Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● luty ● 2/2024 ●

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

• Nakładka Ethernet PoE do AVTDuino • Wskaźnik wysterowania 2×8 LED • Odbiornik nasłuchowy na pasmo KF 80 m „Kubuś” • Bezprzewodowy włącznik dwukanałowy • Uniwersalny przekaźnik dużej mocy w standardzie Grove • Aktywny hub I²C Grove • Sterownik mikrosilników prądu stałego • Dwukanałowy port szeregowy z pełnym interfejsem UART • Minimoduł precyzyjnego generatora częstotliwości zegarkowych • TARS MK4 – wydajny komputer pokładowy do rakiety amatorskiej

podzespoły, sprzęt, aplikacje

• Mikroskop cyfrowy Andonstar AD249S-M. Porządny mikroskop w przystępnej cenie • Robotyka w medycynie. Przegląd komponentów do robotów chirurgicznych • HZD GmbH – niemiecka rzetelność w dystrybucji komponentów elektronicznych • Computer Controls – zaufany dystrybutor oprogramowania, aparatury pomiarowej i komponentów • Trzecia edycja TEK. day • Akyga Battery – sprawdzone źródła energii dla Twoich projektów • Faulhaber – kontrolery ruchu do miniaturowych napędów i mikronapędów. Nowy członek rodziny w dziedzinie średniego zakresu mocy • Anatomia systemów BMS • Przełączniki APEM – jakość, której możesz zaufać • Wybór przełącznika – rodzaje, parametry, wykonania specjalne • Zwiększanie wydajności systemów wbudowanych za pomocą konfigurowalnych obwodów logicznych

tutoriale

• Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych. Czujnik dwutlenku węgla XENSIV PAS CO_2 firmy Infineon

kursy

• Kurs FPGA Lattice. Generowanie dźwięków

ISSN 1230-3526 Indeks 357677 18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR

PRZEŁĄCZNIKI, PRZYCISKI I ZŁĄCZA

eprasa.pl ed26111aec



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 ed26111aec

Elektryczna rewolucja



Szanowni Czytelnicy,

na początku 2024 roku chyba nikt nie ma już wątpliwości, że „elektryczna rewolucja" na rynku motoryzacyjnym nabrała rozpędu i należy się spodziewać, iż eliminacja klasycznych paliw jest tylko kwestią czasu. Pojazdy z napędem hybrydowym stanowią jeszcze swego rodzaju pomost pomiędzy technologiami konwencjonalnymi (obejmującymi silniki benzynowe, Diesla oraz instalacje gazowe) a samochodami w pełni elektrycznymi, ale na horyzoncie wyraźnie widać, że dalsza ekspansja EV będzie coraz szybciej zagarniała kolejne obszary branży automotive. Firma analityczna Canalys podała w najnowszym raporcie z początku stycznia informację, że w 2024 roku spodziewany jest wzrost globalnej sprzedaży samochodów elektrycznych o 27%, co oznacza osiągnięcie zbytu na poziomie 17,5 miliona egzemplarzy (!). Największym producentem EV pozostają przy tym Chiny (52,3%), na podium znalazła się także Europa (22,4%) i USA (12,8%) [1].

Jak to zwykle bywa w przypadku rewolucji technologicznych, także teraz można wskazać najistotniejsze przeszkody, stojące na drodze dalszego rozwoju rynku EV. Po pierwsze – efektywne ładowanie samochodów elektrycznych wiąże się z koniecznością dostarczania ogromnej ilości energii w możliwie najkrótszym czasie, co stanowi potężne obciążenie dla istniejącej infrastruktury energetycznej. Ów trend zbiega się w czasie z upowszechnianiem odnawialnych źródeł energii, które z natury są dość „chimeryczne" – ich wydajność w dużej mierze zależy od lokalizacji geograficznej elektrowni (np. farm wiatrowych czy fotowoltaicznych), a na domiar złego zmienia się diametralnie wraz z cyklem dobowym oraz warunkami pogodowymi. Te dwa czynniki (niestabilność wydajności energetycznej oraz silna zmienność obciążenia sieci, powodowana przez pracę stacji ładowania EV) sprawiły, że wysiłki naukowców i inżynierów zostały skierowane na całkowite przedefiniowanie modelu infrastruktury elektroenergetycznej. Coraz większe znaczenie zyskują bowiem magazyny energii, których zadanie można porównać do roli... kondensatorów filtrujących napięcie zasilania układu elektronicznego. Rozproszenie geograficzne wielu mniejszych magazynów energii, w połączeniu z odpowiednim zarządzaniem siecią, monitorowaniem jej parametrów oraz balansowaniem obciążeń, pozwala utrzymać stabilność parametrów sieci na obszarach o dużym zagęszczeniu odbiorców energii – czyli przede wszystkim w wielkich miastach i aglomeracjach.

Drugi aspekt to konieczność zapewnienia możliwie najwyższego poziomu bezpieczeństwa pojazdów, które – z uwagi na rozpowszechnienie technologii akumulatorów litowych – budzą u wielu osób obawy, związane z zagrożeniem pożarowym. A przecież w grę wchodzi jeszcze wiele innych czynników, w tym chociażby użyteczność (właściciele pojazdów chcą uzyskiwać możliwie największy zasięg na jednym ładowaniu), czy wątek ekologiczno-finansowy (wymiana pakietu akumulatorów jest operacją niezwykle kosztowną, a na dodatek generuje trudne do utylizacji odpady chemiczne). Stąd też jedynym sensownym wyjściem jest zapewnienie maksimum żywotności akumulatorów oraz zabezpieczenie ich przed wszelkimi możliwymi uszkodzeniami.

Wszystkie opisane powyżej kwestie sprowadzają się w gruncie rzeczy do wspólnej konkluzji – fundamentalne znaczenie dla współczesnej branży motoryzacyjnej oraz energetyki ma właściwe zarządzanie akumulatorami. Dlatego w tym wydaniu „Elektroniki Praktycznej" szeroko omawiamy aspekty konstrukcyjne systemów BMS – i to zarówno w kontekście sporych instalacji, jak i kompaktowych urządzeń przenośnych. Nie można bowiem zapominać, że tematyka zabezpieczeń akumulatorów na bazie litu, a także monitorowania ich stopnia naładowania (SoC – State of Charge) oraz zużycia, jest tak samo ważna dla sprzętu medycznego, infrastruktury IoT i IIoT oraz wszelkich innych branż, w których rola niezawodności oraz użyteczności jest nie do przecenienia.

W numerze znalazł się także szereg interesujących projektów – opisujemy m.in. bardzo praktyczną konstrukcję dwukanałowego wyłącznika sieciowego ze sterowaniem radiowym, nakładkę Arduino z konwerterem Ethernet i modułem zasilania PoE, a także prostą, ale skuteczną konstrukcję mikroprocesorowego wskaźnika wysterowania z klasycznymi bargrafami LED. Mamy ponadto aż pięć miniprojektów, recenzję niedrogiego, lecz użytecznego mikroskopu cyfrowego, jak również kolejne odcinki kursu programowania FPGA oraz cyklu nt. czujników środowiskowych.

Na koniec warto dodać, że już w marcowym wydaniu opublikujemy interesujący materiał, będący przykładem praktycznego wdrożenia zmian, zapowiadanych w EP 01/2024. Aby uchylić rąbka tajemnicy, dodam tylko, że dotyczy on jednej z najnowszych rodzin mikrokontrolerów, która ma szansę sporo namieszać w sektorze systemów wbudowanych. Artykuł będzie na łamach „Elektroniki Praktycznej" nowością z kliku względów – zarówno pod względem formy, jak i zaprezentowanego podejścia do omawianego tematu. Warto śledzić profile EP w mediach społecznościowych (Facebook, LinkedIn), gdyż właśnie tam będą pojawiały się wpisy, związane z tematyką mikrokontrolerów.

Zapraszam do lektury!

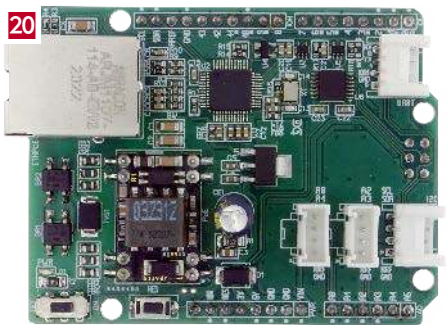
Przemysław Musz

[1] t.ly/Miulu

eprasa.pl ed26111aec

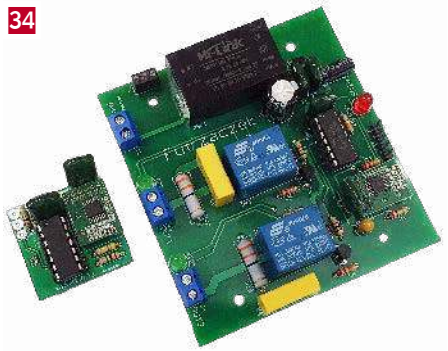
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 2 (373) • Luty 2024

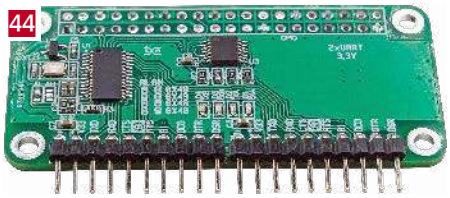














Nie przeocz
Nowe podzespoły ... 6
Dodaj do obserwowanych ... 11
Konkurs: Wygraj zestaw ewaluacyjny Microchip PIC32MK MCJ Curiosity Pro ... 13
Trzecia edycja TEK.day Wrocław – to już 14 marca 2024! ... 14
Koktajl niusów ... 104

Projekty
Nakładka Ethernet PoE do AVTDuino ... 20
Wskaźnik wysterowania 2×8 LED ... 24
Odbiornik nasłuchowy na pasmo KF 80 m „Kubuś" (2) ... 28
Bezprzewodowy włącznik dwukanałowy ... 34

Miniprojekty
Uniwersalny przekaźnik dużej mocy w standardzie Grove ... 39
Aktywny hub I²C Grove ... 40
Sterownik mikrosilników prądu stałego ... 42
Dwukanałowy port szeregowy z pełnym interfejsem UART ... 44
Minimoduł precyzyjnego generatora częstotliwości zegarkowych ... 46

Moduły w aplikacjach
Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych (2).
Czujnik dwutlenku węgla XENSIV PAS CO2 firmy Infineon ... 85

Projekty SOFT
TARS MK4 – wydajny komputer pokładowy do rakiety amatorskiej ... 92

Temat numeru: Akumulatory i BMS
Anatomia systemów BMS ... 50

Sprzęt
Mikroskop cyfrowy Andonstar AD249S-M.
Porządny mikroskop w przystępnej cenie ... 62

Podzespoły
Robotyka w medycynie (2).
Przegląd komponentów do robotów chirurgicznych ... 77

Prezentacje
HZD GmbH – niemiecka rzetelność
w dystrybucji komponentów elektronicznych ... 16
Zaufany dystrybutor oprogramowania, aparatury pomiarowej i komponentów ... 18
Akyga Battery – sprawdzone źródła energii dla Twoich projektów ... 48
Przełączniki APEM – jakość, której możesz zaufać ... 66
Zwiększanie wydajności systemów wbudowanych
za pomocą konfigurowalnych obwodów logicznych ... 74
Kontrolery ruchu do miniaturowych napędów i mikronapędów.
Nowy członek rodziny w dziedzinie średniego zakresu mocy ... 76

Elektronika w praktyce
Wybór przełącznika – rodzaje, parametry, wykonania specjalne ... 68

Kursy
Kurs FPGA Lattice (16). Generowanie dźwięków ... 97

Prenumerata ... 2
Od wydawcy ... 5
Hity następnego numeru ... 107

Dodatkowe materiały do artykułów znajdziesz na https://ulubionykiosk.pl/media
Szczegóły na stronie 73
eprasa.pl ed26111aec

Książki z rabatem
w Ulubionym Kiosku

do 30%







Zobacz pełną ofertę – **ponad 500 tytułów!**

www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl ed26111aec

nowe podzespoły

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

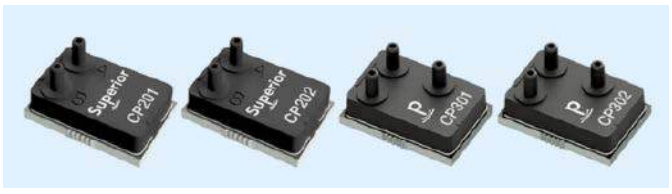


Nowa generacja superkondensatorów PrizmaCap o dużej gęstości energii

Superkondensatory EDLC PrizmaCap z oferty Kyocera AVX znalazły jak dotąd wiele zastosowań w elektronice użytkowej, aparaturze medycznej i aplikacjach przemysłowych, gdzie są używane do dostarczania dużych impulsów energetycznych i awaryjnego podtrzymywania zasilania. Mogą one pracować w trybie autonomicznym lub we współpracy z akumulatorami. Do oferty firmy weszła w ostatnim czasie 2. generacja tych komponentów. Dostępne są tu warianty o pojemności 6, 13 i 20 F, zamykane w obudowach o powierzchni 50×46 mm i grubości wynoszącej odpowiednio 2,3, 2,8 i 3,4 mm. Superkondensatory są w stanie wygenerować prąd o maksymalnym natężeniu 11,36 A i zapewniają gęstość mocy sięgającą 2590 W/kg.

Superkondensatory PrizmaCap Gen. II zapewniają większą pojemność i wyższe napięcie znamionowe (2,5 V vs. 2,1 V), a także wyższą gęstość mocy oraz niezawodność w porównaniu z wcześniejszymi odpowiednikami Gen. I, wprowadzonymi na rynek w 2021 roku. Są odporne na wibracje oraz dużą wilgotność i temperaturę. Nowa oferta obejmuje elementy dwóch serii: SCP i SCP HT. Superkondensatory PrizmaCap serii SCP są przystosowane do pracy w temperaturze otoczenia od –40 do +65°C, a po obniżeniu napięcia ze znamionowych 2,5 V do 2,0 V ich górna dopuszczalna temperatura pracy zwiększa się do +85°C. Seria PrizmaCap SCP HT obejmuje warianty o zakresie dopuszczalnej temperatury pracy od –25 do +65°C @ 2,5 V oraz do +105°C @ 2,0 V.

www.kyocera-avx.com



Czujniki ciśnienia CPAP o krótkim czasie reakcji do aparatury medycznej

Firma Superior Sensor Technology wprowadza na rynek dwa nowe czujniki ciśnienia serii CP, przeznaczone do zastosowań w aparatach PAP (Positive Airway Pressure), stosowanych w leczeniu bezdechu sennego, a także w respiratorach domowych. Modele CP202 i CP302 oferują nowe funkcje sterowania w pętli zamkniętej oraz zawierają wskaźnik nadciśnienia, umożliwiający producentom łatwą modernizację urządzeń.

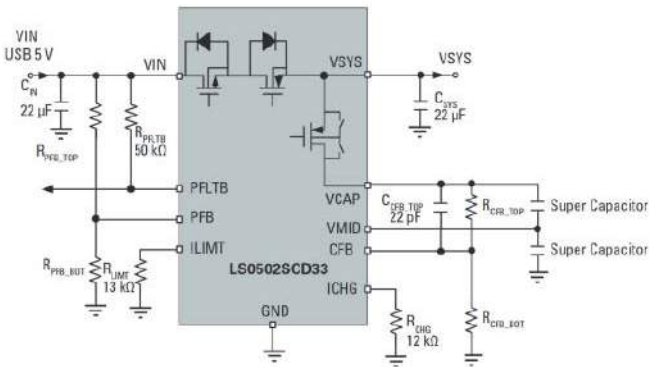
Sterowanie w pętli zamkniętej pozwala dwukrotnie skrócić czas reakcji czujnika, umożliwiając skuteczniejszą synchronizację ze zmiennymi wzorcami oddychania. Z kolei wskaźnik nadciśnienia ułatwia produkcję, eliminując potrzebę stosowania zewnętrznych metod detekcji przekroczenia zakresu bezpiecznego ciśnienia w układzie.

Seria CP obejmuje pierwsze na rynku zintegrowane moduły, łączące czujnik manometryczny oraz różnicowy czujnik ciśnienia, zamknięte w miniaturowej obudowie z oddzielnymi portami. Są to ujednolicone czujniki, ułatwiające projektowanie aparatów CPAP (Continuous PAP), BiPAP (Bi-Level PAP) i APAP (Automatic PAP). CP202 i CP302 oferują kompatybilność rozkładu wyprowadzeń z wcześniejszymi wariantami CP201 i CP301. Charakteryzują się krótkim czasem reakcji, wynoszącym około 2 ms. Zawierają wewnętrzny przetwornik A/C, procesor DSP oraz interfejsy I²C/SPI.

Pozostałe parametry:

- 4 zakresy ciśnienia różnicowego od ±250 Pa do ±2,5 kPa,
- 4 zakresy ciśnienia manometrycznego od ±2 kPa do ±6 kPa,
- konfigurowalne pasma wewnętrznych filtrów od 25 Hz do 250 Hz,
- efektywna rozdzielczość 17,5 bita,
- dokładność ±0,05% wartości zakresowej,
- stabilność długoterminowa ±0,1% FSS w ciągu pierwszego roku,
- częstotliwość aktualizacji pomiaru do 500 Hz,
- kompensacja temperatury w zakresie od +5°C do +50°C.

www.superiorsensors.com



Super Capacitor Protection IC for Backup Power Applications

Układ zabezpieczania superkondensatorów do systemów zasilania rezerwowego

LS0502SCD33 to układ zabezpieczania superkondensatorów w systemach zasilania rezerwowego. Może być stosowany wszędzie tam, gdzie ze względu na ekstremalną temperaturę pracy nie jest możliwe korzystanie z akumulatorów litowo-jonowych. Przykładem mogą być rejestratory samochodowe, mierniki zużycia mediów czy też elektronarzędzia. LS0502SCD33 może pracować w temperaturze otoczenia z „przemysłowego" zakresu od –40 do +85°C. Zawiera

eprasa.pl ed26111aec

układ ładowania superkondensatorów, zabezpieczenie nadprądowe i nadnapięciowe oraz układ diody idealnej, blokujący przepływ prądu z obciążenia po utracie napięcia wejściowego. Aktywny układ równoważenia ogniw pozwala na zastosowanie w aplikacjach z dwoma superkondensatorami.

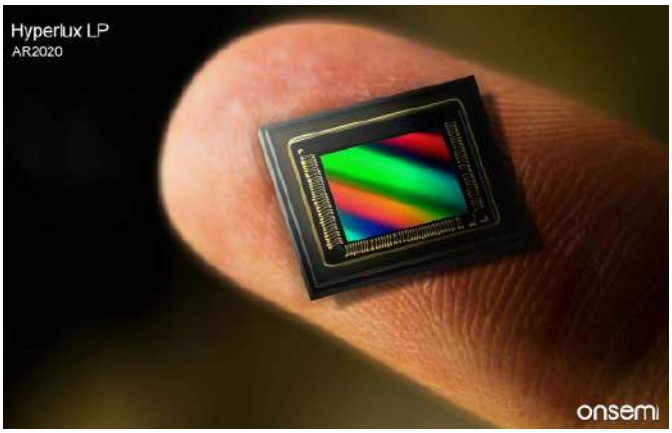
LS0502SCD33 umożliwia zaprogramowanie maksymalnego prądu wejściowego, wartości progowej zadziałania zabezpieczenia nadnapięciowego, maksymalnego prądu ładowania i napięcia końca ładowania. Podczas normalnej pracy, gdy obecne jest napięcie wejściowe, zapewnia zasilanie obciążenia ze źródła wejściowego i ładuje superkondensator maksymalnym prądem 300 mA. W przypadku zaniku napięcia wejściowego wewnętrzny przełącznik zapobiega przepływowi prądu z wyjścia do wejścia, a obciążenie jest zasilane z superkondensatorów maksymalnym prądem 2 A. Prąd upływu superkondensatorów wynosi zaledwie 2,5 µA, co zapewnia długi czas podtrzymania awaryjnego.

LS0502SCD33 jest zamykany w obudowie DFN-10 o powierzchni 3×3 mm.

Pozostałe parametry:

- napięcie wejściowe: 2,5...5,5 V,
- zabezpieczenie nadnapięciowe wejścia: do 18 V,
- napięcie superkondensatorów: 1,1...5,3 V,
- dokładność napięcia progowego: ±2%.

www.littelfuse.com



Czujniki obrazu o małym poborze mocy do aplikacji Smart Home and Office

Czujniki obrazu CMOS BSI nowej rodziny Hyperlux LP wyróżniają się małym poborem mocy, pozwalającym wydłużyć czas pracy urządzeń bateryjnych nawet o 40% w aplikacjach Smart Home and Office, w porównaniu z wcześniejszymi odpowiednikami. Charakteryzują się średnicą piksela 1,4 µm, pozwalającą na rejestrowanie wysokiej jakości obrazów również przy słabym oświetleniu zewnętrznym, a ich pionowa architektura (stacked) pozwala na zastosowania w urządzeniach, w których kluczowe znaczenie ma powierzchnia obudowy. W zależności od aplikacji docelowej, użytkownicy mogą wybierać między modelami AR0544 (1/4,2"), AR0830 (1/2,9") i AR2020 (1/1,8") o rozdzielczości odpowiednio 2592×1944, 3840×2160 i 5120×3840 pikseli. Czujniki Hyperlux LP pracują w trybie rejestracji rolling shutter. Oferują wiele zaawansowanych funkcji i zastrzeżonych technologii do optymalizacji parametrów pracy, w tym:

- Wake on Motion (umożliwia działanie czujnika w trybie małego poboru mocy. Po wykryciu ruchu, czujnik przechodzi do trybu normalnego w czasie krótszym niż czas wykonania zdjęcia),
- Smart ROI (pozwala zdefiniować więcej niż jeden obszar zainteresowania ROI z kontekstowym widokiem sceny przy zmniejszonej przepustowości oraz oddzielny obszar ROI, rejestrowany z pełną szczegółowością),
- NIR – Near-Infrared (możliwość rejestrowania wysokiej jakości obrazu przy słabym oświetleniu zewnętrznym),
- Low Power (eliminuje potrzebę stosowania radiatorów, zmniejszając całkowity koszt systemu wizyjnego).

www.onsemi.com

Rodzina miniaturowych zasilaczy sieciowych 3...40 W do zastosowań medycznych



Do oferty firmy XP Power wchodzi nowa rodzina miniaturowych zasilaczy sieciowych MCE do montażu na płytkach drukowanych, przeznaczonych do zastosowań medycznych. Uzyskały one zatwierdzenia IEC/EN60601 i EN61000-4-x w zakresie odporności na zaburzenia elektromagnetyczne oraz spełniają wymogi normy EN55011 Class B w zakresie emisji własnej.

Zasilacze MCE akceptują napięcie wejściowe z uniwersalnego zakresu od 80 do 264 VAC. Są oferowane w ramach czterech serii: MCE03, MCE10, MCE20 i MCE40, obejmujących modele o mocy znamionowej odpowiednio 3, 10, 20 i 40 W oraz o standardowych napięciach wyjściowych z zakresu od 3,3 do 48 VDC (3,3, 5, 9, 12, 15, 24 i 48 V). Zapewniają sprawność sięgającą 88%.

Pozostałe cechy:

- izolacja: 2×MOPP.
- zakres temperatury otoczenia: od –25 do +70°C,
- pobór mocy przy braku obciążenia: 0,3 W,
- zabezpieczenia: przeciążeniowe, nadnapięciowe i zwarciowe,

REKLAMA

HAMMOND®
1590Z
UL odlewany IP68, NEMA 6P
Dowiedz się więcej:
www.hammondmfg.com/1590z
eusales@hammondmfg.com • + 44 1256 812812



eprasa.pl ed26111aec

- wymiary: od 38,1×16,5×16,5 mm (seria MCE03) do 87,9×38,1×28,5 mm (seria MCE40).

Zasilacze serii MCE są dostępne w ofercie takich dystrybutorów, jak Digi-Key, Distrelec, Farnell, Mouser i RS Components. Producent oferuje na nie 3-letnią gwarancję.

www.xppower.com

6-osiowy moduł inercyjny do systemów tłumienia wibracji anten i kamer



Firma Seiko Epson rozszerzyła ofertę modułów inercyjnych (IMU) o nowy, 6-osiowy model M-G370PDG klasy high-spec, zamykany w obudowie o standardowych wymiarach 24×24×10 mm. Podobnie jak odpowiedniki klasy standard i basic, umożliwia on użytkownikowi wybór zakresu pomiarowego akcelerometru (±8 lub ±16 g). Zapewnia mały błąd nieliniowości (0,05% FS) żyroskopu, co umożliwia prowadzenie pomiaru w szerokim zakresie szybkości ruchu. Układ jest wstecznie kompatybilny z wcześniejszymi wersjami M-G330, M-G366, M-G370 i M-G370S, co skraca czas ewaluacji i projektowania. Zawiera interfejs SPI/UART, taktowany zegarem 2 kHz. Może znaleźć zastosowanie m.in. w pojazdach bezzałogowych, systemach nawigacyjnych oraz systemach tłumienia wibracji anten i kamer. Jest przystosowany do pracy w przemysłowym zakresie temperatury otoczenia od –40 do +85°C.

www.epson-electronics.de

Aluminiowe kondensatory elektrolityczne o gwarantowanej żywotności 8000 godzin



Firma Rubycon zaprezentowała nową serię aluminiowych kondensatorów elektrolitycznych TYV o rekordowej żywotności, polecanych do zastosowań w motoryzacji, przemyśle, systemach oświetleniowych oraz elektrowniach wiatrowych i fotowoltaicznych. Ich żywotność jest gwarantowana przez producenta na poziomie 8000 godzin przy maksymalnej dopuszczalnej temperaturze pracy +105°C. Dla porównania, żywotność typowych odpowiedników wynosi od 1000 do 5000 godzin. Kondensatory serii TYV charakteryzują się też małą rezystancją ESR, wynoszącą 0,07...0,1 Ω @ 100 kHz. Są produkowane na zakres pojemności od 330 do 820 µF i na napięcia znamionowe 25 V i 35 V. Ich wymiary wynoszą w zależności od modelu ∅ 8×10,5 mm lub ∅ 10×10,5 mm. Zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –40 do +105°C.

V_{DC}	Pojemność	Wymiary	Maks. prąd tętnienia (100 kHz, 105°C)	ESR (20°C, 100 kHz)
25 V	470 µF	∅ 8×10,5 mm	850 mA	0,10 Ω
	820 µF	∅ 10×10,5 mm	1190 mA	0,07 Ω
35 V	330 µF	∅ 8×10,5 mm	850 mA	0,10 Ω
	560 µF	∅ 10×10,5 mm	1190 mA	0,07 Ω

www.rubycon.co.jp

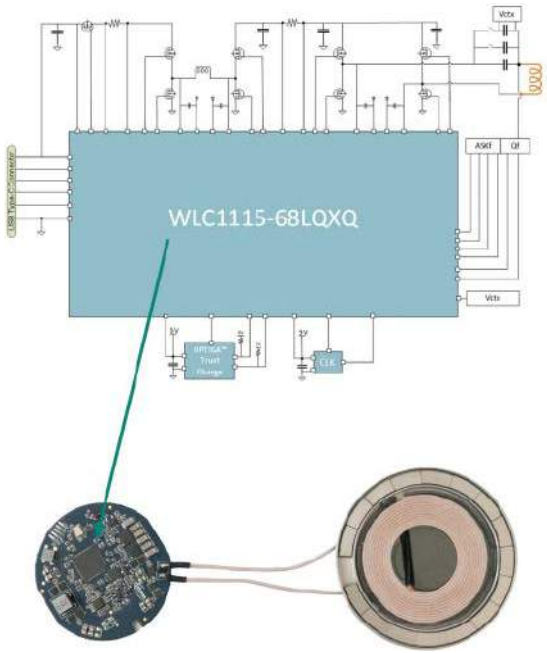
800-woltowy tranzystor n-MOSFET w obudowie o wymiarach 7,0×6,5×1,8 mm



Littelfuse wprowadza do oferty n-kanałowy tranzystor MOSFET o symbolu CPC3981Z, zamykany w zmodyfikowanej obudowie SOT-223-2L o wymiarach 7,0×6,5×1,8 mm, mogący znaleźć zastosowanie m.in. w przemyśle, telekomunikacji i instalacjach oświetleniowych. W porównaniu ze standardową obudową usunięto w nim środkowy pin, co pozwoliło zwiększyć odległość między elektrodami drenu i bramki z 1,386 mm do ponad 4 mm. Wydłużenie drogi upływu jest korzystne w przypadku zastosowań w aplikacjach wysokonapięciowych, takich jak zasilacze impulsowe czy układy korekcji PFC, eliminując konieczność zalewania i stosowania powłoki konformalnej.

CPC3981Z może pracować z maksymalnym prądem drenu 100 mA i charakteryzuje się rezystancją RDS(on) równą 45 Ω. Jego zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –55 do +150°C.

www.littelfuse.com



Pierwszy bezprzewodowy nadajnik ładowania Infineon z obsługą standardu Qi2 MPP

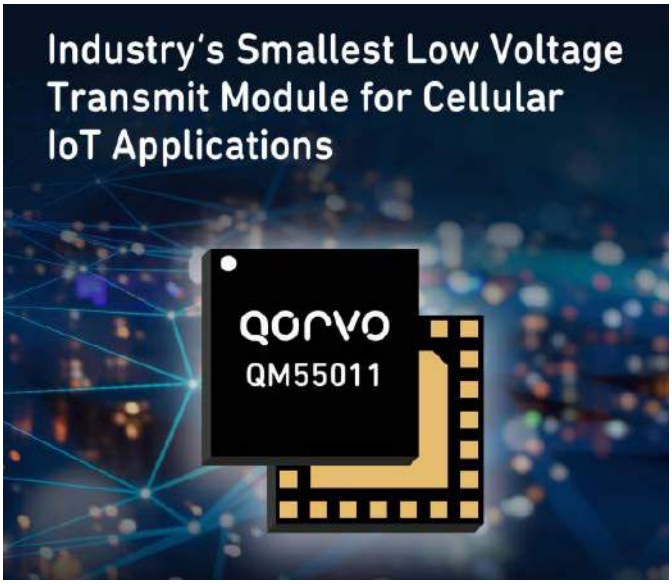
W ostatnim czasie Wireless Power Consortium ogłosiło wydanie nowego standardu bezprzewodowego transferu mocy: Qi2. Na targach OktoberTech firma Infineon zaprezentowała swój pierwszy moduł nadajnika Magnetic Power Profile (MPP) Qi2, dostarczany w postaci zestawu referencyjnego REF_WLC_TX15W_M1, zasilanego z portu USB-C oraz kompatybilnego ze specyfikacją USB PD 2.0 i wyższymi. Zapewnia on intuicyjną obsługę dzięki pozycjonowaniu opartemu na magnesie. Nowy standard doskonale nadaje się do zastosowań motoryzacyjnych i konsumenckich, w tym w systemach ładowania bezprzewodowego w kabinach pojazdów, w etui na smartfony i słuchawki EarPods oraz w przenośnych głośnikach i sprzęcie medycznym. Zapewnia dużą sprawność energetyczną przy wysokim poziomie bezpieczeństwa użytkowania.

Nowy zestaw referencyjny charakteryzuje się dużym stopniem integracji. Jest dostarczany w formie okrągłej płytki drukowanej o średnicy 43 mm, bazującej na układzie dostępnego już na rynku kontrolera WLC1 firmy Infineon, obsługującego standard Qi2. WLC1 zawiera mikrokontroler z pamięcią Flash, kontroler przetwornicy buck-boost o szerokim zakresie napięcia wejściowego od 4,5 do 24 VDC, sterowniki bramek tranzystorów falownika i kalibrowany fabrycznie czujnik prądu. Ponadto do jego wyposażenia należy zestaw analogowych układów zabezpieczających (podnapięciowy, nadnapięciowy, nadprądowy, termiczny), wyjście USB PD oraz interfejs LIN.

REF_WLC_TX15W_M1 dostarcza do obciążenia maksymalną moc 15 W, przy czym pozostaje kompatybilny oddolnie z profilem BPP (Basic Power Profile), umożliwiając ładowanie bezprzewodowe odbiorników bez MPP maksymalną mocą do 5 W. Może korzystać z kodów oprogramowania, zawartych w zestawie ModusToolbox, co ułatwia jego konfigurowanie. Wielościeżkowy demodulator ASK oraz funkcja adaptacyjnego wykrywania obiektów obcych zwiększają bezpieczeństwo użytkowania systemów zasilania bezprzewodowego.

www.infineon.com

eprasa.pl ed26111aec



Najmniejszy w branży moduł front-end do aplikacji NB-IoT1/2 i LTE Cat-M1/2

QM55011 to najmniejszy w branży, niskonapięciowy front-end do aplikacji IoT z obsługą standardów 3GPP NB-IoT1/2 i LTE Cat-M1/2, mogący znaleźć zastosowanie w inteligentnych miernikach, systemach monitoringu i śledzenia zasobów oraz w urządzeniach przenośnych. Jest zamykany w obudowie o wymiarach zaledwie 3×3×0,6 mm. Pracuje z napięciem zasilania już od 2,5 V, co pozwala na korzystanie z różnych rodzajów źródeł, bez potrzeby stosowania konwerterów DC-DC. Dzięki energooszczędnej pracy może znaleźć zastosowanie wszędzie tam, gdzie nie ma możliwości korzystania z ładowarek ani sieci energetycznej.

QM55011 obsługuje pasma low-band (663...915 MHz) i mid-band (1695...2010 MHz). Zawiera filtr harmonicznych w torze TX i przełącznik antenowy TX/RX SP6T (2-Tx, 4-TRx). Wspiera też standardy NTN (Non-Terrestrial Network) i Wi-SUN (Wireless Smart Utility Network).

Model	Funkcje	Wymiary
QM55011	Zintegrowany moduł wielozakresowy NB-IoT1/2 i CAT-M1/2 ze wzmacniaczami mocy low-band i mid-band, filtrami TX i switchem do transmisji z wieloma ścieżkami nadawania/odbioru. Umożliwia dodawanie zewnętrznych filtrów RX	3×3 mm
QM55003	Zintegrowany moduł wielozakresowy NB-IoT1/2 i CAT-M1/2 ze wzmacniaczami mocy low-band i mid-band, filtrami TX/RX i switchem do transmisji z wieloma ścieżkami nadawania/odbioru.	4×4 mm
QM55001	Zintegrowany moduł wielozakresowy NB-IoT/LTE-M i CAT-M1 ze wzmacniaczami mocy low-band i mid-band oraz switchem. Umożliwia dodawanie zewnętrznych filtrów	5×4 mm

Ważniejsze dane techniczne:

- 3GPP: 4G LTE (REL 16), LTE-M (CAT-M1/M2), NB-IoT (CAT-NB1/NB2), HD-FDD, 1RB-24RB,
- kanały low-band: 5, 8, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 26, 27, 28, 71, 85,
- kanały mid-band: 1, 2, 3, 4, 25, 39, 65, 66, 70,
- uniwersalny, wielozakresowy wzmacniacz mocy z adaptacyjnym układem polaryzacji,
- filtr harmonicznych w torze TX,
- switch antenowy SP6T TX/RX (2-Tx, 4-TRx),
- interfejs MIPI RFFE 2.0.

www.qorvo.com

Miniaturowe fotoprzekaźniki 1 Form A o dużej izolacji i dużym prądzie wyjściowym

AQY212G3HS i AQY232G3HS to miniaturowe fotoprzekaźniki 1 Form A linii PhotoMOS ze stopniem wyjściowym zrealizowanym na tranzystorach MOSFET. Charakteryzują się dużym prądem znamionowym w stosunku do wymiarów obudowy, wysoką dopuszczalną temperaturą pracy oraz wysokim napięciem izolacji. Oba są zamykane w obudowach SOP4 o wymiarach 4,4×4,3×2,0 mm. Zapewniają separację galwaniczną do 3750 V rms, podczas gdy dla większości odpowiedników jest to 1500 V rms.



