranzystory MOSFET 1700 V SiC przynoszą korzyści wielu aplikacjom i urządzeniom końcowym, oferując wyższą niezawodność przy obniżonych kosztach. Osiągnięcie obu właściwości jest możliwe nawet przy jednoczesnym zmniejszeniu konstrukcji i w efekcie lżejszym i wydajniejszym konwerterze. Od watów do megawatów, wysokonapięciowe tranzystory MOSFET SiC pozwalają projektantom wyjść poza krzemowe kompromisy i wprowadzać przełomowe ulepszenia w systemach konwersji energii. Oprócz najbardziej wytrzymałych w branży komponentów mocy SiC, zaawansowane układy zasilające z ultraniską indukcyjnością pasożytniczą i cyfrowe sterowniki bramek pomagają projektantom w uzyskaniu prawdziwej wartości technologii SiC i skróceniu czasu wprowadzenia na rynek.

Microchip Technology rozszerzył swoją ofertę SiC, wprowadzając tranzystory MOSFET SiC 3,3 kV o najniższej w branży rezystancji $R_{DS(on)}$ i tranzystory SiC SBD o najwyższym prądzie znamionowym, co pozwala projektantom czerpać korzyści z wytrzymałości, niezawodności i wydajności. MOSFET i SBD 3,3 kV firmy Microchip uzupełniają szeroką gamę produktów SiC firmy, która obejmuje struktury na napięcie 700 V, 1200 V i 1700 V, elementy dyskretne, moduły i sterowniki bramek cyfrowych.

Xuning Zhang and Kevin Speer
Microchip Technology

eprasa.pl a982d0ace0



Aktuatory liniowe serii Faulhaber L

Wysoka wydajność w kompaktowych wymiarach

Unikatowe aktuatory liniowe serii FAULHABER L zostały zaprojektowane z myślą o zapewnieniu najwyższej wydajności przy jak najmniejszych wymiarach. Gwarantują dużą elastyczność w zakresie rozmiarów i typów śrub oraz zapewniają szeroki wybór opcji dostosowanych do różnych warunków otoczenia i umożliwiających szybką i łatwą mechaniczną integrację z różnymi konfiguracjami kołnierzy i nakrętek.

Całkowicie nowa seria aktuatorów liniowych serii FAULHABER L oferuje unikalne, gotowe rozwiązania do szerokiego zakresu zastosowań. Serie 22L i 32L bazują na najnowszej technologii przekładni GPT (**rysunek 1**) i przeznaczone są do stosowania w automatyce przemysłowej oraz optyce i fotonice. Aktuatory liniowe serii FAULHABER L mogą być łączone z szeroką gamą silników na prąd stały, 4-biegunowych i 2-biegunowych silników bezszczotkowych lub silników krokowych, a także zoptymalizowane są pod kątem najlepszego wykorzystania momentu obrotowego i zakresu prędkości różnych serii silników FAULHABER.

Szeroki wybór opcji

Aktuatory serii FAULHABER L cechują się wyjątkowo wytrzymałą konstrukcją i mogą pracować z szerokim zakresem prędkości wejściowych lub z dużą siłą wyjściową. Doskonale nadają się do wielu zastosowań w robotyce, maszynach przemysłowych czy sprzęcie laboratoryjnym. Przekładnia o dużej liczbie równomiernie rozłożonych przełożeń pozwala wybrać konfigurację najlepiej dopasowaną do danej siły i prędkości, wymaganych w wybranym zastosowaniu.

Dodatkowo mogą być łączone z szeroką gamą silników z możliwością łączenia np. z silnikami DC FAULHABER, 4- i 2-biegunowymi silnikami bezszczotkowymi czy silnikami krokowymi. Jak zawsze klient ma możliwość wprowadzenia własnych modyfikacji zależnie od szczególnych potrzeb w zakresie warunków otoczenia, wymaganej łatwości w integracji produktu z systemem docelowym czy konieczności modyfikacji wybranych parametrów celem sprostania dodatkowym wymogom dotyczącym np. dokładności.



Rysunek 1. Budowa aktuatorów liniowych serii FAULHABER L

Dostępne do wyboru opcje dotyczą złącza, śruby lub obu tych elementów jednocześnie:

- typ i długość śruby,
- typ i długość nakrętki,
- warunki otoczenia (np. zakres temperatur) lub specjalne warunki środowiskowe (np. próżnia),
- różne rodzaje przewodów silnika i różne orientacje zacisków do integracji z jednostką systemu.

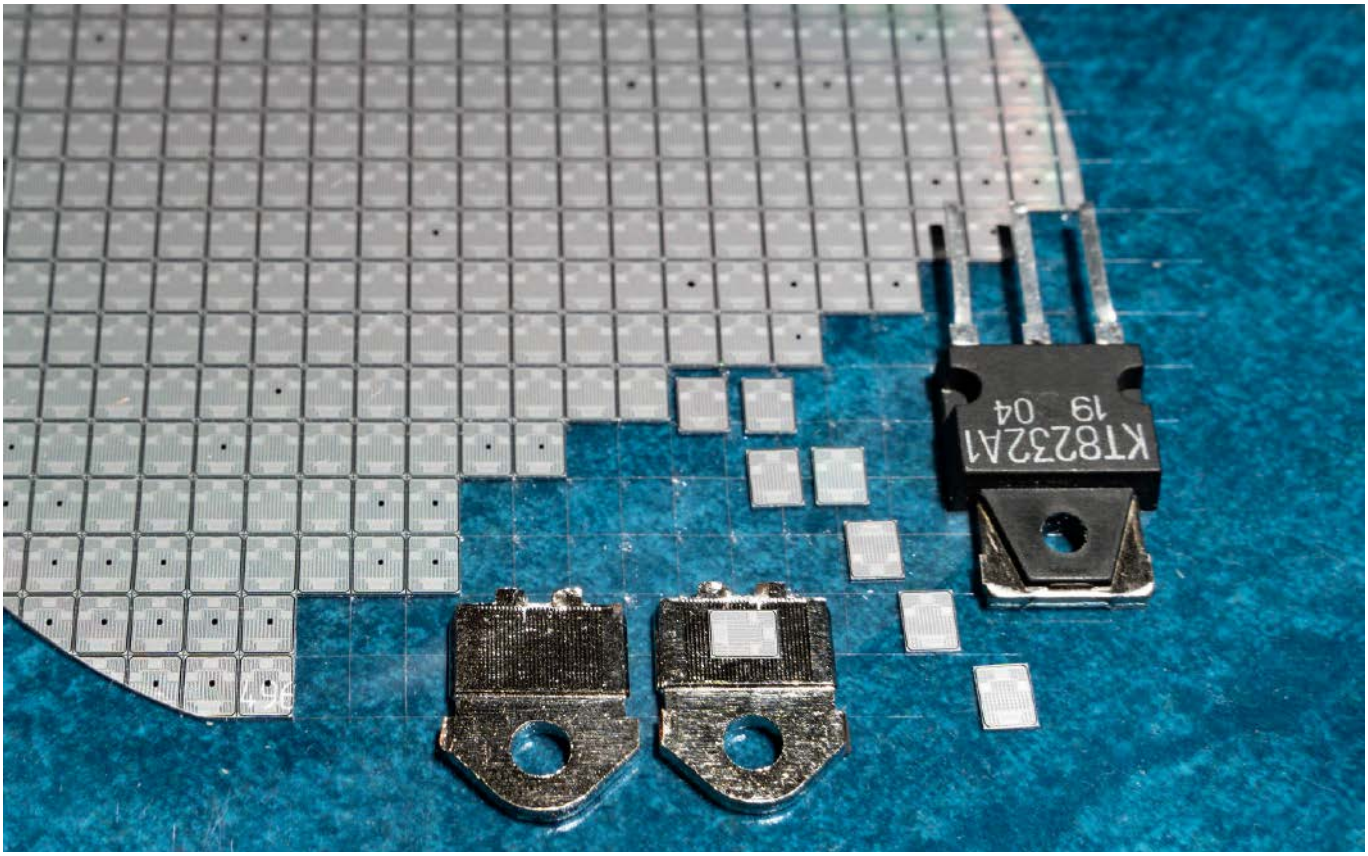
Optymalna śruba i nakrętka

Każda z dostępnych rodzajów śrub ma osobną charakterystykę, którą należy uwzględnić podczas dobierania optymalnego rozwiązania do danego zastosowania. Podstawową różnicą między śrubami kulowymi a pociągowymi jest ruch toczny nakrętki śruby kulowej, który eliminuje tarcie ślizgowe typowe dla śrub pociągowych, co znacząco zwiększa wydajność. Serie 22L i 32L są dostępne w wersjach ze śrubami pociągowymi i dodatkowo ze śrubami kulowymi w dwóch zakresach dokładności.

Dokładna dokumentacja aktuatorów jest dostępna na: https://bit.ly/3L4sLaQ.

www.faulhaber.com

eprasa.pl a982d0ace0



Podzespoły mocy

Elektronika obejmuje wiele obszarów zastosowań, czasami wręcz przeciwstawnych. Raz mamy do czynienia z pomiarem sygnałów na poziomie mikrowoltów, innym razem musimy znaleźć sposób na pomiar prądu w zakresie setek amperów. Takie specyficzne aplikacje mogą przysporzyć wielu problemów nawet doświadczonym konstruktorom. Podobnie wygląda sytuacja z obwodami dużej mocy. Rozwój takich dziedzin elektroniki, jak napędy elektryczne do pojazdów, magazyny energii o dużej pojemności czy osprzęt instalacji fotowoltaicznych, wymaga stosowania komponentów o bardzo wysokich prądach roboczych i napięciach przekraczających standardowe wartości. W poniższym artykule wyjaśnimy podstawowe problemy, związane z implementacją elementów sklasyfikowanych jako półprzewodnikowe elementy mocy oraz omówimy ogólne zagadnienia związane z realizacją obwodów wysokoprądowych.

W artykule skupimy się na półprzewodnikowych elementach mocy, a dokładnie na rozwiązaniach krzemowych – zagadnienia związane z komponentami półprzewodnikowymi z azotku galu (GaN) i węgliku krzemu (SiC) wymagają dokładnego omówienia w ramach oddzielnego opracowania. Inne elementy mocy, takie jak komponenty elektromechaniczne – przekaźniki i styczniki (**fotografia 1**), to grupa elementów o zupełnie innej konstrukcji i przeznaczeniu niż półprzewodniki, dlatego również zostaną pominięte. Jest jeszcze jeden rodzaj elementów elektronicznych przeznaczonych do obwodów dużej mocy – to lampy próżniowe (**fotografia 2**). Ich zastosowanie obecnie dotyczy tylko nielicznych, specyficznych aplikacji, więc dla uproszczenia zostaną poza ramami tego przeglądu.



Fotografia 1. Przykłady przekaźników elektromechanicznych dużej mocy – znamionowy prąd przewodzenia wynosi 200 A

Czym są podzespoły mocy

Do grupy półprzewodnikowych elementów mocy zaliczamy tranzystory, tyrystory, diody oraz inne elementy, które są przystosowane do pracy z dużymi mocami. Graniczny poziom mocy jest bardzo umowny w tego rodzaju urządzeniach. Układem mocy będzie falownik w samochodzie elektrycznym, który steruje silnikiem elektrycznym o mocy kilkudziesięciu...kilkuset watów, jak i wzmacniacz mocy w telefonie komórkowym, który zasila słuchawki z mocą na poziomie 100 mW lub mniej. Jak zatem wyróżnia się tę klasę elementów?

Na potrzeby tego artykułu możemy przyjąć, że komponenty mocy to te, które pracują jako elementy wykonawcze w układach dostarczających energię (w odróżnieniu od innych układów, które sygnałów elektrycznych używają do przesyłania informacji). Nie jest to klasyfikacja kompletna ani dosyć precyzyjna, gdyż można znaleźć

eprasa.pl a982d0ace0



Fotografia 2. Lampa elektronowa mocy stosowana we wzmacniaczach audio

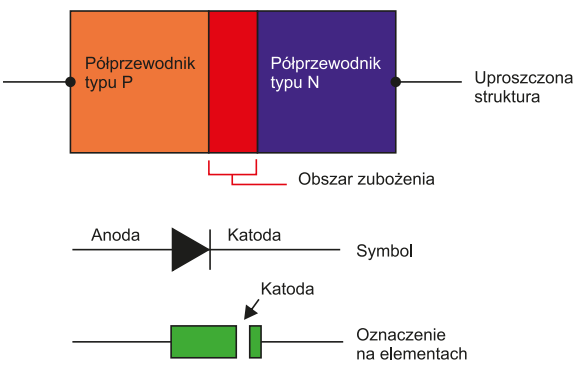
wiele systemów, które pełnią obie funkcje naraz (np. sterownik interfejsu 4...20 mA), ale dla poniższego omówienia jest dostateczny.