AQY212G3HS i AQY232G3HS mogą przełączać napięcia do 60 V, natomiast różnią się dopuszczalnym prądem obciążenia, wynoszącym odpowiednio 1,8 A i 2,0 A oraz dopuszczalnym zakresem temperatur pracy, wynoszącym od –40°C do odpowiednio +105°C i +125°C. Nadają się do zastosowań w przemyśle, aparaturze pomiarowej, instalacjach alarmowych i urządzeniach bateryjnych. Stopień wejściowy z emiterem LED w przypadku wariantu AQY232G3HS wymaga prądu sterującego o natężeniu do 1 mA, trzykrotnie mniejszym niż w przypadku konwencjonalnych odpowiedników. Dodatkową zaletą tego modelu jest krótki czas włączania, wynoszący średnio 0,8 ms.

http://industry.panasonic.eu



Kondensatory tantalowe do zastosowań militarnych o dużej odporności na udary i wibracje

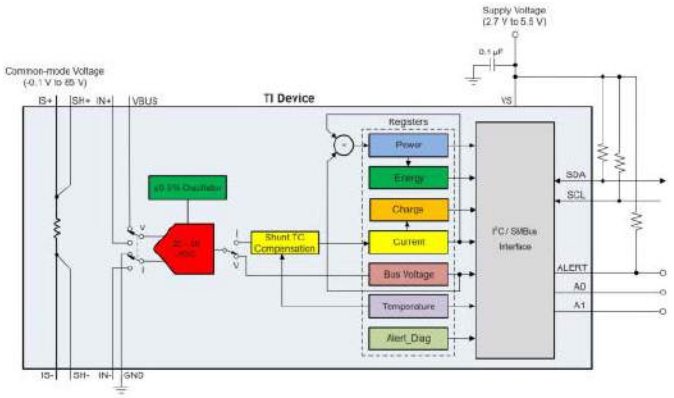
Kondensatory tantalowe STH firmy Vishay są projektowane specjalnie pod kątem zastosowań lotniczych i wojskowych, wykazują bowiem bardzo wysoką odporność na udary i wibracje. W ostatnim czasie ich oferta powiększyła się o serię STH, obejmującą kondensatory z hermetycznymi uszczelkami glass-to-metal i wyprowadzeniami osiowymi do montażu SMT i THT. Są one produkowane na zakres pojemności od 470 do 1500 µF w wariantach o tolerancji ±10% i ±20%. Wytrzymują udary mechaniczne do 500 g oraz wibracje do 80 g (sinusoida) i 54 g (przebiegi losowe). Ich zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –55°C do +85°C (lub +125°C przy obniżonym napięciu roboczym). Rezystancja ESR wynosi już od 0,5 Ω (120 Hz, +25°C).

www.vishay.com

REKLAMA



eprasa.pl ed26111aec



Precyzyjny, cyfrowy czujnik prądu o 20-bitowej rozdzielczości i napięciu współbieżnym do 85 V

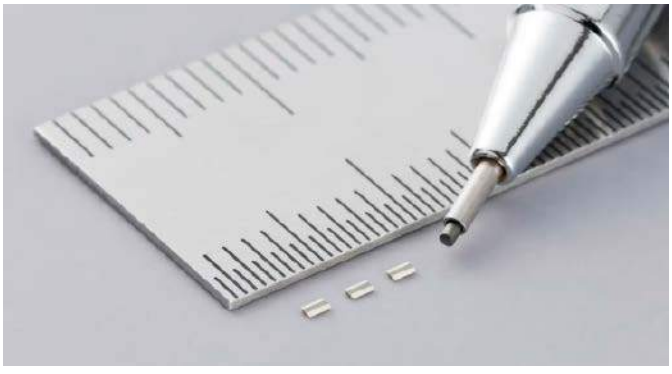
INA741 to cyfrowy czujnik natężenia prądu z wewnętrznym rezystorem pomiarowym 800 µΩ, 20-bitowym przetwornikiem A/C delta-sigma i precyzyjnym oscylatorem o dokładności ±0,5%. Oferuje on zakres pomiarowy pełnej skali równy ±39,32 A i zakres dopuszczalnego napięcia współbieżnego od –0,1 V do +85 V. Oprócz natężenia prądu raportuje też napięcie szyny, temperaturę wewnętrznej struktury, moc, energię i zgromadzony ładunek. Dokładność pomiaru temperatury wynosi ±1,5°C dla +25°C i ±2,5°C dla całego zakresu roboczego od –40 do +125°C. Mały offset i dryft wzmocnienia pozwalają na zastosowanie układu w precyzyjnych systemach, które nie podlegają wielopunktowej kalibracji temperatury na etapie produkcji.

INA741 umożliwia programowanie czasu konwersji w zakresie od 50 µs do 4,12 ms oraz uśrednianie próbek w zakresie od 1× do 1024×, co pozwala zredukować wpływ szumu na wynik pomiaru. Zawiera szybki interfejs I²C z 16 liniami adresowymi, taktowany zegarem 2,94 MHz. Pracuje z napięciem zasilania od 2,7 do 5,5 V, pobierając typowo 640 µA prądu w stanie aktywnym i maksymalnie 5 µA w trybie shutdown.

Pozostałe parametry:

- prąd offsetu: maks. ±5,5 mA (dryft maks. ±15 µA/°C),
- błąd wzmocnienia: ±0,4% @ 25 A (dryft typ. ±25 ppm/°C),
- dokładność pomiaru mocy: ±0,4% @ 25°C (FS),
- dokładność pomiaru energii i ładunku: ±0,9% @ 25°C (FS),
- wejściowy prąd polaryzacji: maks. 2,5 nA.

www.ti.com

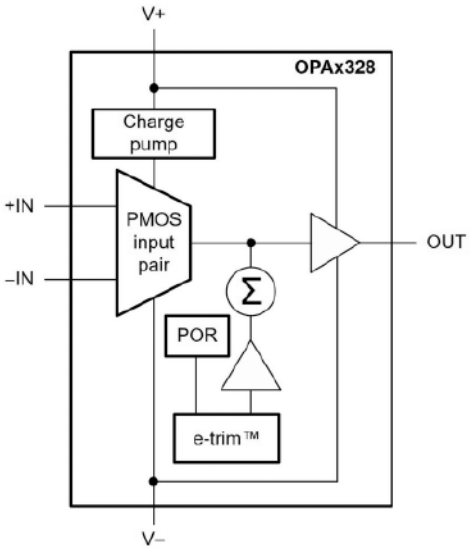


Kondensator MLCC 1 µF o grubości 0,18 µm zaprojektowany do zastosowań w motoryzacji

Murata wprowadza do oferty najmniejszy na rynku kondensator MLCC o pojemności 1 µF, zaprojektowany do zastosowań w motoryzacji. Uzyskał on kwalifikację AEC-Q200 i przeszedł 1000-godzinny test klimatyczny 85°C/85%RH. Charakteryzuje się napięciem znamionowym 2,5 VDC.

LLC15SD70E105ME01# to kondensator z dielektrykiem X7T, mogący pracować w temperaturze otoczenia od –55 do +125°C. Jest zamykany w obudowie 0204 (0510 wg systemu metrycznego) o powierzchni 5,0×1,0 mm i grubości zaledwie 0,16 mm, z terminalami umieszczonymi na dłuższych krawędziach obudowy. Mała grubość ułatwia jego montaż na dolnej powierzchni płytki drukowanej, bliżej linii zasilających, co pozwala na zmniejszenie liczby podzespołów w układach odsprzęgających zasilanie, a zarazem zwiększa niezawodność systemu.

www.murata.com



Precyzyjny wzmacniacz operacyjny CMOS o napięciu offsetu 50 µV i paśmie 40 MHz

Texas Instruments prezentuje nowy typ precyzyjnego, niskoszumowego wzmacniacza CMOS typu zero-crossover (o zerowych zniekształceniach w obszarze przejściowym), wyróżniającego się małym napięciem offsetu, nieprzekraczającym 50 µV. Występuje on w wersji jednokanałowej (OPA328) i dwukanałowej (OPA2328). Wykazuje bardzo dobre tłumienie składowej sumacyjnej (CMRR=120 dB) w całym zakresie napięcia wejściowego. Oferuje wejścia i wyjścia rail-to-rail; dopuszczalny zakres wejściowego napięcia współbieżnego wykracza o 100 mV poniżej ujemnego napięcia zasilania i o 100 mV powyżej dodatniego napięcia zasilania, natomiast zakres zmienności napięcia wyjściowego wynosi od V±10 mV do V±10 mV. Zastosowana technika trymowania etrim pozwoliła uzyskać bardzo małe wejściowe napięcie offsetu i bardzo mały dryft temperaturowy. Z ważniejszych zalet należy też wymienić wysoką impedancję wejściową, mały wejściowy prąd polaryzacji (<1 nA) i krótki czas stabilizacji napięcia wyjściowego (180 ns do 0,01%).

Dzięki niskiej gęstości napięcia szumu (6,1 nV/√Hz @ 10 kHz) i szerokiemu pasmu (40 MHz, 30 V/µs) wzmacniacze OPAx328 znajdą zastosowanie w układach z próbkującymi przetwornikami A/C, m.in. w aparaturze medycznej, analizatorach chemicznych, modułach optycznych i czujnikach przemieszczenia. Układy są produkowane w kilku wariantach obudów z opcjonalnym wejściem shutdown.

www.ti.com

REKLAMA



eprasa.pl ed26111aec

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.



Przemysłowy generator sygnałów analogowych

W ramach tego projektu opisane zostanie tworzenie prostego generatora sygnałów analogowych do zastosowań w automatyce przemysłowej. Autor miał komercyjny generator sygnałów analogowych, zwany kalibratorem pętli, jednak zgubił go i pilnie potrzebował takiego urządzenia… Postanowił więc samodzielnie zbudować takie urządzenie, korzystając z części, które znalazł w swoim warsztacie.

Generator sygnału ma za zadanie dostarczać sygnały analogowe 4...20 mA i 0...10 V, którymi można symulować wyniki procesów produkcyjnych odczytywanych przez przemysłowe sensory, takie jak sensory ciśnienia, poziomu, temperatury itp. Generator jest używany do różnych celów, włącznie z inżynierią wsteczną systemów kontroli przemysłowej poprzez wprowadzanie sygnałów do analogowych wejść sterowników PLC i obserwowanie reakcji systemu. To narzędzie jest również używane do rozwiązywania problemów związanych z systemami – w przypadku podejrzenia uszkodzenia czujnika można odłączyć go od systemu i podłączyć kalibrator, aby sprawdzić, czy to rozwiązuje problem. Można również użyć tego narzędzia do testowania systemów kontrolnych przed ich instalacją w fabryce.

Najczęściej używanym sygnałem analogowym w automatyce przemysłowej jest sygnał 4...20 mA. Ten „protokół" jest powszechnie stosowany w systemach automatyki przemysłowej i kontroli procesów. Jest to ciągły sygnał prądowy, gdzie prąd 4 mA zazwyczaj odpowiada najniższemu możliwemu pomiarowi lub wartości sygnału, a prąd 20 mA reprezentuje najwyższą wartość. Na przykład 4 mA może reprezentować ciśnienie 0 barów, a 20 mA może reprezentować 16 barów. Pętla prądowa 4...20 mA jest tak często stosowana ze względu na korzyści, jakie oferuje, takie jak odporność na zakłócenia i zdolność do przesyłania sygnałów na duże odległości, co czyni ją idealną do środowisk przemysłowych, gdzie zakłócenia elektryczne są powszechne. Dodatkowo taki interfejs zapewniać może zasilanie dla sensora, jako że najniższy płynący prąd równy jest 4 mA.

Sygnał 4...20 mA pochodzący z sensorów, instrumentów i przetworników jest przesyłany do urządzeń odbiorczych (zazwyczaj przewodowo), takich jak sterowniki PLC i jest używany do kontroli procesów przemysłowych. Na przykład, jeśli ciśnienie spadnie poniżej 8 barów, sensor wygeneruje sygnał o wartości 8 mA, a program w PLC włączy pompę, kiedy ciśnienie będzie poniżej tego progu, a następnie wyłączy pompę, gdy osiągnie inny próg.

Sygnał analogowy 0...10 V działa w taki sam sposób i wiele sensorów i instrumentów jest wyposażonych w oba protokoły, choć niektóre urządzenia mają jedynie protokół 0...10 V, ponieważ jest to sygnał tańszy i prostszy do generowania. Dlatego warto mieć w swoim zestawie zarówno generator 0...10 V, jak i 4...20 mA, jeśli planuje się rozwiązywanie problemów lub testowanie systemów kontroli przemysłowej.

Sygnał 4...20 mA jest często preferowany zamiast sygnałów napięciowych w zastosowaniach przemysłowych, ponieważ nawet w obecności zakłóceń elektrycznych odbiorcze sterowniki PLC i systemy SCADA mogą dokładniej interpretować wartość sygnału prądowego, zapewniając wysoką niezawodną i dokładniejszą transmisję danych na duże odległości, często nawet kilka tysięcy metrów.

Urządzenie jest przenośne, ten sam układ mógłby mieć zastosowanie w testowaniu sensorów i instrumentów w trakcie integracji z systemami kontroli przemysłowej. Do budowy autor użył platformy Arduino oraz tanich modułów od Adafruit i SparkFun. Cały projekt kosztował około 20 dolarów, a czas montażu to około 3 godziny co było bardzo konkurencyjne cenowo nawet z najtańszymi kalibratorami sygnału, dostępnymi w Internecie.

https://tiny.pl/c65nf

ESP32-DIV: szwajcarski scyzoryk w dziedzinie komunikacji bezprzewodowych

Urządzenie łączy w sobie moc mikrokontrolera ESP32, atrakcyjność wizualną ekranu ST7735 TFT LCD i wygodę interfejsu z mikroprzełączników do łatwej nawigacji. Ten wszechstronny gadżet jest przeznaczony do pomocy administratorom sieci, entuzjastom bezpieczeństwa i deweloperom IoT w zrozumieniu i zarządzaniu sieciami bezprzewodowymi.

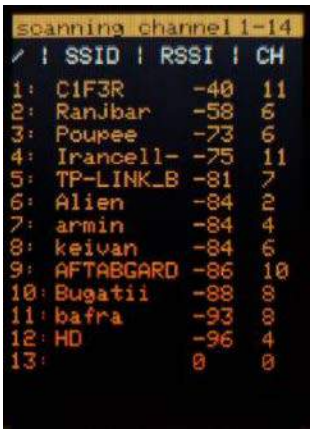
Ekran TFT LCD ST7735 efektownie prezentuje możliwości tego gadżetu. Dostarcza informacji w czasie rzeczywistym i umożliwia interakcję użytkownika. Mikrokontroler ESP32 to z kolei mózg działania

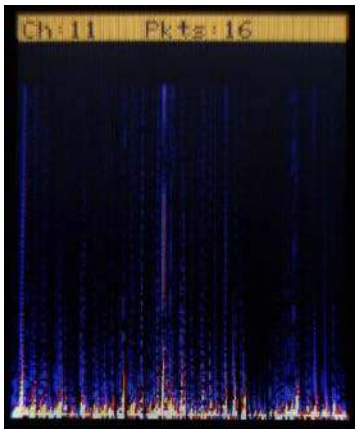
eprasa.pl ed26111aec



tego systemu. Jego wbudowane funkcje Wi-Fi i Bluetooth czynią go idealnym wyborem do tego projektu. Obsługuje różne funkcje, komunikuje się z ekranem TFT LCD i zarządza interfejsem użytkownika za pomocą mikroprzełączników. Dzięki zastosowaniu mikroprzełączników nawigacja po menu staje się prosta, można łatwo przemieszczać się po menu, wybierać funkcje i współdziałać z gadżetem.

Główne funkcje systemu skupiają się na narzędziach do analizy sieci bezprzewodowych. Monitor pakietów umożliwia odbieranie pakietów i monitorowanie wybranego kanału transmisji. Funkcja monitorowania pakietów wykorzystuje zdolności Wi-Fi ESP32 do przechwytywania i analizy pakietów radiowych. Działa w trybie nasłuchu umożliwiającego monitorowanie całego ruchu Wi-Fi w pobliżu. Zebrane informacje są następnie wyświetlane w czasie rzeczywistym na ekranie TFT LCD. Funkcja skanowania Wi-Fi wykrywa i wyświetla pobliskie punkty dostępu. Umożliwia pozyskanie informacji na temat identyfikatorów SSID, siły sygnału, kanałów i protokołów zabezpieczeń w otoczeniu. Te cenne dane są prezentowane użytkownikowi do wyboru sieci.

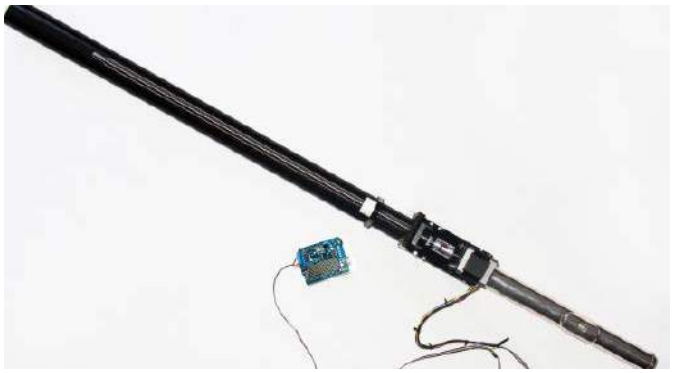




Wybierając pożądany kanał, można tworzyć i przesyłać fałszywe punkty dostępu Wi-Fi. Wysyłanie ramek Beacon polega na tworzeniu i nadawaniu fałszywych – ta funkcja ma charakter edukacyjny i pozwala użytkownikom zrozumieć, w jaki sposób sieci rozgłaszają swoją obecność. Dodatkowo w układzie zaimplementowano wykrywanie deautoryzacji, co pozwala monitorować sieć pod kątem pakietów deautoryzacji. Przeskanowane zostaną wszystkie kanały w poszukiwaniu ataków deautoryzacyjnych, a liczba wykrytych pakietów na każdym kanale zostanie wyświetlona. W przypadku wykrycia ataku uruchomi się również sygnalizacja dźwiękowa i dioda LED, aby poinformować użytkownika.

Moduł przeznaczony jest do rozwiązywanie problemów sieciowych – funkcje monitorowania pakietów i skanowania Wi-Fi pomogą znacznie uprościć identyfikację zakłóceń i optymalizację wydajności Wi-Fi. Dodatkowo system pozwala na ćwiczenia z etycznego hakerstwa, takie jak wysyłanie ramek Beacon czy wykrywanie deautoryzacji. Finalnie system ten może służyć do przeprowadzania audytów bezpieczeństwa sieci bezprzewodowych.

https://github.com/cifertech/ESP32-DIV
https://tiny.pl/c65np

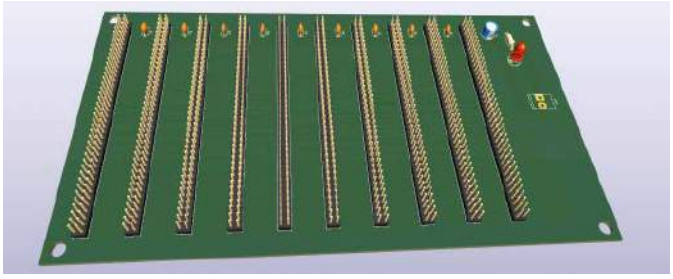


Sterowany elektronicznie flet basowy

W tym projekcie autor eksperymentuje z dużą fletnią basową z kontrolą elektroniczną. Na zdjęciu widać flet z teleskopową rurką. Zewnętrzna rurka wydłuża ogólną długość układu za pomocą silnika kontrolowanego przez mikrokontroler, dzięki czemu system może grać różne dźwięki w bardzo małych odstępach częstotliwości. Rurki fletu są wykonane z włókna węglowego. Silnik krokowy przesuwa zewnętrzną rurkę. Program na mikrokontrolerze kontroluje silnik krokowy.

Wiele indywidualnych komponentów zostało wykonanych za pomocą druku 3D. Konstrukcja ta została opracowana przez autora od podstaw. Na zdjęciu widać autora grającego na festiwalu SKOP we Frankfurcie. Osiem wartości liczbowych widocznych w tle mówi o różnych parametrach granych dźwięków. Na przykład czerwona duża liczba 170 to częstotliwość, która faktycznie jest grana – jest ona mierzona przez moduł MAX MSP. Pozostałe wartości częstotliwości są dostosowywane przez patch MAX MSP w zależności od aktualnie granej nuty, co pozwala tworzyć złożone akordy z pomocą tego prostego instrumentu.

https://tiny.pl/c65n6



NED8PC – amatorski komputer DIY oparty na Z-80

Dział ten nie byłby kompletny bez co najmniej jednego projektu z działu retrokomputerów. W tym miesiącu proponujemy NED8PC. Jest to amatorski, modułowy komputer DIY, który bazuje na procesorze Z-80. Autor, jak sam przyznaje, od dawna chciał zbudować własny komputer 8-bitowy z procesorem Z-80. Zdecydował się na opracowanie systemu korzystającego z magistrali i kart funkcjonalnych – modułów, podłączanych do uniwersalnego backplane.

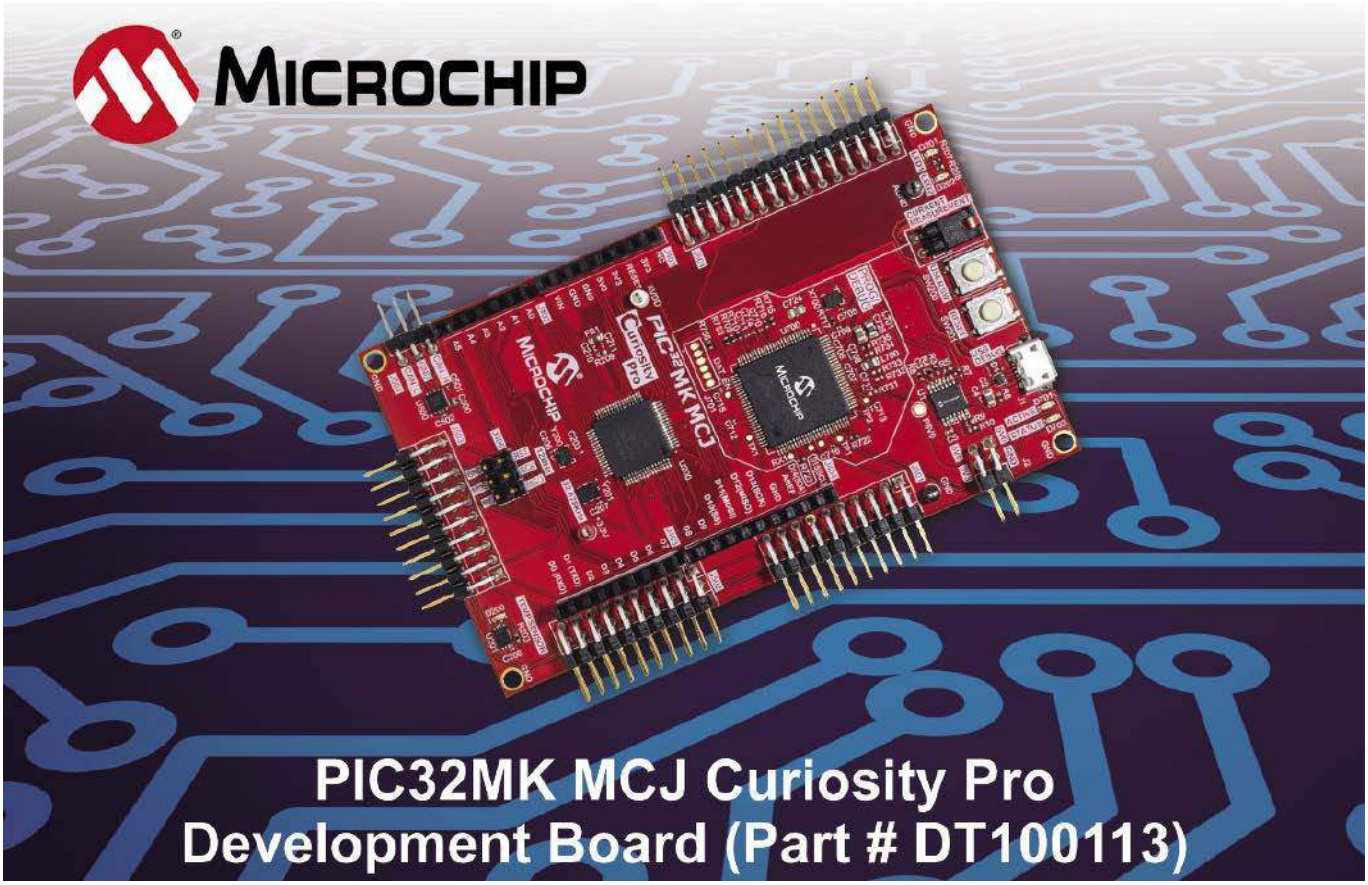
Wprowadzanie programu do pamięci RAM będzie odbywać się za pomocą DMA i specjalnej klawiatury. Wyświetlacze LED 7-segmentowe oraz kilka diod LED posłużą do wyświetlania sygnałów na magistrali.

Planowane karty: procesor Z-80, pamięć RAM, pamięć EEPROM, interfejs UART, klawiatura z DMA, wyświetlacz z DMA, dysk twardy IDE.

Dodatkowe moduły być może zostaną dodane do konstrukcji później. Na ten moment autor przygotował projekt backplane i dobrał zasilacz do komputera.

https://hackaday.io/project/193180-ned8pc

eprasa.pl ed26111aec



Wygraj zestaw ewaluacyjny Microchip PIC32MK MCJ Curiosity Pro

W kolejnym konkursie, organizowanym przez firmę Microchip pod patronatem „Elektroniki Praktycznej”, możesz wygrać płytkę rozwojową PIC32MK MCJ Curiosity Pro Development Board (DT100113) – a jeśli szczęście Ci nie dopisze, otrzymasz od nas nagrodę pocieszenia w postaci kuponu rabatowego w wysokości 15% na zakup zestawu wraz z bezpłatną wysyłką!

Płytka rozwojowa PIC32MK MCJ Curiosity Pro zawiera zintegrowany programator i debugger, więc do rozpoczęcia pracy z zestawem nie jest wymagany żaden dodatkowy osprzęt. Użytkownicy mogą rozszerzać funkcjonalność modułu poprzez nakładki Arduino Shield lub za pośrednictwem interfejsu kompatybilnego z Xplained Pro, oferującego dostęp do wszystkich pinów procesora. Niezależnie od tego, czy wykorzystasz dodatkowe karty rozszerzeń, czy też zdecydujesz się pracować bez nich – płytka rozwojowa PIC32MK MCJ Curiosity Pro daje Ci pełną swobodę testowania rozmaitych aplikacji, w tym Bluetooth Audio, CAN, graficznych interfejsów użytkownika, urządzeń IoT, czy też rozwiązań z zakresu robotyki.

Mikrokontrolery z rodziny PIC32MK łączą wydajność 32-bitowej architektury o taktowaniu do 120 MHz z obszerną pamięcią Flash o pojemności nawet 1 MB (z funkcjonalnością ECC) oraz bogatym zestawem bloków peryferyjnych, przeznaczonych do realizacji złożonych zadań, z jakimi na co dzień mierzymy się w naszej pracy zawodowej (sterowanie napędami elektrycznymi, aplikacje przemysłowego Internetu Rzeczy IIoT czy też wielokanałowe aplikacje interfejsów CAN i CAN-FD).

Procesory z serii PIC32MK są wyposażone w siedem 12-bitowych przetworników ADC o częstotliwości próbkowania aż do 3,75 MSPS każdy, przy czym poszczególne konwertery można ze sobą łączyć i sekwencjonować w celu zapewnienia częstotliwości próbkowania (w trybie przeplatania) nawet do 25,4 MSps. Ponadto w nowych mikrokontrolerach znajduje się bogaty zestaw innych peryferiów analogowych – wzmacniaczy operacyjnych, komparatorów i przetworników DAC.

Aby mieć szansę na wygranie płytki rozwojowej PIC32MK MCJ Curiosity Pro lub otrzymanie kuponu z 15% zniżką (z bezpłatną wysyłką), koniecznie odwiedź stronę https://page.microchip.com/E-Prak-MCJ.html i wprowadź swoje dane w formularzu online.

eprasa.pl ed26111aec



ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA jest Patronem Medialnym spotkania TEK.day

Trzecia edycja TEK.day Wrocław – to już 14 marca 2024!

Jest wiele powodów, dla których w naszym spotkaniu TEK.day Wrocław uczestniczy blisko 1500 osób. Czekamy również na Ciebie – 14 marca 2024 na wrocławskim stadionie Tarczyński Arena!

TEK.day to nie targi w klasycznym rozumieniu – z wielkimi stoiskami, kontuarami i hostessami, oddzielającymi odwiedzających od wystawców. Wręcz przeciwnie, nasz event to okazja do bezpośredniego spotkania ze specjalistami z czołowych firm z branży elektroniki. Właśnie dzięki temu TEK.day to szczególna okazja, sprzyjająca efektywnemu networkingowi. Przyjdź i sam zobacz, w jaki sposób nowoczesna formuła pozytywnie zmienia relacje pomiędzy wszystkimi uczestnikami.

Ważna jest jednak także skala. W tym roku mamy przeszło 170 wystawców, którzy wypełnią dwie kondygnacje Klubu Biznesowego na Tarczyński Arena (wejście W3). Jeśli zatem stoją przed Tobą ambitne wyzwania zawodowe, prawdopodobnie nie trafisz w tym roku na lepszą okazję do pozyskania wsparcia zewnętrznych partnerów – wybór dostawców oraz wykonawców jest u nas naprawdę szeroki. Na TEK.day znajdziesz stoiska kluczowych dystrybutorów komponentów elektronicznych, maszyn stosowanych w procesie PCBA, EMS i innych firm, których usług czy wsparcia możesz potrzebować w swoich bieżących i przyszłych projektach.

Jeśli zmęczy Cię intensywność naszego spotkania, odpocznij na wykładzie. Przygotowaliśmy szereg interesujących tematów, z których każdy wybierze coś dla siebie:

- Kluczowe Kompetencje Hardware Designera (KKHD projektanta elektroniki) i inżyniera EMC. O projektowaniu PCB, elektroniki na najwyższym poziomie w polskich zespołach R&D – EMC4Business, Tomasz Utkowski.
- Baterie – zróbmy to odpowiedzialnie! – Manufacturing Partners, Włodzimierz Babś
- Praktyczne wskazówki dotyczące wykorzystania aparatury pomiarowej w procesie projektowania urządzeń elektronicznych – Tektronix, Tadeusz Asyngier.
- Rozwój zespołu w branży elektronicznej – jak skutecznie wdrażać nowe osoby, nie obciążając lidera i współpracowników? – KROK Sp. z o.o., Time4Tape Plus Sp. z o.o. , Ewa Załupska
- Jeden biznes, dwie perspektywy: elektronika z punktów widzenia zakupów i sprzedaży – Interphone Service, Grzegorz Ilczuk.
- Projekt Tech Hub PFR – jako wsparcie finansowe dla polskich przedsiębiorstw wysokotechnologicznych – Polski Fundusz Rozwoju, Tomasz Piotrowicz.

Zestawienie wystawców:

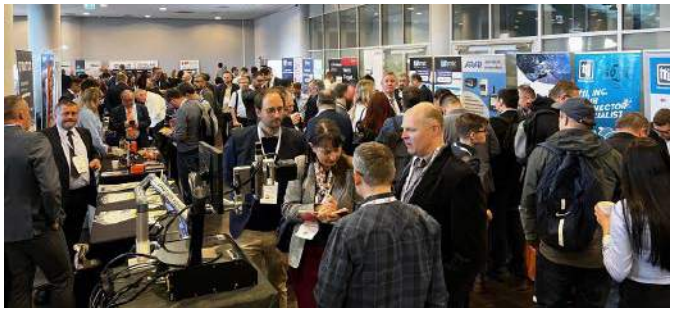
- 3M
- A2
- AE Solution
- AGJ Plast
- Aktina-CDS
- Alantys
- AMB
- Ambex
- Amicus
- APAR
- APCom
- Apra-Optinet
- Arizo
- Arrow
- ASTAT
- ASZ Electronic Solutions
- Avnet Abacus/ TE Connectivity
- AVX Kyocera
- Biall
- BL Elektronik
- Boersig
- Bornico
- C.H.Erbsloeh
- CBTG
- CE4Product/EMC Solution
- Cedartech
- CentralPoint
- Chip-1
- Cipsa Circuits
- Cistelaier
- Codico
- Confidee
- Connect Solutions
- Conprod
- Conrad
- Contrans TI
- Converge
- CSI
- DACPOL
- DAVtech
- DigiKey
- EAE Elektronik
- Ecomal
- Elgerta
- Elhurt
- Ellipse-Tronic
- Eltronika
- emc4b
- Emprox
- Equip-Test
- Essemtec
- Essentra
- Eurostat
- Evoltec
- Ex-Con
- Flow-CAD
- Future Electronics
- Gamma
- GlobX
- Glyn
- Grinn
- Hamamatsu
- Harting
- Heilind
- Hellerman Tyton
- Honya PCB
- HZD GmbH
- IDO Electronics
- Indesmatech
- Infineon
- INGUN
- InterElcom
- Interflux
- InterPhone Service
- Italtronic/Alba PCB
- ITA-Polska
- ITR Łukasiewicz
- JM Elektronik
- JST
- Kemet
- KMB Electronics
- KOA Europe
- Kradex
- Labem
- LC Elektronik
- Lenz
- Littelfuse
- Lumel
- Manufacturing Partners
- Maritex
- Masters
- Maszczyk
- Materialise
- Maus Electronics
- MCC
- MD Polonia
- ME Embedded
- MEK Europe
- Merawex
- Microbotic
- Microdis
- Micros
- Milar
- Molex
- Mouser
- Nanotech Elektronik
- NCAB
- Nexus Technologies
- Nordes EMS
- OEM Electronics
- Ol-Tech
- onsemi
- OurPCB
- PAKOM
- Pakt Electronics
- Panduit
- PB Technik
- PCB Connect
- Phoenix Contact
- Potrwell
- PPI
- Printor
- proALPHA
- Quantum
- Quectel
- Radiotechnika Marketing
- Raltron
- Rebound Electronics
- Relpol
- RENEX
- Rochester Electronics
- Ropla
- RS Components
- Rutronik
- Ryszard Jarża
- SCANDITRON
- Schunk
- Schurter
- Sectron
- SEM Electronics
- Semicon
- Siltegro
- Skład Techniczny
- Softest
- Solparts
- SOS electronic
- SOWA
- Soyter
- Spezial Elektronik
- SQP Media
- Starteam
- straschu
- Symbase
- Techbit
- TechniSat
- Tespol
- TME
- TTI
- u-Blox
- Unidruk
- Velocity
- VisionX
- WAGO
- WDRE
- Weidinger
- WH Technologies
- WireSolution
- WiringS
- Zamel

stan na 31.01.2024

eprasa.pl ed26111aec

- A practical approach to secure IoT solutions – Würth Elektronik, Adithya Madanahalli.
- Bezpieczeństwo elektryczne. Wstęp do certyfikacji produktu EEE na rynek USA – NRTL (Approval/Listing), Factory Inspection, certification process – CE4Product, Łukasz Kneć.
- Materiały termoprzewodzące – na co zwrócić uwagę, dobierając odpowiedni produkt? – Dacpol, Marcin Mierzejewski

A jeśli nie masz ochoty na wykład, poczęstuj się kawą lub skorzystaj z naszej strefy cateringu i chill outu – przecież nie samą pracą żyje człowiek!



Partnerzy TEK.day

Oczywiście nie robimy tego sami. Naszym sponsorem głównym jest Würth Elektronik, który przygotował cały szereg atrakcji w swojej strefie: osobny cykl inspirujących wykładów, pokazy, konkursy i pyszna kawa serwowana... wprost z roweru. Mocno zaangażował się też Tespol i jego partner – Tektronix – organizując własną strefę, na której będziesz mógł popracować z ich najnowszym sprzętem pomiarowym. Od lat o wysoką jakość wykładów dba nasz partner merytoryczny, EMC4B, a prelekcje Ewy Załupskiej i Tomasza Utkowskiego to gwarancja wypełnionej po brzegi sali wykładowej.

Jeśli projektujesz lub produkujesz elektronikę – wiedz, że nasze spotkanie organizujemy właśnie dla Ciebie. Zapraszamy projektantów, osoby związane z procesem montażu PCBA, zakupowców, managerów projektów i wszystkich innych, którzy aktywnie uczestniczą w łańcuchu dostaw przemysłu elektronicznego. Wstęp jest wolny, a dla każdego przygotowaliśmy lunch.

Istnieje jeszcze jeden powód, aby się u nas pojawić: jest nim Wrocław, jeden z kluczowych ośrodków polskiego przemysłu elektronicznego, budujący jego nowe oblicze. To tutaj rodziła się znaczna część historycznego dorobku polskiej myśli technicznej, a dobre tradycje podtrzymują setki wrocławskich firm, sprawnie operujących na rynku elektroniki.

Jeśli pomyślimy o najciekawszych projektach elektronicznych rozwijanych w Polsce, nasze myśli bardzo szybko trafią do Wrocławia. To tutaj powstały perowskity słynnej już spółki Saule Technologies, nanomateriały XTPL czy kropki kwantowe QNA Technology. To we Wrocławiu usadowiły się kluczowe firmy branży new space – takie jak ICEYE, Thorium, Scanway czy Sat Revolution, a także druku 3D – jak na przykład Zmorph. We Wrocławiu ulokowały się jedne z największych firm projektowych – polski Grinn czy skandynawski Etteplan, medtechy Nestmedic i Genomtec. We Wrocławiu nie brakuje też światowych liderów produkujących elektronikę, takich jak LG Energy Solution, USI, ZF czy Garmin. To też świetne, emanujące pozytywną energią miasto, które zawsze warto odwiedzić.

Trzecia edycja TEK.day odbędzie się 14 marca 2024 na wrocławskim stadionie Tarczyński Arena, wejście W3 od 8.00 do 16.00. Wszystkie niezbędne informacje organizacyjne, listę wystawców oraz plan wykładów znajdziesz na stronie wroclaw.tekday.pl. Organizatorem spotkania jest portal tek.info.pl.

Spotkajmy się na TEK.day we Wrocławiu!

REKLAMA





HZD GmbH

– niemiecka rzetelność w dystrybucji komponentów elektronicznych

HZD GmbH
Electronics is our Business,
Since 1986.

Ciągłość łańcucha dostaw jest jednym z najważniejszych czynników, decydujących o sukcesie każdego producenta elektroniki. W czasach, gdy stany magazynowe zmieniają się drastycznie z godziny na godzinę, a kolejne komponenty w zaskakującym tempie znikają z półek, ogromne znaczenie zyskuje doświadczenie i sprawność organizacyjna dystrybutora.

HZD GmbH powstała w 1986 roku w Berlinie. Naszą działalność rozpoczynaliśmy od franczyzy dla czołowych producentów, takich jak m.in.: Texas Instruments, Philips czy Toshiba. Od początku istnienia firmy konsekwentnie realizujemy tę samą misję: dostarczanie przedsiębiorcom kompleksowego wsparcia w zakresie dostaw komponentów elektronicznych, w tym również skierowanych do firm z najbardziej wymagających sektorów rynku. Celem, który przyświecał naszym założycielom, było stworzenie firmy, stawiającej na pierwszym miejscu nie tylko same produkty, ale przede wszystkim ludzi, którzy ich poszukują. Rzetelność i zaangażowanie w obsługę klienta w branży elektronicznej stały się naszym znakiem rozpoznawczym.

Naszą misją jest pomoc klientom na całym świecie – czy to poprzez usługi projektowania i wyszukiwania alternatywnego, czy też poprzez dystrybucję komponentów tak aktualnych, jak i wycofanych z produkcji – deklarują członkowie zespołu firmy. Mocną stronę HZD GmbH stanowi od zawsze doświadczenie i wiedza interdyscyplinarnego zespołu, który jest w stanie zapewnić nieszablonowe, elastyczne podejście do zróżnicowanych projektów, a tym samym skutecznie doradzać klientom przy wyborze optymalnych rozwiązań.

Dzięki 38-letniemu doświadczeniu mamy ogólnoświatową sieć kontaktów z dystrybutorami, producentami oryginalnego sprzętu (OEM), producentami kontraktowymi (EMS) i organizacjami handlowymi. Oferujemy globalne usługi zaopatrzenia w komponenty elektroniczne (aktywne i pasywne), biorąc pod uwagę takie czynniki, jak koszt, dostępność i jakość. Nasz zespół ekspertów umiejętnie wykorzystuje zgromadzoną wiedzę wraz z siecią kontaktów do pozyskiwania najlepszych komponentów dla konkretnych aplikacji, z dowolnego miejsca na świecie. Ściśle współpracujemy z naszymi klientami, aby zrozumieć ich specyficzne potrzeby i dostosować do nich nasze usługi.

Kompetentne wsparcie w trudnych czasach

Zgrany zespół profesjonalistów HZD GmbH lubi wyzwania – sprawność obsługi oraz atrakcyjne ceny oferowanych przez nas produktów były naszą wizytówką od zawsze, ale szczególnie istotne okazały się w ostatnich latach. W trudnym dla branży elektronicznej okresie pandemii covid-19, gdy wiele obszarów rynku podzespołów świeciło pustkami, mogliśmy nadal realizować kompletne zamówienia dla naszych klientów, co niejednokrotnie było jedynym ratunkiem dla ciągłości ich produkcji w czasie wielomiesięcznego, półprzewodnikowego krachu. Odegraliśmy kluczową rolę w łańcuchu dostaw do firm produkcyjnych, zaopatrując linie montażowe klientów, operujących w różnych sektorach rynku elektroniki.

Doświadczenie w elektronice pozwala nam lepiej rozumieć wyzwania, przed którymi stoją firmy w zakresie zarządzania kosztami zaopatrzenia. Nasza usługa redukcji kosztów ma na celu złagodzenie tych wyzwań poprzez identyfikację opłacalnych rozwiązań bez uszczerbku dla jakości. Nasz oddany zespół specjalistów ds.

eprasa.pl ed26111aec

zaopatrzenia wykorzystuje rozległą sieć zaufanych dostawców, negocjując korzystne ceny, co skutkuje znacznymi oszczędnościami naszych klientów.

Regularnie obsługujemy naszych nabywców na rynkach w: USA, Azji oraz Europie – od lat zaopatrujemy większych i mniejszych wytwórców oryginalnego sprzętu i producentów kontraktowych. Odbywa się to zarówno na drodze zamówień ramowych, w których zapewniamy pokrycie zapotrzebowania na kilka miesięcy lub nawet rok naprzód, a także poprzez wspieranie klientów w realizacji projektów ewaluacyjnych – kwotacjach, dostawach próbek nowych elementów oraz produkcji prototypów.

Jako doświadczona firma z branży komponentów elektronicznych wierzymy, że nie ma jednego, uniwersalnego rozwiązania każdego problemu. Łączymy naszą wiedzę i doświadczenie z zapotrzebowaniem rynku, aby dostarczać najlepsze dostępne podzespoły. Począwszy od zaopatrzenia, a kończąc na dostawie – posiadamy wiedzę specjalistyczną, aby zająć się każdym ogniwem łańcucha dostaw. Pomagamy usprawnić przepływ materiałów, współpracując z mniejszą liczbą dostawców, zmniejszając koszty administracyjne i upraszczając zakupy. Zajmujemy się logistyką, od zaopatrzenia i kontroli jakości, aż po dostawę do magazynów klientów, w dowolnym miejscu i czasie.

Wierzymy, że najwyższą jakość można utrzymać nawet w burzliwych czasach. W 2004 roku wdrożyliśmy certyfikat systemu kontroli jakości DIN ISO 9001. Proces zakupowy jest wysoce selektywny, ponieważ pozyskujemy wyłącznie towary ze starannie dobranej grupy wiarygodnych źródeł. W zależności od źródła i wymagań klienta, podzespoły mogą zostać poddane dodatkowym testom, aby upewnić się, że dostarczane produkty spełniają najwyższy poziom jakości. Nasza grupa składa się z szeregu franczyzowych i niezależnych źródeł, które także przestrzegają niezbędnych standardów branżowych.



W HZD GmbH rozumiemy wyzwania, związane ze sprzedażą nadwyżek. Dlatego też naszym dodatkowym obszarem działalności jest wspomaganie klientów przy redukcji magazynów, czyli upłynnianiu nadmiernych zapasów, które mogą być sporym obciążeniem dla firm, zajmującym cenną przestrzeń i blokującym przepływy pieniężne. Nasz zespół ekspertów ma wieloletnie doświadczenie w zarządzaniu stanami magazynowymi i specjalizuje się w identyfikacji nadwyżek zapasów, znajdowaniu nabywców i zarządzaniu całym procesem transakcyjnym, od początku do końca. Współpracujemy z szeroką siecią nabywców i dostawców, aby znaleźć najlepsze oferty dla poszczególnych towarów i zapewniamy, że wszystkie transakcje są realizowane bezproblemowo. Jesteśmy zawsze dostępni dla naszych klientów, oferując nie tylko komponenty, ale także szerokie portfolio usług dodatkowych, co czyni HZD GmbH unikalnym partnerem do realizacji nawet największych wyzwań biznesowych.

REKLAMA

DOSTARCZAMY TO, CZEGO POTRZEBUJESZ. NA CAŁYM ŚWIECIE

dystrybucja elementów elektronicznych

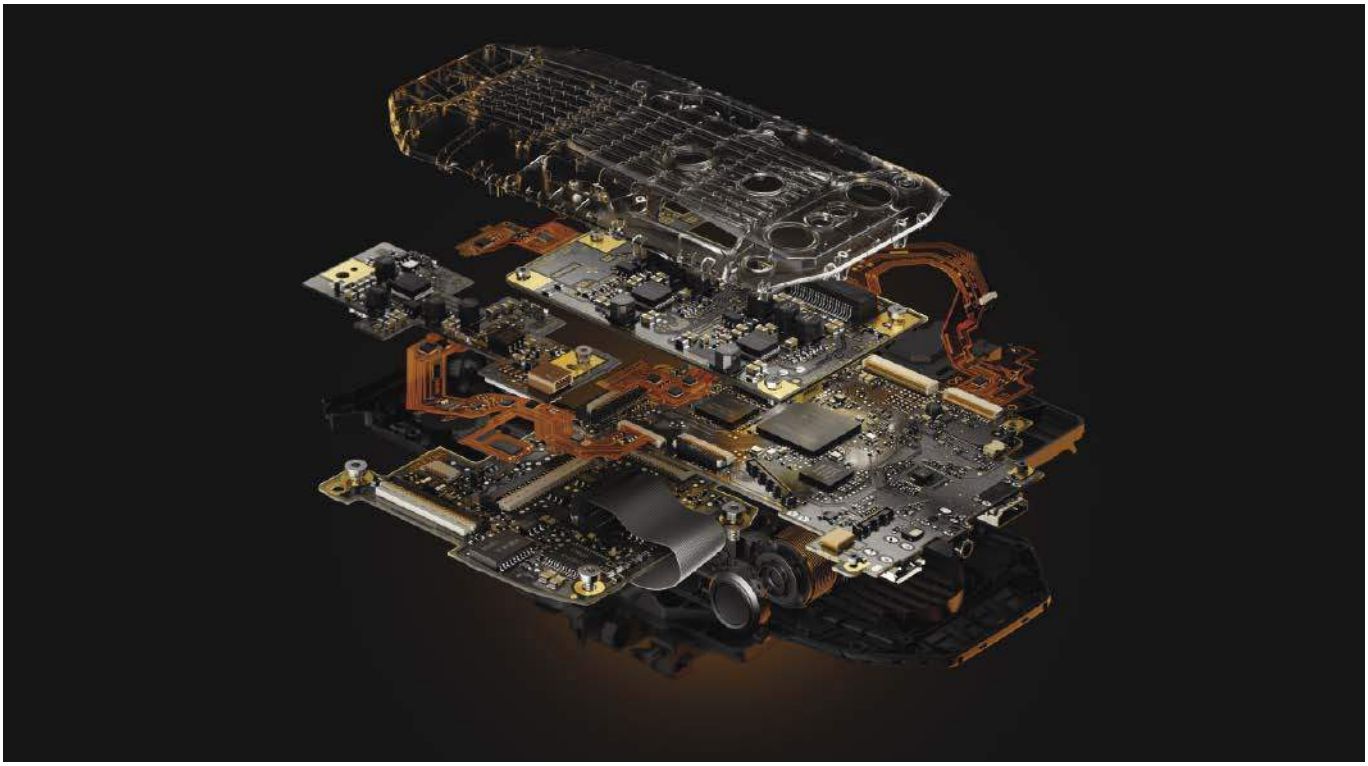
- Nie znamy ograniczeń w naszym asortymencie,
- Działamy szybko, dostosowując się do wymagań Klienta,
- Spełniamy wymagania jakościowe naszych Odbiorców,
- Nasza oferta jest przygotowywana aby spełniać wymagania cenowe naszych Klientów, *obsługujemy również w języku polskim
- Pomagamy usprawnić łańcuch dostaw

HZD GmbH

Electronics is our Business, Since 1986.

+49-30 713915-0
sales@hzd.biz
www.hzd.biz

eprasa.pl ed26111aec



Zaufany dystrybutor oprogramowania, aparatury pomiarowej i komponentów

W przypadku firm z branży elektronicznej dostęp do najwyższej klasy oprogramowania jest równie ważny, jak zaplecze sprzętowe oraz magazynowe. Firma Computer Controls jest przykładem unikalnego przedsiębiorstwa, które sprawnie operuje we wszystkich tych obszarach, a ponadto świadczy szereg usług o znaczeniu kluczowym dla rozwoju jego klientów.

Więcej informacji:
Computer Controls Sp. z o.o.
43-309 Bielsko-Biała, ul. Bystrzańska 94
tel. 33 485 94 90, info@ccontrols.pl,
www.ccontrols.pl

COMPUTER CONTROLS

O firmie

Computer Controls AG w Szwajcarii powstała w 1971 roku i sukcesywnie rozszerza ofertę oraz obszar działania, będąc wiodącym dostawcą komponentów elektronicznych, aparatury pomiarowej oraz oprogramowania inżynierskiego. Obecnie funkcjonuje 12 oddziałów firmy, obejmujących zasięgiem większość krajów Europy Środkowej i Wschodniej.

Computer Controls w Polsce koncentruje się na dystrybucji oprogramowania dla elektroników oraz komponentów elektronicznych i wyświetlaczy, szkoleniach i konsultacjach z tym związanych, jak również sprzedaży systemów embedded oraz aparatury pomiarowej i testowej.

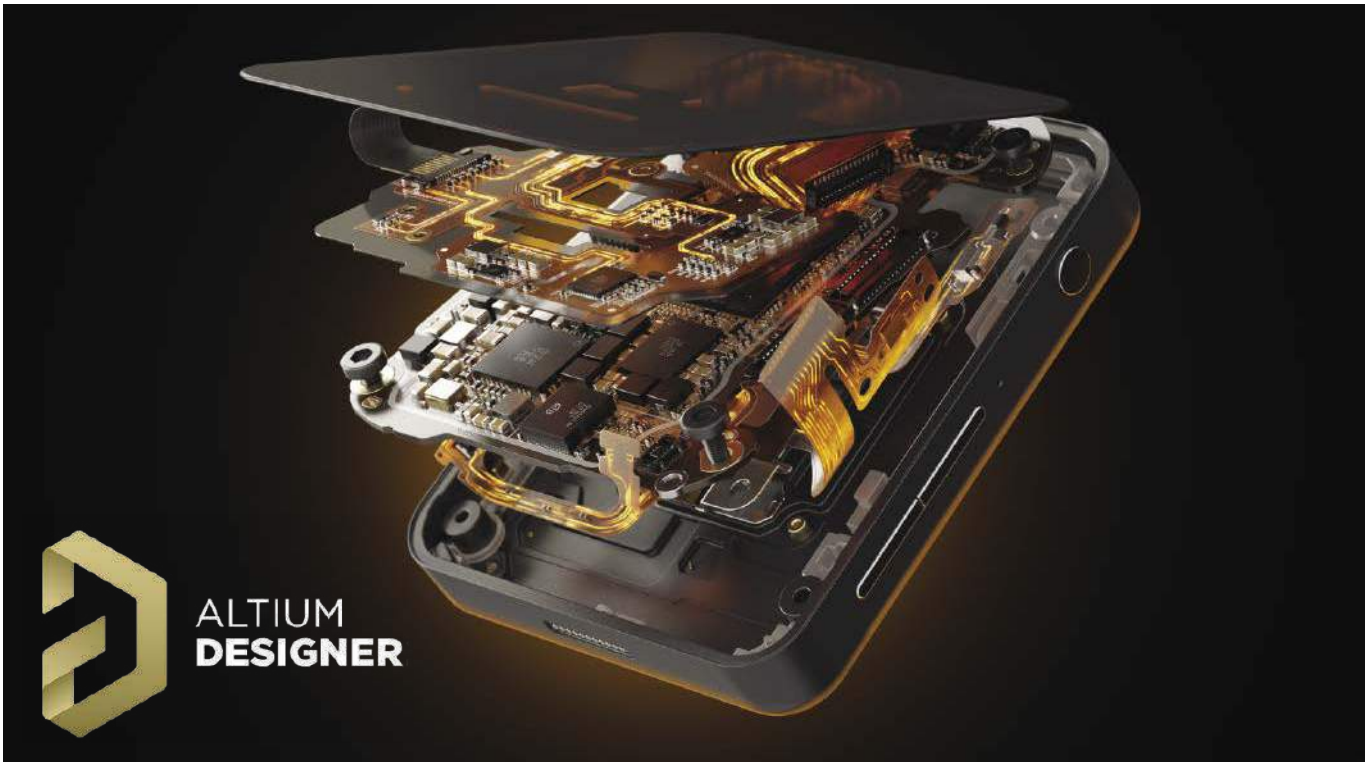
Computer Controls w swoim portfolio zawiera ofertę wiodących producentów z branży elektronicznej na świecie, takich jak Altium, Arm Keil, Dassault Systems, Silicon Laboratories, Swissbit, Miromico, Epishine, Keysight, Ralton, Silergy, Powertip czy Pico Technology.

Przegląd oferty

Wśród klientów znajdują się renomowane firmy z obszaru elektroniki, mechatroniki, medycyny, czy telekomunikacji, a także instytucje edukacyjne. Computer Controls jest jedynym autoryzowanym dystrybutorem oprogramowania Altium Designer w Polsce, zapewniając wsparcie techniczne, szkolenia i konsultacje dla jego użytkowników.

Altium™ pico Technology miromico
SOLIDWORKS arm KEIL SILICON LABS

eprasa.pl ed26111aec



W zakresie oprogramowania firma oferuje przede wszystkim Altium Designer – flagowy produkt firmy Altium. Jest on zaawansowanym środowiskiem do projektowania PCB, łączącym w jednej aplikacji wszystkie niezbędne w tym procesie narzędzia. Zawiera m.in. edytor schematu i PCB, oferujący unikalny tryb pracy 3D i zaawansowany router interaktywny, wspiera ponadto projektowanie obwodów giętkich i sztywno-giętkich, umożliwia symulację obwodów oraz analizę integralności sygnałów, jak również projektowanie systemów wielopłytkowych. Program obsługuje także szybkie tworzenie dokumentacji produkcyjnej.

Altium Designer zintegrowany został z platformą Altium 365, wspierającą pracę zdalną, współdzielenie danych oraz współpracę z programami MCAD i systemami PLM. Platforma Altium 365 dostępna jest w trzech planach subskrypcyjnych: Standard, Pro oraz Enterprise o zróżnicowanej funkcjonalności. W planach A365 Pro i Enterprise dostępne jest m.in. zaawansowane zarządzanie komponentami oraz dokumentacją projektową. Ekosystem oferowany przez markę Altium zapewnia m.in. śledzenie zmian i zarządzanie wersjami, kontrolę danych przekazywanych do produkcji, połączenie z łańcuchem dostaw komponentów, możliwość wielokrotnego wykorzystania danych projektowych, zaawansowane wsparcie dla projektów wielopłytkowych i inne funkcje, pomocne przy pracy ze złożonymi projektami.



Firma Computer Controls oferuje również narzędzia programistyczne ARM/Keil, stosowane powszechnie do tworzenia aplikacji i uruchamiania systemów na procesorach z rdzeniem ARM. Portfolio obejmuje m.in. pakiety Keil MDK oraz ARM Development Studio, dostępne w kilku wersjach, jak również dedykowane adaptery ULINK do debugowania systemów.

Pod koniec 2018 roku Computer Controls zawarła umowę z firmą Dassault Systems i uzyskała status autoryzowanego resellera produktów SOLIDWORKS/3DEXPERIENCE, poszerzając w 2019 roku swoją ofertę o szeroką gamę wiodących na świecie narzędzi CAD/CAM ze szczególnym naciskiem na integrację ECAD/MCAD, coraz istotniejszą w projektowaniu współczesnych produktów.

Oferta aparatury pomiarowej obejmuje między innymi oscyloskopy PC firmy Pico Technology, większość produktów firmy Keysight oraz mierniki, oscyloskopy, generatory i zasilacze GW Instek, jak również sprzęt laboratoryjny Aim-TTi.

W kategorii podzespołów elektronicznych Computer Controls oferuje przede wszystkim układy firm Silicon Laboratories oraz Miromico, uzupełnione o portfolio układów Premier Magnetics, Silergy, Swissbit a także Alliance Memory czy Central Semiconductor. Oprócz układów scalonych dostępny jest także szeroki wybór wyświetlaczy od producentów takich, jak PowerTip, Ebulent i paneli dotykowych AMT, uzupełniony o portfolio Everbouquet, Ynvisible czy Fordata.

Computer Controls oferuje dostęp do darmowych próbek, narzędzi startowych oraz zapewnia wsparcie techniczne dla klientów przy wdrażaniu nowych technologii i układów w realizowanych przez nich projektach.

Obsługa Klienta

Firma Computer Controls dysponuje wykwalifikowaną i doświadczoną kadrą, posiadającą specjalistyczną wiedzę na temat oferowanych produktów. Gwarantuje to najwyższą jakość obsługi klienta oraz świadczonych usług, szkoleń i wsparcia technicznego. Elastyczne warunki płatności oraz oferta leasingu ułatwiają dodatkowo finansowanie zakupów. Większość oferowanych produktów jest dostępna również przez uruchomiony w 2022 roku sklep internetowy na www.ccontrols.pl.

eprasa.pl ed26111aec

W ofercie AVT*
AVT6023

Podstawowe parametry:
- konwerter W5500, zapewniający komunikację procesora modułu głównego z siecią Ethernet,
- moduł PoE AG9912M do zasilania przez przewód Ethernet,
- obsługa TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP i PPPoE,
- wbudowany przełącznik zasilania, przycisk reset i diod LED (wskaźnik zasilania),
- wbudowane złącza rozszerzeń zgodne z Grove analog/I²C oraz dodatkowe gniazdo UART,
- pełna kompatybilność ze standardem Arduino.

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

AVT5850	Płytka bazowa dla Arduino Nano Every (EP 3/2021)
AVT5819	Płytka bazowa dla Arduino MKR (EP 11/2020)
AVT5777	Moduł interfejsu ethernet dla Arduino MKR Zero (EP 6/2020)
AVT5738	Wyświetlacz 7-segmentowy dla Arduino MKR Zero (EP 1/2020)
----	Sterownik silników prądu stałego dla Arduino MKR (EP 3/2019)
AVT5636	Płytka edukacyjna dla Arduino (EP 5/2018)
AVT1795	AVTduino Battery Shield (EP 3/2014)
AVT1722	AVTduino miniLCD – miniaturowy panel operatora dla Arduino (EP 1/2013)
AVT1686	AVTRelDuino Shield. Moduł wykonawczy dla Arduino (EP 8/2012)

* **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.

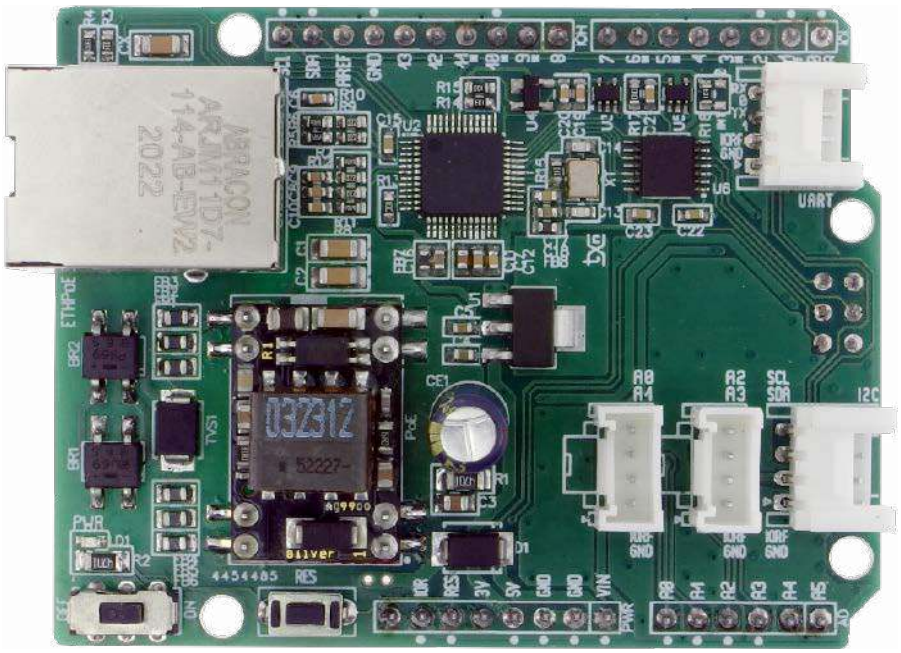
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**.

Nakładka Ethernet PoE do AVTDuino

Pojawienie się na rynku Arduino UNO R4 jest dobrym pretekstem do odświeżenia dostępnych nakładek, które albo nie do końca są zgodne z nową wersją, albo nie wykorzystują pełnych możliwości procesora zastosowanego w R4. Pierwszą z przygotowanych nakładek jest przewodowy interfejs Ethernet, oparty o popularny układ WIZnet W5500 i zawierający dodatkową funkcjonalność w postaci obwodów zasilania PoE. Moduł usprawni realizację układów m.in. sterowania i automatyki domowej z wykorzystaniem sieci Ethernet.



UWAGA:
w nakładce występuje napięcie stałe 36...56 V. Uruchamiając i użytkując układ, należy zachować szczególną ostrożność przy manipulacji po stronie pierwotnej modułu PoE.
Zalecamy wycięcie niewielkiej osłony z cienkiego plexi lub folii izolacyjnej i zabezpieczenie przed dotknięciem elementów z pierwotnej strony modułu PoE oraz samego modułu AG9912M.

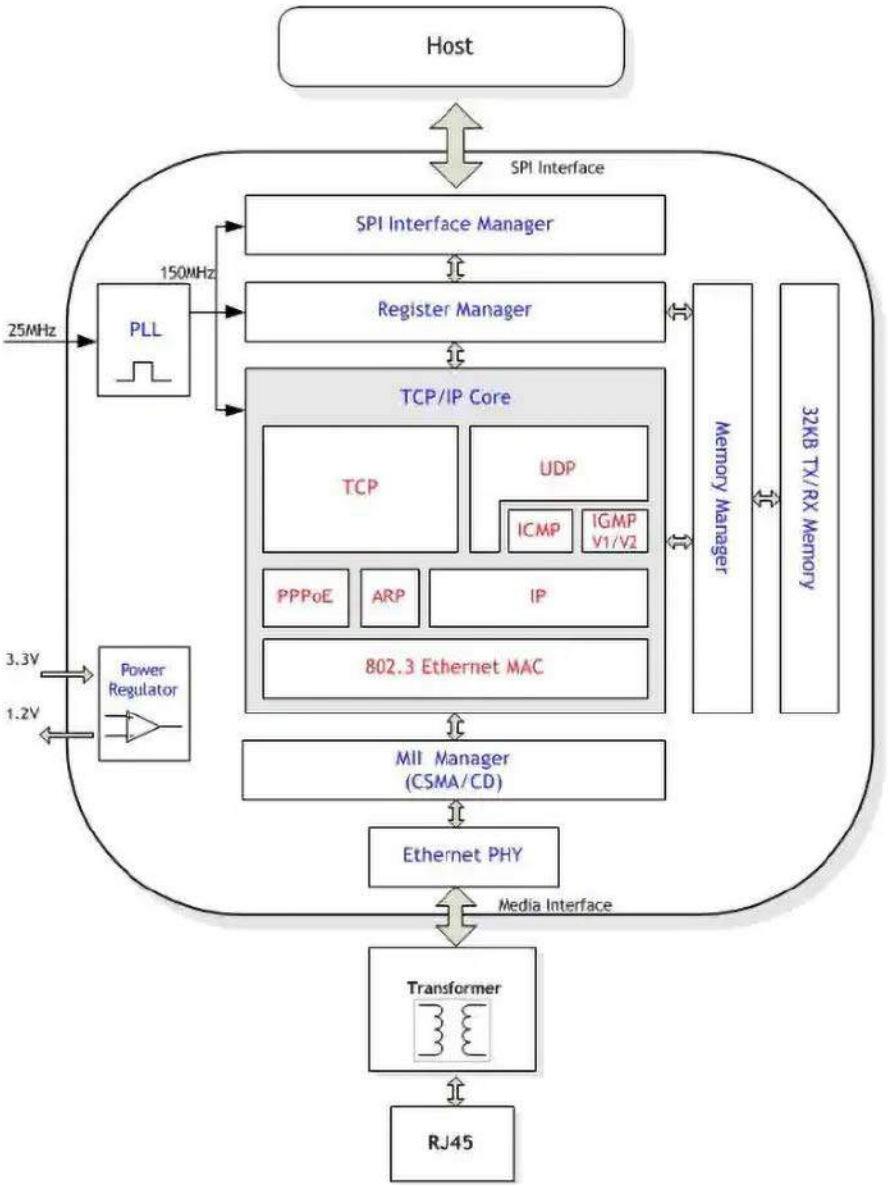
Budowa układu

Sercem nakładki jest układ WIZnet W5500, którego budowę przedstawiono na **rysunku 1**.

Układ zawiera wszystko, co jest potrzebne w systemach wbudowanych do prostej realizacji połączenia, opartego o sieć przewodową (Ethernet). W swojej strukturze zawiera stos TCP/IP, 10/100 Ethernet MAC i PHY. Obsługuje protokoły TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP i PPPoE. W5500 ma bufor 32 kB do przetwarzania pakietów Ethernet i komunikuje się z procesorem nadrzędnym przy użyciu interfejsu SPI.

Schemat nakładki przedstawiono na **rysunku 2**. Za zasilanie PoE odpowiada moduł AG9912M firmy Silvertel. Moduł zapewnia zgodność ze standardem IEEE 802.3af i jest skonfigurowany w klasie 0. Dostarcza do obciążenia moc w zakresie 0,44...12,95 W przy napięciu wyjściowym 12 V. Do poprawnej pracy wymaga zasilania 48 V. Istotne jest, aby podczas rozruchu napięcie wejściowe AG9912M wynosiło ≥ 42 V, co zapewni prawidłowy start przetwornicy. Po uruchomieniu moduł będzie działał poprawnie, nawet jeżeli napięcie zasilania obniży się do 36 V. Mostki prostownicze BR1,2 zapewniają zgodność z dwoma standardami przesyłu zasilania, wykorzystującym zarówno linie danych, jak i pary zapasowe przewodów RJ45. Możliwe jest też wykorzystanie inżektorów/zasilaczy PoE o wydajności do 400 mA, mających odpowiednie zabezpieczenie przeciążeniowe. Dioda TVS chroni moduł przed skutkami przepięć zasilania, zaś dławiki FB1..6 filtrują zakłócenia przewodzone generowane przez moduł. Napięcie wyjściowe filtrowane jest przez kondensator CE1, rezystor R1 obciąża wstępnie moduł PoE. Zwarte z masą wyprowadzenie ADJ podnosi napięcie wyjściowe ze znamionowych 12 V do 12,75 V, co pozwala skompensować spadek napięcia na D1. Przełącznik zasilania SW umożliwia wyłączenie urządzenia bez konieczności odłączania przewodu RJ45. Dioda

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 1. Budowa wewnętrzna W5500 (za notą WIZnet)

LED LD1 sygnalizuje obecność zasilania PoE. Dioda D1 separuje napięcie PoE od zasilania VIN Arduino, w przypadku omyłkowego pozostawienia wtyku zasilania w module bazowym. Jeżeli nie przewidujemy wykorzystania zasilania PoE, można bez zmian w układzie pominąć elementy schematu zaznaczone linią przerywaną.

Najważniejszy element modułu stanowi układ U2, czyli W5500. Konwerter zasilany jest napięciem 3,3 V ze stabilizatora LDO (zrealizowanego na układzie U1 typu AP7361C) i dodatkowo filtrowanym w filtrach: FB7, C15, C16 dla części analogowej oraz FB8, C17, C18 dla części cyfrowej W5500. Zastosowanie niezależnego stabilizatora podyktowanie jest małą wydajnością prądową napięcia 3,3 V, udostępnianego zarówno przez UNO R4, jak i przez pozostałe wersje Arduino. Własny stabilizator napięcia 3,3 V minimalizuje ryzyko niepoprawnej pracy nakładki, jak i przeciążenia, a nawet uszkodzenia płytki bazowej, gdyż układ W5500 może pobierać podczas pracy nawet ponad 130 mA. Obwód oscylatora XT, C13, C14 zapewnia wymagany do pracy sygnał zegarowy 25 MHz. Interfejs różnicowy sygnałów Ethernet RXN/P, TXN/P doprowadzony jest do zintegrowanego gniazda ETH typu ARJM11D7114AB. Gniazdo ETH ma wbudowane transformatory separacyjne, diody sygnalizacyjne Link/Status oraz przystosowane jest do przesyłu danych w standardzie 100-Base-T wraz z zasilaniem PoE.

Aplikację uzupełnia obwód generujący sygnał resetu (RES3) dla W5500. Przycisk RES połączony równolegle z przyciskiem na płytce głównej służy do restartu zarówno U2, jak i procesora płytki bazowej. Układ bufora z wyjściem OD typu LVC1G07 (U3) zapewnia translację poziomów sygnału RES pomiędzy napięciem IORF (oznaczenie w Arduino IOREF), określającym standard zasilania i napięcia IO płytki bazowej (3,3 V/5 V), a układem generatora sygnału RESET/POR (U4) typu ADM811TART. Układ U4 generuje niski stan, restartujący W5500 po włączeniu lub w przypadku, gdy zasilanie spadnie poniżej progu tolerancji, a także w momencie detekcji stanu niskiego na wejściu !MR, wywołanego przyciśnięciem przycisku RES na nakładce lub płycie bazowej. Należy zwrócić uwagę, że czas trwania sygnału RES3 wynosi ok. 240 ms, co przeważnie nie jest uwzględniane w ogólnodostępnych przykładach/bibliotekach obsługujących komunikację Ethernet opartą o W5500 – a to powoduje zupełnie niepotrzebne problemy z detekcją układu. Rozwiązaniem jest albo odczekanie 250 ms (lub nawet nieco dłużej) przed rozpoczęciem inicjacji W5500 po włączeniu zasilania, lub – co jest poprawniejsze – cykliczne sprawdzenie zawartości jednego z rejestrów, np. PHY Configuration 0x002E (odczyt stanu flagi RST) lub poprawności odczytu wersji układu w rejestrze Chip Version 0x0039.

W5500 do komunikacji wykorzystuje magistralę SPI. Aby zapewnić całkowitą zgodność z systemami 3,3 V/5 V, w nakładce zastosowano układ translatora poziomów U6 typu TXU0304. Strona A translatora połączona jest z napięciem IORF, określającym poziom napięć IO płytki bazowej, zaś strona B pracuje z napięciem 3,3 V, zasilającym U2. TXU0304 zapewnia poprawną dwukierunkową translację

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1, R2: 4,7 kΩ (SMD1206, 1%)
R3, R4: 330 Ω
R5...R8: 49,9 Ω
R9, R10...R12: 22 Ω
R13: 12,4 Ω
R14, R15, R18: 10 kΩ
R16: 1 MΩ
R17: 100 kΩ

Kondensatory:
C1, C2: 2,2 nF/2 kV (SMD1206, X7R)
C3: 10 µF/25 V (SMD0805, X7R)
C4, C5, C16, C18: 10 µF/10 V (SMD0603, X7R)
C6, C8...C10, C12, C19, C20, C21: 10 nF/10 V (SMD0603, X7R)
C7, C15, C17, C22, C23: 0,1 µF/10 V (SMD0603, X7R)
C11: 4,7 µF/10 V (SMD0603, X7R, 10 V)
C13, C14: 18 pF/10 V (SMD0603, X7R)
CX: 1 nF/1 kV (SMD1206, X7R)
CE1: 100 µF/25 V (THT ∅ 6,3 mm, p=2,5 mm, Low ESR)

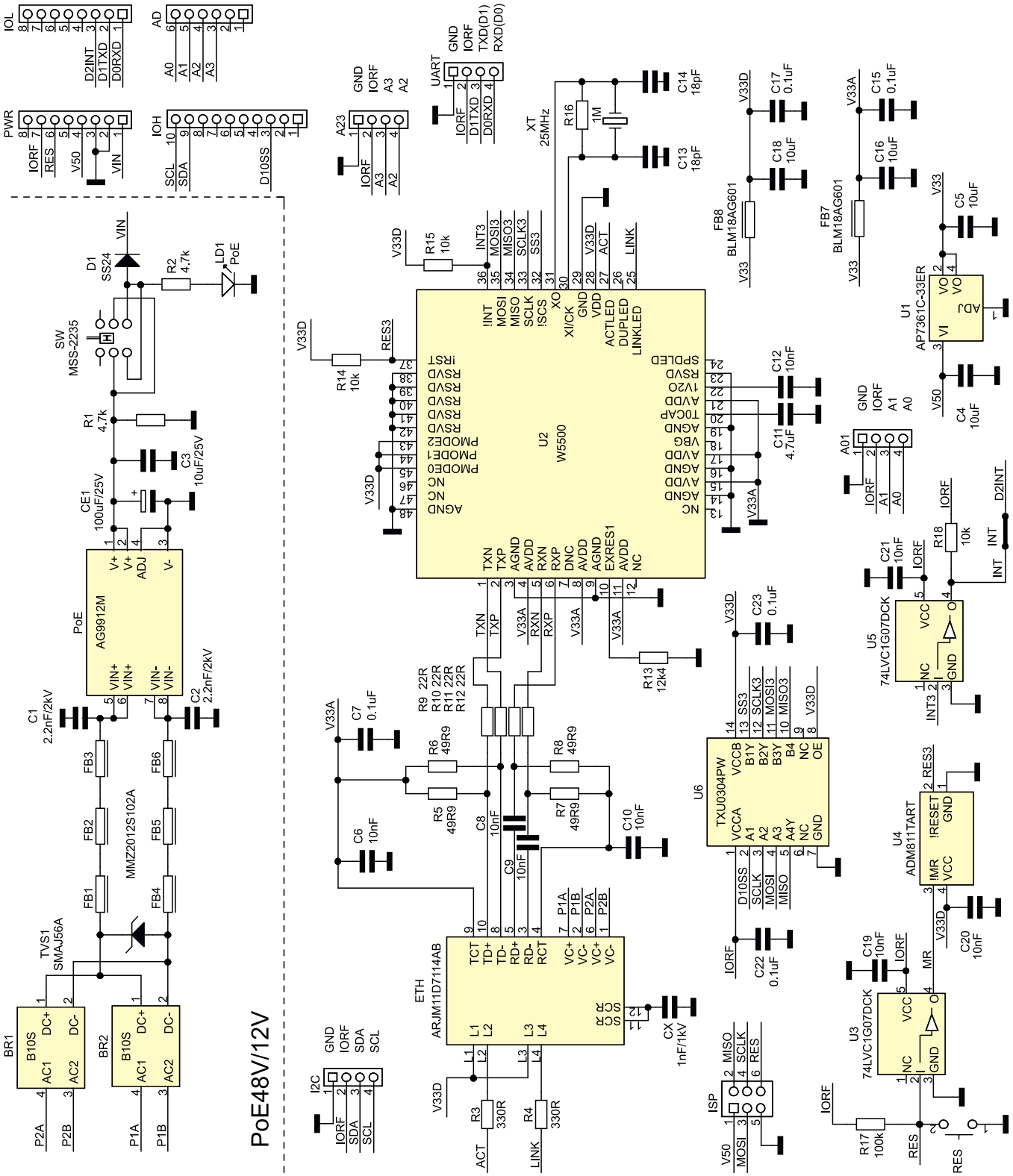
Półprzewodniki:
D1: dioda Schottky'ego SS24 (SMB_D)
TVS1: transil SMAJ56A (SMB_D)
BR1, BR2: mostek prostowniczy B10S
LD1: dioda LED zielona (0603)
U1: AP7361C-33ER (SOT-223)
U2: W5500 (LQFP48)
U3,U5: 74LVC1G07DCK (SC70-5)
U4: ADM811TART (SOT-143)
U6: TXU0304PW (TSSOP14_065)

Pozostałe:
FB1...FB6: MMZ2012S102A (ferryt 0805)
FB7, FB8: BLM18AG601 (ferryt 0603)
A01, A23: złącze Grove proste
AD: złącze szpilkowe 1×10 (13...15 mm)
ETH: gniazdo RJ45 100M PoE (ARJM11D7114ABEW)
I²C, UART: złącze Grove kątowe
INT: zwora SMD (opis)
IOH: złącze szpilkowe 1×10 (13...15 mm)
IOL, PWR: złącze szpilkowe 1×8 (13...15 mm)
ISP: złącze żeńskie IDC6
PoE: moduł PoE AGM9912M, 12 V (AG9912M)
RES: przełącznik PB (6×3 mm)
SW: przełącznik suwakowy (MSS-2235)
XT: kwarc SMD 25 MHz

eprasa.pl ed26111aec

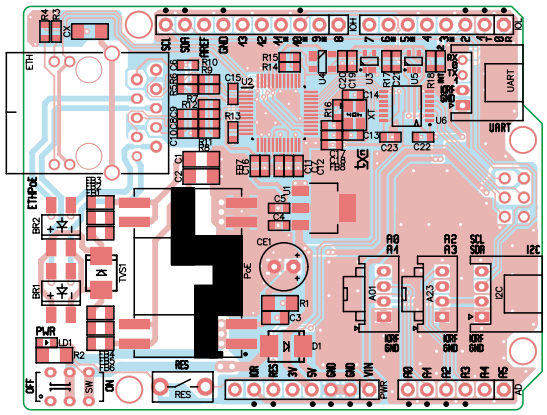
poziomów, także w sytuacji, gdy napięcia zasilające obie strony translatora są równe, czyli IORF=3,3 V. Dzięki wbudowanemu translatorowi zapewniono zgodność nie tylko z płytkami Arduino zasilanymi napięciem 5 V (takimi, jak R3, R4, Leonardo), ale także płytkami Arduino M0, M0Pro i wersjami STM32, gdzie napięcie IOREF wynosi 3,3 V. Nakładka bez modyfikacji nie będzie działała z najstarszymi wersjami UNO i tanimi klonami, gdzie złącze POWER (PWR) ma tylko 6 wyprowadzeń i nie udostępnia sygnału IOREF. W takim przypadku należy kawałkiem przewodu połączyć wyprowadzenie IOREF z odpowiednim wyprowadzeniem napięcia zasilania 3 V lub 5 V, w zależności od wartości napięcia zasilania płytki bazowej.