Rodzaje podzespołów mocy

W dalszej części artykułu przyjrzymy się rodzajom typowych podzespołów mocy, jakie stosuje się we współczesnej elektronice. Są to elementy znane każdemu elektronikowi, dlatego oprócz krótkiego opisu i wymienienia podstawowych aplikacji nie będziemy szczegółowo opisywać budowy i zasady działania każdego z nich. W ramach opisu będziemy się odwoływać do złącza PN i podstaw technologii półprzewodnikowych, aby lepiej zrozumieć działanie opisywanych podzespołów. Opis budowy i działania takiego złącza można znaleźć w większości podręczników do mikroelektroniki czy podstaw elektroniki (szczególnie tych starszych).

Diody

Dioda półprzewodnikowa jest komponentem, który (w dużym uproszczeniu) umożliwia przepływ prądu tylko w jednym kierunku. Jej schematyczny symbol został pokazany jest na **rysunku 1b**, trójkąt (strzałka) wskazuje kierunek przepływu prądu. Dioda półprzewodnikowa składa się z pojedynczego złącza PN, jak pokazano na rysunku 1a. Złącze to składa się z dwóch obszarów różnie domieszkowanych półprzewodników – obszaru P i obszaru N, które charakteryzują się nadmiarem pozytywnych nośników – dziur, lub negatywnych nośników – elektronów. Na połączeniu obszarów powstaje tzw. obszar zubożenia, w którym przechowywany jest ładunek (z uwagi na to, że dziury i elektrony przyciągają się elektrostatycznie). W stanie równowagi ładunki te przyciągają się, ale nie są w stanie przejść przez złącze PN. Jednak, jeżeli do diody podłączymy napięcie, w systemie istnieje dodatkowe źródło energii, pozwalające pokonać nośnikom barierę potencjału – swobodne elektrony są w stanie



Rysunek 1. Uproszczona struktura wewnętrzna diody półprzewodnikowej, jej symbol oraz oznaczenie elektrod w dostępnych elementach



Fotografia 3. Różne wykonania diod półprzewodnikowych dużej mocy

przekroczyć obszar zubożenia z jednej strony złącza na drugą. Będzie to działało tylko w jednym kierunku – odwrócenie polaryzacji spowoduje, że elektrony przestaną płynąć.

Dioda wykonana ze złącza PN jest jednym z najprostszych urządzeń półprzewodnikowych, które ma elektryczną charakterystykę przepuszczania prądu tylko w jednym kierunku. Jednak w przeciwieństwie do rezystora dioda nie zachowuje się liniowo względem przyłożonego napięcia. Zamiast tego ma wykładniczą zależność prąd-napięcie (I-V) i dlatego nie możemy opisać jej działania po prostu za pomocą równania takiego jak prawo Ohma. Przyłożenie napięcia do diody zmniejsza szerokość warstwy zubożonej wokół złącza PN. Jednak, aby nośniki mogły przepłynąć na tyle intensywnie, by wywołać zauważalną wartość prądu, konieczne jest zmniejszenie tej bariery niemal do zera. To oznacza, że każda dioda ma pewne napięcie progowe, dopiero po przekroczeniu którego będzie przewodzić prąd. Jest to tak zwany spadek napięcia i zależy m.in. od materiału, z jakiego wykonano diodę, temperatury itp.

Diody dużej mocy mogą mieć różne konstrukcje i mogą wyglądać zupełnie inaczej niż klasyczne elementy. Przykładowe rozwiązania tego typu zostały pokazane na **fotografii 3**. W obwodach dużej mocy częściej niż same diody stosowane są mostki diodowe 1- i 3- fazowe, które zawierają w swej strukturze 4 lub 6 diod dużej mocy i umożliwiają montaż na radiatorze (**fotografia 4**).

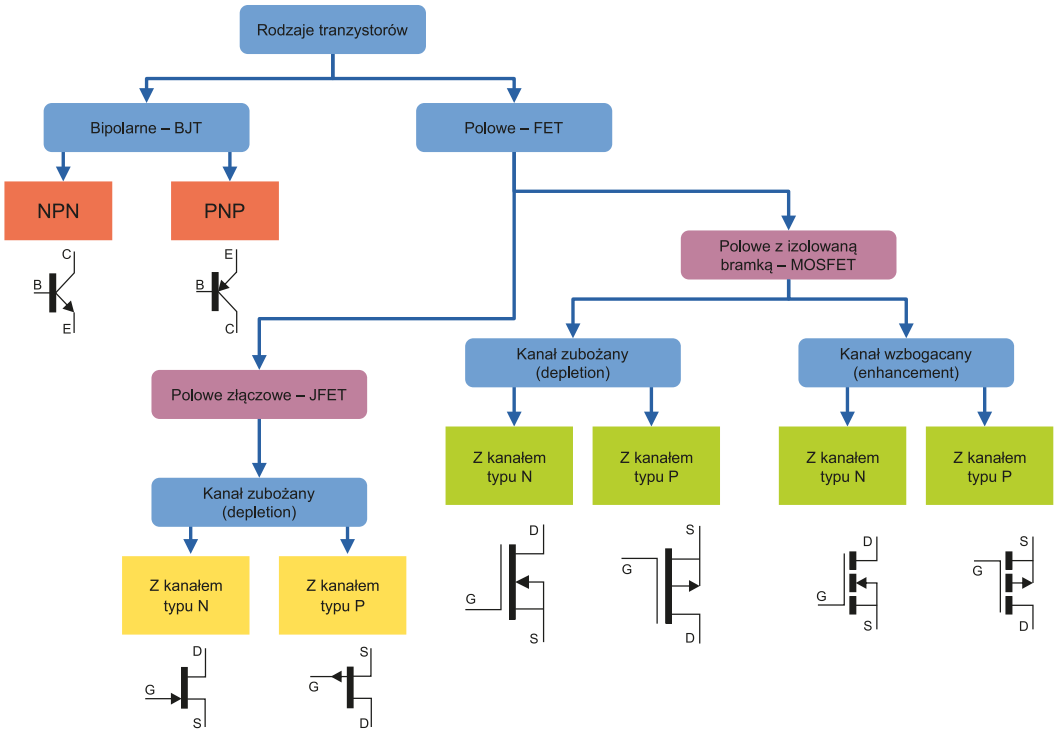
Tranzystory

Tranzystor to element półprzewodnikowy służący do wzmacniania lub przełączania sygnałów elektrycznych. Jest jednym z podstawowych elementów nowoczesnej elektroniki, który jest stosowany do sterowania przepływem prądu w obwodzie. Na rynku dostępnych jest kilka rodzajów tranzystorów przeznaczonych do aplikacji dużych mocy – są to tranzystory bipolarne (BJT), tranzystory polowe (FET, np. MOSFET) oraz tranzystory bipolarne z izolowaną bramką (IGBT).



Fotografia 4. Przykłady zintegrowanych modułów z diodami prostowniczymi – mostki prostownicze dużej mocy

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 2. Klasyfikacja oraz symbole najpopularniejszych typów tranzystorów

Wszystkie rodzaje różnią się pomiędzy sobą budową oraz mechanizmem działania i w konsekwencji – parametrami. Na **rysunku 2** zaprezentowano symbole różnych typów tranzystorów. Teraz przyjrzyjmy się aspektom działania poszczególnych elementów, zwłaszcza tym, które mają kluczowe znaczenie dla elektroniki mocy.

Tranzystory bipolarne (BJT)

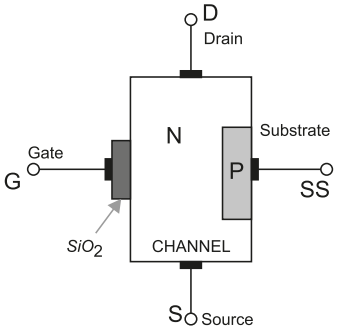
Struktury półprzewodnikowe składające się z trzech warstw półprzewodnika o naprzemiennym domieszkowaniu – NPN lub PNP, tworzą tranzystory bipolarne. Każda z warstw półprzewodnika wyprowadzona jest na zewnątrz urządzenia, dzięki czemu tranzystor ma trzy wyprowadzenia (**rysunek 3**). Nośnikami ładunku są elektrony oraz dziury. Przepływ ładunku w tranzystorze bipolarnym jest spowodowany dyfuzją nośników ładunku przez połączenie między dwoma obszarami o różnym stężeniu nośników ładunku. Regiony te nazywane są emiterem, bazą i kolektorem. Z założenia większość prądu kolektora wynika z przepływu nośników ładunku wstrzykiwanych z silnie domieszkowanego emitera do bazy, gdzie są one nośnikami mniejszościowymi, które dyfundują w kierunku kolektora.

W typowej pracy złącze baza-emiter jest spolaryzowane w kierunku przewodzenia, co oznacza, że strona złącza z domieszką P ma większy potencjał niż strona z domieszką N, a złącze baza-kolektor jest spolaryzowane odwrotnie – w kierunku zaporowym. Po przyłożeniu napięcia w kierunku przewodzenia do złącza baza-emiter równowaga między termicznie generowanymi nośnikami a odpychającym polem elektrycznym regionu zubożonego emitera zostaje zakłócona. Pozwala to ładunkom wzbudzonym termicznie (elektronom w tranzystorze NPN i dziurom w PNP) na wstrzyknięcie z emitera do obszaru bazy. Elektrony te dyfundują przez podstawę z obszaru wysokiego stężenia w pobliżu emitera w kierunku obszaru niskiego stężenia w pobliżu kolektora. Elektrony (dziury) w bazie nazywane są nośnikami mniejszościowymi, ponieważ baza jest domieszkowana do typu P (N), co sprawia, że dziury (elektrony) są nośnikiem większościowym w bazie.

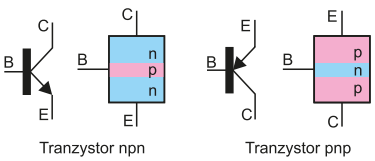
Prąd kolektor-emiter może być postrzegany jako kontrolowany przez prąd baza-emiter lub przez napięcie baza-emiter (kontrola napięcia). W układach analogowych na ogół przyjmuje się sterowanie prądem tranzystora, ponieważ jest ono w przybliżeniu liniowe. Oznacza to, że prąd kolektora wynosi około β razy prąd bazowy. Niektóre podstawowe obwody można zaprojektować, zakładając, że napięcie baza-emiter jest w przybliżeniu stałe, a prąd kolektora jest β razy większy od prądu bazy. Możliwe jest jednak użycie bardziej złożonych modeli tranzystora BJT (na przykład Ebers-Moll). Model sterowania napięciem wymaga uwzględnienia bardziej złożonych niż liniowa funkcji, ale pozwala na linearyzację, na potrzebę projektowanie obwodów. Na ogół analiza obwodów na poziomie tranzystorów jest wykonywana przy użyciu oprogramowania SPICE lub innych symulatorów obwodów, więc złożoność modelu matematycznego zwykle nie ma większego znaczenia dla projektanta, ale uproszczony widok charakterystyk umożliwia prostsze wystartowanie z projektem i doborem elementów.

Tranzystory polowe

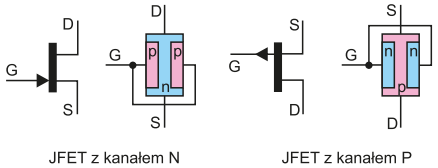
Składają się trzech warstw półprzewodnika (tak jak dla BJT – NPN lub PNP), gdzie środkowa warstwa (tzw. kanał) nie jest połączona elektrycznie z bramką (baza dla BJT),



Rysunek 4. Uproszczona struktura wewnętrzna tranzystorów MOSFET



Rysunek 3. Uproszczona struktura wewnętrzna tranzystorów bipolarnych NPN i PNP



Rysunek 5. Uproszczona struktura wewnętrzna tranzystorów JFET

eprasa.pl a982d0ace0

ale jest polaryzowana elektrostatycznie przez warstwę dielektryka, która oddziela kontakt bramki od kanału. Tranzystory polowe wykorzystują wpływ pola elektrycznego bramki na przewodność kanału do modulacji jego rezystancji i, w konsekwencji, sterowania przepływem prądu przez tranzystor. Pozostałe terminale tego elementu nazywane są źródłem S i drenem D.