W5500 do komunikacji wykorzystuje magistralę SPI, wyprowadzoną na złącze ISP/ICSP (IDC6) płytki bazowej oraz sygnał D10 (D10SS), użyty jako sygnał wyboru układu. Przed podłączeniem nakładki do klona lub wersji z innym procesorem należy sprawdzić, czy do złącza ISP (ICSP) lub jego odpowiednika doprowadzone są sygnały SPI, wymagane do poprawnego działania. Dodatkowo, na płytce umieszczono złącza w standardzie Grove, do których doprowadzono UART, I²C oraz 4 porty analogowe A0..A3, ułatwiające realizację układów monitorowania lub sterowania z bezpośrednim wykorzystaniem czujników zgodnych z Grove. Do zasilania złączy Grove wykorzystano napięcie IORF, które



Rysunek 2. Schemat nakładki

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 3. Schemat montażowy płytki drukowanej



Fotografia 1. Zmontowany moduł

– w zależności od typu użytej płytki bazowej – będzie wynosiło 3,3 V lub 5 . Należy o tym pamiętać i przed podłączeniem sprawdzić zgodność zakresu dopuszczalnych napięć zasilania i IO współpracujących modułów. Układ U5 odpowiada za translację poziomów sygnału przerwania INT (D2INT), generowanego przez W5500 – domyślnie rozwarta zwora INT umożliwia połączenie sygnału przerwania z wyprowadzeniem D2 Arduino, jeżeli przewidujemy jego wykorzystanie.

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej zgodniej z Arduino Shield Rev3. Rozmieszczenie elementów przedstawiono na **rysunku 3**. Sposób montażu nie wymaga szerszego opisu. Warto jedynie dodać, że w zależności od przewidywanego zastosowania przedłużane złącza szpilkowe PWR, AD, IOL, IOH (wysokość 13...15 mm) można zastąpić „stackowalnymi" złączami Arduino, umożliwiającymi montowanie modułów w „kanapki". Nakładkę można zmontować także w wersji bez obsługi PoE, pomijając w tym celu elementy zaznaczone ramką na schemacie z rysunku 1.

Moduł nie wymaga uruchamiania, po zmontowaniu i połączeniu z płytką bazową oraz zasilaczem lub switchem PoE należy sprawdzić obecność napięcia VIN ok. 12 V, sygnalizowanego świeceniem diody LD1 PoE oraz wartość napięcia wbudowanego stabilizatora LDO 3,3 V.

Szybkiego sprawdzenia nakładki można dokonać przy użyciu biblioteki Ethernet, pamiętając o uzupełnieniu inicjacji W5500 o dodatkową zwłokę i określeniu wyprowadzenia sterującego sygnałem SS (w modelu D10). Przykładowy szkic WebSerwerR4.ino, odczytujący wartość napięcia na wyprowadzeniach A0...5, które po zdefiniowaniu w szkicu własnego adresu IP można sprawdzić w przeglądarce, umieszczono w materiałach dodatkowych. Jeżeli wszystko działa poprawnie, moduł może zostać użyty we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA



eprasa.pl ed26111aec

Podstawowe parametry:
- pokazywanie chwilowego poziomu sygnału napięciowego przy użyciu 8 diod LED,
- dwa niezależnie pracujące kanały,
- dwie skale do wyboru: –15 dB, –12 dB, –9 dB, –6 dB, –3 dB, –1 dB, 0 dB, +1 dB oraz –9 dB, –6 dB, –4 dB, –3 dB, –2 dB, –1 dB, 0 dB, +1 dB,
- dwa tryby wyświetlania do wyboru: linijka lub pojedynczy punkt,
- regulacja poziomu odniesienia niezależnie w obu kanałach,
- przystosowany do sygnału analogowego o zerowej składowej stałej,
- zasilanie napięciem stałym 9...15 V, pobór prądu 10...100 mA.

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

AVT5987	Logarytmujący sterownik wychyłowych wskaźników wysterowania (EP 7/2023)
AVT5982	VUM – mikroprocesorowy wskaźnik wysterowania sygnału audio (EP 5/2023)
AVT5866	Spectra – analizator widma sygnału audio (EP 6/2021)
AVT5767	Stereofoniczny wskaźnik poziomu wysterowania z funkcją Peak-Hold (EP 5/2020)
AVT5748	SpectrumDFT – analizator widma sygnału akustycznego (EP 3/2020)
AVT5712	Spectrum – prosty analizator widma sygnału akustycznego (EP 9/2019)
AVT5678	Stereofoniczny wskaźnik wysterowania (EP 6/2019)
AVT5585	Sterownik wskaźnika wychyłowego do wzmacniacza (EP 1/2018)

W ofercie AVT*
AVT6013

* **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**.

Wskaźnik wysterowania 2×8 LED

Wskaźniki wysterowania służą optymalnemu dopasowaniu poziomu sygnału – czy to przy nagrywaniu, czy przy odtwarzaniu. Mają zasygnalizować przesterowanie oraz wysterowanie zbyt słabe, kiedy stosunek sygnał/szum jest już skrajnie niekorzystny. Ten układ został wykonany z popularnych elementów i potrafi pokazywać wysterowanie dwóch kanałów jednocześnie.



Diodowe wskaźniki wysterowania były kiedyś budowane przy użyciu popularnego wówczas układu LM3915 i pokrewnych. Niestety, obecnie są problemy z jego dostępnością, ceny egzemplarzy leżących jeszcze w magazynach są coraz wyższe. Mamy XXI wiek, więc czy nadal da się budować takie urządzenia, jedynie bazując na archaicznym już układzie scalonym? Wcale nie. Powiem więcej: dzięki użyciu bardziej nowoczesnych rozwiązań możemy dowolnie kształtować charakterystykę czułości takiego wskaźnika.

Do czego on się może przydać? Przede wszystkim jako efektowny gadżet uzupełniający samodzielnie budowane wzmacniacze lub miksery. Ale jego funkcja niekoniecznie musi sprowadzać się jedynie do zapewniania wrażeń estetycznych, bowiem – pomimo prostoty – stanowi on pełnoprawny przyrząd wskazujący bieżący poziom wysterowania. Dlatego można go użyć, na przykład, do kontroli poziomu sygnału podczas nagrywania na taśmę magnetofonu lub do wskazywania poziomu sygnału z mikrofonu.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Sygnał zmienny, którego poziom chcemy analizować, przed podaniem na przetwornik cyfrowo-analogowy należy wyprostować oraz wstępnie wygładzić. Służy do tego prostownik jednopołówkowy zrealizowany na tanim i popularnym wzmacniaczu operacyjnym LM358. Ponieważ dwa kanały mają identyczną topologię, szczegółowo zostanie omówiony tylko jeden z nich.

Rezystor R17, włączony szeregowo z wejściem sygnału, ma dwa zadania. Po pierwsze, ustala wzmocnienie układu, co czyni wraz z potencjometrem P1. Po drugie, chroni wejście wzmacniacza operacyjnego US2A przed przepływem prądu o wysokim natężeniu, którego źródłem może być zakłócenie elektromagnetyczne indukujące się w przewodzie lub pomyłka w podłączeniu układu. Rezystor R18 stanowi kompensację – choć nieidealną – wpływu R17 na układ, ponieważ sprawia, że oba wejścia wzmacniacza operacyjnego „widzą" podobną rezystancję. Podobną, bo na rezystancję sterującą wejściem odwracającym ma również wpływ bieżące położenie ślizgacza potencjometru P1.

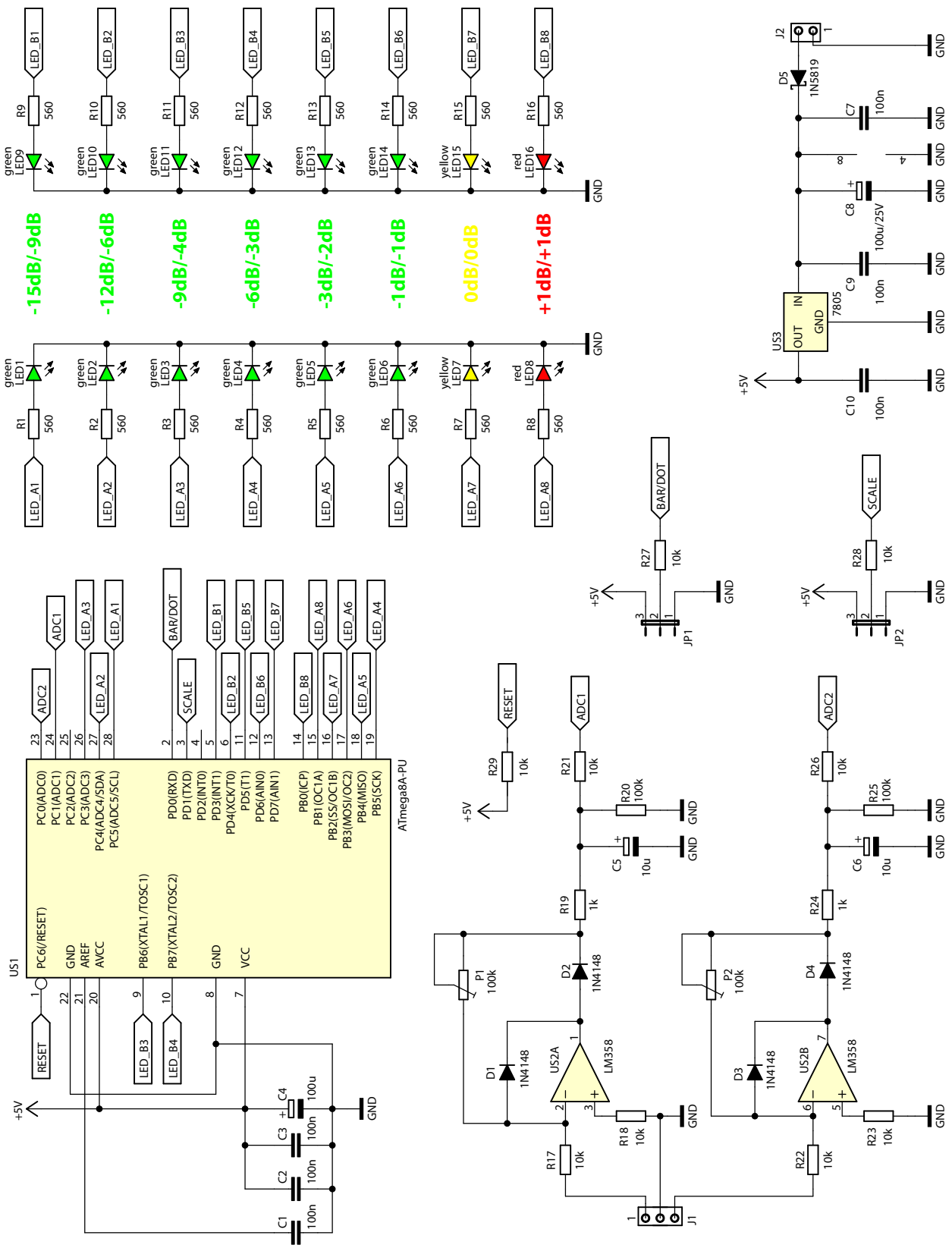
Obwód ten stanowi aktywny prostownik jednopołówkowy i wzmacniacz jednocześnie. Dodatnia połówka sygnału powoduje zejście potencjału wyjścia US2A w pobliżu 0 V, więc dioda D2 zostaje zatkana. Sygnał na wyjście prostownika przechodzi więc przez potencjometr P1, bez żadnego wzmocnienia. Z kolei ujemna połówka daje możliwość reakcji wzmacniaczowi operacyjnemu, gdyż podnosi on potencjał swojego wyjścia tak, by „dolać" poprzez P1 prądu do węzła przy wejściu odwracającym – próbuje w ten sposób utrzymać zerowy potencjał tego wejścia względem masy, bo wejście nieodwracające też ma zerowy potencjał. Stosunek P1/R17 ustala wzmocnienie, więc w tym układzie może ono zawierać się w przedziale 0...10 V/V. Dioda D1 jest, teoretycznie, niepotrzebna, lecz pozwala ograniczyć dodatnią połówkę sygnału wejściowego, która przecież przechodzi przez układ bez żadnego nadzoru ze strony wzmacniacza operacyjnego, do wartości 0,7 V. Chwilowe zakłócenie nie

eprasa.pl ed26111aec

spowoduje zatem wystrzału wskazań w przysłowiowy kosmos.

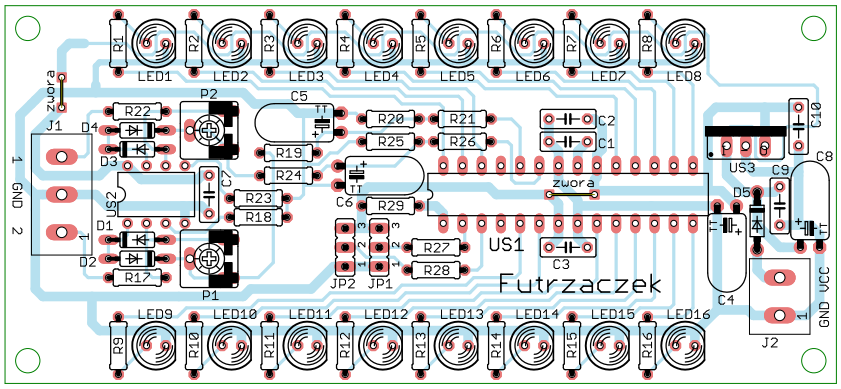
Projektując ten obwód, zakładałem, że sygnał ma zerową składową stałą i jest symetryczny względem 0 V. Oznacza to, że jego wartości szczytowe są zbliżone – zarówno minimalna, jak i maksymalna. Typowy sygnał analogowy audio jak najbardziej spełnia to założenie, lecz uprzedzam o tym założeniu, gdyby ktoś chciał użyć niniejszego układu do zastosowań innych niż pierwotnie przewidziane.

Wyprostowany sygnał ładuje kondensator C5. Ponieważ rezystancja ładująca go (R19=1 kΩ) jest zdecydowanie mniejsza od rozładowującej (R20=100 kΩ), tworzy się przetwornik wartości maksymalnej, czyli jest on szybko ładowany i zdecydowanie wolniej rozładowywany. C5 jest dodatkowo rozładowywany poprzez P1, R17 i źródło sygnału, lecz trudno oszacować wypadkową rezystancję, która to czyni, ponieważ zależy ona od położenia P1. Rezystor R21 ochrania wejście przetwornika analogowo-cyfrowego przed przepływem przez nie wysokiego prądu, jeżeli C5 naładowałby się do napięcia wyższego niż 5 V.



Rysunek 1. Schemat ideowy układu wskaźnika wysterowania

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Podczas projektowania tej części układu założono, że jego wejście będzie współpracowało z typowym wyjściem liniowym, na którym poziom 0 dB odpowiada wartości skutecznej równej 775 mV. To przekłada się na 1,096 V amplitudy, zakładając sygnał sinusoidalnie zmienny. Ten układ wskazuje wysterowanie do +1 dB, co w tej sytuacji oznacza amplitudę 1,23 V. Z kolei przetwornik analogowo-cyfrowy, który mierzy wartość chwilową napięcia po wyprostowaniu, ma napięcie referencyjne o wartości 5 V. Zatem wzmocnienie układu prostującego sygnał powinno w tej sytuacji wynosić 5 V/1,23 V≈4 V/V. Z tego wynika, że P1 powinien być ustawiony w pobliżu połowy swojego dopuszczalnego zakresu ruchu, by uzyskać pożądaną wartość wzmocnienia, gdyż wyniesie ono wówczas teoretycznie 5 V/V.

Dwa sygnały napięciowe są na bieżąco analizowane przez przetwornik A/C mikrokontrolera ATmega8A-PU. To stary i popularny układ, który w tym zastosowaniu sprawdzi się bardzo dobrze: jest wystarczająco szybki i ma odpowiednią liczbę wyprowadzeń do wysterowania wszystkich diod LED, bez jakichkolwiek układów rozszerzających liczbę wyjść. Jego rdzeń jest taktowany wewnętrznym oscylatorem RC o częstotliwości 8 MHz. Jego dokładność i stabilność jako wzorca częstotliwości są mocno dyskusyjne, lecz w tym zastosowaniu nie mają one większego znaczenia.

Napięcie zasilające mikrokontroler pochodzi z wyjścia taniego i znanego układu stabilizatora liniowego typu 7805. Jego napięcie wyjściowe służy również jako napięcie referencyjne przetwornika A/C, lecz to jest tylko wskaźnik – błąd rzędu kilku procent jest absolutnie dopuszczalny. Wzmacniacz operacyjny jest zasilany z wyższego napięcia (wejściowego, które zostało pomniejszone o spadek na przewodzącej diodzie D5) po to, by jego napięcie wyjściowe mogło osiągać wartość 5,7 V lub nawet wyższą.

Na płytce zostały przewidziane dwie zworki: JP1 i JP2, które służą do wyboru trybu pracy układu. Pomiędzy ich środkowe wyprowadzenia a wejścia mikrokontrolera zostały włączone rezystory o wartości 10 kΩ, aby zabezpieczyć owe wejścia przed zniszczeniem spowodowanym ładunkami elektrostatycznymi. Podczas przekładania zworki może dojść do elektrostatycznego „strzału" z palca człowieka w to właśnie wyprowadzenie – rezystor ograniczy prąd pochłonie część energii i wydłuży czas narastania napięcia na wejściu.

Każda z szesnastu diod LED ma indywidualny rezystor ograniczający prąd przewodzenia. W ten sposób jasność świecenia każdej diody jest zawsze taka sama, nie zależy ona od liczby włączonych w tej chwili diod.

Montaż i uruchomienie

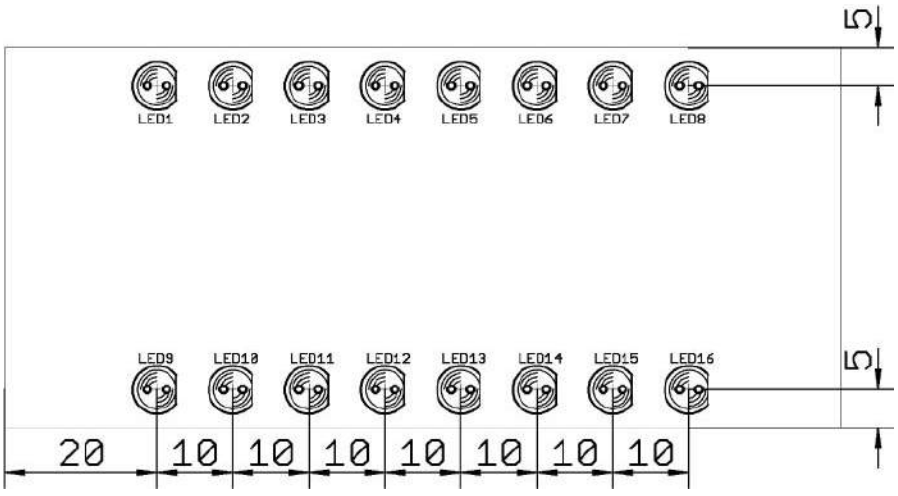
Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 110×50 mm. Jej schemat pokazuje **rysunek 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. **Rysunek 3** pokazuje rozmieszczenie diod LED na powierzchni płytki, ułatwi to wykonanie obudowy.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod oraz dwóch zworek z cienkiego drutu. Pod mikrokontroler warto zastosować podstawkę, co ułatwi jego programowanie. Stabilizator US1 można dogiąć tak, aby położyć go na powierzchni laminatu. To samo dotyczy kondensatorów elektrolitycznych. W układzie prototypowym diody LED wlutowano na możliwie krótkich nóżkach, lecz można je nieco wystawić nad powierzchnię laminatu. Zmontowany układ można zobaczyć na fotografii tytułowej.

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

```
Low Fuse = 0x24
High Fuse = 0xD9
```

Szczegóły są widoczne na **rysunku 4**, który pokazuje okno konfiguracji tych bitów z programu BitBurner. W ten sposób zostanie uruchomiony wewnętrzny generator o częstotliwości wyjściowej 8 MHz oraz Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej



Rysunek 3. Rozmieszczenie diod LED na powierzchni płytki

Wykaz elementów:

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1...R16: 560 Ω
R17, R18, R21...R23, R26...R29: 10 kΩ
R19, R24: 1 kΩ
R20, R25: 100 kΩ
P1, P2: 100 kΩ montażowy leżący jednoobrotowy

Kondensatory:
C1...C3, C7, C9, C10: 100 nF raster 5 mm MKT
C4, C8: 100 µF 25 V raster 2,5 mm
C5, C6: 10 µF 25 V raster 2,5 mm

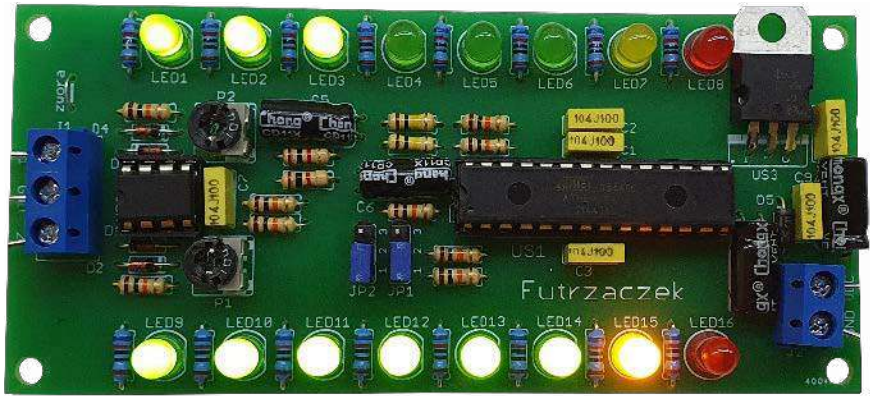
Półprzewodniki:
D1...D4: 1N4148
D5: 1N5819
LED1...LED6, LED9...LED14: zielona dioda LED 5 mm matowa
LED7, LED15: żółta dioda LED 5 mm matowa
LED8, LED16: czerwona dioda LED 5 mm matowa
US1: ATmega8A-PU (DIP28)
US2: LM358 (DIP8)
US3: 7805 (TO220)

Pozostałe:
J1: ARK3/500
J2: ARK2/500
JP1, JP2: goldpin 3 piny męski 2,54 mm THT + zworka
Jedna podstawka DIP28 wąska
Jedna podstawka DIP8

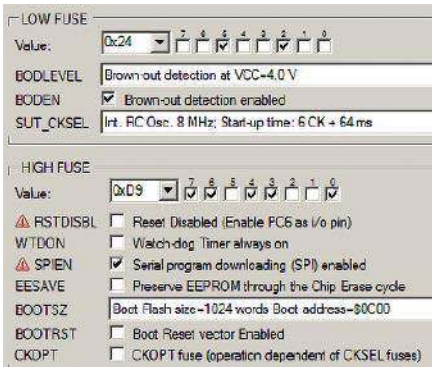
eprasa.pl ed26111aec

Tabela 1. Wartości napięcia w woltach oraz liczbowe na wyjściu ADC odpowiadające poziomom sygnału

Skala bardziej czuła (–15...+1 dB)			Skala mniej czuła (–9...+1 dB)		
Poziom [dB]	**Napięcie [V]**	**Wartość na wyjściu ADC**	**Poziom [dB]**	**Napięcie [V]**	**Wartość na wyjściu ADC**
+1	5,00	1023	+1	5,00	1023
0	4,46	912	0	4,46	912
–1	3,97	813	–1	3,97	813
–3	3,15	645	–2	3,54	724
–6	2,23	457	–3	3,15	645
–9	1,58	324	–4	2,81	575
–12	1,12	229	–6	2,23	457
–15	0,79	162	–9	1,58	324



Fotografia 1. Układ w czasie pracy w trybie linijki (BAR)



Rysunek 4. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

4 V. To znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się układu podczas uruchamiania – zwłaszcza wtedy, gdy napięcie zasilające narasta powoli.

Poprawnie zaprogramowany układ jest od razu gotowy do działania. Powinien być zasilany napięciem stałym, dobrze filtrowanym (najlepiej stabilizowanym) o wartości z przedziału 9…15 V. Pobór prądu zależy od liczby włączonych diod i może się wahać od 10 mA do nawet 100 mA. Można jeszcze bardziej podnieść napięcie wejściowe (do 24 V), lecz wiąże się to z koniecznością zapewnienia dodatkowego elementu chłodzącego stabilizator US3. Podana górna granica (15 V) wiąże się z limitem mocy traconej równym 1 W – bez dodatkowego radiatora.

W pierwszej kolejności należy ustawić wzmocnienie potencjometrami P1 i P2. Sygnał napięciowy audio, pozbawiony składowej stałej, podłączany do zacisków złącza J1 – zacisk „1” odpowiada za górną linijkę diod (LED1…LED8), natomiast „2” za dolną (LED9…LED16). Polecam to robić w trybie linijki (zwarte wyprowadzenia 1 i 2 w JP1) i ze skalą bardziej zagęszczoną wokół 0 dB (zwarte wyprowadzenia 2 i 3 w JP2). Potencjometry należy tak ustawić, by po podaniu sygnału odpowiadającego poziomowi 0 dB układ był na granicy załączenia diod LED7 i LED15 – w kolorze żółtym.

Raz wyregulowany układ może już cieszyć oczy. Przed ostatecznym przykręceniem płytki do obudowy można sobie odpowiednio ustawić zworki:

- zwarte wyprowadzenia 1 i 2 w JP1: tryb linijki (początek paska po lewej stronie);
- zwarte wyprowadzenia 2 i 3 w JP1: tryb kropki (świeci tylko jedna dioda, im bardziej na prawo, tym wysterowanie jest wyższe);
- zwarte wyprowadzenia 1 i 2 w JP2: skala o większej czułości, obejmująca szerszy zakres (–15 dB, –12 dB, –9 dB, –6 dB, –3 dB, –1 dB, 0 dB, +1 dB);
- zwarte wyprowadzenia 2 i 3 w JP2: skala o niższej czułości, obejmująca węższy zakres (–9 dB, –6 dB, –4 dB, –3 dB, –2 dB, –1 dB, 0 dB, +1 dB).

Ustawienie zworek działa na oba kanały jednocześnie. Na **fotografii 1** można zobaczyć działający układ w trybie linijki – początek pasków diod jest po lewej stronie. Jeżeli aktualny poziom sygnału jest niższy niż –15 dB lub –9 dB, zależnie od ustawionej skali, nie świeci się żadna z diod.

Dla ciekawskich

Układ został zrealizowany przy użyciu mikrokontrolera, co pozwoliło na uzyskanie dwóch różnych skali. W wersji z komparatorami wymagałoby to wymiany wielu rezystorów na egzemplarze o innej wartości, tutaj wystarczy przełączyć zworką numer tablicy, która służy jako odniesienie – jeżeli aktualny poziom napięcia jest wyższy lub równy tej wartości, załącza tę diodę.

ATmega8A ma 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, co oznacza, że dioda oznaczająca +1 dB (początek przesterowania) powinna się załączać przy maksymalnej możliwej do uzyskania przez niego wartości wyjściowej, czyli 1023. Nie ma sensu rozszerzania zakresu pomiarowego w górę, ponieważ wszystko to, co jest powyżej 0 dB, oznacza przesterowanie. Korzystając z właściwości logarytmów i prostej matematyki, powstała **tabela 1**, na podstawie której są załączane kolejne diody, wskazując w ten sposób chwilowy poziom sygnału. Użycie gotowej tablicy powoduje znacznie mniejsze zużycie zasobów mikrokontrolera i było wręcz konieczne, ponieważ wdrożenie funkcji obliczającej potęgę niecałkowitą powodowało zajęcie 120% pamięci mikrokontrolera…

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

LASEROWE
SZABLONY
DO MONTAŻU SMT

Materiał: stal nierdzewna CrNi
Zakres grubości blach: 0,020–1,000 mm
Wycinamy również detale
o dowolnych kształtach

LASTENIC
LASER STENCILS

LASTENIC LASER & ELECTRONICS sp. z o.o.
58-100 Świdnica, ul. Husarska 5
tel. 74 851 48 77, 697 977 732
www.lastenic.com info@lastenic.com

eprasa.pl ed26111aec

W ofercie AVT*
AVT5990

Podstawowe parametry:
- tor odbiorczy z bezpośrednią przemianą częstotliwości,
- odbiór transmisji DSB lub SSB (w sprzyjających warunkach),
- załączany za pomocą przełącznika filtr wąskopasmowy do odbioru sygnałów CW, FSK, PSK, itp.,
- pokrętła zgrubnego i precyzyjnego przestrajania,
- wyjście kontrolne częstotliwości VFO do podłączenia częstościomierza,
- zintegrowany wzmacniacz słuchawkowy 2×1 W/8 Ω.

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

AVT6017	RX Ewa 40 m – odbiornik początkującego radioamatora (EP 12/2023)
AVT5900	Dwupasmowy odbiornik nasłuchowy KF RX Wiesia 80/40 m (EP 11/2021)
AVT3198	Modułowy odbiornik nasłuchowy na pasma 80 m i 40 m „Dosia” – mikroprocesorowy moduł kontrolno-sterujący (EP 2–3/2020)
AVT3230	Czteropasmowy odbiornik „Staś” – odbiornik CW/SSB początkującego nasłuchowca (80/40/30/20 m) (EdW 8/2018)
–––––	Odbiornik nasłuchowy na pasmo 80 m (EP 6/2015)
AVT2970	Odbiornik SDR na pasmo 2 m (EdW 2/2011)

* **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**.

Odbiornik nasłuchowy na pasmo KF 80 m „Kubuś” (2)

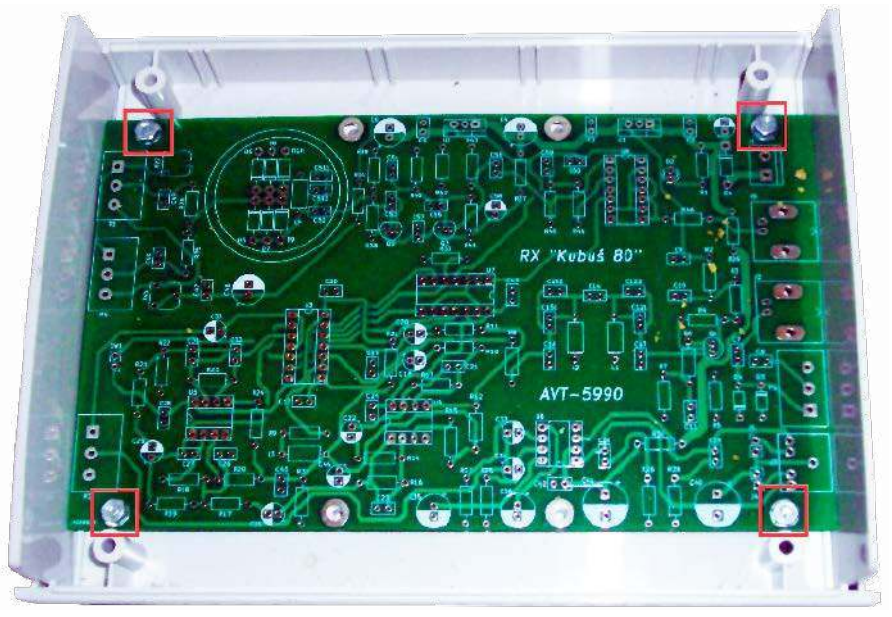
Odbiorniki nasłuchowe stanowią pierwszy znaczący krok do magicznego świata konstrukcji i łączności radiowych. W podanych dziedzinach pomagają rozwijać pasje, które z czasem mogą przerodzić się w profesjonalne umiejętności techniczne i komunikacyjne (także interpersonalne). Prezentowane urządzenie powstało w odpowiedzi na znaczne zainteresowanie Czytelników jako nieco okrojona i zintegrowana na pojedynczej PCB wersja projektów z serii „AVT319x – Modułowy odbiornik nasłuchowy Dosia”. W drugim odcinku z cyklu artykułów zostały poruszone aspekty montażu, uruchomienia oraz obsługi urządzenia. Projekt ten dedykuję mojemu synowi – Jakubowi.