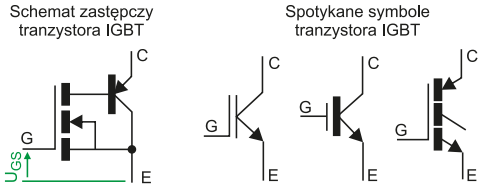
Elementy FET kontrolują przepływ elektronów (lub dziur) ze źródła do drenu, wpływając na rozmiar i kształt „kanału przewodzącego" utworzonego pod wpływem napięcia (lub jego braku) przyłożonego pomiędzy bramkę i źródło. Ten przewodzący kanał pozwala ładunkowi płynąć od źródła do drenu (i na odwrót – w większości aplikacji tranzystory polowe są elementami unipolarnymi).

Na rynku dostępnych jest wiele rodzajów tranzystorów polowych. Przykładowe typy tranzystorów FET, dostępne obecnie na rynku, różniące się budową, to:

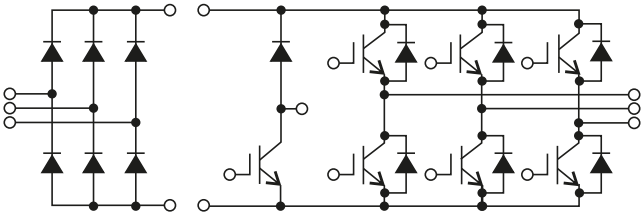
- **MOSFET** – tranzystor polowy z warstwą izolatora – tlenku metalu, którym zwykle jest SiO_2 umieszczonym między metaliczną bramką a kanałem. Uproszczona struktura została pokazana na **rysunku 4**, widać na nim jeszcze jedną elektrodę, zwaną podłożem (*substrate*) SS. Nie jest ona zazwyczaj używana ani jako wejście, ani jako wyjście, w dostępnych elementach dyskretnych podłoże jest połączone wewnętrznie ze źródłem. Na symbolu tranzystora MOSFET znajduje się linia pomiędzy drenem i źródłem, która symbolizuje półprzewodnikowy kanał. Jeżeli linia ta jest ciągła (nieprzerywana), oznacza to kanał zubożany (*depletion*). Taki tranzystor jest normalnie załączony i wymaga napięcia bramka-źródło (V_{GS}) aby się wyłączyć. Jeżeli kanał jest reprezentowany linią przerywaną lub kropkowaną, oznacza to kanał wzbogacany (*enhancement*). Tranzystor jest normalnie wyłączony, przez kanał nie płynie prąd, jeżeli bramka nie jest odpowiednio spolaryzowana. Kierunek strzałki odchodzącej od kanału wskazuje, czy jest to kanał typu N, czy też typu P.
- **JFET** – (*junction-gate field-effect transistor*) struktura nie zawiera złączy PN w obrębie głównej ścieżki przepływu prądu, ale ma wąski kawałek materiału półprzewodnikowego o niskiej rezystywności, który tworzy kanał typu N lub typu P. Ponieważ kanał ma charakter rezystancyjny, tranzystor polowy potrafi przewodzić prąd tak samo dobrze w obu kierunkach. Wewnątrz tego kanału znajduje się trzecie połączenie elektryczne, które jest nazywane bramką. Również może to być półprzewodnik typu N lub typu P i tworzy złącze PN z głównym kanałem (**rysunek 5**). Natężenie prądu przepływającego przez kanał, między drenem a źródłem, jest sterowane przez napięcie przyłożone do zacisku bramki, która jest spolaryzowana zaporowo względem kanału. Są to elementy normalnie otwarte i do ich zatkania, wyłączenia, potrzebne jest napięcie sterujące ujemne względem źródła.
- **HEMT** – tranzystory o wysokiej mobilności elektronów (*High Electron Mobility Transistors*), określane także jako HFET. Są to tranzystory polowe z heterostrukturą, zawierającą połączenie dwóch materiałów o różnych pasmach wzbronionych jako kanał zamiast domieszkowanego regionu (jak w przypadku MOSFET). Powszechnie stosowaną kombinacją materiałów jest GaAs i AlGaAs. W pełni zubożony materiał z szeroką przerwą energetyczną tworzy izolację między bramką a kanałem tranzystora. Tranzystory HEMT mogą pracować przy wysokich częstotliwościach, nawet 150 GHz, a najnowsze struktury na bazie azotku galu (GaN) wyróżniają się wyjątkowo wysoką mocą. Mogą pracować na wyższych częstotliwościach niż zwykłe tranzystory, aż do częstotliwości fal milimetrowych i są stosowane w obwodach wysokiej częstotliwości, m.in. w telefonach komórkowych, urządzeniach radarowych oraz w przetwornicach napięcia.



Fotografia 5. Przykłady modułów IGBT



Rysunek 6. Uproszczona budowa i symbole tranzystora IGBT



Rysunek 7. Elementy zintegrowane w module IGBT

Tranzystory IGBT

Tranzystory bipolarne z izolowaną bramką łączą w sobie zalety tranzystorów BJT (wysoka szybkość przełączania) z zaletami tranzystorów polowych (łatwość sterowania i możliwość pracy z wysokim napięciem i dużym prądem). Element taki ma strukturę podobną do tranzystora MOSFET w połączeniu z dwubiegunowym głównym kanałem przewodzącym, co w pewien sposób odzwierciedlają stosowane symbole tych elementów (**rysunek 6**). Są one powszechnie stosowane w systemach mocy dla napięć dren-źródło na poziomie 200...3000 V, gdzie często zastępują tranzystory MOSFET, z uwagi na podobny sposób ich sterowania.

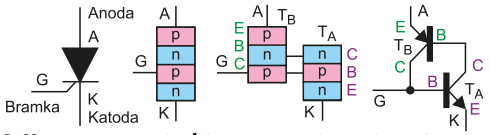
Warto zaznaczyć, że nie ma tranzystorów IGBT niskonapięciowych ani IGBT małej mocy. Znajdują one szereg zastosowań tam, gdzie występują wysokie napięcia i płyną duże prądy. Dostępne są tranzystory IGBT o napięciach co najmniej kilkuset woltów i prądach nawet setek amperów. Stosowane są m.in. do budowy kuchni indukcyjnych (ale nie mikrofalowych), falowników, spawarek inwerterowych, nagrzewnic indukcyjnych, przecinarek plazmowych, itd. Nieprzekraczalnym ograniczeniem jest w nich maksymalna szybkość przełączania struktury bipolarnej PNP, co najwyżej kilkaset kiloherców, w praktyce do 100 kHz.

Komponenty IGBT dostępne są jako elementy dyskretne, ale także jako rozbudowane moduły zawierające 3-fazowy stopień sterujący do silników oraz 3-fazowy mostek prostowniczy – **rysunek 7**, **fotografia 5**.

Tyrystory

Tyrystor to półprzewodnikowy element sterujący zbudowany z czterech naprzemiennie ułożonych warstw typu P i N. Typowo elementy te używane są w systemach wysokiej mocy w charakterze przełącznika bistabilnego, który zatrzaskuje się w stanie przewodzenia – gdy bramka otrzyma impuls prądowy, układ zaczyna przewodzić i kontynuuje przewodzenie, dopóki napięcie na urządzeniu nie zostanie odwrócone lub prąd płynący przez element nie spadnie poniżej określonej wartości. Tyrystor ma trzy złącza PN (oznaczone po kolei J1, J2, J3 licząc od anody) i trzy wyprowadzenia, jak pokazano na **rysunku 8 i fotografii 6**. Główne wyprowadzenia to anoda i katoda, znajdują się

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 8. Uproszczona struktura wewnętrzna tyrystora



Fotografia 6. Różne wykonania tyrystorów

na skrajnych warstwach elementy. Pin kontrolny, zwany bramką, jest dołączony do warstwy typu P w pobliżu katody.

Gdy anoda ma dodatni potencjał w stosunku do katody bez napięcia przyłożonego do bramki, złącza J1 i J3 są spolaryzowane w kierunku przewodzenia, podczas gdy złącze J2 jest spolaryzowane zaporowo. Ponieważ J2 jest spolaryzowany zaporowo, prąd nie płynie – tyrystor jest wyłączony. Jeżeli dodatni potencjał jest przyłożony do bramki w stosunku do katody, przebicie złącza J2 następuje przy stosunkowo niskiej wartości V_{AK}. W takiej sytuacji przez element zaczyna prąd – następuje przebicie lawinowe. Po jego wystąpieniu tyrystor nadal przewodzi, niezależnie od napięcia bramki, aż potencjał anoda-katoda zostanie usunięty lub prąd płynący przez urządzenie (anoda-katoda) będzie mniejszy niż prąd podtrzymania określony przez producenta.

Tyrystor można wyłączyć, jeśli obwód zewnętrzny spowoduje, że anoda zostanie ujemnie spolaryzowana (metoda znana jako komutacja naturalna lub liniowa). W niektórych zastosowaniach odbywa się to poprzez przełączenie drugiego tyrystora w celu rozładowania kondensatora do anody pierwszego tyrystora. Ta metoda nazywa się wymuszoną komutacją. Zupełnie inaczej jest w przypadku przełączania napięcia przemiennego za pomocą tyrystora, co jest częstą aplikacją tego elementu mocy. W przypadku prądu przemiennego jest on sinusoidą, która przechodzi przez zero dwa razy na okres (dla napięcia sieciowego w naszych gniazdkach – co 10 ms). Gdy prąd płynący przez tyrystor spadnie poniżej prądu podtrzymania, po pewnym czasie, charakterystycznym dla danego elementu, anoda będzie mogła zostać ponownie spolaryzowana dodatnio i tyrystor utrzyma się w stanie wyłączonym. Czas ten określa, z jakimi częstotliwościami pracować może dany element. Jako że dla typowych elementów jest on znacznie mniejszy niż 10 ms – na poziomie 10...100 µs – po przejściu przez zero tyrystor ulegnie wyłączeniu.

Kluczowe parametry

Każdy z wymienionych powyżej elementów opisuje bardzo dużo parametrów – część z nich jest mniej bądź bardziej uniwersalna, a część dotyczy tylko konkretnego rodzaju elementu. W poniższych akapitach skupimy się na parametrach, które są istotne dla elementów mocy i, jakkolwiek specyfikowane są dla wszystkich elementów tego rodzaju, to w przypadku układów mocy są istotniejszym czynnikiem niż w innych aplikacjach.

Prąd maksymalny mówi o tym, jak duży prąd płynąć może aktywnym torem mocy w danym elemencie. W przypadku diod podaje się prąd płynący w kierunku przewodzenia, w przypadku tranzystorów podaje się prąd kolektora lub prąd drenu. Dla tyrystorów często podaje się osobno wartości średnie i RMS płynącego prądu. Parametr ten zakłada, że dany element (jeśli jest sterowany) jest w stanie saturacji, tj. że jest w pełni „otwarty". Ograniczenia prądu płynącego przez element są na ogół termiczne – powyżej tego prądu układ po prostu wydziela tyle ciepła, na skutek strat, że nie jest w stanie go odprowadzić dostatecznie szybko, by uniknąć przegrzania.

Spadek napięcia/rezystancja jest miarą tego, ile mocy tracone jest na danym elemencie. W zależności od elementu parametr ten jest różnie definiowany. Dla diody półprzewodnikowej w dokumentacji podaje się spadek napięcia na złączu PN, który jest zasadniczo stały w typowych warunkach pracy i wynika ze stałych materiałowych. Dla krzemowej diody prostowniczej spadek napięcia wynosi około 0,7 V – niezależnie od przyłożonego napięcia tyle odłoży się na danym elemencie (zakładając, że napięcie przyłożone do diody jest od tej wartości większe).

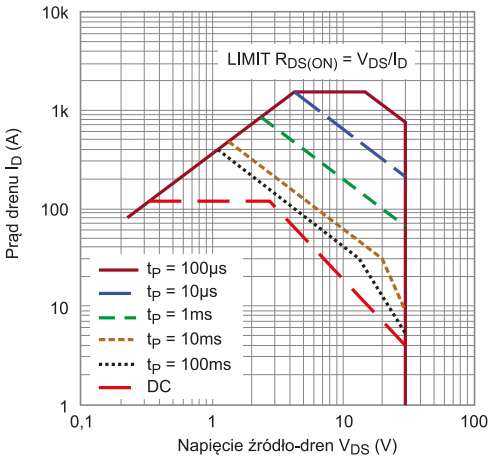
Dla tranzystorów bipolarnych również podaje się spadek napięcia, jednakże w ich przypadku spadek ten jest uzależniony od sygnału podawanego na bramkę. W większości aplikacji kluczowy będzie spadek napięcia na elemencie w stanu nasycenia – $V_{CE(sat)}$. W przypadku tranzystorów polowych podawana jest rezystancja w pełni włączonego tranzystora $R_{DS(ON)}$, która pozwala na oszacowanie strat rezystancyjnych na elemencie. W przypadku modułów IGBT mamy również do czynienia z spadkiem napięcia, jak w przypadku tranzystorów BJT.

Z kolei w przypadku tyrystora, spadek napięcia na elemencie jest taki sam, jak spadek napięcia na pojedynczym złączu i wynosi, dla urządzeń krzemowych, około 0,7 V.

Rezystancja cieplna mówi o tym, jak efektywnie można chłodzić dany element. Ściśle rzecz biorąc, rezystancja cieplna określa, o ile wzrośnie temperatura elementu przy rozpraszaniu określonej mocy. Rezystancja cieplna, analogicznie jak elektryczna, wyznaczana jest pomiędzy dwoma punktami i definiuje, jak sprawnie transportowane jest ciepło pomiędzy nimi. Analogie elektryczne nie kończą się na tym – układy termiczne można analizować, wykorzystując ten sam aparat matematyczny, co obwody elektryczne – rezystancja i pojemność cieplna zastępują te elektryczne, temperatura to napięcie, a płynący prąd to ciepło (wydzielana w ciepło moc).

Typowo dla elementów mocy podaje się rezystancję cieplną złącze-obudowa, czyli pomiędzy złączem/złączami PN w układzie – strukturą krzemową, które produkuje ciepło, a obudową, która następnie jest chłodzona przez radiator lub odprowadza ciepło do otoczenia.

Bezpieczny obszar eksploatacji, tak zwane SOA (*Safe Operating Area*), kompleksowo łączący w sobie opis dynamicznych parametrów termicznych i elektrycznych, który pokazuje, w jakich warunkach dany element może pracować. Parametr ten podaje się na ogół dla elementów aktywnych, takich jak tranzystory bipolarne, MOSFET-y, moduły IGBT, czy tyrystorów. SOF definiuje bezpieczny obszar funkcjonowania danego elementu, na ogół w przestrzeni płynącego prądu i przyłożonego napięcia, dla danych warunków pracy elementu, na przykład czasu trwania impulsu czy wypełnienia przyłożonego przebiegu prostokątnego. Na **rysunku 9** pokazano przykładowy wykres SOA dla impulsów o różnym czasie



Rysunek 9. Bezpieczny obszar eksploatacji (SOA) tranzystora MOSFET

eprasa.pl a982d0ace0

trwania. Widać, że im krótszy impuls, tym dla danego napięcia przepłynąć może większy prąd.

Wyzwania

Stosowanie układów mocy nie jest tak proste, jak ich odpowiedników niskiej mocy. Wiąże się z szeregiem wyzwań, którym inżynierowie muszą sprostać, by zaprojektować optymalny system. W poniższych akapitach zaznaczono kluczowe obszary, które wymagają szczególnej uwagi przy projektowaniu układów z zastosowaniem podzespołów mocy.

Wysoki prąd i gęstość mocy

W układach mocy istnieje tendencja do zwiększania prądu poszczególnych układów. Szczególnie obecnie staranie to jest zauważalne, gdyż systemy o bardzo wysokiej mocy stosowane są w elektromobilności, energoelektronice (np. w falownikach fotowoltaicznych) itp. Teoretycznie możliwe jest równoległe łączenie układów mocy, aby zwiększyć prąd całkowity takiego urządzenia, jednak taka praktyka szybko doprowadza do zwiększania rozmiarów urządzenia, co także jest niepożądane, szczególnie w systemach, gdzie gabaryty mają znaczenie, np. w falownikach silników pojazdów elektrycznych. W takim przypadku kluczowym parametrem jest gęstość mocy. Termin ten zasadniczo jest dosyć zrozumiały. Formalnie zdefiniować go można jako miarę mocy wyjściowej obwodu lub urządzenia podzielonej przez jego objętość. Wartość mocy to ciągła maksymalna moc, jaką obwód może dostarczyć w najgorszych warunkach środowiskowych, np. w najwyższej dopuszczalnej temperaturze pracy.

Problemy z maksymalizacją gęstości mocy są zagadnieniem wielowymiarowym. Można je oczywiście sprowadzić do prostego rozwiązania – wybrać najmniejsze możliwe kondensatory, cewki indukcyjne, transformatory i radiatory wymagane przez projekt. Jednak podejście to ma swoje ograniczenia.

Jednym rozwiązaniem jest zwiększanie częstotliwości przełączania w przetwornicach i innych układach impulsowych, gdyż pozwala to na zmniejszenie cewek i kondensatorów w systemie, aby osiągnąć ten sam wynik. Początkowo przetwornice działały przy częstotliwościach poniżej 100 kHz, ale wraz z rozwojem energoelektroniki obecnie większość obwodów impulsowych działa przy częstotliwościach w zakresie od 1 do 4 MHz. Chociaż zwiększanie częstotliwości zapewnia redukcję rozmiaru elementów, istnieje granica, którą trudniej jest pokonać. Wzrost częstotliwości przełączania zwiększa straty przełączania. Im wyższa częstotliwość, tym są one odpowiedzialne za większą część strat na elemencie przełączającym (na ogół tranzystorze MOSFET), aż przestają być pomijalne czy też wręcz zaczynają mieć dominujący udział w stratach na tym elemencie w ogóle. Powoduje to, że układy te produkują więcej ciepła, co w kompaktowych systemach stanowi poważny problem – trudno jest je odprowadzać w ograniczonej przestrzeni, co przenosi nas do drugiego wyzwania…

Chłodzenie

Układy mocy w systemach elektronicznych produkują sporą ilość ciepła. Musi być ono usunięte poza system, aby zapewnić odpowiednie warunki pracy półprzewodników, zastosowanych w układzie. Większość krzemowych elementów mocy nie może przekraczać temperatury złącza na poziomie 85...125°C. Przy poziomach mocy strat na poziomie już nawet pojedynczych watów chłodzenie podzespołów mocy w kompaktowych urządzeniach nastręcza sporych problemów.

W systemach elektroniki mocy stosuje się na ogół systemy z chłodzeniem medium o wymuszonym obiegu. Oznacza to, że pewna substancja – medium – pełni funkcję nośnika ciepła, krążąc pomiędzy chłodzonym systemem i otoczeniem i przekazuje ciepło tego pierwszego do otaczającego continuum. Systemy te dzielić można w zależności od zastosowanego medium – powietrze, woda, czynniki chłodnicze itd. – lub w zależności od sposobu kontaktu medium z chłodzonym elementem – wyróżnia się systemy chłodzenia z bezpośrednim kontaktem, np. chłodzenie zanurzeniowe, natryskowe, chłodzenie powietrzne – lub systemy z kontaktem pośrednim, wykorzystujące bloki wodne, płytki mikrokanalikowe, ciepłowody (*heat-pipe*), komory parowe itp. Oprócz powyższych metod istnieją też inne techniki, pozwalające na chłodzenie, takie jak chłodziarki termoelektryczne, chłodzenie czynnikiem ze zmianą fazy i inne, bardziej egzotyczne (co nie znaczy, że niestosowane) technologie. Dokładne omówienie aplikacji i głównych cech wymienionych powyżej przykładowych metod chłodzenia, jakie wykorzystuje się z układami mocy, wykracza poza ramy tego ogólnego artykułu.

Wysoka częstotliwość pracy

Jak opisano powyżej, innym aspektem współczesnej elektroniki mocy jest zwiększanie częstotliwości pracy. Jest to o tyle istotne, gdyż pozwala na zmniejszanie urządzeń oraz poprawę sprawności energetycznej systemu. Układy elektroniki mocy pracujące z częstotliwością przełączania na poziomie megaherców borykają się z szeregiem trudności. Są one jeszcze bardziej zauważalne przy implementacji układów pracujących w jeszcze wyższych zakresach, np. 30...300 MHz. Praca przy tak wysokich częstotliwościach ograniczona może być przez kilka aspektów. Pierwszym z nich są pasożytnicze pojemności i indukcyjności elementów danego podzespołu, na przykład wyprowadzeń. Problem ten rozwiązuje się odpowiednim doborem elementu, projektem płytki drukowanej oraz stosowaniem topologii kompensujących własności pasożytnicze fizycznego układu.

Drugim problemem są kwestie termiczne. Jak wspomniano powyżej, wraz z częstotliwością skalują się straty przy przełączaniu, co dla tak dużych częstotliwości stanowić może problem i wymaga stosownego chłodzenia. Trzecim problematycznym aspektem jest sterowanie – na ogół sterowanie układem wysokiej mocy samo z siebie wymaga relatywnie dużych mocy do sterowania bazy/bramki, które przełączane są z bardzo wąskimi zboczami (nachylenie zbocza podczas przełączania wpływa na straty przy przełączaniu). Na ogół za kwestie sterowania układami mocy odpowiadają odpowiednie drivery, które pozwalają na wygenerowanie odpowiednich impulsów bez problemu.

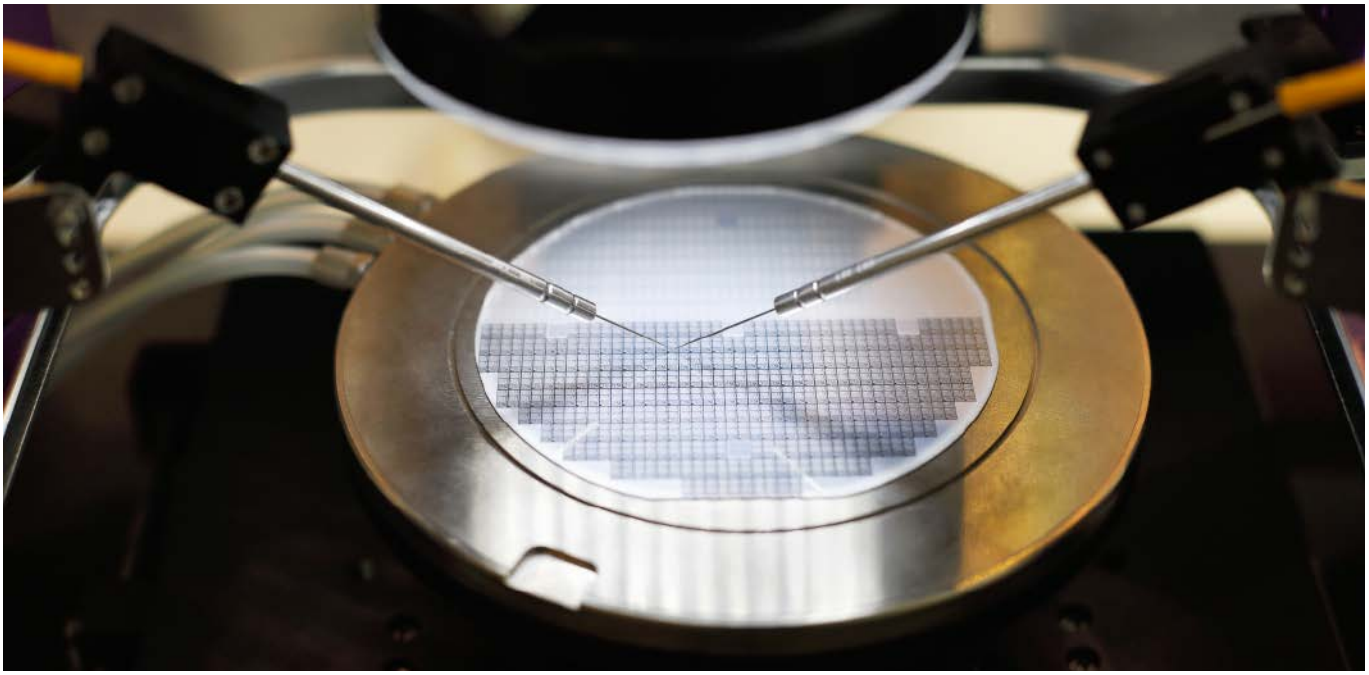
Podsumowanie

Podzespoły mocy są kluczowym aspektem wielu współczesnych technologii. Ich ciągły rozwój skupia się na zwiększaniu gęstości mocy w systemach, aby możliwe było produkowanie coraz bardziej kompaktowych urządzeń mocy o coraz lepszych parametrach. Główne pola optymalizacji tych systemów to, oprócz gęstości mocy, jego chłodzenie oraz zwiększanie częstotliwości pracy. Te parametry są kluczowe przy projektowaniu zaawansowanych wzmacniaczy, sterowników, przetwornic, falowników i innych systemów wykorzystujących podzespoły mocy.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
- https://bit.ly/3L6boGM
- https://bit.ly/3eJW1ry
- https://bit.ly/3xgpMqg
- Dan Eddleman, „MOSFET Safe Operating Area and Hot Swap Circuits", LT Journal of Analog Innovation, kwiecień 2017
- Richard C. Chu, „The Challenges of Electronic Cooling: Past, Current and Future", Journal of Electronic Packaging 491 (2004)
- Daniel Kearney, „Cooling of Next Generation Power Electronics: Trends and Challenges", ABB Corporate Research Presentation (2012)
- Zhihao Zhang, Xuehui Wang, Yuying Yan, „A review of the state-of-the-art in electronic cooling", e-Prime – Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy 1 (2021)

eprasa.pl a982d0ace0



Przerwa energetyczna a parametry półprzewodników

Tranzystory na bazie azotku galu (GaN) czy węgliku krzemu (SiC) stanowią coraz większą grupę w ofercie komponentów półprzewodnikowych dużej mocy. Dzieje się tak ze względu na ich doskonałe właściwości. Zastosowane materiały – o szerokiej przerwie energetycznej – pozwalają na uzyskanie doskonałych parametrów, nieosiągalnych dla dotychczasowych rozwiązań. Co oznacza szeroka przerwa energetyczna i na jakie parametry elementów elektronicznych się przekłada? W zaprezentowanym artykule spróbujemy odpowiedzieć na te pytania.