Pierwsza część projektu znajduje się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

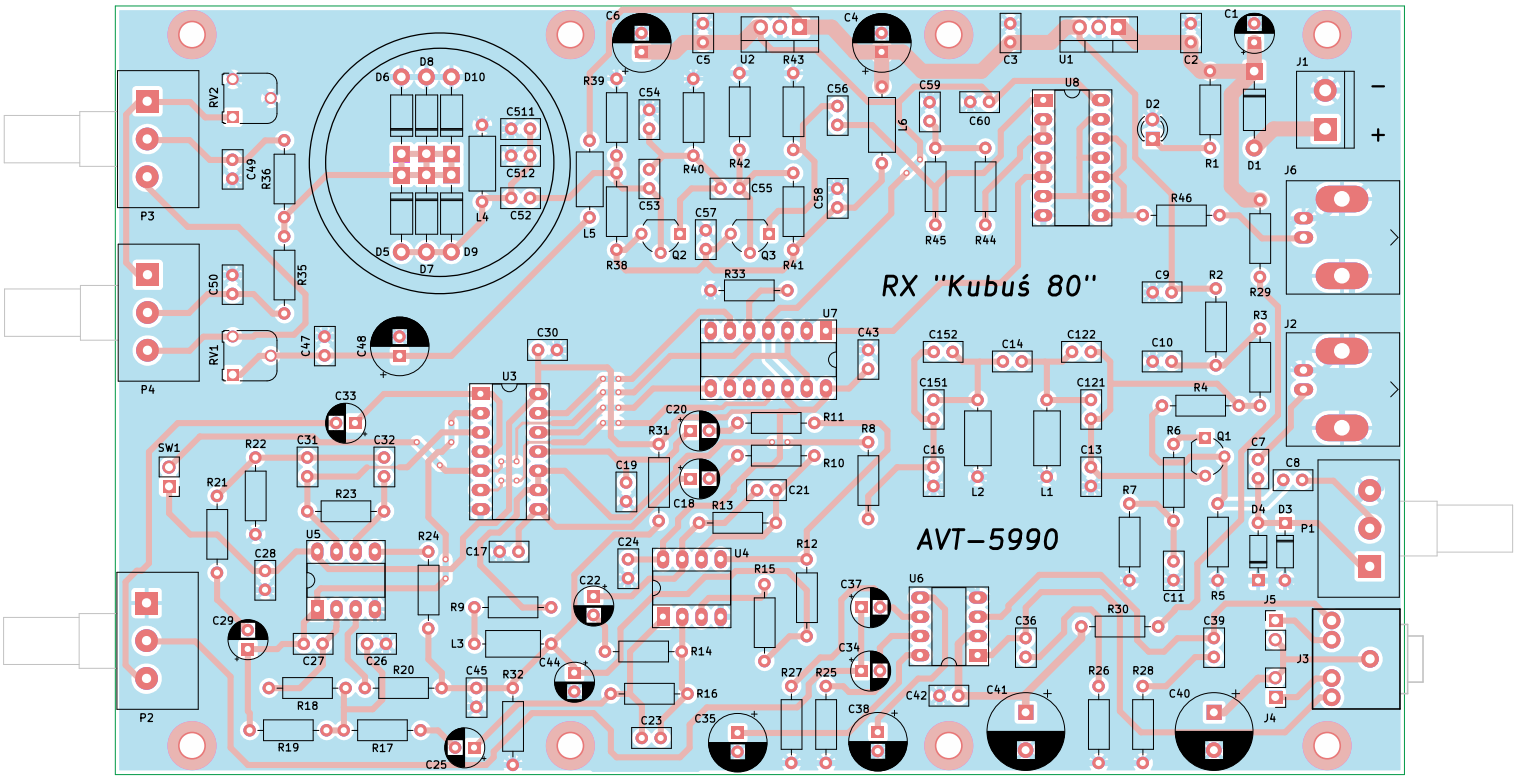
Montaż, uruchomienie i obsługa odbiornika

Na **rysunku 2** zamieszczono schemat montażowy płytki drukowanej odbiornika. Dla ułatwienia skutecznego, poprawnego i w pełni satysfakcjonującego ukończenia konstrukcji odbiornika nasłuchowego „Kubuś”, już na etapie projektowania PCB wybrano obudowę, która spełniałaby wymagania projektowe. Jest nią, wykonana z tworzywa sztucznego, kompaktowa obudowa typu Z112A produkcji firmy Kradex. Charakteryzuje się ona bardzo starannym wykonaniem i pasowaniem elementów oraz (w opinii autora tego projektu) wysoce estetycznym wyglądem. Dlatego, jeszcze przed rozpoczęciem montażu elementów elektronicznych, zachęca się do dokonania wstępnego pasowania płytki drukowanej do właściwej obudowy. Rezultaty takiego pasowania (w prototypowym urządzeniu autora) pokazano na **fotografii 2**. W PCB zostało wykonanych osiem metalizowanych otworów o średnicy 3,2 mm, które można wykorzystać (niekoniecznie wszystkie z nich) do zamocowania płytki drukowanej w obudowie. Otwory montażowe



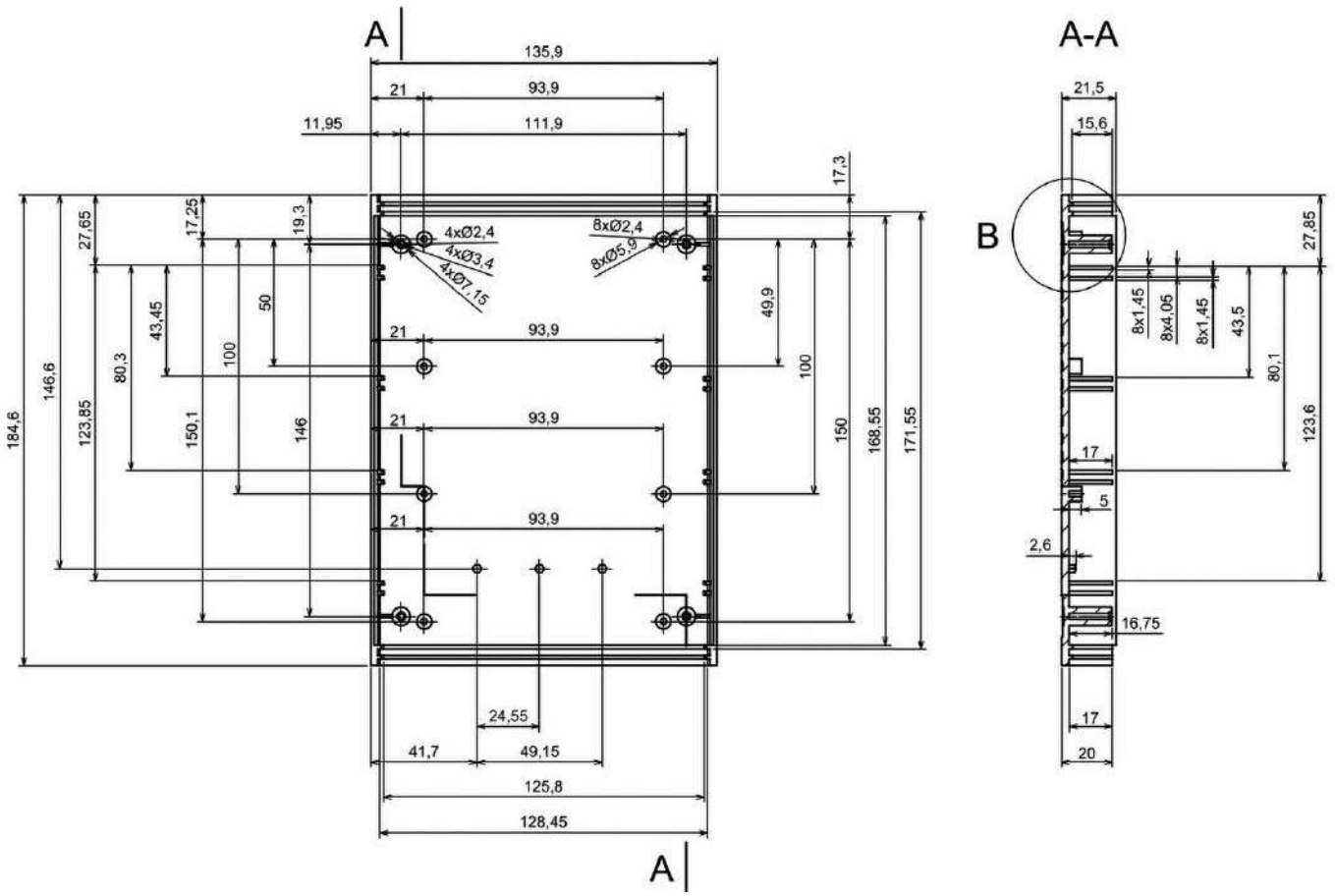
Fotografia 2. Pasowanie PCB odbiornika do obudowy Z112A

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 2. Schemat montażowy płytki odbiornika „Kubuś”

w płytce drukowanej są dokładnie dopasowane do wyniesionych pól montażowych w obudowie Z112A, której kluczowe wymiary można znaleźć na **rysunku 3**. Przykładowo, pokazane na fotografii 2 mocowanie PCB do obudowy zakłada wykorzystanie czterech skrajnych otworów montażowych, dostępnych w płytce drukowanej. Już na tym etapie prac warto rozważyć aplikację prostego ekranowania wewnątrz obudowy za pomocą metalowej folii samoprzylepnej. Na **fotografii 3** pokazano wnętrze obudowy w trakcie ekranowania. Wskazane jest staranne wyklejenie jak największej powierzchni wnętrza obudowy – tak aby poszczególne



Rysunek 3. Kluczowe wymiary obudowy Z112A

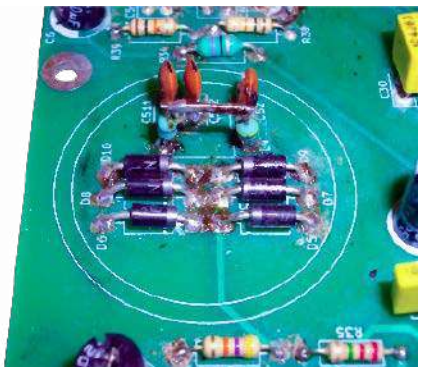
eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 3. Wnętrze obudowy w trakcie ekranowania

fragmenty metalowej folii miały połączenie galwaniczne ze sobą oraz z masą układu elektronicznego. W przykładowym rozwiązaniu wykorzystano stosunkowo niedrogą folię aluminiową produkcji dobrze znanej od lat na rynku firmy 3M, jednak lepsze rezultaty powinno przynieść zastosowanie folii miedzianej (niestety, znacznie droższej).

Mając wstępnie rozwiązane zagadnienie mocowania PCB w obudowie, można przystąpić do montażu i uruchomienia kluczowej części elektronicznej. Standardowo, rekomendowane jest rozpoczęcie montażu od elementów najniższych, a kończąc na najwyższych. Następnie należy przejść do uruchomienia i regulacji całości urządzenia. Autor projektu chciałby jednak zaproponować nieco alternatywne podejście. Po pierwsze, dla wygody realizacji dalszych prac montażowych faktycznie warto jest w pierwszej kolejności zalutować wszystkie rezystory stałe oraz podstawki pod układy scalone. Następnie należy wykorzystać śruby mocujące płytkę drukowaną do obudowy poprzez tymczasowe przykręcenie ich w czterech narożnych otworach PCB – w taki sposób, aby stanowiły swoisty „roboczy stojak", zapewniający fizyczny dystans (a więc także izolację galwaniczną) względem podłoża (np. biurka), na którym wykonywane są prace montażowe i uruchomieniowe. W dalszej kolejności można przystąpić do uzupełniania (zalutowywania) brakujących elementów – jednak tylko w wybranych blokach odbiornika i – w połączeniu z następującymi po takich montażach uzupełniających – pracami uruchomieniowymi oraz niezbędnymi pomiarami kontrolnymi.



Fotografia 4. Kluczowe elementy VFO przed termoizolacją

W pierwszej kolejności rekomendowane jest oczywiście uzupełnienie wszystkich brakujących elementów w bloku zasilania stabilizowanego. Następnie należy (po raz pierwszy) podać na wejście odbiornika J1 napięcie zasilające +12 V prądu stałego (powinna oczywiście zaświecić się roboczo podłączona dioda LED D2) a następnie sprawdzić na wyjściach stabilizatorów U1 i U2 obecność napięć zasilających +9 V oraz +5 V.

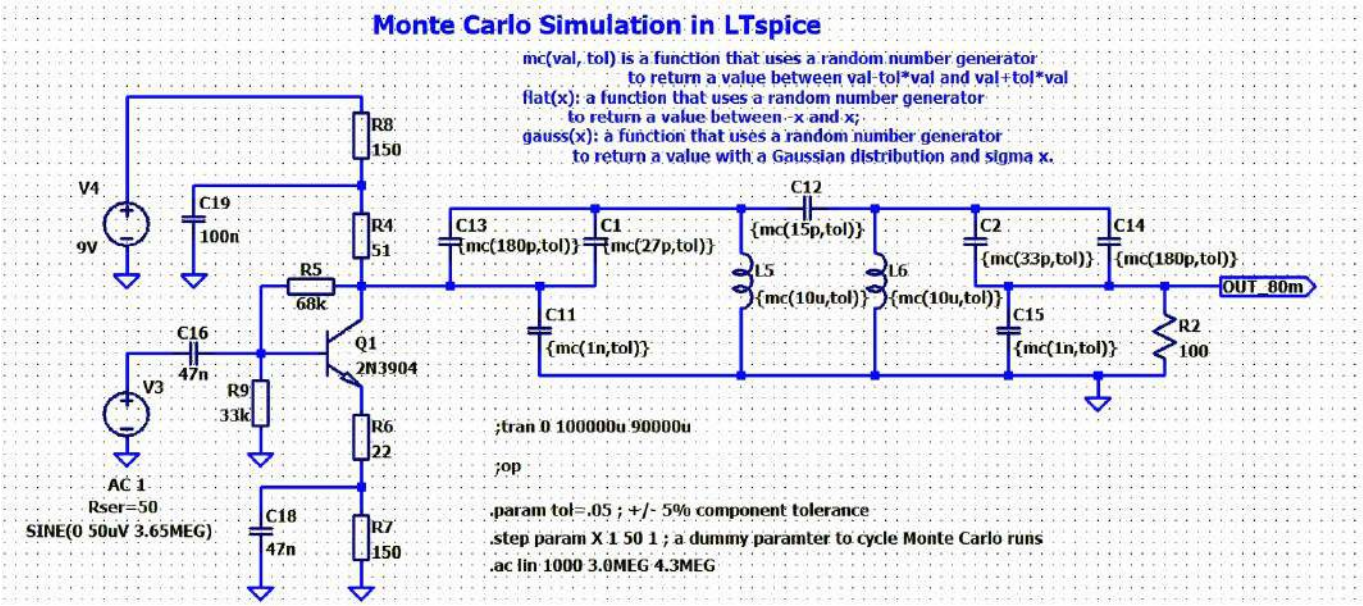
Na dalszym etapie prac należy przystąpić do uruchomienia bloku generatora VFO. W tym celu, w pierwszej kolejności trzeba wlutować wyłącznie tranzystory Q2 i Q3, a następnie sprawdzić poprawność uzyskanych napięć w stałoprądowym punkcie pracy (przy nieczynnym jeszcze generatorze). Napięcia na bazach obu tranzystorów Q2 i Q3 powinny wynosić około 9,0 V/2=4,5 V, natomiast napięcia na ich emiterach powinny być niższe o około 0,65 V, przy czym należy liczyć się z niewielkim (<5%) rozrzutem wartości tych parametrów. Jeśli podane warunki zostały spełnione, to (po odłączeniu zasilania) można przystąpić do wlutowania pozostałych elementów w blokach: generatora VFO, strojenia generatora VFO oraz formowania sygnału VFO. Do strojenia generatora potrzebny będzie cyfrowy miernik częstotliwości lub (lepiej) oscyloskop cyfrowy, które umożliwią stwierdzenie obecności sygnału wyjściowego z VFO na porcie wyjściowym J6 oraz pomiar częstotliwości tego sygnału – z dokładnością nie gorszą od przynajmniej 1 kHz. Na **fotografii 4** pokazano kluczowe elementy VFO (przed końcową termoizolacją). Strojenie generatora VFO powinno przebiegać według poniższego algorytmu:

1. Potencjometry montażowe RV1 oraz RV2 ustawiamy wstępnie w skrajnych położeniach tak, by na suwakach potencjometrów obrotowych regulacji częstotliwości Fvfo (P3 i P4) uzyskać maksymalny możliwy zakres napięć, tzn. 0...9 V.
2. Potencjometry obrotowe regulacji częstotliwości Fvfo (P3 i P4) ustawiamy w środkowych położeniach. Napięcie na ich suwakach powinno wynosić wówczas około 9 V/2=4,5 V.
3. W razie konieczności dobieramy wartości pojemności C511 i C512 tak, aby na wyjściu pomiarowym VFO (port J6) uzyskać częstotliwość Fvfo maksymalnie zbliżoną do środka pasma 80 m, tzn. (3,5+3,8)/2=3,65 MHz. W przypadku zastosowania tej procedury najpierw należy dobrać wartość C511 na Fvfo>=3,65 MHz (ale jak najbliższą podanej wartości częstotliwości), a następnie skorygować Fvfo wg potrzeb poprzez równoległe dołączenie niewielkiej pojemności C512; dobieranie to realizujemy „na pająku", dolutowując kondensatory C511 i C512 (z jak najkrótszymi końcówkami) wprost do wyprowadzeń dławika L4.
4. Sprawdzamy uzyskany zakres przestrajania częstotliwości Fvfo w skrajnych

Tabela 1.

Zakres częstotliwości [kHz]	Maksymalna szerokość pasma sygnału [Hz]	Rodzaje emisji oraz ich przeznaczenie
3500...3510	200	CW, pierwszeństwo dla łączności międzykontynentalnych
3510...3560	200	CW, preferencja dla zawodów
3560...3570	200	CW w trybie QRP
3570...3580	200	Wąskopasmowe emisje cyfrowe
3580...3590	500	Wąskopasmowe emisje cyfrowe
3590...3600	500	Wąskopasmowe emisje cyfrowe (stacje bezobsługowe)
3600...3620	2700	Wszystkie rodzaje emisji
3600...3650	2700	Wszystkie rodzaje emisji, preferencja dla zawodów w trybie SSB
3650...3700	2700	SSB w trybie QRP
3700...3800	2700	Wszystkie rodzaje emisji, preferencja dla zawodów w trybie SSB
3775...3800	2700	Wszystkie rodzaje emisji, preferencja dla łączności międzykontynentalnych

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 4. Schemat układu (z komendami uruchomieniowymi) wykorzystanego do symulacji komputerowej wzmacniacza dopasowania impedancji i filtru w.cz. w środowisku Ltspice

położeniach potencjometru P3. Jeśli jest on szerszy od oczekiwanego maksymalnego zakresu (3,5...3,8 MHz), to możemy go zawęzić na drodze iteracyjnych, naprzemiennych korekt ustawień potencjometrów montażowych RV1 i RV2.

5. Jeśli uzyskany zakres przestrajania jest zbyt wąski lub w ogóle nieodpowiedni względem pasma KF 80 m, to konieczna może okazać się wymiana indukcyjności L4 na nieco mniejszą lub nieznacznie większą wartość. Należy przy tym pamiętać o zasadach, że w pierwszym z podanych przypadków przestrajane pasmo Fvfo powędruje „w górę” a w drugim – „w dół” skali częstotliwości. Warto mieć także na uwadze fakt, że im mniejsza będzie suma pojemności C511+C512, tym szerszy będzie względny zakres przestrajanego pasma i odwrotnie, tzn. im większa będzie suma pojemności C511+C512, tym węższy będzie względny zakres przestrajanego pasma. Zależności te wynikają z faktu, iż zakres zmian pojemności Cvar zestawu diod D5...D10 pozostaje niezmienny, a względny zakres przestrajania Fvfo zależy wprost od względnego udziału Cvar w wypadkowej pojemności obwodu rezonansowego LC – z indukcyjnością L4 i wypadkową pojemnością C=C511+C512+Cvar.
6. Ostatecznie, w przypadku trudności z uzyskaniem pełnego pokrycia pasma KF 80 m (Fvfo=3,5...3,8 MHz), nie należy zrażać się tym faktem, ale po prostu zestroić generator VFO na taki wycinek pasma 80 m, który będzie najbardziej interesujący dla przyszłego użytkownika urządzenia. Wybierając stosowny wycinek pasma, warto posłużyć się informacjami o przeznaczeniu poszczególnych fragmentów pasma KF 80 m, zamieszczonymi w początkowej części tego artykułu (**tabela 1**).

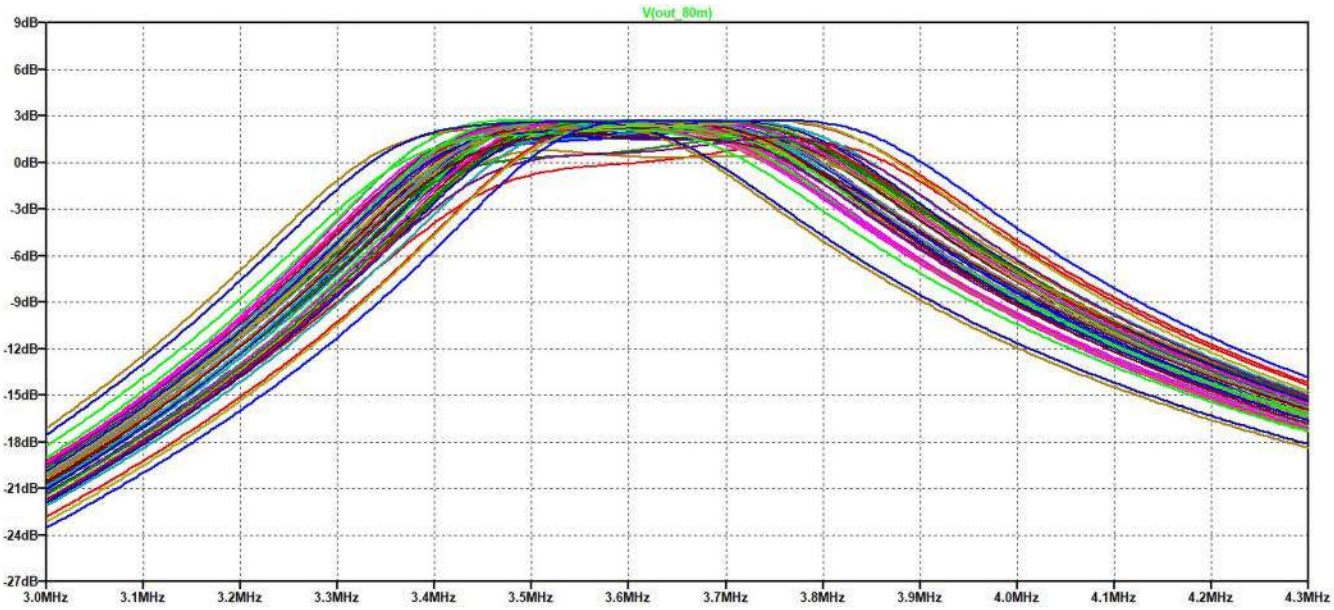
Po satysfakcjonującym zestrojeniu generatora VFO można przystąpić do uruchomienia wzmacniacza dopasowania impedancji. Po uzupełnieniu kompletu elementów w tym bloku i ponownym załączeniu zasilania +12 V, należy zweryfikować stałoprądowy punkt pracy tranzystora Q1. Do uruchomienia tego oraz kolejnego w torze sygnałowym bloku filtru w.cz. na pasmo 80 m posłużono się symulacją komputerową, wykonaną za pomocą programu LTspice. **Rysunek 4** pokazuje schemat układu, który posłużył m.in. do tego celu (wraz z niezbędnymi komendami uruchomieniowymi oraz przydatnymi komentarzami). Napięcia na bazie, emiterze i kolektorze tranzystora Q1, uzyskane w wyniku symulacji zamodelowanego układu, powinny wynosić kolejno około: Vb(Q1)=1,95 V, Ve(Q1)=1,24 V oraz Vc(Q1)=7,54 V. Oczywiście, należy liczyć się z możliwymi niewielkimi odstępstwami od uzyskanych dla modelowego układu wartości napięć, które jednak w przypadku zastosowania odpowiednich, pełnowartościowych podzespołów nie powinny przekraczać 5%.

Skonfigurowany układ z rysunku 4 posłużył też do komputerowej symulacji kolejnego bloku, jakim jest pasmowy filtr w.cz. Nie była to jednak analiza stałoprądowego punktu pracy, która w tym zastosowaniu praktycznie nie ma sensu, a symulacja wpływu rozrzutu elementów LC filtru na łączną (wypadkową) charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza i filtru. W tym celu zastosowano tzw. analizę Monte Carlo, która polega na powtarzaniu kolejnych symulacji – jednak z wybranymi parametrami losowo zmieniającymi się w dozwolonych przedziałach wartości. Na **rysunku 5** można zobaczyć rezultaty takiej właśnie analizy, wykonanej w oparciu o rezultaty 50 symulacji,

REKLAMA



eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 5. Rezultaty częstotliwościowej analizy Monte Carlo, wykonanej dla bloków wzmacniacza i filtru w.cz.



Fotografia 5. Montaż PCB odbiornika (widok z lewej)



Fotografia 6. Montaż PCB odbiornika (widok z prawej)

w trakcie których parametry wszystkich elementów LC filtru w.cz. zmieniały się losowo w zakresie maksymalnej tolerancji ±5%. Jak widać z zaprezentowanej rodziny charakterystyk, w podanych warunkach granice pasma przenoszenia wzmacniacza wstępnego i filtru w.cz. mogą przesuwać się nawet o około ±200 kHz a jego transmitancja w środku pasma fluktuuje od około 0 do +3 dB. Wniosek z rezultatów tej symulacji jest taki, że warto zastosować w filtrze w.cz. podzespoły o jak najlepszych parametrach (tj. możliwie najmniejszych tolerancjach), a idealnym rozwiązaniem byłby pomiar kontrolny wartości elementów przed montażem oraz pomiar rzeczywistych charakterystyk częstotliwościowych uruchomionego układu. Oczywiście, w przypadku zastosowania elementów LC o większych rozrzutach produkcyjnych uzyskane rezultaty byłyby jeszcze gorsze.

Montaż i uruchomienie pozostałych bloków odbiornika: mieszacza ze wzmacniaczem różnicowym, wzmacniacza wstępnego, obu filtrów m.cz. oraz końcowego wzmacniacza audio wraz z podukładami towarzyszącymi, przeprowadzony z właściwych, pełnowartościowych elementów, nie powinny nastręczać najmniejszych trudności.

W pełni zmontowany i uruchomiony układ odbiornika należy zamocować w odpowiedniej obudowie. Przykłady takiego montażu, wykonanego w rekomendowanej dla tego projektu obudowie Z112A, pokazano na **fotografii 5** (widok z lewej strony) oraz **fotografii 6** (widok z prawej strony). Poprawę stabilności częstotliwości pracy generatora VFO powinna zapewnić dodatkowa, prosta termoizolacja jego kluczowych



Fotografia 7. Montaż przedniego panelu odbiornika w obudowie



Fotografia 8. Montaż tylnego panelu odbiornika w obudowie

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 9. Przedni panel odbiornika



Fotografia 10. Przedni panel odbiornika

elementów, odpowiedzialnych właśnie za ten parametr roboczy. Wykonano ją z wykorzystaniem zwykłej nakrętki od popularnej butelki z tworzywa sztucznego typu PET, której krawędzie uprzednio wyrównano drobnym papierem ściernym, a samą nakrętkę doklejono do PCB klejem typu BUTAPREN. Przed końcowym montażem układu w obudowie należy pochylić się nad starannym wykończeniem i mocowaniem przedniego i tylnego panelu odbiornika. Szczegóły takich rozwiązań w modelowym egzemplarzu autora projektu, widziane od strony wnętrza obudowy, pokazano na **fotografii 7** (przedni panel) oraz na **fotografii 8** (tylny panel). Przy wytyczaniu miejsc pod otwory w panelach obudowy warto podeprzeć się projektem płytki drukowanej w wersji komputerowej oraz suwmiarką. **Fotografie 9** i **10** prezentują szczegóły przykładowego wykończenia obu paneli, widziane od zewnątrz. Elementy opisowe wydrukowano na specjalnym papierze samoprzylepnym – ich wzory są dostępne w materiałach dodatkowych do projektu odbiornika.

Obsługa poprawnie zmontowanego, uruchomionego i zestrojonego odbiornika nie wymaga obszernego komentarza. Urządzenie warto zasilić ze źródła bateryjnego lub akumulatorowego, ponieważ wszelkiego rodzaju (tak popularne w dzisiejszych czasach) zasilacze z przetwornicami impulsowymi, w większości przypadków – pomimo zastosowania rozbudowanych układów filtrujących – będą źródłem silnych, uciążliwych zakłóceń, bardzo wyraźnie słyszalnych w odbiorniku. Do wyjścia wzmacniacza audio można podłączyć standardowe słuchawki stereofoniczne o impedancji 32 Ω lub parę małych głośników o minimalnych: impedancji i mocy znamionowych 8 Ω/1 W. Oczywiście, kluczowa do uzyskania poprawnego odbioru jest odpowiednia antena. Konstrukcja takiej anteny stanowi osobne dość obszerne zagadnienie i dlatego nie będzie tu szczegółowo poruszana (w Internecie istnieje sporo dostępnych, także za darmo, materiałów na ten temat). Jakkolwiek do wykonania pierwszych nasłuchów lokalnych stacji wystarczy najprostszy dipol półfalowy o wymiarach 2×20 m lub choćby najprostsza antena typu Long Wire o długości kilkunastu metrów. Osobom, które napotykają trudności z instalacją (choćby tymczasowej) anteny o zbliżonych wymiarach, autor projektu proponuje zapoznanie się z konstrukcjami wszelkich anten o wymiarach znacząco skróconych względem przytoczonych powyżej. Regulacja odbiornika odbywa się „na słuch”: głośność audio oraz ewentualne tłumienie w torze w.cz. dobieramy do własnych preferencji oraz do siły sygnału odbieranej stacji. Strojenie częstotliwości, po wstępnym wygrzaniu generatora VFO, które zwykle trwa od kilku do kilkunastu minut, należy realizować najpierw za pomocą dedykowanych potencjometrów obrotowych, przy czym oczywiście strojenie zgrubne należy wykonywać dość ostrożnie (powoli). Dokładne dostrojenie do odbieranej stacji wykonujemy za pomocą potencjometru precyzera. W przypadku odbioru emisji fonicznych (SSB), z uwagi na fakt, że w pasmie 80 m zwyczajowo pracuje się z wykorzystaniem dolnej wstęgi bocznej (LSB), zdecydowanie wygodniejsze będzie szukanie aktywnych stacji na skali częstotliwości „od góry” pasma, czyli od częstotliwości 3,8 MHz. Idealnym miejscem do prowadzenia nasłuchów może być na przykład działka rekreacyjna, oddalona od miejskich źródeł zakłóceń radiowych i dająca dogodne warunki do eksperymentów z instalacjami antenowymi.

Podsumowanie

W drugiej części publikacji, poświęconej odbiornikowi nasłuchowemu „Kubuś”, szczegółowo omówiono aspekty związane z montażem i uruchomieniem urządzenia. Podano także wskazówki odnośnie do obsługi i eksploatacji radioodbiornika. W następnej, ostatniej już części opisu zostaną przede wszystkim omówione: metodyka oraz rezultaty pomiarów kontrolnych odbiornika. Nakreślimy także możliwości jego dalszej rozbudowy.

Adam Sobczyk, SQ5RWQ
sq5rwq@gmail.com

REKLAMA



eprasa.pl ed26111aec

W ofercie AVT*
AVT6024

Podstawowe parametry:
- dwa niezależnie sterowane kanały włącz/wyłącz,
- nadajnik przystosowany do wbudowania w obudowę podwójnego włącznika natynkowego,
- zasilanie nadajnika baterią CR2032,
- zasilanie odbiornika napięciem sieciowym 100...240 V AC,
- odbiornik przystosowany do zamontowania w obudowie Z101 na szynę DIN,
- dioda LED w odbiorniku, sygnalizująca odebranie informacji z nadajnika oraz niski poziom jego baterii,
- dopuszczalny pobór prądu 2,5 A/kanał.

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

AVT5942	Bezprzewodowy wyłącznik wi-link (EP 7/2022)
AVT5855	Bezprzewodowy system powiadamiania z informacją zwrotną (EP 4/2021)
AVT5731	Radiowy sterownik serwomechanizmów (EP 12/2019)
AVT5635	Bezprzewodowy, energooszczędny system pomiaru temperatury (EP 8...9/2018)
AVT5623	4-kanałowy termometr z interfejsem Wi-Fi (EP 4/2018)
AVT5530	Regulator natężenia oświetlenia z Wi-Fi (EdW 10/2017)
AVT5590	Zdalny włącznik radiowy (EP 6/2017)
AVT5566	THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT5535	Termometr 2-kanałowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
AVT5518	Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)
AVT1863	Termometr z interfejsem Bluetooth (EP 8/2015)
AVT5455	Zdalny włącznik dwukanałowy (EP 6/2014)
AVT5290	3-kanałowa aparatura do zdalnego sterowania modeli (EP 5/2011)
AVT1540	Zdalny miernik napięcia (EP 9/2009)

* **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.

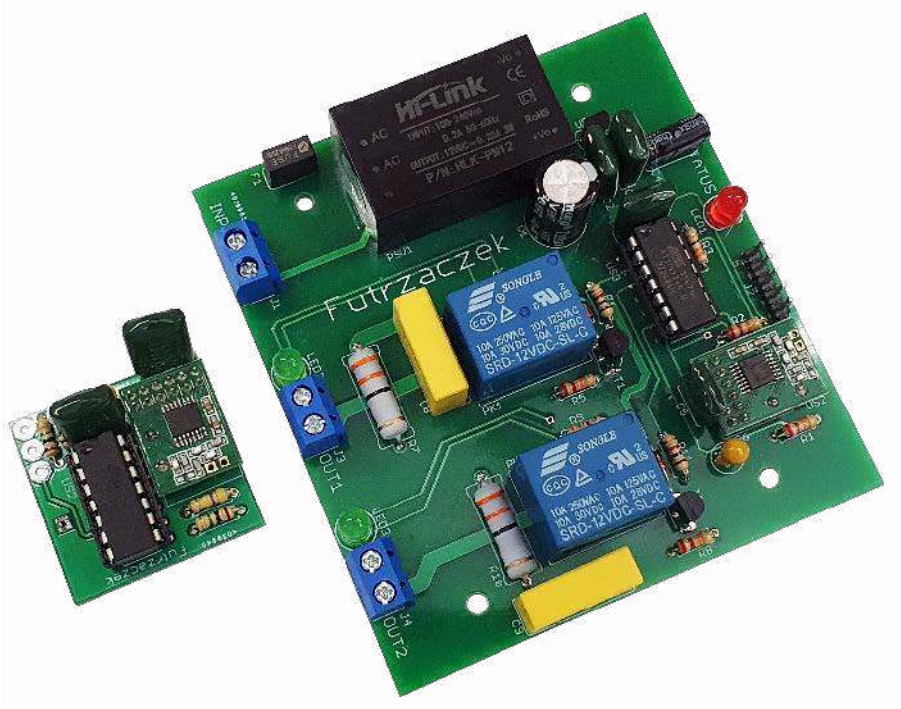
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**.

Bezprzewodowy włącznik dwukanałowy

Tradycyjne stykowe włączniki sieciowe wymagają tego, aby prąd zasilający załączane urządzenie przepływał bezpośrednio przez nie. Ale nie zawsze jest to możliwe – przykładowo, chcielibyśmy sterować odbiornikiem z innego pomieszczenia lub w ogóle z innego budynku. Można pociągnąć bardzo długie przewody, co wiąże się z przewiercaniem ścian lub… przekazać informację drogą radiową.



Jeżeli wyłącznik zasilania (na przykład lampy) znajduje się w tym samym pomieszczeniu, co sterowany odbiornik, to sprawa zazwyczaj jest banalnie prosta: wystarczy poprowadzić między nimi przewód, podłączyć i gotowe. Z podobną sytuacją mamy do czynienia wtedy, gdy wyłącznik jest po drugiej stronie ściany – wszak technologię wiercenia w betonie ludzkość ma od dawna opanowaną. A jeżeli nie chcemy wiercić, bo mur jest – przykładowo – zabytkowy? Albo wymagałoby to przewiercenia się przez szalenie twardy strop? Albo wersja najgorsza: włącznik sterujący umieszczony jest w zupełnie innym budynku (np. stróżówce), a lampy znajdują się dużo, dużo dalej?

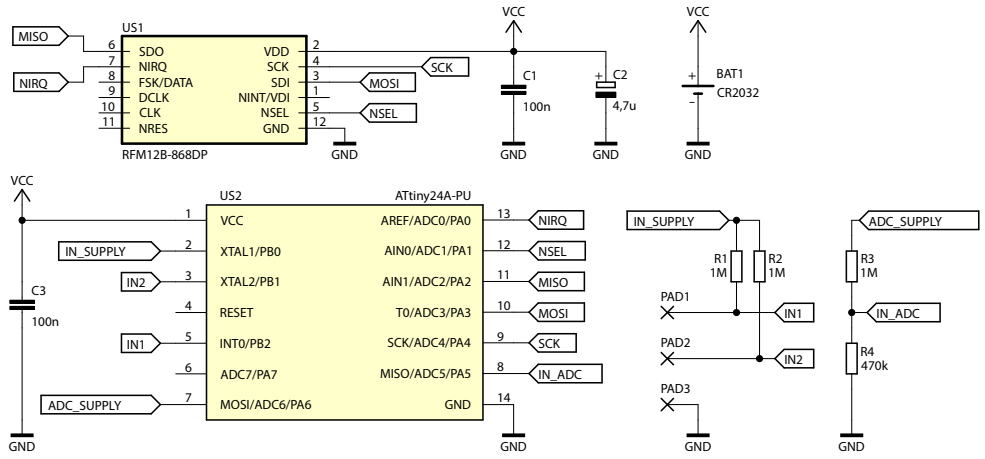
Na szczęście mamy medium, któremu niestraszny jest dystans – mowa oczywiście o falach radiowych. Ten układ może stanowić „przedłużenie" klasycznego wyłącznika. W jednym miejscu wieszamy nadajnik, obudowany w elegancką puszkę natynkową (lub nawet podtynkową), a w drugim mamy przekaźniki, których stany odwzorowują położenie styków w tymże wyłączniku. Proste i przydatne!

Budowa

Urządzenie zostało podzielone na dwie płytki drukowane. Pierwsza z nich pełni funkcję nadajnika, a jej schemat ideowy widnieje na **rysunku 1**. Układ został uproszony do granic możliwości, aby jak najbardziej zredukować wymiary PCB, zachowując jednocześnie montaż przewlekany wszystkich elementów. Zasilanie pochodzi z baterii BAT1 o nominalnym napięciu 3,0 V – w praktyce nieco wyższym, gdyż nowa bateria litowa CR2032 ma około 3,3…3,5 V. Dzięki kilku rozwiązaniom, energia w niej zgromadzona może wystarczyć nawet na kilka lat funkcjonowania układu.

Jako nadajnik radiowy na częstotliwości 868 MHz został wykorzystany gotowy moduł transceivera typu RFM12B-868DP firmy HopeRF. Układ zbudowano na niewielkiej płytce drukowanej z wyprowadzeniami szpilkowymi do montażu przewlekanego. To, co trzeba mu zapewnić, to dobre odsprzęganie zasilania (dbają o to kondensatory C1 i C2), niewielką antenę (o czym piszemy nieco dalej) oraz komunikację cyfrową poprzez interfejs SPI. Co istotne, moduł został dobrze zoptymalizowany pod kątem energooszczędności, co w tym zastosowaniu jest niezwykle ważne.

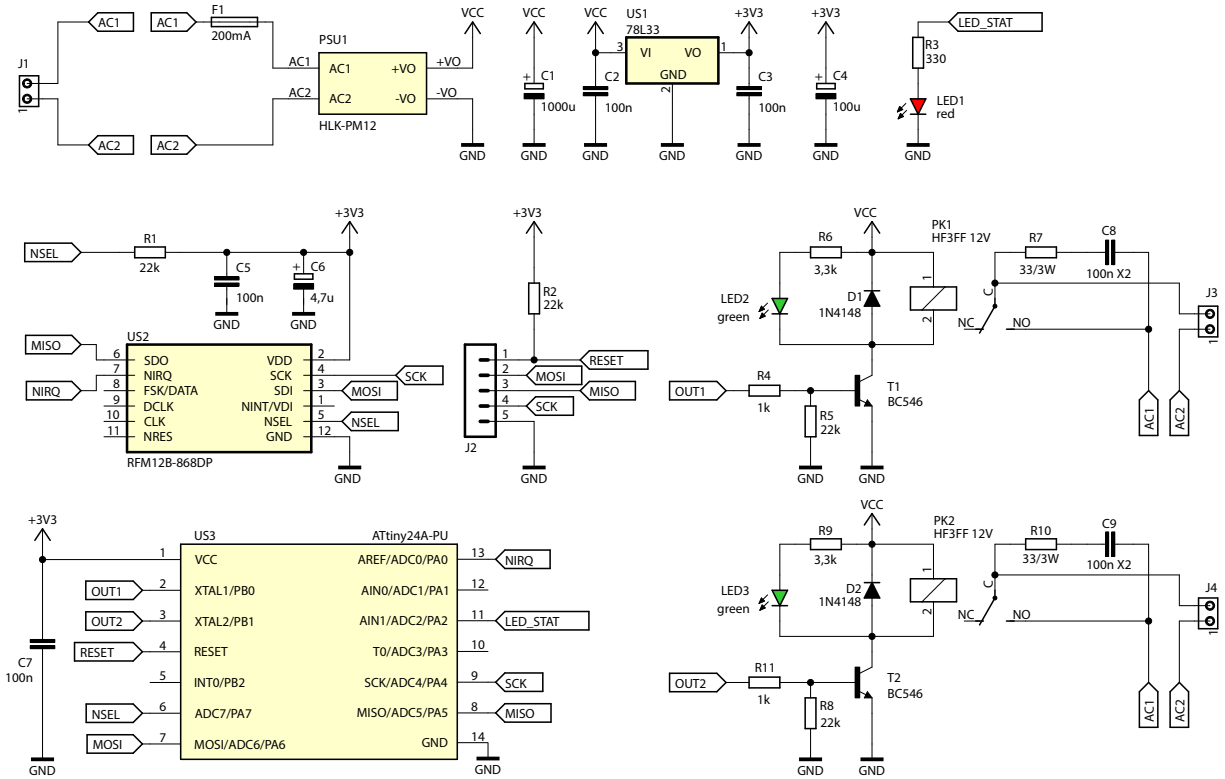
eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 1. Schemat ideowy nadajnika

Pracą modułu radiowego steruje niewielki mikrokontroler z rodziny ATtiny, a dokładniej ATtiny24A. Ma wystarczającą liczbę wyprowadzeń do realizacji wszystkich zadań, a jednocześnie cechuje się niską ceną i dobrą dostępnością. Przez większość czasu przebywa w stanie głębokiego uśpienia, z którego co 2 sekundy wybudza go wbudowany układ watchdog. Pozwala to na zminimalizowanie poboru energii.