Przez dziesięciolecia krzem dominował w elektronice, ale to stopniowo się zmienia, ponieważ powstają aplikacje o coraz większych wymaganiach. Szczególnie zauważalne jest to w energoelektronice, gdzie na skutek postępującego rozwoju elektromobilności czy systemów energetyki odnawialnej potrzebne są elementy mocy o coraz lepszych parametrach. Kluczowymi aspektami w tego rodzaju urządzeniach są:

- optymalizacja, czyli zwiększanie sprawności energetycznej,
- miniaturyzacja,
- wydajność, czyli zwiększanie ilości gromadzonej energii.

Za tymi wymaganiami wysokiego poziomu idą konkretne potrzeby niskopoziomowe – zredukowana rezystancja kanałów w kluczach MOSFET, możliwość pracy z wyższymi napięciami i prądami oraz możliwość szybszego przełączania tranzystorów. Nie mniej istotne są też parametry termiczne – przewodność cieplna materiału i jego maksymalna temperatura pracy.

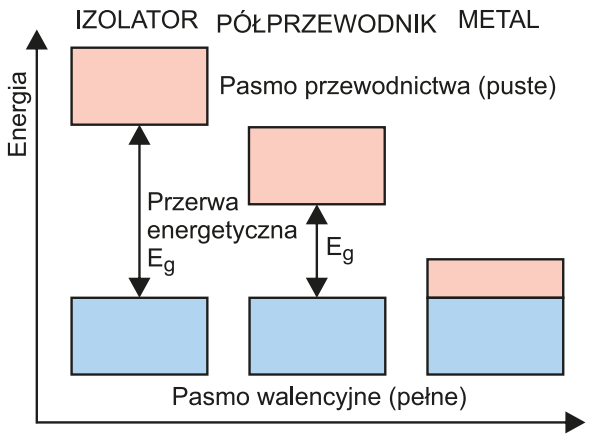
Do tej pory opracowano już złożone półprzewodniki, tj. takie, które wykonane są z dwóch lub trzech materiałów, które oferują wyjątkowe cechy i doskonałe właściwości. Na przykład złożone półprzewodniki dały nam diody LED: czerwona zawiera związek arsenu i galu (GaAs), a dodanie do mieszanki fosforu (GaAsP) pozwala na wytworzenie żółtego koloru. Chociaż półprzewodniki wieloskładnikowe są trudniejsze do wykonania i droższe, oferują istotną przewagę w porównaniu z krzemem. W wielu aplikacjach materiały te sprawdzają się znacznie lepiej niż krzem.

Dwa komponenty półprzewodnikowe, które powstały jako odpowiedź na opisane problemy, zawierają półprzewodniki wieloskładnikowe, o szerokiej przerwie energetycznej – to tranzystory mocy z azotku galu i węglika krzemu. Urządzenia te konkurują z tranzystorami MOSFET LDMOS i superzłączowymi. Urządzenia wykonane z GaN i SiC są pod pewnymi względami podobne, ale jednocześnie mają znaczące różnice. Podstawową jest o wiele szersza przerwa energetyczna – 3,44 eV dla azotku galu i 3,26 eV dla węglika krzemu. Dla porównania krzem ma przerwę energetyczną równą 1,12 eV, a arsenek galu (GaAs) 1,42 eV.

Co to jest przerwa energetyczna

Przerwa energetyczna, nazywana też pasmem zabronionym, jest jednym z kluczowych parametrów, jakimi opisuje się półprzewodnik, a dokładniej jego strukturę energetyczną. Wiele innych parametrów makroukładu, jakim jest tranzystor, zależnych jest od przerwy energetycznej materiału, z jakiego jest wykonany. Przyjrzyjmy się zatem fizyce kryształu półprzewodnika i pasmom energetycznym w materiałach.

eprasa.pl a982d0ace0



Rysunek 1. Struktura pasmowa izolatora, półprzewodnika i przewodnika

Materiał może być, generalnie, przewodnikiem lub izolatorem (dielektrykiem), w zależności od tego, czy przewodzi on prąd, czy nie. Jednak przewodność jest cechą ciągłą, a nie dyskretną, zero-jedynkową. Zatem są materiały, które przewodzą lepiej oraz są takie, które przewodzą gorzej. Analogicznie jest w przypadku izolatorów – jedne izolują lepiej, inne gorzej… Jest to uzależnione od struktury pasmowej materiału. Siłą rzeczy występują też takie materiały, których parametry klasyfikują je pomiędzy przewodnikami, a dielektrykami. Nazywamy je półprzewodnikami.

Struktura pasmowa ciał stałych czy też pasmowa teoria przewodnictwa to dosyć obszerne tematy, których omówienie wykracza poza ramy tego artykułu. W dużym uproszczeniu chodzi o wartości energii, jaką mogą przyjmować elektrony w danym materiale. Możemy wyróżnić dwa pasma w materiale – pasmo przewodnictwa oraz pasmo walencyjne. Wzajemne ułożenie tych pasm mówi o kluczowych parametrach elektrycznych materiału, w tym o przewodnictwie. Wynika to z faktu, że elektrony w stanie podstawowym znajdują się w pasmie walencyjnym, jednak nie mogą one przewodzić prądu elektrycznego, gdyż nie mogą poruszać się swobodnie po materiale. Z drugiej strony, elektrony, które znajdą się w pasmie przewodnictwa, mogą swobodnie się poruszać w materiale, dzięki czemu zapewniają przepływ ładunku przez materiał.

Pasma walencyjne i przewodnictwa mogą być położone względem siebie na dwa sposoby – odsunięte od siebie lub nachodzące na siebie (**rysunek 1**). Odległość pomiędzy pasmem walencyjnym a przewodnictwa nazywana jest przerwą energetyczną (Eg) lub pasmem wzbronionym, ponieważ żaden elektron nie może się tam znaleźć, tj. nie może mieć energii, która przypadałaby na ten zakres. Jeśli odległość pomiędzy pasmami przewodnictwa a walencyjnym jest niewielka, mamy do czynienia z półprzewodnikiem (rysunek 1, środkowa konfiguracja). W większości literatury przyjmuje się za maksymalną wartość przerwy energetycznej 4 eV. Ścisła definicja mówi, że półprzewodnik to materiał o średniej wielkości, niezerowym pasmie wzbronionym, który zachowuje się jak izolator w temperaturze 0 K, ale umożliwia termiczne wzbudzenie elektronów do pasma przewodnictwa w temperaturach poniżej temperatury topnienia tego materiału.

W czystym półprzewodniku zaledwie niewielka część pasma przewodnictwa jest obsadzona przez elektrony w temperaturze pokojowej – taki materiał nieszczególnie nadaje się do wytwarzania urządzeń półprzewodnikowych – nie będzie ani dobrym izolatorem, ani dobrym przewodnikiem. Dlatego półprzewodniki modyfikuje się poprzez domieszkowanie, które zmienia rozłożenie nośników ładunku w materiale lub stosuje się do tej modyfikacji pole elektryczne, które zmienia rozkład elektronów w pasmach.

Na co wpływa przerwa energetyczna w tranzystorze

Przerwa energetyczna definiuje minimalną energię, jaką należy dostarczyć do materiału, aby wzbudzić elektron. Wzbudzenie to może być termiczne bądź elektryczne. Intuicyjnie można pomyśleć, że preferowana jest mała przerwa, która oznacza, że do sterowania danym elementem wystarczy niewielki sygnał. Nie jest to jednak prawda, szczególnie w podzespołach mocy. Tutaj dużo korzystniejsza jest poprawa sprawności, uzyskiwana dzięki zastosowaniu półprzewodnika szerokoprzerwowego.

Szerokość pasma wzbronionego rzutuje na wiele innych parametrów półprzewodników, które z kolei są istotne dla tranzystora. Parametry te to, między innymi, pole przebicia – graniczne pole elektryczne, które może wywołać przebicie tranzystora (czy innego urządzenia półprzewodnikowego) wykonanego z danego materiału. Im wyższe pole, tym z wyższymi napięciami pracować może tranzystor o zadanej geometrii, gdyż napięcie przebicia wzrasta przy zachowaniu rozmiarów tranzystora.

GaN i SiC – nowoczesne materiały szerokoprzerwowe

Materiały o przerwie energetycznej znacznie większej od krzemu, bliskie umownej granicy pomiędzy półprzewodnikami a izolatorami, nazywa się półprzewodnikami szerokoprzerwowymi. Nie istnieje ścisła wartość, powyżej której pasmo wzbronione jest już „szerokie”, ale umownie przyjmuje się, że materiał musi charakteryzować się Eg>2 eV, aby móc mówić o półprzewodniku szerokoprzerwowym.

Istnieje wiele półprzewodników szerokoprzerwowych, jakie stosuje się we współczesnej elektronice. Materiały te często charakteryzują się nie tylko szerokim pasmem wzbronionym i wysokim polem przebicia, ale również dużą ruchliwością nośników i prędkością ich dryfu. Dodatkowo, półprzewodniki mają również wysoką przewodność cieplną, co nie tylko pozwala na budowę elementów o wysokiej sprawności, ale także takich, które wydajniej odprowadzają ciepło. Spośród półprzewodników szerokoprzerwowych dwa – azotek galu i węglik krzemu – doczekały się szerszego zastosowania w przemyśle elektronicznym. Przyjrzyjmy się im bliżej, ponieważ mają bardzo ciekawe zastosowania i charakterystyki.

Azotek galu

Azotek galu to dwuskładnikowy półprzewodnik o bezpośredniej przerwie energetycznej o szerokości około 3,4 eV, co odpowiada emisji przy około 360 nm (bliski ultrafiolet), dzięki czemu półprzewodnik ten znalazł, w pierwszej kolejności, zastosowanie w elementach optoelektronicznych, takich jak diody elektroluminescencyjne i lasery półprzewodnikowe. Na początku lat 90. azotek galu uznano za doskonały materiał półprzewodnikowy nowej generacji do produkcji tranzystorów dużej mocy/wysokiej częstotliwości, bazując na parametrach materiałowych pasma wzbronionego, ruchliwości elektronów i prędkości nasycenia elektronów. Brak źródła GaN doprowadził do konieczności hodowli GaN na niedopasowanych podłożach, takich jak Si, SiC czy szafir, ale fundamentalny rozwój materiału kontrolowało tempo dojrzewania technologii GaN zarówno w zastosowaniach elektronicznych, jak i optoelektronicznych. Rozwój GaN dla elektroniki skupiał się w zakresie systemów RF i był znacząco wspomagany przez intensywny rozwój, który miał miejsce w wyścigu do produkcji pierwszych niebieskich i ostatecznie białych diod elektroluminescencyjnych (LED). Ostatecznie postępy w rozwoju heterostruktur z azotku galu glinu (AlGaN)/GaN, o jakości stosowanej w urządzeniach, doprowadziły do stworzenia rekordowych wzmacniaczy RF.