Stany przycisków wyłącznika klawiszowego są sprawdzane na drodze badania przez mikrokontroler stanów logicznych na liniach IN1 i IN2. Wysoki stan logiczny po ich rozwarciu zapewniają rezystory podciągające R1 i R2, których rezystancja wynosi aż 1 MΩ. Nie są podłączone na stałe do zasilania, gdyż w przypadku pozostawienia przełącznika w pozycji załączonej cały czas pobierany byłby z baterii prąd. Dla oszczędności energii mikrokontroler okresowo wybudza się, wystawia wysoki stan logiczny na linię IN_SUPPLY, po czym sprawdza stany logiczne linii IN1 i IN2 – jeżeli uległy zmianie, uruchamia nadajnik. Jeżeli są takie same, co przy poprzednim wybudzeniu, nie robi nic. Innym rozwiązaniem mogłoby być użycie rezystorów podciągających o naprawdę wysokiej rezystancji, na przykład 10 MΩ i zasilenie ich na stałe z baterii, lecz upływność



Rysunek 2. Schemat ideowy odbiornika

Wykaz elementów:

Płytka nadajnika

Rezystory: (THT 0,25 W)
R1...R3: 1 MΩ
R4: 470 kΩ

Kondensatory:
C1, C3: 100 nF raster 5 mm MKT
C2: 4,7 µF 10 V tantalowy raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
US1: RFM12B-868DP THT
US2: ATtiny24A-PU DIP14

Pozostałe:
BAT1: koszyk baterii CR20xx poziomy (KOSZYK BAT 6)
Podstawka DIP14
Bateria CR2032
Odcinek przewodu na antenę (opis w tekście)
Włącznik podwójny (opis w tekście)

Płytka odbiornika

Rezystory: (THT 0,25 W, jeżeli nie napisano inaczej)
R1, R2, R5, R8: 22 kΩ
R3: 330 Ω
R4, R11: 1 kΩ
R6, R9: 3,3 kΩ
R7, R10: 33 Ω 3 W

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N4148
LED1: czerwona matowa 5 mm, np. LED F5 R
LED2, LED3: zielona matowa 5 mm, np. LED F5 G
T1, T2: BC546
US1: 78L33 (TO92)
US2: RFM12B-868DP (THT)
US3: ATtiny24A-PU (DIP14)

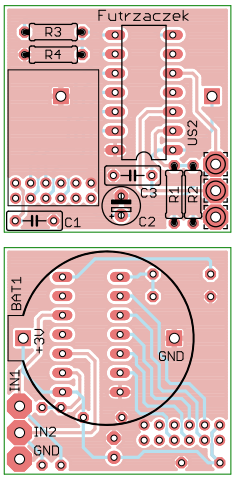
Kondensatory:
C1: 1000 µF 25 V raster 5 mm
C2, C3, C5, C7: 100 nF raster 5 mm MKT
C4: 100 µF 16 V raster 2,5 mm
C6: 4,7 µF 10 V tantalowy raster 2,5 mm
C8, C9: 100 nF MKP X2 305 V AC raster 15 mm

Pozostałe:
F1: 200 mA kubkowy szybki TE5
J1, J3, J4: ARK2/500
J2: goldpin 5 pin męski 2,54 mm (THT)
PK1, PK2: JQC3FF/121ZS
PSU1: HLK-PM12
Podstawka DIP14
Odcinek przewodu na antenę (opis w tekście)
Obudowa Z101 PS (opis w tekście)

eprasa.pl ed26111aec

a)

b)

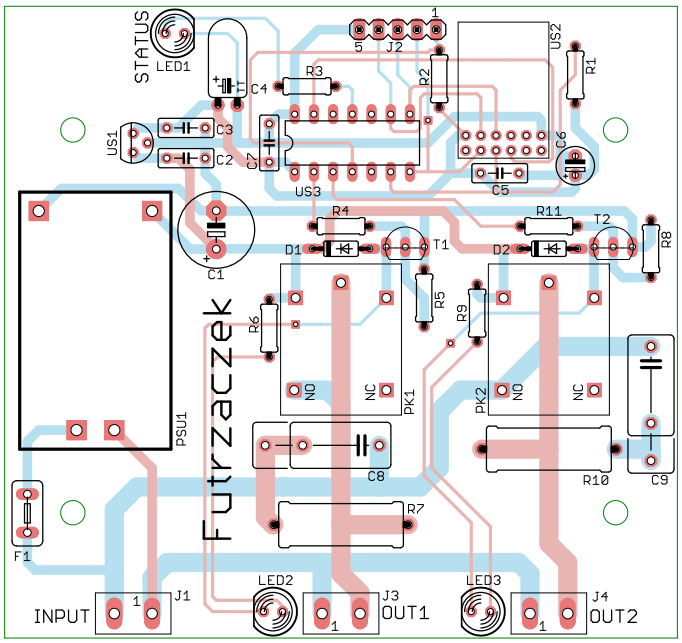


Rysunek 3. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki nadajnika (a – warstwa TOP, b – warstwa BOTTOM)

spowodowana zanieczyszczeniem styków lub wilgocią mogłaby fałszywie wzbudzać nadajnik.

Ponieważ nadajnik nie daje żadnej informacji dla użytkownika o tym, że działa, musi kontrolować swoje napięcie zasilania i przekazywać tę informację do odbiornika. Tak się dzieje co około 20 minut, kiedy to po 600 wybudzeniach układu jest uruchamiany przetwornik analogowo-cyfrowy z wewnętrznym napięciem referencyjnym wynoszącym 1,1 V. Wtedy też załączana jest linia ADC_SUPPLY, co powoduje pojawienie się potencjału na linii IN_ADC. Rezystory R3 i R4 zostały tak dobrane, by bateria znacznie rozładowana (około 2,5 V) dawała na wejściu przetwornika napięcie wynoszące około 0,8 V. Przyjęto taki właśnie próg ostrzegawczy, ponieważ układ RFM12B-868DP działa od napięcia 2,2 V (według testów około 2,1 V), więc musi istnieć pewna rezerwa na to, by przesłać odbiornikowi informację o niskim poziomie baterii. Ponadto rozrzuty produkcyjne rezystorów R3 i R4 oraz tolerancja wykonania wbudowanego w mikrokontroler źródła referencyjnego 1,1 V również muszą muszą zostać uwzględnione. Lepiej jest przedwcześnie ostrzec użytkownika, że nadeszła konieczność wymiany baterii, niż dopuścić do jej rozładowania w tak znacznym stopniu, że nadajnik po prostu przestanie działać.

Schemat ideowy płytki odbiornika znajduje się na **rysunku 2**. Układ bazuje na tym samym module transceivera radiowego oraz tym samym mikrokontrolerze, co w nadajniku. Jedyną różnicą jest dodanie rezystora R1 podciągającego linię NSEL, która przy niskim stanie logicznym aktywuje komunikację SPI modułu RFM12B. W ten sposób możliwe jest zaprogramowanie mikrokontrolera w układzie, bez wyjmowania go z podstawki, poprzez złącze J2. Dioda LED1 informuje o statusie pracy nadajnika, komunikaty przez nią wysyłane będą szczegółowo omówione w dalszej części artykułu.



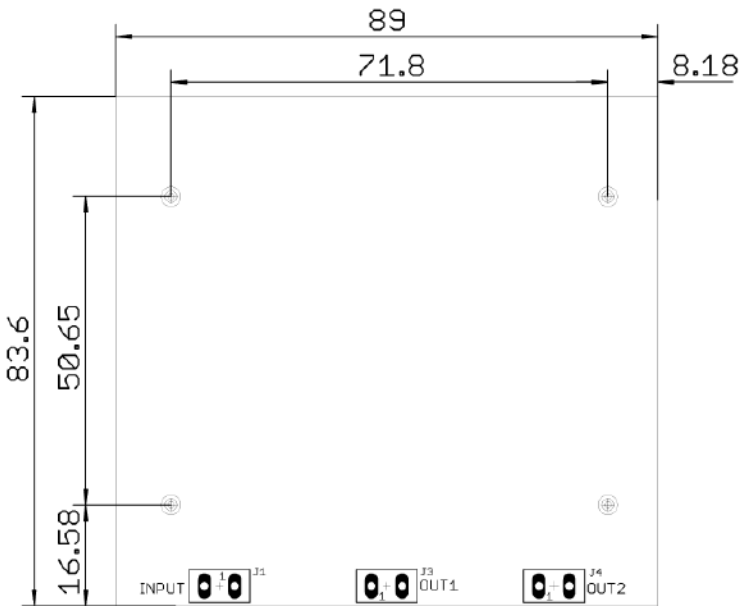
Rysunek 4. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki odbiornika

Wyjście układu stanowią dwa przekaźniki, których styki COM i NO są zwierane wtedy, gdy nadajnik wykryje zwarcie styków przełącznika. Wówczas na zaciskach złączy J3 i J4 pojawia się napięcie sieciowe, podłączone do zacisków złącza J1. Rezystory 33 Ω i kondensatory 100 nF pełnią funkcję prostych gasików, pochłaniających energię wydzielaną w momencie łączenia i rozłączania styków przekaźników (kiedy dochodzi do ich iskrzenia). Diody LED2 i LED3 sygnalizują załączenie cewek w PK1 i PK2.

Niskiego napięcia stałego dla odbiornika dostarcza gotowy moduł przetwornicy typu HLK-PM12. Szeroki zakres dopuszczalnego napięcia wejściowego powoduje, że układ można zasilać zarówno z sieci 230 V, jak i 115 V. Ponadto jego zastosowanie bardzo upraszcza konstrukcję układu, ponieważ nie trzeba stosować odrębnego transformatora sieciowego i towarzyszących mu elementów do prostowania, filtracji i stabilizacji uzyskanego napięcia. Napięcie o wartości 12 V jest stosowane do zasilania przekaźników, a stabilizację do wartości 3,3 V zapewnia układ US1. Tak niska wartość wynika ze specyfikacji modułu radiowego RFM12B, który może być zasilany napięciem nie wyższym niż 3,8 V.

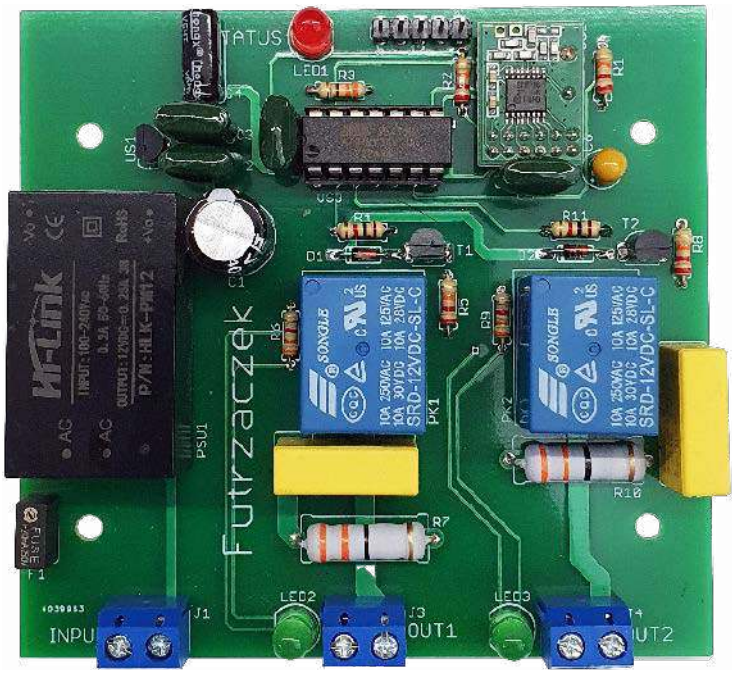
Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwóch dwustronnych płytkach drukowanych: nadajnika o wymiarach 30 mm × 30 mm oraz odbiornika o wymiarach 89 mm × 83,8 mm. Wzory ścieżek oraz schematy montażowe pokazano, odpowiednio, na **rysunku 3** i **rysunku 4**. Rozmiary płytki odbiornika zostały tak dobrane, że pasuje ona do obudowy Z101, lecz można ją umieścić również w innej obudowie,

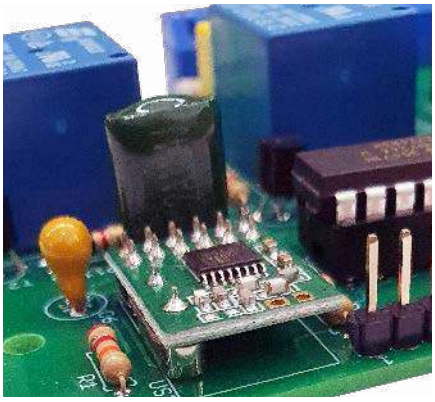


Rysunek 5. Położenie otworów montażowych na płytce odbiornika

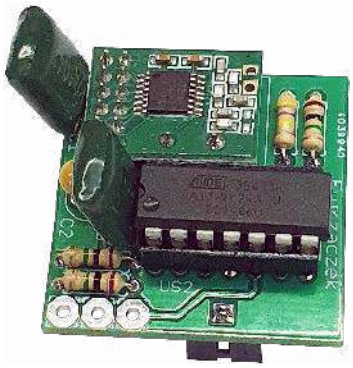
eprasa.pl ed26111aec



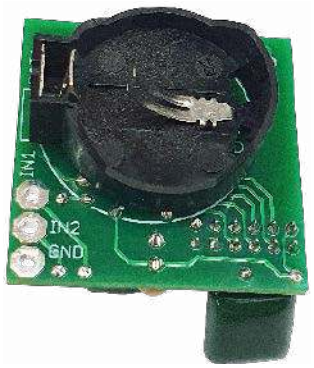
Fotografia 1. Widok zmontowanej płytki odbiornika – widok z góry



Fotografia 2. Widok zmontowanej płytki odbiornika – zbliżenie na moduł radiowy



Fotografia 3. Widok zmontowanej płytki nadajnika – widok z góry



Fotografia 4. Widok zmontowanej płytki nadajnika – widok od strony baterii

na przykład jako część większego urządzenia. **Rysunek 5** pokazuje lokalizację otworów montażowych na tej płytce.

Montaż odbiornika nie powinien nastręczać trudności, ponieważ można go przeprowadzic w sposób całkowicie typowy. Proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Rezystory R7 i R10 należy przylutować na nieco dłuższych nóżkach, kilka milimetrów nad powierzchnią laminatu, aby nie doszło do przebicia ich izolacji do znajdujących się pod nimi ścieżkami. Pod mikrokontroler proponuję zastosować podstawkę, aby ułatwić jego wymianę w razie uszkodzenia. Moduł radiowy US2 można oprzeć jego rezonatorem kwarcowym na laminacie. Gotową płytkę odbiornika można zobaczyć na **fotografii 1** oraz, ze szczególnym uwzględnieniem modułu odbiornika, na **fotografii 2**.

Płytka nadajnika wymaga nieco więcej uwagi z racji stopnia jej upakowania. Proponowana kolejność montażu podzespołów:

- rezystory R1…R4,
- podstawka pod mikrokontroler US2,
- kondensator tantalowy C2,
- kondensatory bezbiegunowe C1 i C3,
- koszyk baterii BAT1 (na drugiej stronie płytki),
- moduł radiowy US1.

Taka kolejność została wymuszona przez fakt, że płytka modułu radiowego zakrywa pole lutownicze koszyka baterii, ale koszyk baterii nie zasłania pól lutowniczych dla tegoż modułu. Widok gotowego nadajnika znajduje się na **fotografii 3** oraz **fotografii 4**.

Na etapie uruchamiania jest konieczne zaprogramowanie pamięci Flash mikrokontrolerów w nadajniku i odbiorniku dostarczonymi wsadami. Następnie należy zmienić nastawy ich bitów zabezpieczających. Oto ich nowe wartości dla odbiornika:

Low Fuse = **0x62**

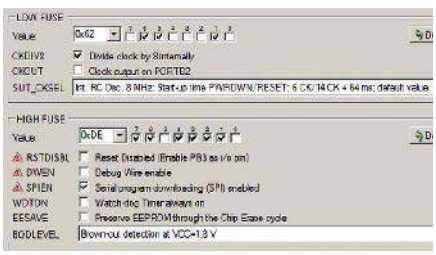
High Fuse = **0xDE**

Szczegóły można zobaczyć na **rysunku 6**, zawierającym widok okna konfiguracji tychże bitów z programu BitBurner. W ten sposób zostanie uruchomiony wewnętrzny generator RC o częstotliwości oscylacji 1 MHz (8 MHz z preskalerem przez 8) oraz Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej 1,8 V. Takie zabezpieczenie znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się mikrokontrolera podczas uruchamiania. Dla nadajnika bity zabezpieczające pozostają domyślne (**rysunek 7**):
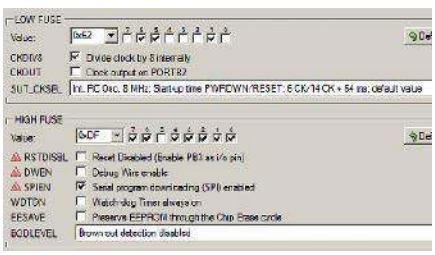
```
Low Fuse = 0x62
High Fuse = 0xDF
```

Taktowanie rdzenia sygnałem zegarowym o niskiej częstotliwości sprzyja w tym wypadku energooszczędności, a załączenie obwodu Brown-Out Detector spowodowałoby wzrost zużycia energii. Zamiast tego użytkownik ma do dyspozycji podgląd stanu baterii za pomocą komunikatów, emitowanych przez diodę LED1 w odbiorniku.

Poprawnie zaprogramowane układy są gotowe do działania po dolutowaniu anten do modułów radiowych. Dla częstotliwości 868 MHz ich długość powinna wynosić 17,5 cm. Może to być pojedynczy odcinek cienkiego, elastycznego przewodu miedzianego. Warto zabezpieczyć jego drugi koniec, na przykład odcinkiem cienkiej rurki termokurczliwej, aby nie doszło do zwarcia końcówki anteny z innymi potencjałami w układzie. Na **fotografii 5** zaznaczono

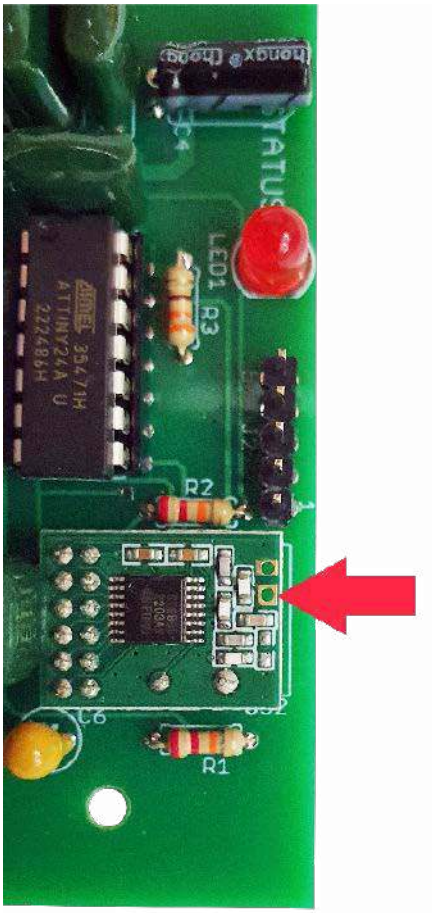


Rysunek 6. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających w odbiorniku



Rysunek 7. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających w nadajniku

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 5. Pole lutownicze przeznaczone dla anteny

przeznaczone do tego pole lutownicze w module RFM12B-868DP.

Odbiornik może zostać umieszczony w obudowie Z101 PS. Jego złącza oraz diody LED zostały tak umieszczone, że dostęp do nich zapewniają podłużne otwory przy krawędziach górnego wieczka tejże obudowy – **fotografia 6**. Nie ma potrzeby wiercenia w niej jakichkolwiek otworów. Antena odbiornika może wystawać na zewnątrz lub pozostać zawinięta pod wieczkiem. W tym drugim wypadku warto zadbać o wspomnianą wcześniej izolację jej końcówki, ponieważ może dojść do zwarcia z którymś z elementów, znajdujących się pod wysokim napięciem.

Płytka nadajnika jest tak kompaktowa, że może zostać w całości zabudowana w hermetycznej obudowie natynkowego przełącznika podwójnego. Pole lutownicze PAD3 (opisane jako GND) należy podłączyć



Fotografia 6. Odbiornik zamknięty w dedykowanej obudowie

do wspólnego styku dla obu przełączników, zaś IN1 i IN2 do zacisków indywidualnych dla każdego z nich. Antena może pozostać zwinięta w obudowie lub można ją wyprowadzić na zewnątrz przez niewielkie nacięcie w elastycznej uszczelce przewodu. Nadajnik można również umieścić w puszce podtynkowej. W obu przypadkach trzeba zadbać o to, by w obudowie było wystarczająco dużo miejsca na płytkę nadajnika.

Eksploatacja

Odbiornik wymaga do poprawnej pracy zasilania napięciem przemiennym o wartości z przedziału 100…240 V, które należy doprowadzić do zacisków złącza J1 na jego płytce. Złącza J3 i J4 stanowią wyjścia napięcia sieciowego, odpowiednio dla kanałów IN1 i IN2 w nadajniku. Maksymalną wydajność prądową tych wyjść – ograniczoną przez szerokości miedzianych ścieżek na powierzchni laminatu – można oszacować na 2,5 A. Po włączeniu zasilania odbiornik zawsze ma rozłączone oba wyjścia i oczekuje na sygnał radiowy z nadajnika.

Nadajnik został tak zbudowany, że idealnym źródłem zasilania dla niego jest pojedyncza bateria CR2032, lecz można użyć także innego źródła. Mogą to być dwie baterie AA lub AAA połączone szeregowo lub nawet stabilizowany zasilacz sieciowy o napięciu 3 V lub bliskim tej wartości, ale nie wyższym niż 3,8 V. Pobór prądu przez niego wynosi średnio 5 µA w spoczynku i około 10 mA podczas nadawania – zarówno po zmianie stanu przełączników, jak i okresowo, co 20 minut, podczas pomiaru napięcia baterii. Po włożeniu baterii nadajnik mierzy jej napięcie i transmituje tę wartość do odbiornika wraz z bieżącym stanem styków przełącznika.

Obsługa tego systemu jest bardzo prosta: zwarcie IN1 z GND na nadajniku powoduje załączenie się wyjścia OUT1 w odbiorniku, zaś IN2 z GND daje reakcję na wyjściu OUT2. Rozwarcie danego wejścia rozłącza też wyjście, nie ma tutaj ograniczeń czasowych. Wiąże się to z pewną zwłoką czasową, nie większą niż dwie sekundy, ponieważ w takich interwałach jest sprawdzany stan wejść. Jeżeli więc przełącznik dwukrotnie zmieni swoje położenie w tym czasie, może to nie zostać zarejestrowane.

W stanie spoczynku, oczekując na sygnał z nadajnika, dioda LED1 w odbiorniku emituje krótkie błyski (około 20 ms) co sekundę. W przypadku, kiedy nadajnik zgłosił niski poziom baterii, te błyski ulegają wydłużeniu do około 80 ms i pozostają takie tak długo, aż nadajnik nie przyśle wyników pomiaru napięcia na bardziej naładowanej baterii. Jeżeli nastąpił poprawny odbiór, dioda ta załącza się na dłużej, bo około sekundę – jeden, długi błysk – po czym wraca do poprzedniej pracy.

Zasięg tego systemu jest trudny do oszacowania, ponieważ w dużym stopniu zależy od przeszkód, jakie znajdą się między nadajnikiem a odbiornikiem. Według różnych źródeł, zasięg w otwartym terenie może wynosić nawet 200 m. Dodatkowe bariery na drodze sygnału radiowego, na przykład beton czy drzewa, będą go tłumiły, choć trudno jest stwierdzić, jak mocno. Warto też mieć na uwadze, że inne urządzenia pracujące w tym samym paśmie również będą wpływały negatywnie na zasięg. Można w takiej sytuacji pomyśleć o lepszych antenach, na przykład przykręcanych przez złącza SMA – drugie pole lutownicze na płytce modułu RFM12B (leżące obok wyprowadzenia anteny) jest podłączone do masy, więc można go użyć jako masy dla anteny.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

EP.com.pl
Strona z mnóstwem doskonałych projektów

eprasa.pl ed26111aec

Podstawowe parametry:
- obciążalność styków do 30 A (przekaźnik typu R30N) przy napięciu 24 VDC lub 230 VAC,
- możliwość ręcznego sterowania za pomocą przełącznika suwakowego,
- płytka w standardzie Grove.

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

AVT5912	Expander wyjść z interfejsem I²C (EP 1/2022)
AVT5901	Moduł z zegarem RTC i pamięcią FRAM po I²C (EP 11/2021)
AVT5894	Ośmiokanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 10/2021)
AVT5884	Expander portu szeregowego UART dla magistrali I²C (EP 9/2021)
AVT5881	Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C (EP 8/2021)
AVT5854	Przedłużacz magistrali I²C (EP 4/2021)

* **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 przekaźnik dużej mocy w standardzie Grove

Moduł przekaźnika o zwiększonej do 30 A obciążalności i możliwości ręcznego sterowania przyda się w aplikacjach DIY przy łączeniu obciążeń dużej mocy, np. takich jak grzałki.

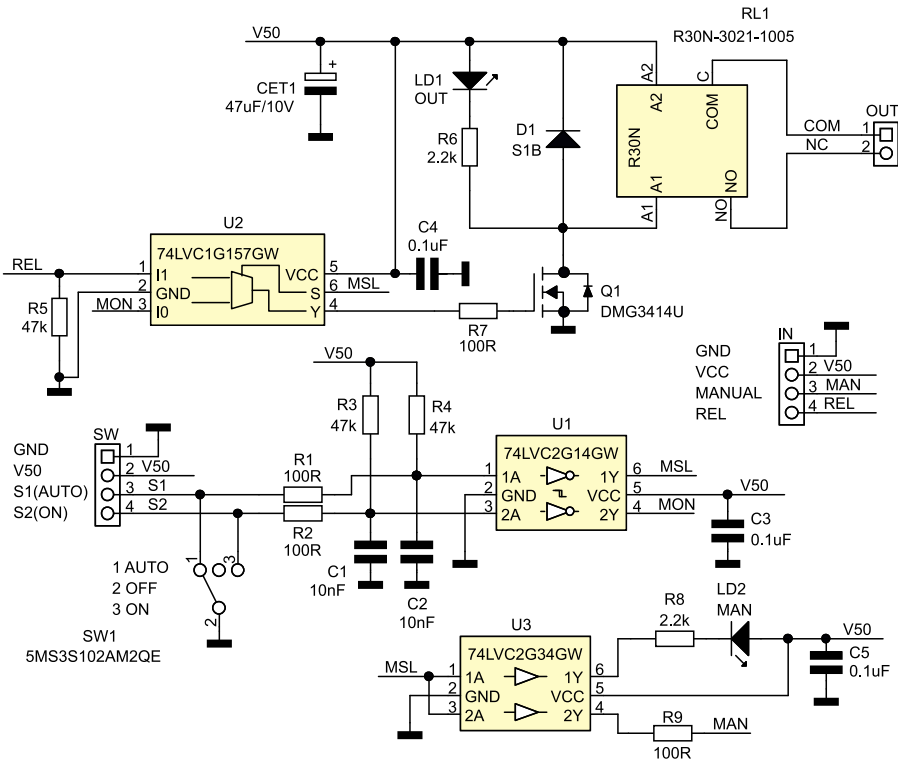


Budowa i działanie

Schemat modułu przekaźnika pokazano na rysunku 1. Elementem wykonawczym modułu jest przekaźnik RL1 typu R30N z jednym stykiem zwiernym, zaprojektowany do przełączania prądów do 30 A, przy napięciu 24 VDC lub 230 VAC.

Przekaźnik RL1 sterowany jest sygnałem REL ze złącza IN, który doprowadzony jest do multipleksera U2 typu LVC1G157. Zadaniem multipleksera jest wybór pomiędzy trybami pracy przekaźnika AUTO, gdy sterowany jest poziomem logicznym sygnału REL lub pracą ze sterowaniem ręcznym ON/OFF, gdy sterowany jest za pomocą przełącznika SW1. Wybór trybu określa sygnał MSL, jeżeli przełącznik SW1 jest w położeniu AUTO, stan sygnału MSL jest wysoki, co wybiera wejście I1 i sterowanie sygnałem REL. W przypadku, gdy przełącznik SW1 jest w położeniu ON lub OFF, sygnał MSL jest w stanie niskim, wybrane jest wejście I0 multipleksera U2 i przekaźnikiem steruje sygnał MON zależny od pozycji ON/OFF przełącznika SW1.

Przełącznik SW1 umieszczony jest na płytce drukowanej, jeżeli zależy nam na wyprowadzeniu sterowania np. na obudowę, można wykorzystać złącze SW i do niego doprowadzić styki trójpozycyjnego przełącznika AUTO/ON/OFF. Zewnętrzny przełącznik należy okablować tak, aby sygnał w położeniu AUTO zwierał sygnały GND i S1(AUTO), w położeniu ON zwierał sygnały GND i S2(ON), a w położeniu OFF oba sygnały AUTO/OFF były rozwarte. Wymóg spełnia każdy przełącznik trójpołożeniowy z „martwą" pozycją środkową. W przypadku użycia zewnętrznego przełącznika trybu,



Rysunek 1. Schemat modułu przekaźnika

eprasa.pl ed26111aec

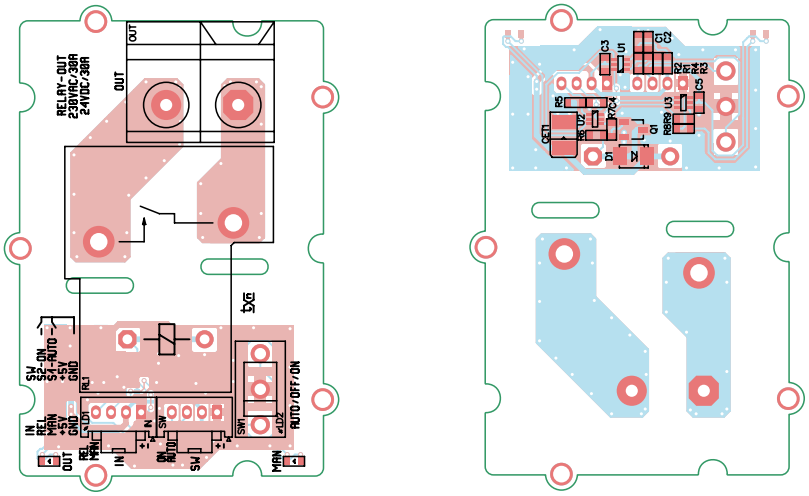
Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD0603) 5%
R1, R2, R7, R9: 100 Ω
R3, R4, R5: 47 kΩ
R6, R8: 2,2 kΩ

Kondensatory:
C1, C2: 10 nF (SMD0603)
CET1: 47 µF/10 V tantalowy (3528)
C3, C4, C5: 0,1 µF (SMD0603)

Półprzewodniki:
D1: S1B dioda uniwersalna (SMA_D)
LD1: dioda LED czerwona (SMD0603)
LD2: dioda LED żółta (SMD0603)
Q1: DMG3414U tranzystor MOSFET (SOT-23)
U1: 74L VC2G14GW,125 (SC88)
U2: 74L VC157GW (SC88)
U3: 74L VC2G34GW,125 (SC88)

Pozostałe:
IN, SW: złącze Grove proste (110990030)
OUT: złącze DG 2 piny, 9,5 mm (DG638-9.5-2)
RL1: przekaźnik R30N-3021-1005 (R30NZ)
SW1: przełącznik trójpozycyjny suwakowy (5MS3S102)



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

można pominąć montaż SW1 na płytce, można też pozostawić wlutowany SW1, który należy ustawić w pozycji OFF i sterować pracą przekaźnika przełącznikiem zewnętrznym.

Układ inwerterów Schmitta U1, oprócz negacji sygnałów potrzebnych do sterowania multiplekserem, wraz z filtrami R3, R4, C1, C2 eliminuje skutki drgań styków przełączników. Tranzystor Q1 buforuje cewkę przekaźnika.

Dioda LD1 sygnalizuje obecność napięcia na cewce RL1, czyli zwarcie jego styków, dioda MAN sygnalizuje sterowanie ręczne cewki RL1. Dodatkowo na wyjście MAN złącza IN doprowadzony jest sygnał sygnalizujący tryb ręcznego sterowania cewką, aktywowany stanem niskim.

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej zgodnej ze standardem Grove, której schemat pokazano na **rysunku 2**. Zmontowany moduł nie wymaga uruchamiania, po podłączeniu zasilania 5 V/0,25 A i obciążenia oraz sygnałów sterujących, należy sprawdzić poprawność działania i sygnalizacji we wszystkich położeniach przełącznika SW1.

UWAGA! W układzie może występować napięcie sieci zasilającej, podczas uruchamiania, obsługi i eksploatacji należy zachować szczególną ostrożność.

Adam Tatuś, EP

Podstawowe parametry:
- zawiera akcelerator I²C w postaci układu LTC4311 Analog Devices,
- wyposażony w aż 12 złączy w standardzie Grove oraz cztery opcjonalne złącza Q1...Q4 typu QWIIC,
- hub działa poprawnie w zakresie napięcia zasilania 1,6...5,5 V.

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

AVT5912	Expander wyjść z interfejsem I²C (EP 1/2022)
AVT5901	Moduł z zegarem RTC i pamięcią FRAM po I²C (EP 11/2021)
AVT5894	Ośmiokanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 10/2021)
AVT5884	Expander portu szeregowego UART dla magistrali I²C (EP 9/2021)
AVT5881	Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C (EP 8/2021)

* **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:

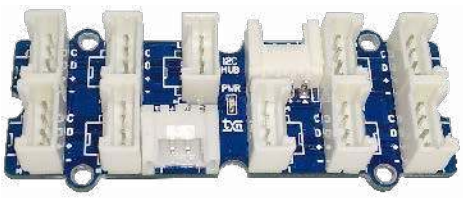
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**.

Aktywny hub I²C Grove

Gdy podczas prototypowania systemu liczba urządzeń na magistrali I²C zwiększa się, może pojawić się problem z niezawodnością transmisji. Pojemności obciążenia linii danych i zegara mogą znacząco zwiększyć czasy narastania sygnału, powodując niepoprawne wykrywanie stanu wysokiego. Skutkom pogorszenia jakości sygnału może zaradzić akcelerator I²C w postaci układu LTC4311 Analog Devices.



Zaprezentowany aktywny hub I²C, dzięki wyposażeniu go w aż 12 złączy (H1...10, I²CA, I²CB) w standardzie Grove oraz cztery opcjonalne złącza Q1...Q4 typu QWIIC, ułatwia podczas prototypowania rozbudowę magistrali i porządkuje okablowanie modułów I²C, a wyposażenie go w układ aktywnego podciągania magistrali zapewnia niezawodną transmisję, także wtedy, gdy pojemność magistrali przekracza katalogowe 400 pF.

Budowa i działanie

Schemat układu pokazano na **rysunku 1**. Aktywna część składa się z zaledwie dwóch elementów, układu U1 typu LTC4311 oraz kondensatora odsprzęgającego C1.

Układ LTC4311 jest dwukanałowym układem aktywnego podciągania magistrali I²C. W przypadku, gdy pojemność magistrali wzrasta, przykładowo gdy dokładamy kolejne układy wraz z połączeniami, zwiększa się czas narastania sygnałów SDA, SCL, które na magistrali podciągane są tylko rezystorami polaryzującymi. Zasada działania układu LTC4311 polega na obserwowaniu sygnałów SDA/SCL i gdy pojawiają się zbocza narastające, wysterowaniu wewnętrznych dynamicznych źródeł prądowych „wspomagających" rezystory podciągające, co pozwala znacząco zwiększyć szybkość narastania sygnałów.

eprasa.pl ed26111aec

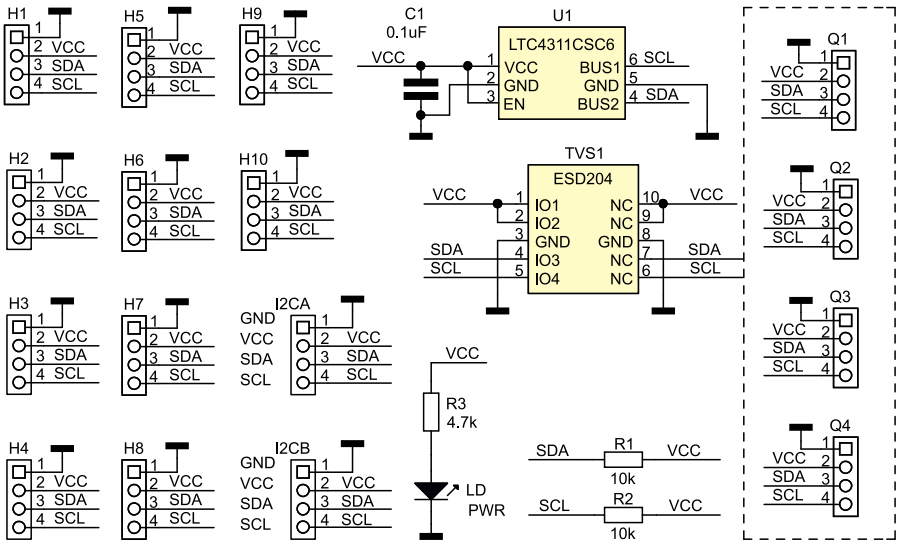
Wykaz elementów:

Półprzewodniki:
LD: Led czerwona (SMD0603)
Q1, Q2, Q3, Q4: złącze QWIIC (JST 1 mm)
U1: LTC4311CSC6 (SC70-6)
TVS1: ESD204 (USON10)

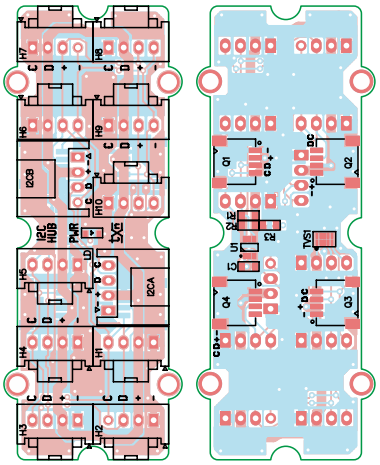
Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1, R2: 10 kΩ
R3: 4,7 kΩ

Kondensatory:
C1: 0,1 µF, 10 V (SMD0603)

Pozostałe:
H1...H10: złącze Grove proste(110990030)
I²CA, I²CB: złącze Grove kątowe (110990037)



Rysunek 1. Schemat ideowy układu translatora



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

W przypadku zboczy opadających źródła są nieaktywne, a w przypadku braku aktywnej transmisji układ przechodzi w tryb obniżonego poboru mocy.

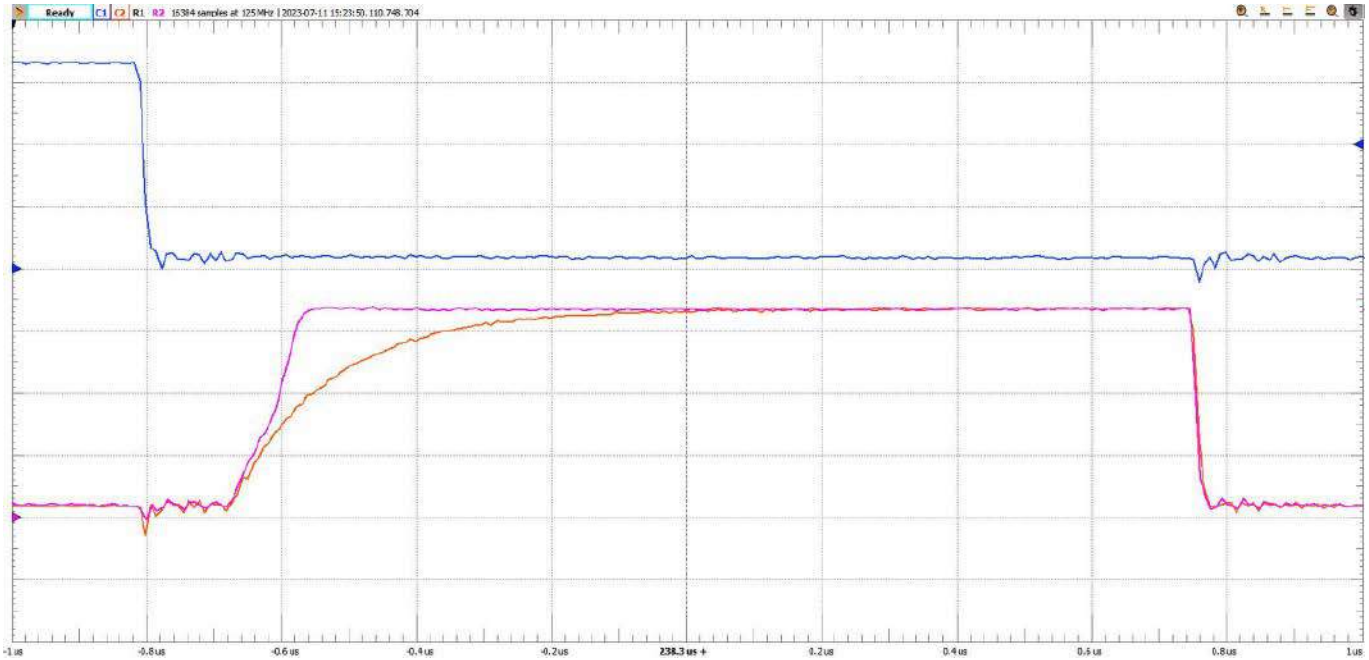
Moduł huba został wyposażony w dodatkowe zabezpieczenie ESD na bazie układu ESD204. Dioda PWR sygnalizuje obecność zasilania. Hub działa poprawnie w zakresie napięcia zasilania 1,6...5,5 V.

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej mechanicznie zgodnej z Grove, której schemat pokazano na **rysunku 2**. Montaż jest typowy i nie wymaga opisu, a sam układ nie wymaga uruchamiania.

W celu przetestowania skuteczności działania LT4311 model został podłączony do Raspberry Pi, każdorazowo długość magistrali wynosiła 100 cm. W pierwszym przypadku obciążeniem był termometr STS40, w drugim ten sam termometr podłączony do huba poprzez dodatkowy przewód 10 cm. Przebiegi uzyskane na magistrali pokazano na **rysunku 3**. Przebieg niebieski to opadające zbocze sygnału SCL, przebiegi narastające to SDA. Przebieg pomarańczowy uzyskano podczas pracy z termometrem STS40, wyraźnie widoczny jest dłuższy czas narastania sygnału, po podłączeniu huba oraz dodatkowego 10 cm przewodu do STS40, uzyskano przebieg różowy, o zdecydowanie krótszym czasie narastania. Świadczy to o poprawnym działaniu aktywnego podciągania. Jednocześnie można zaobserwować brak wpływu na zbocze opadające, w każdym przypadku uzyskany przebieg jest identyczny.

Adam Tatuś, EP



Rysunek 3. Pomiary na magistrali I²C

eprasa.pl ed26111aec

W ofercie AVT*
AVT6025

Podstawowe parametry:
- zawiera generator PWM sterowany z magistrali I²C typu PCA9632,
- regulacja prędkości obrotowej jest realizowana sygnałem PWM o częstotliwości do 250 kHz,
- umożliwia sterowanie dwoma silnikami o prądzie maksymalnym 400 mA zasilanymi napięciem 2,5...5,5 V.

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

----	Uniwersalny translator poziomów I²C (EP 7/2023)
----	Graficzny wyświetlacz OLED 2,3" z interfejsem I²C (EP 5/2023)
----	Wyświetlacz segmentowy LCD z interfejsem I²C na bazie układu PCF8577C (EP 4/2023)
----	Dwukanałowy czujnik temperatury z interfejsem I²C (EP 2/2023)
----	Uniwersalny adapter I²C (EP 1/2023)
----	Licznik impulsów z podtrzymaniem bateryjnym (EP 12/2022)
----	Ekspander DAC z układem LTC1663 (EP 10/2022)
----	Przedłużacz magistrali I²C (EP 9/2022)

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

- **wersja [C]** – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw **[B]** (elementy wlutowane w płytkę PCB),
- **wersja [A]** – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji.

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:

- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A] +** zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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

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

Sterownik mikrosilników prądu stałego

Nie zawsze realizacja zadań robotyki DIY wymaga sterowania potężnymi silnikami. W wielu aplikacjach wystarczą mikrosilniki prądu stałego z odpowiednim modułem sterującym, generującym sygnał PWM. Taki moduł prezentujemy w artykule.

Moduł zawiera dwa układy scalone: podwójny mostkowy driver silników A3901, którego budowę pokazano na **rysunku 1** oraz generator PWM sterowany z magistrali I²C typu PCA9632 przedstawiony na **rysunku 2**. Schematy wewnętrzne wyjaśniają najważniejsze funkcje tych układów.

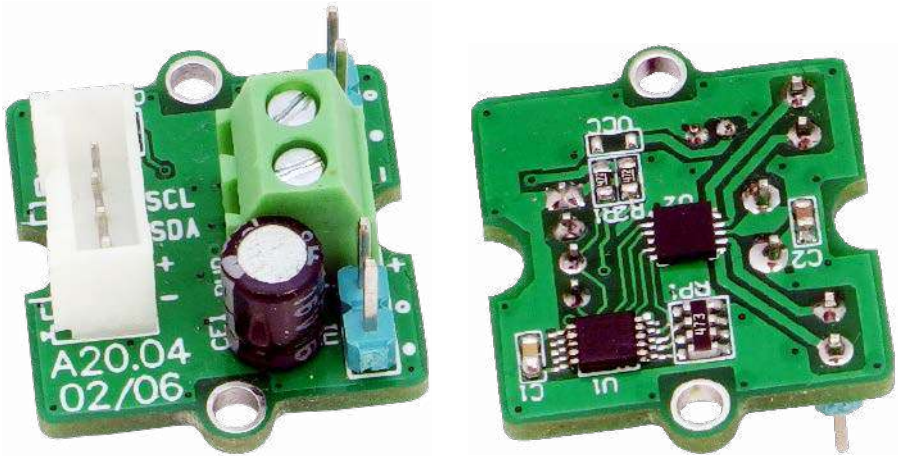
Budowa i działanie

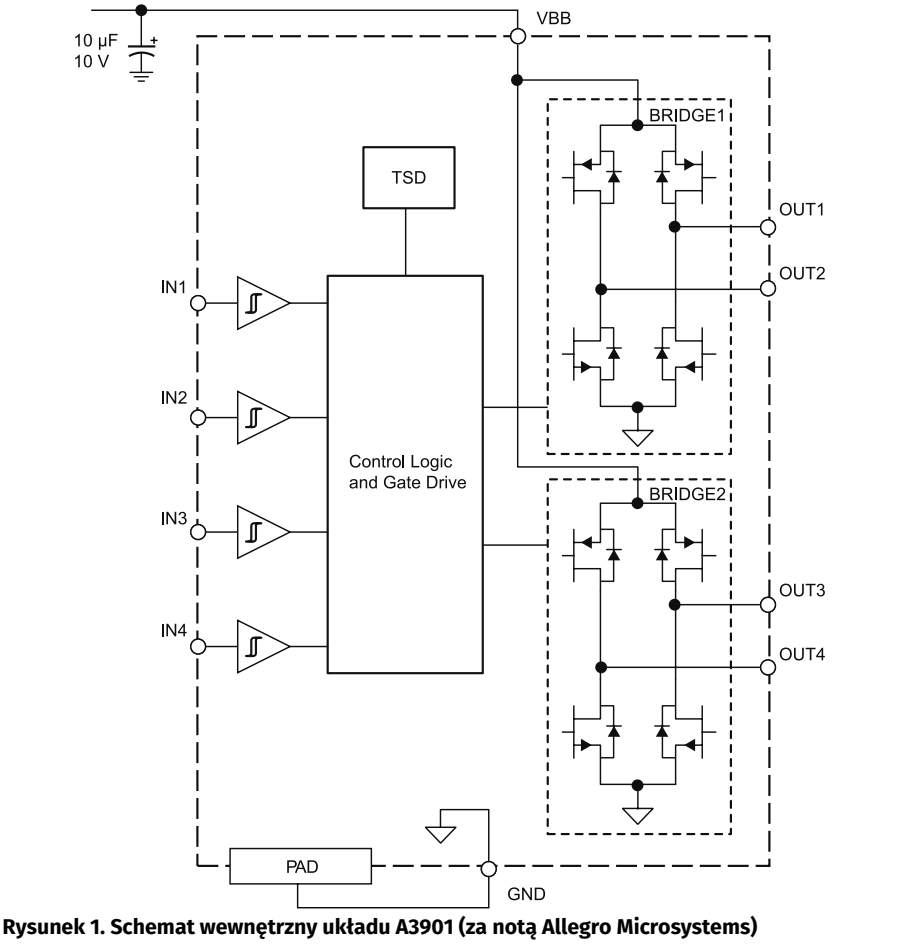
Schemat sterownika pokazano na **rysunku 3**. Driver A3901 umożliwia sterowanie dwoma silnikami o prądzie maksymalnym 400 mA zasilanymi napięciem 2,5...5,5 V. Układ jest wyposażony w zabezpieczenie termiczne. Regulacja prędkości obrotowej może odbywać się sygnałem PWM o częstotliwości do 250 kHz. Kombinacje stanów na wejściach sterujących układu A3901 i odpowiadające im działanie zestawiono w **tabeli 1.**

Dla sterowania driverem A3901 zastosowano generator PWM PCA9632 współpracujący z magistralą I²C. Wyprowadzenia adresowe A0, A1 umożliwiają ustawienie 4 adresów, czyli sterowanie do ośmioma mikrosilnikami na jednej magistrali I²C. Zasilanie modułu doprowadzone jest do złącza PWR, zwora VCC umożliwia zasilanie części sterującej napięciem zasilania silników.

Należy pamiętać o odpowiedniej wydajności źródła zasilania, kondensator CE1 zapewnia podstawową jego filtrację, jej efektywność może zostać zwiększona dodatkowym elementem poza modułem.

Magistrala I²C doprowadzona jest do złącza I²C, rezystory R1, R2 zapewniają jej polaryzację.





Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu A3901 (za notą Allegro Microsystems)

eprasa.pl ed26111aec

Wykaz elementów:

Półprzewodniki:
U1: PCA9632DP2 (TSSOP10_050)
U2: A3901SEJTR-T (DFN10)

Rezystory: (SMD0603)
R1, R2: 4,7 kΩ

Kondensatory:
C1: 0,1 µF ceramiczny (SMD0603)
CE1: 100 µF/10 V elektrolityczny miniaturowy
C2: 4,7 µF ceramiczny (SMD0603)

Pozostałe:
M1, M2: złącze SIP2 2,54 mm
PWR: złącze śrubowe DG381-3.5-2
RP1: drabinka rezystorowa 47 kΩ (CRA06S08)
VCC: zwora – opcja (SMD0603)

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 20×20 mm, której schemat został pokazany na **rysunku 4**. Montaż jest typowy, należy tylko zwrócić uwagę na przylutowanie padu termicznego obudowy U1, dla zapewnienia prawidłowego odprowadzania ciepła i ustawienia adresu I²C zworami A1, A0.

Zmontowany moduł nie wymaga uruchamiania. Sterowanie silnikami odbywa się poprzez odpowiednią konfigurację generatorów PWM układu PCA9632. Sterując GPIO i generatorami, można ustawić stany logiczne 0/1, zmieniając odpowiednio sterowanie silnikiem, a generowanie sygnału PWM podłączonego do jednego z wejść A3901 umożliwi płynną regulację obrotów w odpowiadającym kierunku.

Do sprawdzenia działania można wykorzystać Raspberry Pi i skrypt z **listingu 1**. Po podłączeniu zasilania silników i magistrali I²C modułu, obecność układu na magistrali sprawdzamy poleceniem: `i2cdetect -y 1` powinien zostać wskazany adres PCA9632 z zakresu 0x60...0x63 odpowiadający ustawieniu zwór A1, A0. Jeżeli adres został zmieniony z 0x63 (A1, A0 = 1), należy uwzględnić to, edytując skrypt testowy.

Adam Tatuś, EP

Listing 1. Skrypt testowy

```
#!/bin/bash
echo "A3901 MicroMotor Driver ADR:0x63"

i2ctransfer -y 1 w13@0x63 0x80 0x80 0x14 0x00 0x00 0x00 0x00 0x80 0x00 0xFF 0xE$

  echo "Stop 1"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x00
  sleep 2

  echo "Left 1 100%"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x01
  sleep 2

  echo "Brake 1"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x05
  sleep 2

  echo "Right 1 100%"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x04
  sleep 2

  echo "Stop 1"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x00
  sleep 2

  echo "Left 1 50%"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x09
  i2cset -y 1 0x63 0x03 0x7F
  sleep 2

  echo "Stop 1"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x00
  sleep 2

  echo "Right 1 50%"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x06
  i2cset -y 1 0x63 0x02 0x7F
  sleep 2

  echo "Stop 1"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x00
  sleep 2

  echo "Stop 2"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x00
  sleep 2

  echo "Left 2 100%"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x10
  sleep 2

  echo "Brake 2"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x50
  sleep 2

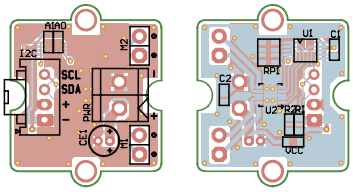
  echo "Right 2 100%"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x40
  sleep 2

  echo "Left 2 50%"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x90
  i2cset -y 1 0x63 0x05 0x7F
  sleep 2

  echo "Stop 2"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x00
  sleep 2

  echo "Right 2 50%"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x60
  i2cset -y 1 0x63 0x04 0x7F
  sleep 2

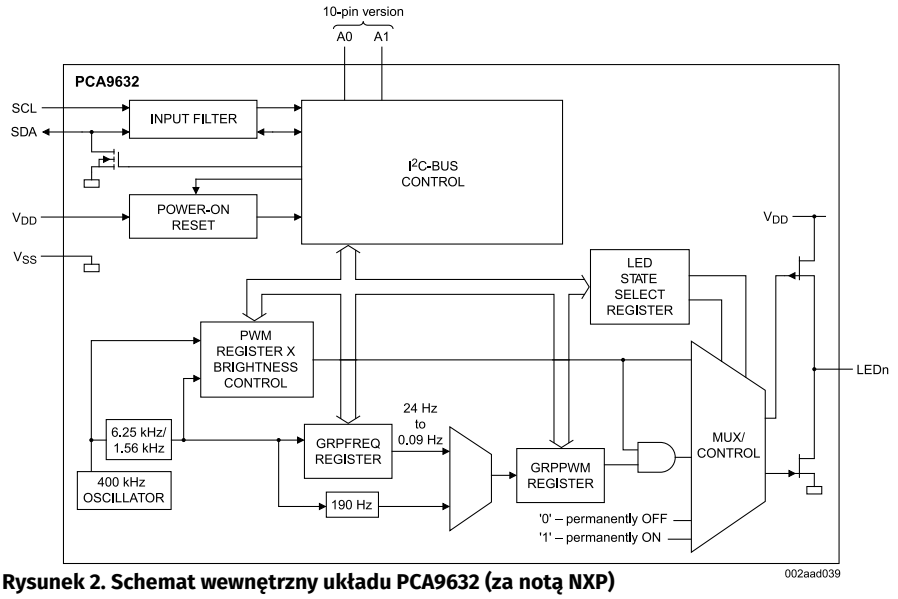
  echo "Stop 2"
  i2cset -y 1 0x63 0x08 0x00
  sleep 2
```



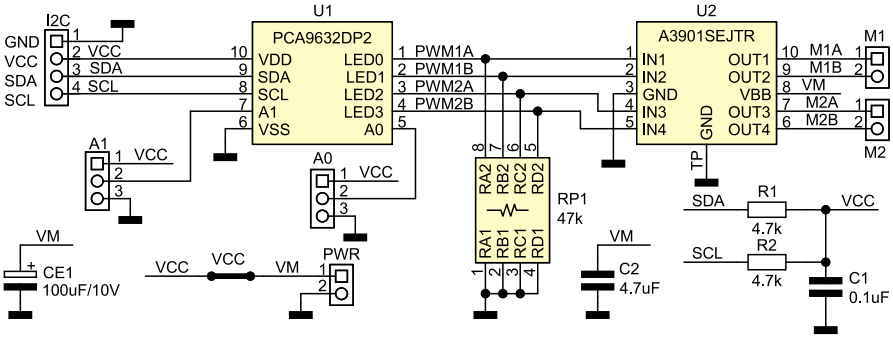
Rysunek 4. Schemat płytki PCB

Tabela 1. Logika wejść sterujących A3901

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



Rysunek 2. Schemat wewnętrzny układu PCA9632 (za notą NXP)



Rysunek 3. Schemat ideowy sterownika

eprasa.pl ed26111aec

W ofercie AVT*

AVTXXXX

Podstawowe parametry:

- dwa porty szeregowe z pełnym zestawem sygnałów interfejsu UART,
- umożliwia realizację transmisji szeregowej z typowymi prędkościami,
- działa także w trybie z potwierdzeniem sprzętowym,
- zapewnia elastyczną konfigurację ramki,
- przeznaczony do Raspberry Pi Zero, ale może działać, także z innymi SBC.

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

----	Uniwersalny translator poziomów I²C (EP 7/2023)
----	Graficzny wyświetlacz OLED 2,3" z interfejsem I²C (EP 5/2023)
----	Wyświetlacz segmentowy LCD z interfejsem I²C na bazie układu PCF8577C (EP 4/2023)
----	Dwukanałowy czujnik temperatury z interfejsem I²C (EP 2/2023)
----	Uniwersalny adapter I²C (EP 1/2023)
----	Licznik impulsów z podtrzymaniem bateryjnym (EP 12/2022)
----	Ekspander DAC z układem LTC1663 (EP 10/2022)
----	Przedłużacz magistrali I²C (EP 9/2022)

* **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:

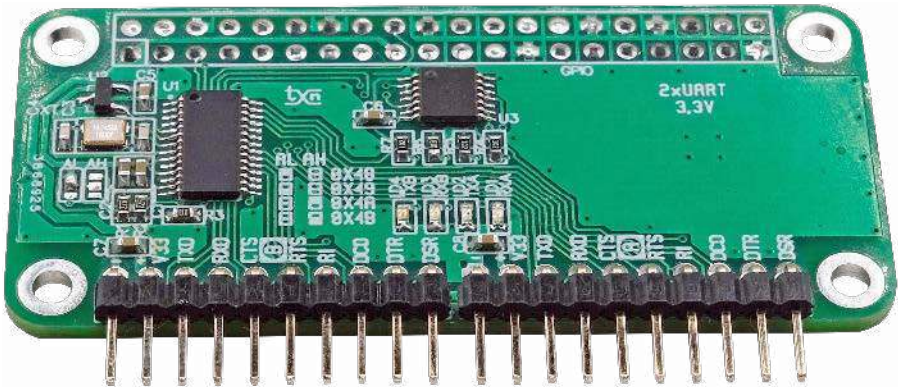
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A] +** zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**.

Dwukanałowy port szeregowy z pełnym interfejsem UART

Dzięki zastosowaniu opisanej nakładki możemy uzupełnić Raspberry Pi Zero o dwa dodatkowe porty szeregowe z pełnym zestawem sygnałów interfejsu UART, które będą przydatne w aplikacjach automatyki domowej lub IoT.

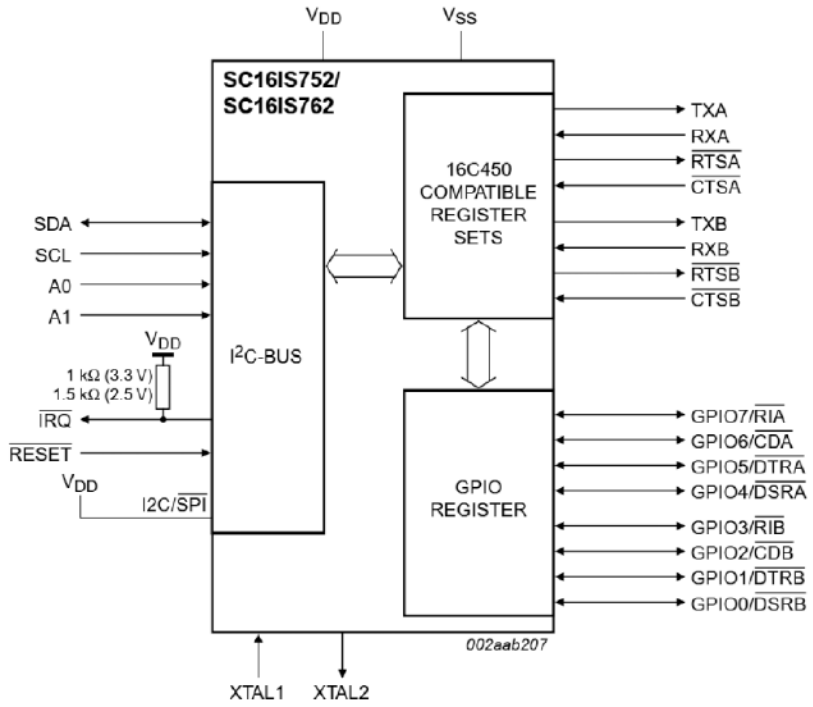


Moduł zawiera dwukanałowy ekspander UART typu SC16IS752 firmy NXP, sterowny z magistrali I²C. Jego schemat wewnętrzny pokazano na **rysunku 1**. Układ jest wspierany przez dystrybucje Linuxa dla Raspberry Pi i umożliwia realizację transmisji z typowymi prędkościami, także w trybie z potwierdzeniem sprzętowym i elastyczną konfiguracją ramki przy zachowaniu niewielkiego poboru mocy.

Budowa i działanie

Schemat ideowy nakładki został pokazany na **rysunku 2**. Układ U1 – SC16IS752 wymaga stabilnego generatora zegara transmisji, który zrealizowany jest poprzez obwód XT, C3, C4. Układ U2 zapewnia reset dla U1 po włączeniu zasilania. Zwory AL/AH umożliwiają wybór czterech adresów magistrali I²C 0x48...0x4B. Przy wyborze adresu SC16IS752 należy zwrócić uwagę, czy nie dojdzie do kolizji przy aplikacji z popularnymi termometrami I²C.

Do prawidłowej pracy wymagana jest obsługa przerwania IRQ, które doprowadzone jest do linii GPIO24. Sygnały portów szeregowych doprowadzone są do złącz UARTA/B, gdzie dostępne są wszystkie sygnały interfejsu UART wraz z zasilaniem 3,3 V.



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu SC16IS752 (za notą NXP)

Wykaz elementów:

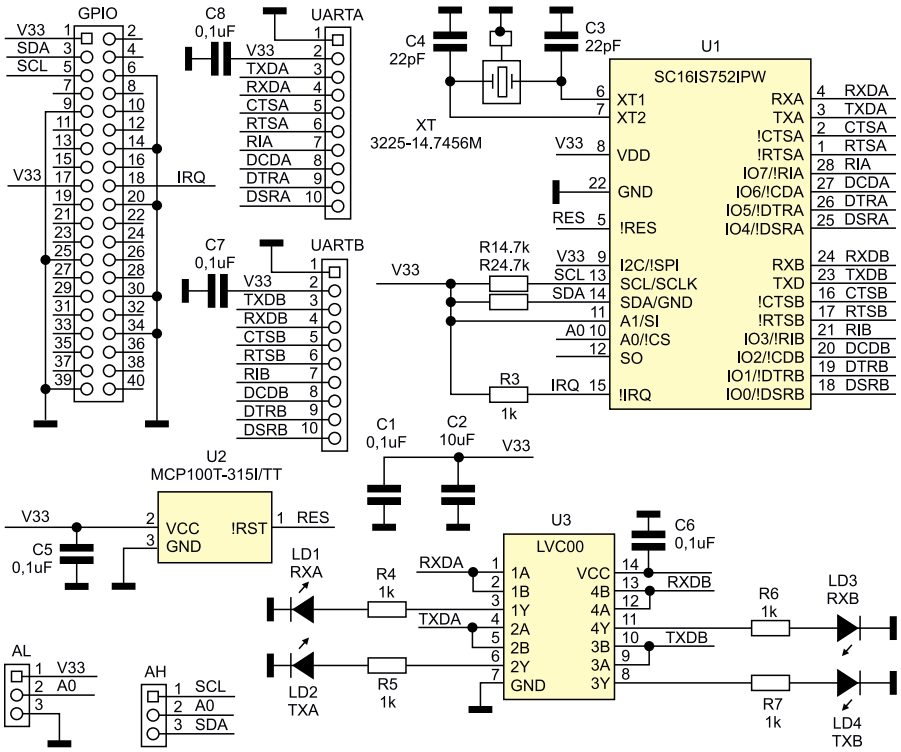
Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1, R2: 4,7 kΩ
R3, R4, R5, R6, R7: 1 kΩ

Kondensatory: (SMD0603)
C1, C5, C6, C7, C8: 0,1 µF, 10 V
C2: 10 µF, 10 V
C3, C4: 22 pF, 16 V NP0 (SMD0603)

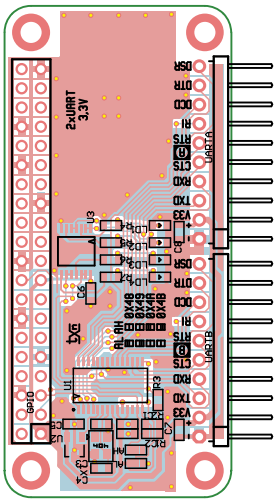
Półprzewodniki:
LD1, LD3: dioda LED zielona (SMD0603)
LD2, LD4: dioda LED czerwona (SMD0603)
U1: SC16IS752IPW128 (TSSOP28_065)
U2: MCP100T-315I/TT (SOT-23)
U3: LVC00 (TSSOP14)

Pozostałe:
GPIO: złącze żeńskie IDC40
UARTA, UARTB: złącze kątowe SIP10, 2,54 mm
XT: rezonator kwarcowy 14,7456 MHz (CFPX-180) 3,2×2,5

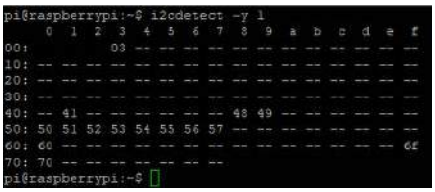
eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu



Rysunek 3. Schemat płytki PCB



Rysunek 4. Detekcja układu SC16IS752 na magistrali I²C



Rysunek 5. Konfiguracja minicom

Bramki układu U3 zapewniają buforowanie sygnałów RXD/TXD dla diod LED RXx/TXx sygnalizujących aktywności portów szeregowych.

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu.

Po ustawieniu adresu poprzez zwarcie odpowiednich pól AL/AH kroplą cyny, dla szybkiego sprawdzenia działania, moduł należy podłączyć do Raspberry Pi. Domyślny adres modułu to 0x48 (zwora AL=V33, AH nie lutowana). Używając biblioteki i2ctools, po ustawieniu adresu bazowego, moduł powinien być widoczny przy odczycie magistrali poleceniem:

```
i2cdetect -y 1
```

tak, jak pokazano na **rysunku 4** (ustawiony adres bazowy 7-bitowy 0x48).

Jeżeli układ jest widoczny na magistrali I²C można zainicjować jego sterowniki w systemie operacyjnym SBC. W tym celu edytujemy plik *config.txt* wpisując w konsoli

```
sudo nano /boot/config.txt
```

i dodając na końcu pliku linię:

```
dtoverlay=sc16is752-i2c,int_
pin=24,addr=0x48, xtal=14745600
```

Po edycji i zapisaniu zmian należy zrestartować system poleceniem:

```
sudo reboot now
```

Po uruchomieniu systemu, poleceniem `i2cdetect -y 1` sprawdzamy, czy w miejscu adresu 0x48, pojawi się tekst UU, świadczący o kontrolowaniu urządzenia przez sterowniki.

Obecność dodatkowych portów szeregowych w systemie możemy sprawdzić poleceniem `ls /dev/ttyS*` wśród urządzeń powinny znaleźć się ttySC0, ttySC1 odpowiadające portom A/B transmisji szeregowej. Dla sprawdzenia poprawności transmisji można użyć emulatora terminala minicom lub picocom oraz konwertera USB/UART 3,3 V podłączonego do PC z programem Teraterm lub terminal. Łącząc odpowiadające sygnały GND/RXD/TXD modułu i konwertera pamiętając o logice 3,3 V zestawiamy połączenie szeregowe Pi-PC.

Program minicom lub picocom instalujemy odpowiednio poleceniem:

```
sudo apt-get install minicom
sudo apt-get install picocom
```

po uruchomieniu wpisujemy:

```
sudo minicom
```

ustalamy parametry transmisji (ttySC0, ANSI, 115200,8,N,1) zarówno w programie minicom jak i w terminalu PC. Menu minicoma wywołujemy kombinacją CTRL A+Z, następnie opcje konfiguracji portu P, ustawień terminala T, konfiguracji minicom O, zgodnie z **rysunkiem 5**. Po konfiguracji wprowadzone w znaki powinny byś transmitowane w obu kierunkach Pi-PC w zależności od aktywnego terminala, a transmisja sygnalizowana świeceniem odpowiednich LED.

Port ttySC1 sprawdzimy dla odmiany emulatorem picocom:

```
sudo picocom -b 115200 /
dev/ttySC1
```

W tym przypadku także powinna być możliwa dwukierunkowa transmisja szeregowa. Jeżeli wszystko działa możemy moduł zastosować we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

http://www.ep.com.pl/EPwtoku

eprasa.pl ed26111aec

W ofercie AVT*
AVT6026

Podstawowe parametry:
- źródłem częstotliwości jest wysokostabilny oscylator typu ATXK-H14 o częstotliwości 32,768 kHz firmy Abracon,
- dokładność w pełnym zakresie narażeń to 3,8...8 ppm,
- moduł dostarcza przebiegów prostokątnych o częstotliwości 1 Hz i 32,768 kHz.

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

AVT5980	Generator-wobulator DDS na zakres częstotliwości od 1 Hz do 40 MHz (EP 4...6/2023)
AVT5961	Generator impulsów szpilkowych (EP 11/2022)
AVT5795	Generator pojedynczego impulsu (EP 8/2020)
AVT5709	Generator przebiegu prostokątnego 10 kHz...33 MHz (EP 8/2019)
AVT5684	Cyfrowy generator sygnału prostokątnego 1 Hz...499 kHz (EP 7/2019)
AVT5665	Generator cyfrowy (EP 3/2019)
AVT1993	Kieszonkowy generator funkcyjny (EP 8/2018)
AVT3111	Cyfrowy generator DDS z układem AD9850 – DDS wg SQ5RWQ (SR 9/2014)

* **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.

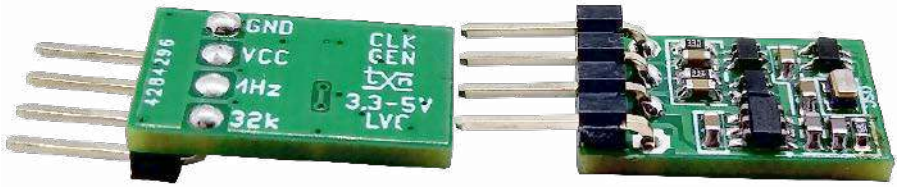
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

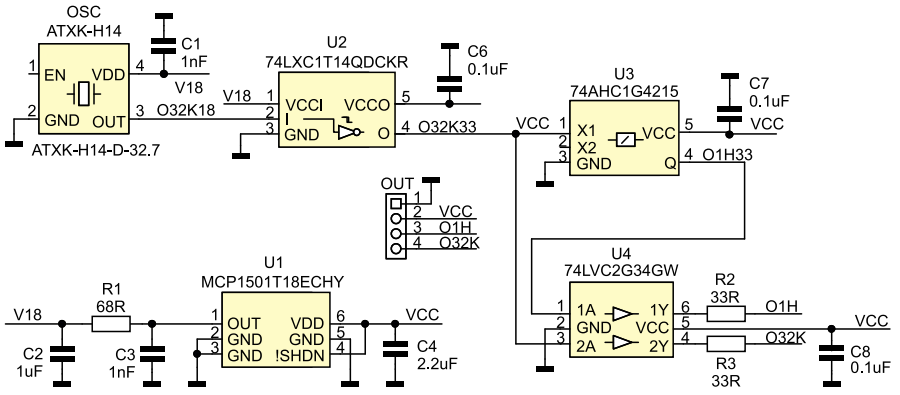
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik PDF! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! **http://sklep.avt.pl**

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

Minimoduł precyzyjnego generatora częstotliwości zegarkowych

Podczas budowy zegarów najważniejszym elementem funkcjonalnym jest generator częstotliwości wzorcowej, która po odpowiednim podziale służy do odmierzania czasu. W większości przypadków sygnał taktujący zegar pochodzi z prostego oscylatora z rezonatorem kwarcowym lub nawet z sieci zasilającej, co przyczynia się do sporego błędu w odmierzaniu czasu. Jest to szczególnie uciążliwe, gdy możemy obserwować w jednym pomieszczeniu kilka zegarów, które po pewnym czasie wskazują różne czasy.





Rysunek 1. Schemat generatora

Źródłem częstotliwości jest wysokostabilny oscylator typu ATXK-H14 o częstotliwości 32,768 kHz firmy Abracon. W podstawowym wykonaniu jego dokładność w pełnym zakresie narażeń to 3,8...8 ppm w zależności od wersji. W modelu zastosowano wersję ATXK-H14-D-32.7-E50 o dokładności 5 ppm w zakresie –40...85°C, co umożliwia uzyskanie dokładności ±0,432s/dzień, a w praktyce jeszcze wyższej.

Gwarantuje to zwiększenie precyzji odmierzania czasu w porównaniu z kwarcem 32,786 kHz, którego dokładność typowo to 50...100 ppm i 10...20 ppm w dokładniejszych wykonaniach. Jest to jednak dokładność samego kwarcu, nieuwzględniająca wpływu czynników zewnętrznych np. zmian temperatury i napięcia zasilania na układ samego oscylatora.