W 2010 roku pierwsze tranzystory GaN w trybie rozszerzonym stały się powszechnie dostępne [27]. Dostępne były tylko tranzystory n-kanałowe [27]. Urządzenia te zostały zaprojektowane w celu zastąpienia tranzystorów MOSFET mocy w zastosowaniach, w których szybkość przełączania lub wydajność konwersji energii ma kluczowe znaczenie. Tranzystory te są zbudowane przez nałożenie cienkiej warstwy GaN na wierzch standardowej płytki krzemowej, często nazywanej przez producentów GaN-on-Si [28]. Pozwala to tranzystorom FET na utrzymanie kosztów podobnych do krzemowych

eprasa.pl a982d0ace0

Tabela 1. Kluczowe parametry kilku współcześnie stosowanych półprzewodników z węglikiem krzemu i azotkiem galu

Półprzewodnik		Krzem	Arsenek galu	Fosforek indu	Węglik krzemu	Azotek galu
Parametr	Jednostka					
Przerwa energetyczna	eV	1,1	1,42	1,35	3,25	3,49
Mobilność elektronów w 300 K	$cm^2/V \times s$	1500	8500	5400	700	1000...2000
Prędkość elektronów w nasyceniu	× 107 cm/s	1	1.3	1	2	2.5
Pole elektryczne przebicia	MV/cm	0,3	0,4	0,5	3	3,3
Przewodność cieplna	W/cm × K	1,5	0,5	0,7	4,5	>1,5
Względna przenikalność dielektryczna		11,8	12,8	12,5	10	9

tranzystorów MOSFET, ale z doskonałą wydajnością elektryczną GaN. Innym pozornie realnym rozwiązaniem dla realizacji HFET z kanałem GaN w trybie wzmocnienia jest zastosowanie dopasowanej do sieci czwartorzędowej warstwy AlInGaN o akceptowalnie niskim spontanicznym niedopasowaniu polaryzacji do GaN [29].

Układy scalone GaN do obwodów zasilania monolitycznie integrują GaN FET, obwody napędowe oparte na GaN i ochronę obwodów w jednym urządzeniu do montażu powierzchniowego[30] [31]. Integracja oznacza, że pętla sterowania bramką ma zasadniczo zerową impedancję, co dodatkowo poprawia wydajność, praktycznie eliminując straty wyłączania FET. Badania naukowe nad stworzeniem niskonapięciowych układów zasilania GaN rozpoczęto na Uniwersytecie Nauki i Technologii w Hongkongu (HKUST), a pierwsze urządzenia zademonstrowano w 2015 roku. Komercyjna produkcja układów zasilania GaN rozpoczęła się w 2018 roku.

Węglik krzemu

Węglik krzemu to drugi, dwuskładnikowy półprzewodnik stosowany w elektronice mocy. Materiał ten ma skośną przerwę energetyczną od 2,36 eV do 3,25 eV – różnice te wynikają z przyjmowania przez ten materiał różnych rodzajów struktury krystalicznej. W elektronice wykorzystuje się głównie jedną z nich, która ma przerwę energetyczną równą 3,25 eV. W tej odmianie kryształ przyjmuje heksagonalną strukturę krystaliczną.

Główną zaletą węglika krzemu, dzięki której skupił na sobie duże zainteresowanie przemysłu, jest jego twardość, która wynosi 1150 (według skali Brinella)/9,5 (skali Mohsa). Inną jego zaletą jest bardzo wysoka odporność termiczna. Z uwagi na to znalazł swoje pierwsze zastosowanie jako materiał do wytwarzania materiałów ściernych czy tnących.

W 1993 roku węglik krzemu skupił na sobie dostateczne zainteresowanie przemysłu półprzewodnikowego – zarówno w zakresie prowadzenia dalszych badań, jak i wdrożenia do produkcji masowej elementów elektronicznych z SiC. Pierwszymi dostępnymi urządzeniami były diody Schottky'ego, a następnie tranzystory FET z bramką złączową i tranzystory MOSFET do przełączania o dużej mocy.

Głównym problemem komercjalizacji SiC była eliminacja defektów w strukturze półprzewodnika. W rezultacie urządzenia wykonane z SiC początkowo wykazywały słabą skuteczność blokowania przepływu prądu w kierunku zaporowym, chociaż badacze próbowali znaleźć rozwiązania poprawiające napięcie przebicia. Oprócz jakości kryształów, problemy z interfejsem SiC z dwutlenkiem krzemu utrudniały rozwój tranzystorów MOSFET mocy bazujacych na SiC i tranzystorów bipolarnych z izolowaną bramką. Chociaż mechanizm jest nadal niejasny, azotowanie radykalnie zmniejszyło defekty powodujące problemy z interfejsem.

W 2008 roku na rynek wprowadzono pierwsze komercyjne tranzystory JFET o napięciu pracy do 1200 V, a w 2011 r. pierwsze komercyjne tranzystory MOSFET o takim samym napięciu pracy. Obecnie dostępne są JFET o napięciu znamionowym od 650 V do 1700 V i rezystancji kanału zaledwie 25 mΩ. Główne wyzwania dla pełnego uwolnienia możliwości urządzeń zasilających SiC to:

- sterowanie bramki – urządzenia SiC często wymagają poziomów napięcia napędu bramki, które różnią się od ich krzemowych odpowiedników i mogą być nawet niesymetryczne, na przykład +20 V i –5 V;
- ibudowy – chipy SiC mogą mieć wyższą gęstość mocy niż krzemowe urządzenia zasilające i są w stanie wytrzymać wyższe temperatury przekraczające granicę stosowania krzemu, wynoszącą 150°C. Potrzebne są tutaj nowe technologie mocowania układów w obudowach, a także nowatorskie metody skutecznego odprowadzania ciepła z urządzeń.

Podsumowanie

W **tabeli 1** porównano kluczowe parametry kilku współcześnie stosowanych półprzewodników z węglikiem krzemu i azotkiem galu, które również powoli penetrują przemysł półprzewodnikowy. Półprzewodniki szerokoprzerwowe są wartościową alternatywą dla krzemu, szczególnie w zakresie komponentów wysokiej mocy. Dzięki parametrom tych materiałów pozwalają one na konstrukcję elementów mocy, które umożliwiają budowę urządzeń o wysokiej sprawności, dużej mocy i niewielkiemu rozmiarowi. Takie rozwiązania rewolucjonizują wiele sektorów, takich jak elektromobilność, ładowarki do laptopów czy systemy energetyki odnawialnej i magazyny energii.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła

- Haiwei Jin, Li Qin, Lan Zhang, Xinlin Zeng, Rui Yang „Review of wide band-gap semiconductors technology", MATEC Web of Conferences 40 (2016).
- https://bit.ly/3Dl0Bqv
- https://bit.ly/3U4zfuz
- https://bit.ly/3U7r0xE
- https://bit.ly/3U4N2kQ
- David W. Runton, Brian Trabert, Jeffrey B. Shealy, and Ramakrishna Vetury „History of GaN: High-Power RF Gallium Nitride (GaN) from Infancy to Manufacturable Process and Beyond". IEEE Microwave Magazine 14 (2013).
- Yaozong Zhong, Jinwei Zhang, Shan Wu, Lifang Jia, Xuelin Yang, Yang Liu, Yun Zhang, Qian Sun, „A review on the GaN-on-Si power electronic devices", Fundamental Research 2 (2022).
- Michael Meisser, „Resonant Behaviour of Pulse Generators for the Efficient Drive of Optical Radiation Sources Based on Dielectric Barrier Discharges", KIT Scientific Publishing 2013.
- Masafumi Horio, Yuji Iizuka, Yoshinari Ikeda, „Packaging Technologies for SiC Power Modules", FUJI ELECTRIC REVIEW 58 (2012).

eprasa.pl a982d0ace0

koktajl niusów



Nowy, scalony przełącznik IPS1025HF firmy STMicroelectronics

Firma STMicroelectronics wprowadziła do sprzedaży szybki przełącznik typu high-side (załącza dodatnią szynę zasilania) o symbolu IPS1025HF. Jest to nieduży układ przeznaczony do pracy w trudnych, przemysłowych warunkach. Reaguje na sygnał włączenia/wyłączenia w czasie krótszym niż 60 µs i ma wbudowane dwa ograniczenia prądowe – ograniczające prąd chwilowy i prąd ciągły. Przełączniki mogą pracować z obciążeniem rezystancyjnym, indukcyjnym oraz pojemnościowym, co pozwala na sterowanie m.in. żarówkami, silnikami czy różnego rodzaju przetwornicami zasilania, które wymagają wysokiego prądu impulsowego przy starcie. Zakres napięcia zasilania IPS1025HF wynosi: 8,65...60 V, a zawarty w strukturze układu tranzystor MOSFET z kanałem typu N ma rezystancję $R_{DS(on)}$ na poziomie 12,5 mΩ. Przełącznik IPS1025HF zawiera zabezpieczenia przed przepięciem, spadkiem napięcia, przeciążeniem, zwarciem, a także zanikiem masy lub dodatniej szyny zasilania. Wewnętrzna diagnostyka obejmuje sygnalizację przeciążenia wyjścia i sygnalizację przekroczenia temperatury złącza. Układ spełnia normy: IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4 i IEC 61000-4-5. Przełącznik IPS1025HF oferowany jest w obudowach: PowerSSO-24 i QFN48L.

https://bit.ly/3RvcTjh



Kosmiczne układy FPGA rodziny RT PolarFire od Microchipa spełniają normę MIL-STD-883 Class B

Niejednokrotnie projektanci kosmicznych rozwiązań decydują się na zastosowanie podzespołów elektronicznych, które spełniają normę MIL-STD-883 Class B. Jest to zauważalne szczególnie w przypadku układów FPGA rodziny RT PolarFire, które opracowała firma Microchip Technology. W celu spełnienia normy MIL-STD-883 Class B układy RT PolarFire przeszły szereg testów środowiskowych. Testy te pozwoliły stwierdzić m.in. odporność układów na promieniowanie kosmiczne i utorowały drogę do kwalifikacji: QML Class Q oraz QML Class V. Dostępne w układach łączniki programowalne są odporne na dawkę jonizującą powyżej 100 krad. Układy RT PolarFire mogą przebywać na orbicie ziemskiej bądź w dalekiej przestrzeni kosmicznej i nie wykazują zaburzeń działania w warunkach promieniowania – są odporne na zjawisko SEU (*Single Event Upsets*). Nie potrzeba dodatkowych sposobów łagodzących skutki promieniowania, to zmniejsza nakład i koszty materiałów.

Jak wyjaśnia wiceprezes ds. marketingu rozwiązań FPGA w firmie Microchip Technology, Shakeel Peera: „Firma Microchip Technology to certyfikowany producent układów FPGA do aplikacji kosmicznych. Firma wielokrotnie uzyskiwała kwalifikację klasy V dla układów FPGA oraz innych układów scalonych. Spełnienie normy MIL-STD-883 Class B stanowi duży krok w stronę rozwiązania najtrudniejszych wyzwań w kosmosie, w tym redukcji przeciążenia spowodowanego przetwarzaniem sygnału satelitarnego. Rozpoczęliśmy ostatni etap kwalifikacji układów RT PolarFire FPGA dotyczący wymogów QML Class Q i QML Class V".

https://bit.ly/3SHKXKk



Niezawodny system inteligentnego domu EXTA LIFE firmy Zamel

Wydaje Ci się, że montaż urządzeń w domu wiąże się z czasochłonnymi remontami, prowadzeniem okablowania i kuciem ścian? Nic bardziej mylnego! System EXTA LIFE wyróżnia się uproszczonym sposobem montażu oraz konfiguracji. Producent oferuje możliwość zdalnego dopisywania i usuwania nadajników do wybranych odbiorników, ich parametryzację oraz zdalną zmianę ich ustawień. Można uzbroić własny dom na każdym etapie, nie tylko podczas jego budowy. Opracowany przez Zamel system umożliwia m.in. regulację temperatury w pomieszczeniach oraz sterowanie oświetleniem, bramami wjazdowymi, ogrzewaniem bądź roletami w oknach. Istotną cechą EXTA LIFE jest stabilna, dwukierunkowa komunikacja między kontrolerami a odbiornikami, która pozwala na szybkie uzyskanie informacji odnośnie do stanu urządzeń (np. zamknięcie okien lub drzwi). Mobilna aplikacja zapewnia możliwość zarządzania roletami z podziałem na poziomy i pomieszczenia budynku. Widoczne w aplikacji ikony pozwalają na opuszczanie i podnoszenie wszystkich rolet jednym kliknięciem.

eprasa.pl a982d0ace0

EXTA LIFE pozwala na definiowanie pojedynczych zdarzeń, sekwencji, a także scen, których realizacja jest zależna od spełnienia określonych przez użytkownika warunków. Najczęściej warunki mogą być sprzężone z wartością parametrów podawanych przez czujniki pracujące w systemie lub może to być naciśnięcie nadajnika. Czynności te mogą mieć charakter jedno- lub wielokrotny w zależności od daty. System nastawiony jest na maksymalne uproszczenie procesu instalacji i konfiguracji. Oferuje możliwość zdalnego przypisywania nadajników do odbiorników, ich parametryzację oraz zmianę ustawień. Wykorzystując EXTA LIFE, można z dowolnego miejsca na świecie uruchomić mechanizm otwierania bramy wjazdowej, a także wyzwolić otwieranie bramy garażowej. System zapewnia pełną kontrolę nad domem.

https://bit.ly/3C4StrI



Trzecia edycja bezpłatnej usługi Grupy RENEX dotycząca przygotowania procesu nadruku pasty lutowniczej

Grupa RENEX poinformowała o zainicjowaniu trzeciej edycji projektu dotyczącego świadczenia bezpłatnej usługi doradczej w zakresie przygotowywania procesu nadruku pasty lutowniczej. Pomysł cieszył się w ubiegłych latach dużym zainteresowaniem, usługa została udostępniona przez Grupę RENEX po raz pierwszy w lipcu 2020 roku. Projekt jest realizowany w przestrzeniach produkcyjnych zainteresowanej firmy, wszystkie działania, w ramach usługi, bazują na urządzeniach, narzędziach i produktach światowych marek – mowa tu m.in. o pastach lutowniczych INDIUM i rentgenowskich urządzeniach inspekcyjnych marki SEC.

W zakres nieodpłatnej usługi wchodzi kompleksowe przygotowanie całego procesu nadruku pasty lutowniczej. Inżynier aplikacji pomaga odpowiednio wyprofilować piec lutowniczy pod określony rodzaj pasty i omawia najważniejsze parametry w procesie nadruku i ustawień drukarki. Innowacyjna usługa obejmuje również bezpłatną i szczegółową analizę w zakresie inspekcji RTG na urządzeniach światowej marki SEC.

https://bit.ly/3LWBTPr



Ograniczniki przepięć VARITECTOR PU AC IoT firmy Weidmüller

Ograniczniki przepięć VARITECTOR PU AC IoT przeznaczone są do sieci zasilania: 230/400 V. Zapewniają najwyższy stopień ochrony dla różnych, przemysłowych sieci energetycznych. Ograniczniki VARITECTOR PU AC IoT rejestrują impulsy przepięciowe i monitorują połączenia przewodu ochronnego lub chwilowe przepięcia. Umożliwia to skuteczniejsze planowanie okresu użytkowania oraz prac serwisowych. Użytkownik otrzymuje dane eksploatacyjne do przejrzenia, a także komunikaty informujące, że okres eksploatacji ograniczników dobiega końca i muszą zostać wymienione przy następnej konserwacji.

Bardzo istotna jest możliwość monitorowania pracy ograniczników przepięć VARITECTOR PU AC IoT podczas działania. Funkcja IoT może wytrzymać prąd piorunowy, co oznacza, że dane są dostępne po wystąpieniu napięcia udarowego. Intuicyjną integrację z przemysłowym IoT zapewnia m.in. serwer sieci web. Korzystanie z protokołu MQTT sprzyja dostępowi do danych w postaci znormalizowanych protokołów. Protokół MQTT zarządza transmisjami. Proste oraz tanie monitorowanie danych za pośrednictwem usług w chmurze jest kluczowym czynnikiem decydującym o wykorzystaniu ograniczników przepięć VARITECTOR PU AC IoT w aplikacjach przemysłowego IoT.

https://bit.ly/3SL58HH



Wydajny router standardu Wi-Fi 6, który uwzględnia protokół TR-069 i narzędzie Aginet Config

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom dostawców usług internetowych (ISP), firma TP-Link wprowadziła do oferty router EX220, który obsługuje standard Wi-Fi 6. Dzięki rozbudowanej automatyzacji router przyspiesza dołączanie urządzeń do sieci. Opracowane przez TP-Link urządzenie zapewnia do 1800 Mb/s przepustowości w 2 pasmach: do 1201 Mb/s w paśmie 5 GHz i do 574 Mb/s w paśmie 2,4 GHz. Użytkownicy EX220 mogą stosować pasmo 5 GHz do wrażliwych na opóźnienia aplikacji, np. streamingu multimediów w jakości Full HD. Pasmo 2,4 GHz sprawdza się dla takich rozwiązań jak: asystenci głosowi, kamery monitoringu czy inteligentne oświetlenie. Za bezpieczeństwo wymiany danych odpowiada protokół WPA3.

W routerze EX220 zastosowano innowacyjne rozwiązania poprawiające zasięg oraz wydajność bezprzewodowych sieci. Jednym z nich jest technika OFDMA, która umożliwia podłączenie większej liczby urządzeń przy mniejszych opóźnieniach transmisji. Dzięki funkcji Airtime Fairness starsze urządzenia nie powodują spadku przepustowości sieci. Doskonały zasięg oraz stałą siłę sygnału zapewniają 4 anteny o wysokim zysku wspierane przez technologię Beamforming (kształtowania wiązki), która umożliwia lokalizację łączących się z routerem urządzeń i zwiększanie siły sygnału nadawanego w ich stronę. Router jest objęty trzyletnią gwarancją producenta.

https://bit.ly/3BTsvYc

Zwiększone możliwości analizatorów wektorowych VectorStar firmy Anritsu

Do oferowanych przez Anritsu analizatorów wektorowych VectorStar wprowadzona została opcja analizy widma sygnałów w zakresie częstotliwości od 70 Hz do 220 GHz. Możliwe stało się jednoczesne określenie współczynników macierzy S i parametrów mierzonych sygnałów. Dzięki nowej opcji analizatory VectorStar zaczęły oferować

eprasa.pl a982d0ace0

Anritsu
Advancing beyond

szybkie pomiary harmonicznych, zniekształceń i zakłóceń sygnałów. Można przeprowadzić m.in. wielokanałową analizę widma zsynchronizowaną z wewnętrznymi generatorami przyrządów. Przedmiotem tej analizy mogą być w szczególności sygnały szerokopasmowe – w tym celu należy zastosować moduły pomiarowe Anritsu. Podstawowy tryb pracy analizatorów obejmuje punktową analizę widma znanych sygnałów. W przypadku nieznanych sygnałów analizatory VectorStar można zintegrować z analizatorami widma, które korzystają z przemiatania częstotliwości. Rodzina analizatorów VectorStar nadaje się do badania układów bezpośrednio na waflu krzemowym (*on-wafer measurements*). Kalibrację mocy można wykonać poprzez końcówkę sondy pomiarowej.

https://bit.ly/3ErJOCL



Nowe analizatory sygnałowe od Rohde & Schwarz: R&S FSV3050 i R&S FSVA3050

Opracowane przez firmę Rohde & Schwarz analizatory współpracują z sygnałami o maksymalnej częstotliwości 50 GHz (lub więcej). Są to rozwiązania przeznaczone m.in. dla systemów 5G NR. Dzięki dużej szybkości pomiarów oraz szerokości pasma 200 MHz analizator R&S FSV3050 umożliwia błyskawiczne rozpoznanie sygnałów. Jest to przyrząd przeznaczony do fabryk i laboratoriów. W przypadku analizatora R&S FSVA3050 obowiązuje wysoki zakres dynamiki przy poziomie szumów –127 dBc/Hz. Analizator ten charakteryzuje szerokość pasma 1 GHz. Wspiera on realizację takich zadań jak: linearyzacja wzmacniaczy mocy, przechwytywanie krótkich zdarzeń czy detekcja sygnałów o zmiennej częstotliwości.

Podstawową aplikacją analizatorów R&S FSV3050 i R&S FSVA3050 są systemy komunikacji 5G NR, które uwzględniają pasmo częstotliwości FR2 n262 (47,2...48,2 GHz). Dzieje się to przy 2 wariantach urządzeń: R&S FSV3-B54G – dla analizatora R&S FSVA3050, który podwyższa maksymalną częstotliwość analizowanych sygnałów do 54 GHz (co obejmuje pasmo FR2-1 o częstotliwości końcowej 52,6 GHz) i FSV3-B710 Enhanced Performance – dla analizatorów R&S FSV3050 i R&S FSVA3050, który oferuje lepszy poziom szumów, zmniejszoną wartość parametru DANL (*Displayed Average Noise Level*), a także (jedynie dla analizatora R&S FSVA3050) najmniejszą częstotliwość sygnałów równą 2 Hz.

https://bit.ly/3y9uztT



Wspierany przez TME zespoł Aristurtle bierze udział w wyścigach bolidów elektrycznych

Aristurtle to grecki zespół studentów, których pasję stanowią elektryczne bolidy wyścigowe. Studenci z greckiego Uniwersytetu Arystotelesa w Salonikach projektują, konstruują i biorą udział w wyścigach takich bolidów. W dniach 13...17.07.2022 r. zespół wspierany przez TME stanął do rywalizacji na torze w północnych Włoszech w ramach formuły Student FASTA. Na torze pojawiły się zespoły z wielu europejskich uczelni. Pierwsze dni poświęcone były testom technicznym bolidów. Niestety podczas jednego z nich, dotyczącego systemu hamulcowego, doszło do awarii. Ogromnym wysiłkiem zespołu udało się przeprowadzić niezbędne naprawy w niespełna dzień, co pozwoliło na ukończenie testów i udział w wyścigu.

Rywalizacja toczyła się nie tylko na torze wyścigowym – kiedy bolidy zaliczały kolejne konkurencje, inni członkowie zespołów prezentowali swoją wiedzę oraz umiejętności dotyczące zagadnień: od zarządzania projektami, przez planowanie kosztów i realizację prototypów. W ostatecznym rozrachunku zespołowi Aristurtle udało się zająć 10. miejsce. Jest to jednak dopiero początek sezonu, a studenci już szykują się do następnych zawodów – tym razem w Austrii, na słynnym Red Bull Ring.

https://bit.ly/3UVIv4t



Nuron – nowa, wydajna platforma akumulatorowa firmy Hilti z funkcją transmisji danych

Firma Hilti oferuje nową platformę akumulatorową Nuron, która ułatwia pracę na budowie, usprawnia zarządzanie parkiem maszyn oraz wspiera operatorów maszyn. Rozwiązanie bazuje na akumulatorach o jednym napięciu, co umożliwia jego użycie w lekkich lub ciężkich aplikacjach. Dzięki platformie Nuron wszystkie akumulatory

eprasa.pl a982d0ace0

i prostowniki stają się w pełni kompatybilne z narzędziami, co jest kluczowym czynnikiem podczas optymalizacji parku maszyn i redukcji kosztów z nim związanych. Nowa platforma umożliwia realizację prac, które są wykonywane za pomocą narzędzi zasilanych paliwem bądź wysokim napięciem. Zaprojektowany od postaw interfejs baterii zapewnia wydajny transfer energii względem narzędzi przewodowych.

Baterie platformy Nuron są wytrzymałe – zawierają wzmacniane włóknem szklanym wypełnienia, a także absorbujące uderzenia obudowy, co gwarantuje działanie w wymagających warunkach. Kluczowe podzespoły elektroniczne są chronione przed wilgocią, pyłem oraz zanieczyszczeniami. Platformę akumulatorową Nuron cechuje wiarygodna analiza danych – wszystkie narzędzia generują dane, które są gromadzone w bateriach i wysyłane do chmury podczas ładowania. Nie wymaga to ingerencji ze strony operatora. Gromadzone dane obejmują m.in. częstość i stopień zużycia, miejsce ostatniego ładowania oraz stan baterii. Umożliwia to optymalizację zużycia akumulatorów. Zapisane dane mogą posłużyć do raportowania i natychmiastowego informowania o trybie pracy urządzenia. Dane te można pozyskać z komputera lub aplikacji mobilnej ON!Track. Pozwala to ograniczać przestoje, optymalizować park maszyn, a także zwiększać produktywność u wielu klientów.

https://bit.ly/3CoroRQ

Firma Oras wprowadza mobilną aplikację do obsługi łazienkowych baterii sterowanych elektronicznie



Firma Oras stale dąży do opracowania innowacyjnych i zaawansowanych rozwiązań, aby ułatwić pracę instalatorów i techników budowlanych. Cyfryzacja oraz najnowsze rozwiązania docierają do domów w postaci funkcji upraszczających zawodową pracę. Dzięki nowej aplikacji Oras App można teraz szybko dostosowywać ustawienia baterii łazienkowych do wymagań użytkownika. W tym celu wystarczy jedno kliknięcie. Aplikacja Oras App współpracuje m.in. z trzema wariantami nowej linii Oras Electra i bateriami Medipro Touchless. Użytkownik aplikacji może dostosować funkcje baterii elektronicznej do indywidualnych potrzeb.

Aby rozpocząć monitoring i regulację baterii, instalator lub technik musi najpierw aktywować połączenie Bluetooth. Aplikacja Oras App automatycznie odszukuje produkty firmy Oras. Po wybraniu produktu informacje o jego ustawieniach natychmiast wyświetlają się na ekranie smartfona bądź tabletu. Po podaniu hasła instalatorzy i technicy mogą zaprogramować np. czas przepływu wody, odstępy między automatycznym płukaniem czy odległość zadziałania czujnika. Można nie tylko zerować i tworzyć nowe ustawienia, ale także można je przenosić do innych łazienkowych baterii – wystarczy kilka ruchów palcem. Aplikację Oras App można pobrać bezpłatnie na system iOS ze sklepu z aplikacjami App Store oraz na urządzenia z systemem Android ze sklepu Google Play Store.

https://bit.ly/3EfIJhf



Firma ALSO i jej portfolio software do druku 3D

Współcześnie oferta produktów i rozwiązań dla druku 3D staje się coraz bardziej kompleksowa. Nie inaczej jest w przypadku firmy ALSO, która wprowadziła do oferty trzy nowe produkty software przeznaczone do wspomagania technik druku 3D. Są to przede wszystkim 2 oprogramowania: Additive i Tango firmy VoxelDance do przygotowania danych do druku 3D. Additive jest idealny do technologii przemysłowych takich jak: SLM, SLA, SLS oraz DLP. Obejmuje błyskawiczne prototypowanie, stomatologię plastikową/metalową, biżuterię, opiekę zdrowotną i formy przemysłowe. Oprogramowanie Tango to produkt modny w świecie LCD/DLP, zwłaszcza w marketingu konsumenckim oraz przemyśle stomatologicznym.

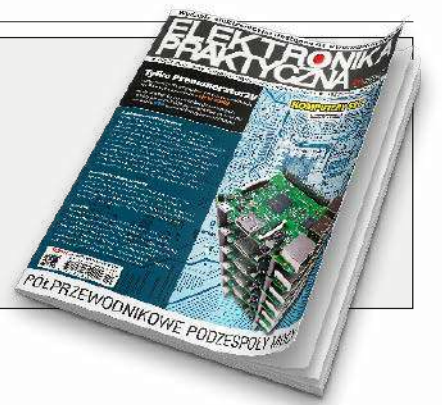
Rozwiązania VoxelDance sprawdziły się w ostatnich latach zarówno wśród twórców drukarek, jak i użytkowników końcowych, co przyniosło firmie szybko rosnący udział w rynku. Firma ma obsesję na punkcie ulepszania aplikacji za pomocą algorytmów. Oprócz zestawu oprogramowania VoxelDance, ALSO oferuje również stos programowy do cyfrowej produkcji DMCP (*Digital Manufacturing Control Processing*) od ParaMatters. Stos ten umożliwia zarządzanie materiałami i stanowi dobre rozwiązanie dla pracy addytywnej. Firma ParaMatters zapewnia wsparcie do różnych branż: od medycznej po lotniczą i przemysłową, oferując integrację z DMCP. Daje to możliwość rozwoju w miarę postępu prac dzięki modułowym rozwiązaniom programowym, które stanowią elementy składowe funkcjonowania cyfrowej fabryki. Każdy z produktów może być niezależnie stosowany i w miarę potrzeb dodawany do platformy DMCP. ParaMatters jest idealnym rozwiązaniem dla cyfrowych fabryk, które chcą zmniejszyć koszty operacyjne i tworzyć lepsze produkty.

https://bit.ly/3SS0kQn

Jakub Tyburski, EP

REKLAMA

www.ep.com.pl/
EPwtoku

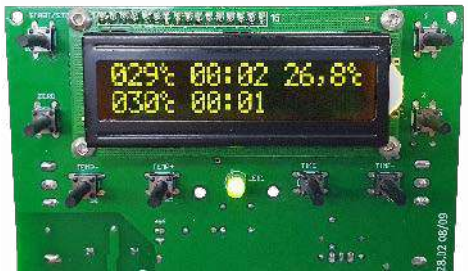


eprasa.pl a982d0ace0

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 11/2022

Zasilacz buforowy 5 V z uniwersalną ładowarką

W kolejnym wydaniu EP zostanie zaprezentowany zasilacz buforowy 5 V, 1 A. Wbudowana ładowarka umożliwia współpracę z akumulatorem 1S Li-Ion lub $LiFePo_4$. Zapewnia on podtrzymanie zasilania od kilku minut do kilku godzin w zależności od obciążenia. Konfigurowane napięcie ładowania 3,5/3,6 V dla $LiFePO_4$ lub 4,0/4,1 V dla Li-Ion umożliwia zwiększenie trwałości akumulatorów kosztem niewielkiego obniżenia zgromadzonej w nich energii.



SCL – zaawansowany sterownik oświetlenia schodowego

Pomysł na sterownik oświetlenia schodowego powstał podczas testowania zaawansowanego drivera typu TPS929120. Sterownik indywidualnie steruje każdym stopniem schodów, dzięki czemu umożliwia uzyskanie prostych animacji w momencie załączania oraz wyłączania. W urządzeniu zastosowano sześć driverów tego typu, co pozwala sterować maksymalnie 24 wyjściami – stopniami schodów. Każdy stopień umożliwia sterowanie diodami RGB, dzięki czemu można ustawić kolor podświetlenia. W sterowniku znajduje się moduł Bluetooth typu HC-05 i za pomocą aplikacji na telefon z systemem Android można kontrolować pracę sterownika – regulować moc podświetlenia, kolor podświetlenia, załączać lub wyłączać podświetlenie, zmieniać ustawienia animacji i liczbę stopni schodów.

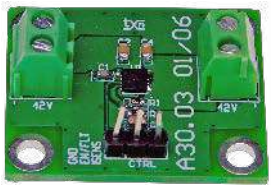


Timer z termostatem

Zwykły termostat potrafi utrzymywać zadaną temperaturę w określonych granicach. Modyfikacja żądanej temperatury wymaga zazwyczaj ręcznej ingerencji użytkownika w urządzenie. A gdyby tak układ potrafił sam przełączyć temperaturę po upływie pokreślonego czasu? W ten sposób można realizować bardziej złożone profile temperaturowe, na przykład do powolnego podgrzewania.

Moduł bezpiecznika elektronicznego eFUSE

Niewielki moduł umożliwiający realizację bezpiecznika elektronicznego eFUSE przydatnego przy konstruowaniu układów zasilanych m.in. z akumulatorów 9...12 V. Bazuje na specjalizowanym układzie NIC5420MT7 firmy ON Semiconductor. W swojej strukturze zawiera wszystkie elementy niezbędne do realizacji bezpiecznika elektronicznego z ustalanym rezystorem progiem zadziałania oraz z dodatkowym zabezpieczeniem zasilanego układu przed zbyt wysokim lub niskim napięciem zasilania. Dodatkowo układ ma możliwość pomiaru pobieranego prądu oraz wyłączenia obciążenia.



A ponadto tematy wiodące EP 11/2022:

- Obudowy na każde warunki
- Wyświetlacze i panele HMI

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 45
ARMEL 11
BORNICO 19
COMPUTER CONTROLS 7
CONTRANS TI 13
ELECTRO-WELLE 100
ELMAX 63
FARNELL 17, 48
FAULHABER 9, 49, 85
GAMMA 11
HAMMOND 15
MICROCHIP 5, 21, 82
PIEKARZ 11

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:
Jakub Sobański

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 (godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

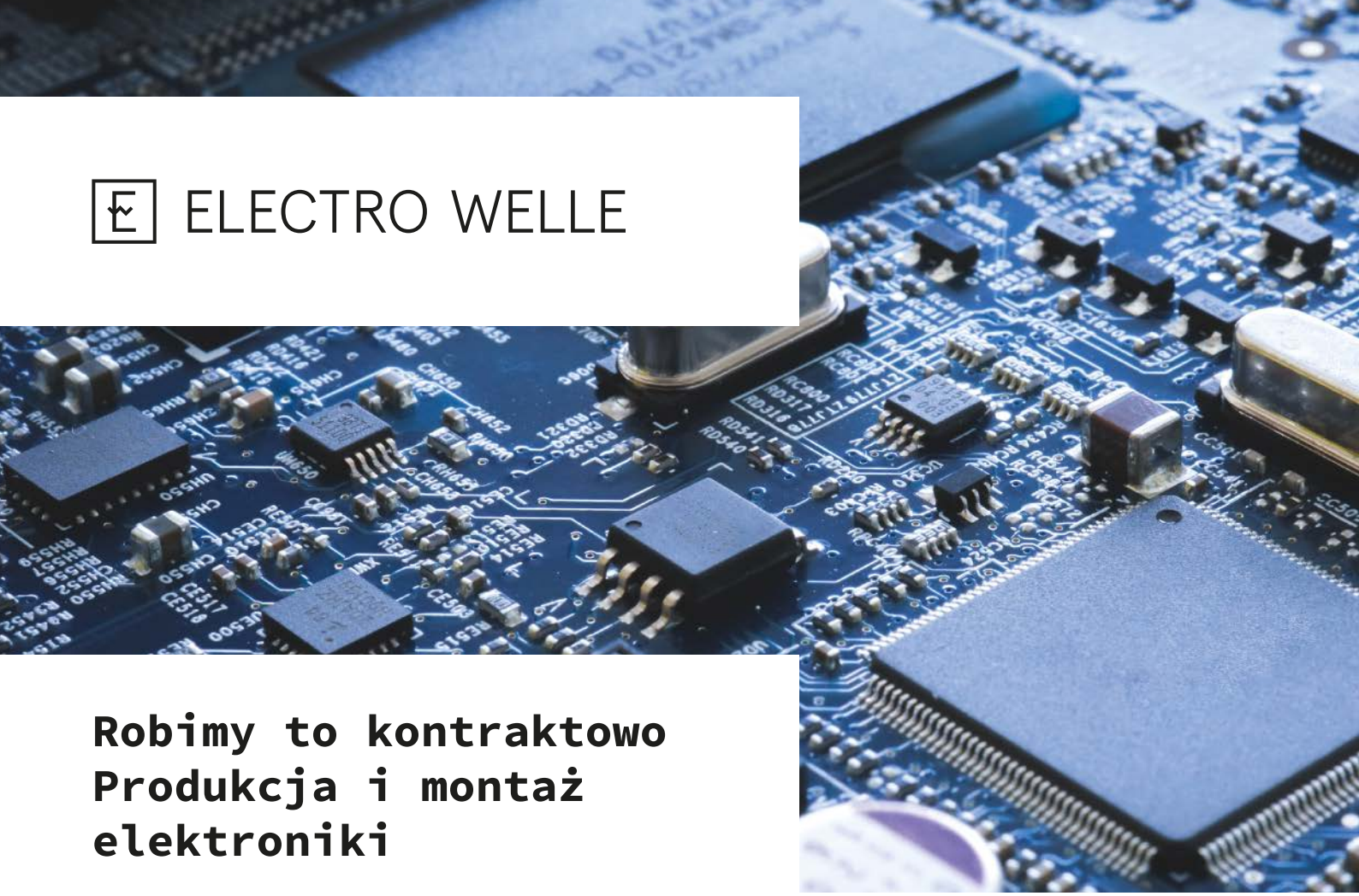
Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

eprasa.pl a982d0ace0

ELECTRO WELLE



Robimy to kontraktowo
Produkcja i montaż elektroniki

Działamy w obszarach:

- Dostawa obwodów drukowanych PCB
- Montaż automatyczny SMD
- Montaż THT (ręczny lub na fali)
- Montaż zgodnie z normą IPC-A-610-E
- Kontrola AOI, test X-ray
- Kompletacja podzespołów elektronicznych
- Montaż końcowy, testy funkcjonalne
- Lakierowanie obwodów drukowanych
- Kompleksowa obróbka przewodów (cięcie, odizolowywanie, zakuwanie)
- Produkcja szaf i obudów metalowych
- Prowadzenie magazynu \ logistyka

Bazując na wieloletnim doświadczeniu cały czas zwiększamy ilość usług z zakresu produkcji kontraktowej elektroniki. Realizujemy zamówienia od prototypów po produkcje wielkoseryjną. Cechuje nas elastyczność produkcji oraz terminowość realizacji zleceń.

Kontrola każdego etapu prac zwiększa jakość wykonywanych zadań. Współpracujemy z klientami z różnych branż rynku i regionów Polski i świata. Wspieramy wiedzą i pomagamy skutecznie ograniczyć koszty produkcji.

Zainteresowany? Sprawdź nas!
Napisz na: montaz@electro-welle.pl
i dowiedź się więcej
lub zadzwoń - 538 239 729

Znajdziesz nas pod adresem:
Electro-Welle
Marcinkowice 440 \ 33-393 Marcinkowice
www.electro-welle.pl

eprasa.pl a982d0ace0