Budowa i działanie

Zaprezentowany minimoduł dostarcza przebiegów prostokątnych o częstotliwości 1 Hz i 32,768 kHz, czyli najczęściej używanych do taktowania RTC. Schemat modułu został pokazany na **rysunku 1**.

Założeniem podczas opracowania układu była możliwie duża uniwersalność, min. zakres napięcia zasilania 3,3...5 V. W związku z tym wybrano oscylator zasilany napięciem 1,8 V oraz dodatkowy stopień stabilizacji na precyzyjnym niskoszumowym źródle napięcia odniesienia U1 typu MCP1501T18. Napięcie odniesienia 1,8 V zasila oscylator poprzez dodatkowy filtr R1, C2 zmniejszający poziom szumów, rezystor R1 jest niezbędny także do odseparowania pojemności C2 od U1, ponieważ dla zapewnienia stabilności nie może być obciążany pojemnością większą niż 10 nF. Idealnie jako kondensator C2 powinien zostać zastosowany kondensator tantalowy, ale ze względu na trudną dostępność elementów 0603 trzeba z konieczności zastosować kondensator ceramiczny X5R.

Sygnał wyjściowy generatora jest w standardzie CMOS 1,8 V, układ U2 typu 74LXC1T14 zawiera inwerter z układem

Wykaz elementów:

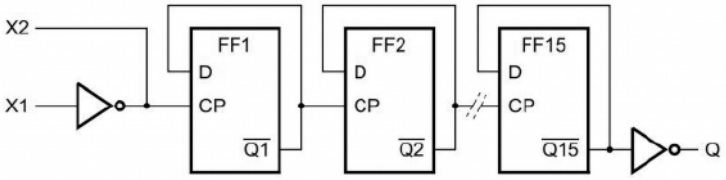
Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1: 68 Ω
R2, R3: 33 Ω

Kondensatory: (SMD0603, ceramiczny)
C1, C3: 1 nF COG/NP0
C2: 1 µF
C4: 2,2 µF
C6, C7, C8: 0,1 µF

Półprzewodniki:
U1: MCP1501T18ECHY (SOT-23-6)
U2: 74LXC1T14QDCKR (SC70-5)
U3: 74 AHC1G4215 (TSSOP5)
U4: 74L VC2G34GW,125 (SC88)

Pozostałe:
OSC: generator kwarcowy ATXK-14-D-32,7 (ATXK-H14)
OUT: złącze SIP 4 kątowe 2,54 mm

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 2. Budowa wewnętrzna 74AHC1G4215 (za notą Nexperia)

Schmitta i translator poziomów logicznych, który separuje sygnał wyjściowy O32K18 od obciążenia dzielnikami oraz dopasowuje poziom logiczny do standardu 3,3/5 V. Po dodatkowym buforowaniu poprzez U4 sygnał 32,768 kHz doprowadzony jest do złącza OUT.

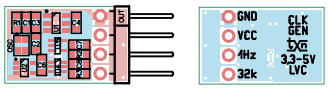
Dla uzyskania sygnału 1 Hz zastosowano specjalizowany piętnastostopniowy dzielnik U3 typu 74AHC1G4215, którego budowę wewnętrzną przedstawiono na **rysunku 2**. 74AHC1G4215 pochodzi z rodziny 74AHC1G42xx specjalizowanych oscylatorów i dzielników częstotliwości, zawierających w zależności od typu od 8 do 15 stopni podziału. Zastosowanie 74AHC1G4215 znacząco upraszcza budowę dzielnika w porównaniu z układami bazującymi na licznikach HC390/393, tym bardziej że jest zamknięty w niewielkiej obudowie TSSOP5, tak jak pozostałe elementy logiki jednobramkowej.

Sygnał wyjściowy 1 Hz z dzielnika U3 jest buforowany poprzez U4 i doprowadzony do złącza OUT.

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu.

Moduł generatora nie wymaga uruchamiania, po doprowadzeniu zasilania 3,3...5 V, na wyjściach powinny pojawić się przebiegi



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

1 Hz i 32,768 kHz. Pobór prądu bez obciążenia wyjść to ok. 550 µA.

Jeżeli moduł zastosowany jest do modyfikacji istniejącego oscylatora, to aby nie uszkodzić wejść układu, należy w pierwszej kolejności, korzystając z not aplikacyjnych, zwrócić uwagę, czy układ akceptuje sygnały prostokątne o amplitudzie zasilania i wykonać odpowiedni obwód dopasowujący.

W dwóch modelach, po tygodniowym starzeniu, uzyskano częstotliwości 32,767913 kHz oraz 32,767946 kHz (Hameg HM8021-4, GATE=10 s), co odpowiada błędom względnym znacznie poniżej 3 ppm w temperaturze pokojowej i zasilaniu 3,3...5 V. Dodatkową poprawę dokładności można uzyskać, zamykając generator w małym pudełku termostatycznym.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

UWAGA! Tylko prenumeratorzy czasopism „Elektronika dla Wszystkich”, „Elektronika Praktyczna”, „Świat Radio” oraz „Elektronik” mogą korzystać z atrakcyjnych rabatów w Sklepie AVT:

- ✓ do 50% na wydania specjalne czasopism Wydawnictwa AVT
- ✓ 20% na kity w wersji A (płytki drukowane do projektów AVT)
- ✓ 10% na pozostałe wersje kitów: (A+, B, C, D)
- ✓ 10% na książki
- ✓ 5% na pozostałe produkty z oferty sklepu

Ponadto każdy prenumerator ww. czasopism korzysta z rabatów od 30% do 50% na zakup czasopism z oferty www.UlubionyKiosk.pl

KLUB AVT ELEKTRONIKA

Jak uzyskać rabat? Podczas zamówienia powołaj się na swój numer prenumeraty – otrzymasz go mailowo po zakupie prenumeraty wraz z kartą członkowską Klubu AVT-Elektronika.

Regulamin Klubu AVT-Elektronika znajdziesz na stronie https://sklep.avt.pl/klub-avt-elektronika



eprasa.pl ed26111aec



Akyga Battery

– sprawdzone źródła energii dla Twoich projektów

Akyga Battery to marka od lat obecna na rynku europejskim. Posiada ponad 10-letnie doświadczenie w produkcji wysokiej jakości akumulatorów i baterii. Marka Akyga powstała w roku 2005, a w 2013 do oferty zostały wprowadzone pierwsze ogniwa sygnowane logo Akyga Battery.

Więcej informacji:
Dodatkowe informację i szczegóły odnośnie do produktów można znaleźć na stronie internetowej www.akygabattery.com. Zapraszamy również do kontaktu z działem handlowym pod adresem sales@akygabattery.com lub tel. +48713698713

Firma posiada bogate portfolio standardowych produktów, ale dzięki wsparciu wykwalifikowanego działu technicznego i we współpracy z działem produkcji przygotowuje także dedykowane rozwiązania według wymagań przesłanych przez klienta. Co ważne, główny hub logistyczny i centrum testowe znajdują się w Polsce, pod Wrocławiem. Wykonywane są tutaj szczegółowe testy każdej partii akumulatorów oraz baterii wprowadzanych na rynek. Wszystkie wysyłki dokonywane są z Polski, a dzięki odpowiednio przeszkolonej kadrze mogą one być realizowane nie tylko drogą lądową czy morską, ale nawet lotniczą. W tej samej lokalizacji powstał także oddział produkcji, który jest w stanie dokonać modyfikacji pakietów, zmian wyprowadzeń itp. Przy użyciu odpowiednich maszyn wykonywany jest również montaż wyprowadzeń do baterii guzikowych.



Przegląd wybranych produktów z oferty
Akumulatory litowo-polimerowe (Li-Po)

Nowoczesne akumulatory litowo-polimerowe to wiodący rodzaj ogniw w portfolio marki Akyga Battery. Zakres oferty tego typu ogniw sukcesywnie jest rozszerzany – aktualnie obejmuje ponad

eprasa.pl ed26111aec

1000 różnych rodzajów akumulatorów o pojemnościach od nawet **poniżej 10 mAh do ponad 10 000 mAh**. Oprócz akumulatorów pracujących z napięciem 3,7 V w standardowych temperaturach i z obciążeniem dostępne są także rozwiązania do bardziej wymagających aplikacji: połączone w pakiety (napięcie pracy jest wielokrotnością 3,7 V), mające wyższe prądy ładowania/rozładowania (nawet rzędu **kilkudziesięciu amperów**), mogące pracować w ekstremalnych temperaturach (**od –40°C do nawet 85°C**). Co szczególnie ważne, m.in. w aplikacjach elektroniki ubieralnej – akumulatory mogą mieć również różne kształty.

Akumulatory litowo-jonowe (Li-Ion)

Najczęściej wykorzystywanym rodzajem ogniw Li-Ion są te w rozmiarze **18650** lub **21700**. Mają różną pojemność i maksymalne prądy ładowania/rozładowania, w zależności od zastosowanej mieszanki chemicznej. Akumulatory te charakteryzują się długą żywotnością (mierzoną liczbą cykli ładowania), stosunkowo małymi wymiarami i wysoką gęstością energii. Stosowane są szeroko w całej branży elektromobilności. Budując pakiet złożony nawet z kilkuset ogniw, można uzyskać duże banki energii. Popularne stają się również ogniwa **Li-Ion w obudowie baterii guzikowych**, takie jak np. **LIR2016** czy **LIR2032**. Jest to alternatywa dla ogniw pierwotnych. Przy odpowiednim zastosowaniu mogą pracować nawet 300 cykli ładowania.



Baterie guzikowe (CR Li-MnO_2)



Napięcie wyjściowe tych baterii to 3,0 V. Ten typ źródła zasilania ma szerokie zastosowanie również dzięki małym wymiarom, szerokiemu zakresowi temperatur pracy oraz niewielkiemu efektowi samorozładowania. Do najpopularniejszych rodzajów należą **CR2032** oraz **CR2450**.

Baterie alkaliczne (Zn-MnO_2)

W tym przypadku napięcie znamionowe to 1,5 V. Są to nieładowalne i najpopularniejsze typy baterii w codziennym użytkowaniu. Dzięki większej pojemności oraz dłuższej żywotności są dobrą alternatywą dla baterii cynkowo-węglowych.

W ofercie Akyga Battery znajdują się również inne rodzaje akumulatorów i baterii, np. akumulatory niklowo-metalowo-wodorkowe (**NiMH**), akumulatory litowo-żelazowo-fosforanowe (**$LiFePO_4$**) czy też ogniwa litowo-chlorkowo-tionylowe (**Li-$SOCl_2$**)

Baterie i akumulatory Akyga Battery znajdują zastosowania w bardzo zróżnicowanych aplikacjach i rozwiązaniach. Są to na przykład urządzenia do lokalizacji pojazdów (GPS), urządzenia medyczne (monitorowanie stanu zdrowia, opaski smart), wszelkie rozwiązania IoT (lokalizatory, czujniki), elektromobilność, Smart Home czy zabawki.

Akyga Battery współpracuje z akredytowanymi laboratoriami przy certyfikacji swoich produktów. **Ogniwa mają deklaracje zgodności CE i karty MSDS, są także certyfikowane między innymi według takich norm, jak:**

- **MSDS,**
- **UN38.3,**
- **IEC62133,**
- **UL1642.**

Piotr Żabski

REKLAMA



eprasa.pl ed26111aec



Anatomia systemów BMS

Współczesna technologia nie może istnieć bez wydajnych, możliwie lekkich i kompaktowych, a nade wszystko – bezpiecznych akumulatorów. Postęp techniczny ma to do siebie, że wymagania stawiane konstruktorom rosną w miarę wdrażania kolejnych innowacji – nowe technologie rodzą kolejne wyzwania, ale także problemy do rozwiązania. Nie inaczej jest w przypadku urządzeń i układów do zarządzania elektrochemicznymi źródłami energii. Co ważne, temat systemów BMS – wbrew pozorom – dotyczy nie tylko pojazdów elektrycznych czy przemysłowych magazynów energii, ale obejmuje w równym stopniu także najmniejsze urządzenia ubieralne, choć rzecz jasna – w całkiem innej skali.



Fotografia 1. Pożar samochodu elektrycznego (t.ly/rFl3s)

Prawdopodobnie dla nikogo nie jest już dzisiaj tajemnicą, że elektronika XXI wieku została (przynajmniej na razie) niemal całkowicie zdominowana przez akumulatory na bazie litu. Choć w użyciu jest także wiele innych konstrukcji chemicznych, to właśnie ogniwa i pakiety litowo-jonowe (a także litowo-polimerowe) są spotykane niemal na każdym kroku. Od urządzeń mobilnych i ubieralnych, poprzez komputery przenośne, niewielką aparaturę pomiarową czy sprzęt medyczny, aż po rozmaite pojazdy elektryczne (samochody, skutery, hulajnogi, pojazdy specjalnego przeznaczenia), a nawet potężne „farmy" magazynów energii, coraz szerzej stosowanych w energetyce rozproszonej – źródła na bazie litu święcą tryumfy popularności i sytuacja ta z pewnością potrwa jeszcze przez wiele lat.

Niestety, w technologii – tak, jak i w życiu – nie ma nic za darmo. Stosowanie pakietów Li-Ion (i nie tylko) wiąże się z koniecznością ich skutecznego zabezpieczenia oraz zarządzania wszystkimi parametrami pracy, tak ze względów bezpieczeństwa, jak i funkcjonalności. W tym artykule przyjrzymy się konstrukcji, parametrom oraz zastosowaniom systemów zarządzania akumulatorami.

Dlaczego potrzebujemy systemów BMS?

Jak już wspomnieliśmy, jedną z fundamentalnych przesłanek do wdrożenia systemu BMS w urządzeniu lub instalacji jest konieczność zachowania możliwie najwyższego poziomu bezpieczeństwa. Świadomość zagrożeń, płynących z niezapewnienia

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 2. Pożar hulajnogi elektrycznej (t.ly/3p-a7)



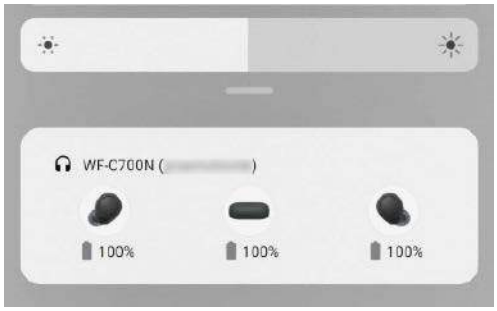
Fotografia 3. Ognioodporna torba do ładowania i transportu hulajnóg elektrycznych (t.ly/RNkm0T)

prawidłowych warunków eksploatacji akumulatorów, rozwija się w społeczeństwie przede wszystkim przez doniesienia medialne o kolejnych przypadkach (zwykle bardzo groźnych w skutkach) zapłonów pakietów Li-Ion, czy to w samochodach elektrycznych (**fotografia 1**), czy też w hulajnogach (**fotografia 2**). Dość powiedzieć, że (wciąż relatywnie rzadkie) awarie źródeł energii, prowadzące do zapłonu i wznecenia pożaru, np. w czasie ładowania pojazdu elektrycznego, stały się przyczynkiem do powołania firm specjalizujących się w… ochronie przed pożarami pochodzenia „akumulatorowego". Doskonałym przykładem efektów takiej działalności mogą być ognioodporne torby na hulajnogi i skutery elektryczne, mające chronić zdrowie i życie (oraz dobytek) użytkowników przed skutkami ewentualnego zwarcia bądź przeładowania pakietu (**fotografia 3**). A, jak powszechnie wiadomo, akumulatory litowe są dość wrażliwe na parametry użytkowania (głównie podczas ładowania, ale nie tylko) – stąd też wprowadzenie wielopoziomowych zabezpieczeń elektronicznych wydaje się absolutną koniecznością, podyktowaną zarówno zdrowym rozsądkiem, jak i odpowiedzialnością za czyjeś zdrowie oraz życie. Tym bardziej, że pożary pochodzenia „akumulatorowego" są – z uwagi na fizykochemiczne właściwości litu – znacznie trudniejsze do ugaszenia, niż np. pożar zwykłego samochodu, napędzanego paliwem ciekłym.

Kolejny aspekt przemawiający za stosowaniem systemów zarządzania akumulatorami to użyteczność. Niezależnie od tego, czy mamy do czynienia z pojazdem elektrycznym, czy też bezprzewodowym zestawem słuchawkowym – dla użytkownika ważna jest informacja, na jak długi czas eksploatacji wystarczy jeszcze energii, zgromadzonej w akumulatorze. Rzecz jasna, sposób podania tej informacji zależy od produktu, a nawet wybranego przez użytkownika trybu



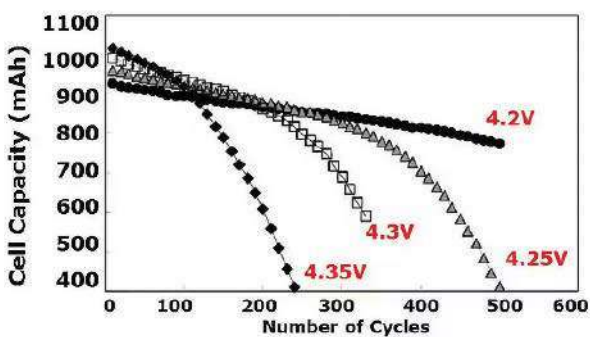
Fotografia 4. Tablica rozdzielcza samochodu Ford F-150 Lightning – po lewej stronie ekranu widoczny jest wskaźnik zasięgu, obliczonego na podstawie danych z systemu BMS (t.ly/sgYqj)



Rysunek 1. Zrzut ekranu telefonu z systemem Android – wykaz podłączonych przez BLE urządzeń, wraz ze wskaźnikami stanu poszczególnych akumulatorów

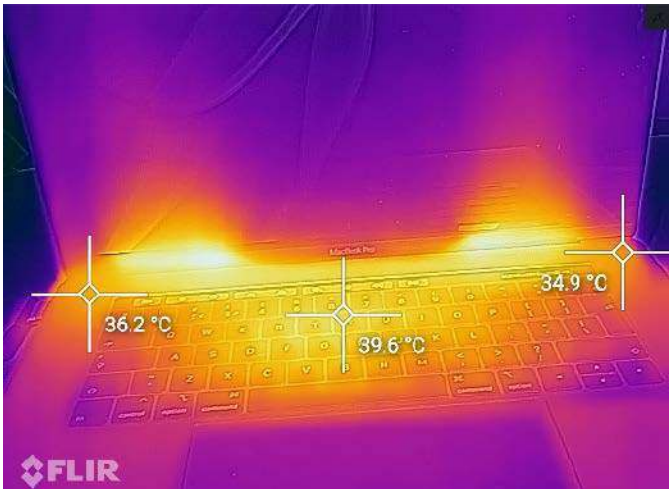
pracy. W przypadku samochodu elektrycznego lub hybrydowego będzie to estymowany zasięg, wyrażony w kilometrach lub milach (**fotografia 4**), gadżety mobilne wskażą procentową zawartość energii w akumulatorze (**rysunek 1**), zaś smartfon w stanie ultra-oszczędzania energii poinformuje użytkownika o szacowanym czasie czuwania. Im większa wiarygodność estymacji, tym lepiej dla użytkownika (może bowiem zawczasu zaplanować doładowanie akumulatora), a także dla producenta, który za sprawą rzetelnych pomiarów poziomu energii w akumulatorze lepiej „wypadnie" w oczach klientów. O ile bowiem długi czas pracy na prawie wyładowanym źródle energii zostanie przeważnie odebrany przez użytkowników bardzo pozytywnie (co można zaobserwować na podstawie licznych opinii i recenzji internetowych), to już nagłe wyładowanie zestawu słuchawkowego czy też telefonu, który jeszcze chwilę wcześniej wskazywał całkiem przyzwoity stan akumulatora, da efekt przeciwny – zniechęci odbiorców bądź to do danego modelu, bądź do marki jako takiej.

Niezwykle ważną zaletą stosowania systemów BMS jest także fakt, iż mogą one w pewnym zakresie wydłużyć żywotność akumulatora. O ile niektóre parametry eksploatacji akumulatorów – np. temperatura

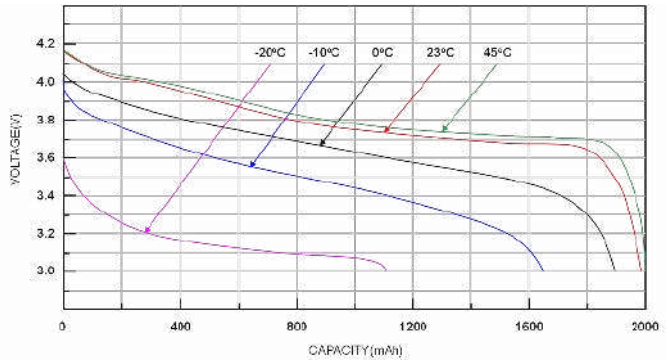


Rysunek 2. Wykres zależności pojemności ogniwa Li-Ion typu LiCoO2 od liczby cykli, przy czterech różnych napięciach końcowych (t.ly/0nwlt)

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 5. Obraz z kamery termowizyjnej, pokazujący rozkład temperatur na powierzchni obudowy i klawiatury laptopa (t.ly/MHi0u)



Rysunek 3. Wykres pokazujący charakterystyki rozładowania ogniwa Li-Ion w pięciu różnych temperaturach pracy (t.ly/QoOo3)

otoczenia – mogą zmieniać się w relatywnie szerokim zakresie z niezauważalnym lub tylko z niewielkim uszczerbkiem dla efektywnej pojemności, o tyle inne wielkości fizyczne mają decydujące znaczenie dla liczby cykli ładowania/rozładowania, po których pojemność spadnie do nieakceptowalnie niskiego poziomu. Nie wszyscy zdają sobie bowiem sprawę z faktu, iż podniesienie napięcia ładowania o zaledwie 50 mV/ogniwo (np. z 4,20 V na 4,25 V) powoduje drastyczne skrócenie jego żywotności. Doskonale obrazuje to **rysunek 2**, prezentujący wykres zależności pojemności ogniwa Li-Ion typu $LiCoO_2$ od liczby cykli, przy czterech różnych napięciach końcowych. Jak widać, po 500 cyklach ładowania z napięciem końcowym równym 4,2 V, pojemność spadnie z początkowych 950 mAh do 850 mAh, co oznacza niewiele ponad 10-procentowe zużycie – jest to więc całkiem niezły wynik. Dla porównania, wzrost napięcia o 50 mV doprowadzi do zużycia prawie 58-procentowego, zaś przy ładowaniu napięciem 4,35 V (tj. o 150 mV więcej względem pierwszego opisanego przypadku) akumulator osiągnie próg 400 mAh po zaledwie 250 cyklach pracy.

Jeżeli odniesiemy wspomnianą wcześniej różnicę 50 mV do typowej wartości napięcia naładowanego ogniwa Li-Ion, czyli 4,2 V, otrzymamy wynik zaledwie… 1,19%. Co to oznacza dla elektronika, planującego budowę systemu BMS? Okazuje się, że zastosowanie układu pomiarowego ze źródłem napięcia odniesienia o (przyzwoitej w wielu innych aplikacjach) dokładności rzędu 1% (np. popularnego TL431 klasy A) doprowadzi do nieakceptowalnych rozrzutów produkcyjnych i w efekcie – znacząco obniży czas pracy docelowych urządzeń (o ile rzecz jasna „trafią" one na te egzemplarze wzorców, których napięcie wyjściowe będzie przewyższać wartość nominalną).

Przykład wpływu napięcia ładowania na pojemność użytkową jest bardzo „jaskrawy", ale nie należy zapominać, że także inne czynniki mogą dojść do głosu i to – wbrew pozorom – w całkiem zwyczajnych sytuacjach. Jako przykład niech posłuży nam akumulator laptopa, będący w istocie pakietem złożonym z trzech lub czterech ogniw litowo-jonowych. Tuż po włączeniu komputera, temperatura wszystkich ogniw będzie zwykle niemal identyczna. Długotrwała praca z dużym obciążeniem procesora będzie powodowała stopniowe podgrzewanie pakietu, zwykle w sposób asymetryczny, związany z konstrukcją urządzenia (**fotografia 5**). Pozornie różnice rzędu kilku stopni pomiędzy poszczególnymi obszarami ukrytego wewnątrz obudowy akumulatora nie powinny mieć większego wpływu na jego funkcjonowanie. Jeżeli jednak zestawimy te dane z wykresem, pokazującym zależność napięcia ogniwa Li-Ion od stopnia rozładowania dla różnych temperatur pracy (**rysunek 3**) oraz uwzględnimy fakt, iż poszczególne ogniwa są w jakiś sposób rozdzielone przestrzennie wewnątrz obudowy pakietu, to bez większego trudu dojdziemy do wniosku, iż asymetryczny rozkład temperatur wpłynie na… szybkość rozładowywania poszczególnych ogniw. Na domiar złego, żaden producent nie jest w stanie zagwarantować idealnie powtarzalnych parametrów ogniw, nawet w przypadku dwóch egzemplarzy, opuszczających linię produkcyjną jeden za drugim. Aby maksymalnie wydłużyć żywotność źródła energii, konieczne jest zatem zastosowanie balansera, wyrównującego poziom naładowania ogniw w całym pakiecie.

Systemy BMS – podstawowe parametry

Na podstawie powyższego opisu możemy wskazać trzy podstawowe cele stosowania systemów BMS:

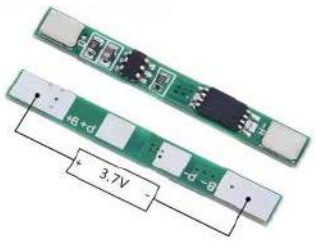
1. ochrona akumulatorów przed uszkodzeniami,
2. monitorowanie „dobrostanu" akumulatorów oraz poziomu naładowania,
3. maksymalizacja pojemności użytecznej.

Cele te są realizowane poprzez pomiar trzech głównych parametrów, tj.:

1. napięcia poszczególnych ogniw lub ich zestawów (połączonych równolegle),
2. prądów ładowania i rozładowania,
3. temperatury poszczególnych części pakietu lub – w prostszych przypadkach – całego akumulatora.

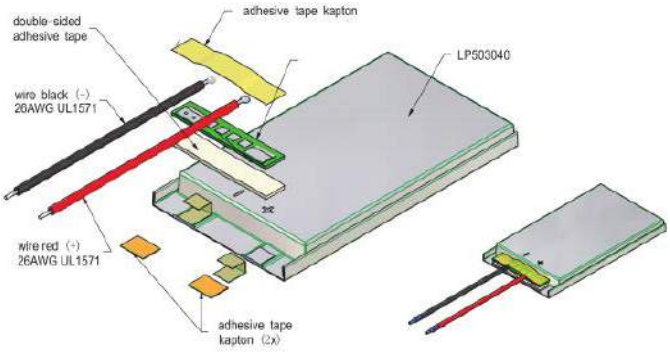
Warto ponadto podkreślić, że o ile systemy zarządzania akumulatorami faktycznie mierzą tylko trzy wymienione wcześniej parametry (U, I, T), to szereg pozostałych może być wyznaczony na drodze obliczeń matematycznych bądź – w bardziej zaawansowanych aplikacjach – implementacji algorytmów uczenia maszynowego. Wyznaczenie wskaźników „stanu zdrowia" akumulatora (ang. *battery health status*), czyli określenie stopnia zużycia pakietu względem stanu wyjściowego (fabrycznego), wymaga bowiem precyzyjnego śledzenia charakterystyk ładowania i rozładowania. Najprostsza realizacja to tzw. licznik kulombów (ang. *Coulomb Counter*), a niektórzy producenci proponują rozwiązania polegające na… bieżącym monitorowaniu impedancji poszczególnych ogniw.

Nietrudno zauważyć, że wymienione powyżej parametry oraz cele wiążą się nierozerwalnie z procesem ładowania – w istocie, nawet najprostsze ładowarki scalone (które można dziś znaleźć chociażby w tanich latarkach akumulatorowych) realizują znaczną część tych założeń i (przynajmniej według definicji) także należą do przykładów BMS. Do tej samej grupy systemów zarządzania akumulatorami bywają zaliczane również układy PCM (ang. *Protection Circuit Modules* – **fotografia 6**), czyli bardzo proste moduły zabezpieczające przed przeładowaniem, nadmiernym rozładowaniem czy też zwarciem,

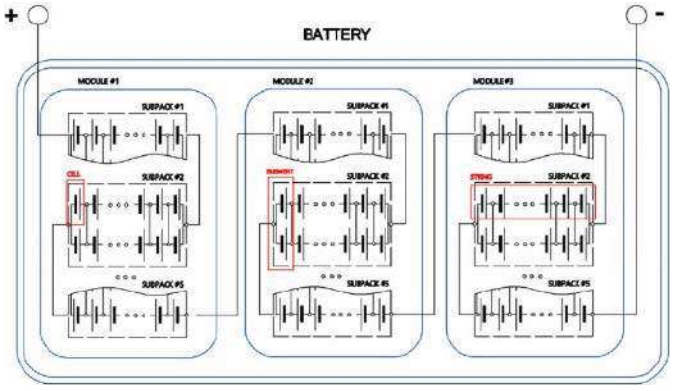


Fotografia 6. Prosty moduł zabezpieczający (PCM), przeznaczony do współpracy z ogniwami Li-Ion (t.ly/BcRV0)

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 4. Konstrukcja typowego akumulatora litowo-polimerowego z wbudowanym układem PCM (materiały firmy Akyga Battery – t.ly/AWy9-)



Rysunek 6. Schemat struktury wewnętrznej akumulatora samochodu elektrycznego (t.ly/drzFG)

montowane wewnątrz zintegrowanych ogniw i pakietów litowo-jonowych i litowo-polimerowych (**rysunek 4**). Z uwagi na bardzo ograniczony zakres funkcjonalności, ich przynależność do kategorii rozwiązań BMS jest raczej dyskusyjna.

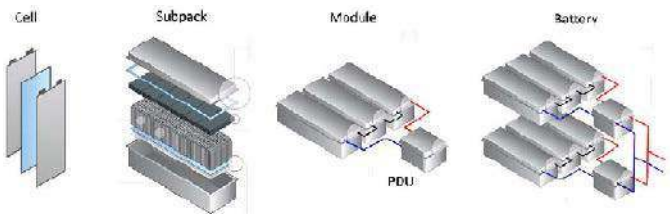
Mało tego – współczesne portfolio układów, przeznaczonych do zarządzania procesem ładowania czy też monitorowania ilości zgromadzonej energii, obejmuje rozbudowane komponenty o tak wysokim stopniu złożoności konstrukcyjnej i funkcjonalności, że w pełni zasługują one na zaliczenie do kategorii BMS. Przykłady interesujących układów scalonych z tej grupy omówimy w dalszej części artykułu.

Samochody „na baterie", czyli krótko o zasilaniu pojazdów elektrycznych

Nie da się ukryć, że najsilniejszym motorem, napędzającym obecnie branżę systemów BMS, jest oczywiście przemysł samochodowy, a konkretniej – rynek pojazdów elektrycznych (EV od ang. Electric Vehicle). Każdy samochód elektryczny lub hybrydowy, którym się poruszamy lub który mijamy na ulicy, jest wyposażony w zaawansowany moduł BMS o wysokiej niezawodności, czuwający nad procesami ładowania oraz rozładowania potężnego zestawu akumulatorów litowo-jonowych **(fotografia 7**). Aby zasilić napęd o mocy rzędu dziesiątków kilowatów, potrzebne jest nie tylko wysokie napięcie (współczesne samochody elektryczne są napędzane silnikami o napięciu 400 V, 600 V, a nawet 800 V), ale także spory prąd i naprawdę wysoka pojemność (dochodząca nawet do ponad 200 kWh). Z tego też względu, podsystemy zasilania stosowane w EV mają konstrukcję hierarchiczną, pokazaną schematycznie na **rysunku 5** – poszczególne pakiety (określane mianem subpack), zawierające spory zestaw ogniw o połączeniu równoległo-szeregowym, są połączone szeregowo (**rysunek 6**) i zarządzane przez moduł o nazwie PDU (ang. Power Distribution Unit). Ten ostatni zaś podlega systemowi kontroli pojazdu (ang. VCU – Vehicle Control Unit).



Fotografia 7. Zestaw akumulatorów samochodu elektrycznego Nissan Leaf, widoczny po usunięciu większości elementów podwozia oraz karoserii (t.ly/TQIJT)



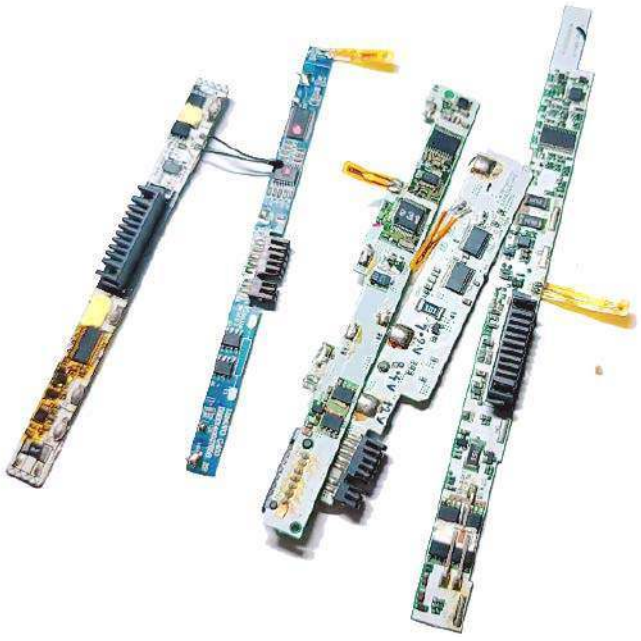
Rysunek 5. Hierarchiczna budowa zespołu akumulatorów pojazdu elektrycznego (t.ly/drzFG)

Architektura systemów BMS „z lotu ptaka"

Choć w niemal wszystkich przypadkach BMS zakres parametrów (zarówno tych mierzonych, jak i obliczanych programowo) jest z grubsza taki sam, to poszczególne realizacje różnią się diametralnie pod względem ogólnej architektury oraz rozwiązań, zastosowanych do przesyłania informacji pomiędzy elementami całego systemu.



Fotografia 8. Moduł BMS stosowany w samochodach Tesla Model S (t.ly/Y-lRd)



Fotografia 9. Moduły BMS odzyskane z akumulatorów kilku modeli laptopów (t.ly/7Jp5w)

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 10. Pakiet akumulatorów współpracujący ze scentralizowanym systemem BMS (t.ly/xrWXg)

W praktyce można wyróżnić dwie główne odmiany architektury BMS: scentralizowaną oraz modułową. Pierwsza z nich, jak nietrudno się domyślić, bazuje na pojedynczym urządzeniu, integrującym wszystkie niezbędne elementy systemu (patrz **fotografia 8**) i sprawdza się doskonale w aplikacjach o mniejszym stopniu złożoności, a także w urządzeniach zasilanych za pomocą pakietu złożonego z kilku..kilkunastu ogniw. Dobrym przykładem mogą być tutaj chociażby laptopy, w których moduły BMS mają postać podłużnych, wąskich płytek zabudowanych wewnątrz obudowy, tuż obok zestawu ogniw Li-Ion (**fotografia 9**). W przypadku pakietów o dużo większych rozmiarach i liczbie elementów w szeregu, zastosowanie architektury scentralizowanej wiąże się niestety z koniecznością prowadzenia obszernej wiązki przewodów, co naturalnie zwiększa podatność całości na awarie.

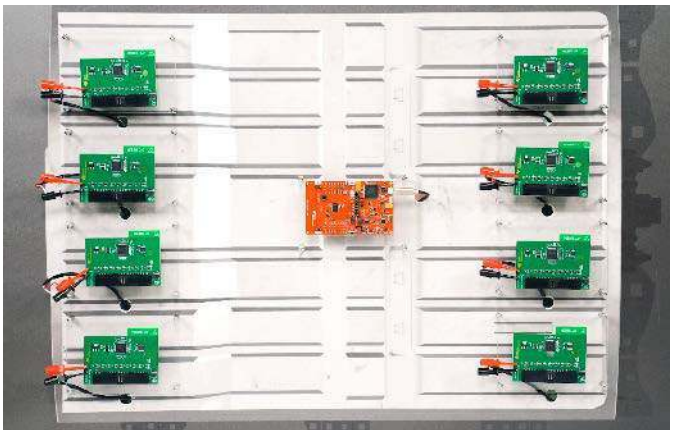
Dopóki ilość okablowania jest stosunkowo niewielka, poprowadzenie połączeń od jednostki centralnej BMS do wszystkich współpracujących w danym pakiecie ogniw lub zestawów pakietów jednostkowych nie stanowi szczególnego wyzwania (patrz **fotografia 10**). Wraz ze wzrostem złożoności podsystemu zasilania, liczba przewodów staje się jednak naprawdę spora – w przypadku typowego samochodu elektrycznego mówimy bowiem nawet o kilku kilogramach kabli, narażonych rzecz jasna na trudne warunki środowiskowe, panujące w podwoziu pojazdu (zmiany temperatury, wysoka wilgotność, ciągłe wibracje i udary, działanie substancji chemicznych). Z tego też względu niektórzy producenci optują za architekturą modułową, w której niewielkie „fragmenty" systemu BMS – w postaci modułów, pozwalających na monitorowanie i balansowanie poszczególnych subpakietów – są umieszczane w bezpośrednim otoczeniu współpracujących z nimi elementów akumulatora (**fotografia 11**). Takie rozwiązanie pozwala częściowo zredukować liczbę kabli, ale wciąż



Fotografia 11. Pakiet akumulatorów współpracujący z modułowym systemem BMS (t.ly/xrWXg)



Fotografia 12. Moduł podrzędny bezprzewodowego systemu BMS – płytka ewaluacyjna CC2662RQ1-EVM-WBMS (t.ly/UT2zs)



Fotografia 13. Bezprzewodowy system BMS zbudowany w oparciu o moduły CC2662RQ1-EVM-WBMS (t.ly/-iAdQ)

nie rozwiązuje problemu długich przewodów, odpowiedzialnych chociażby za transmisję danych z modułów podrzędnych (*slave*) do jednego *mastera*.

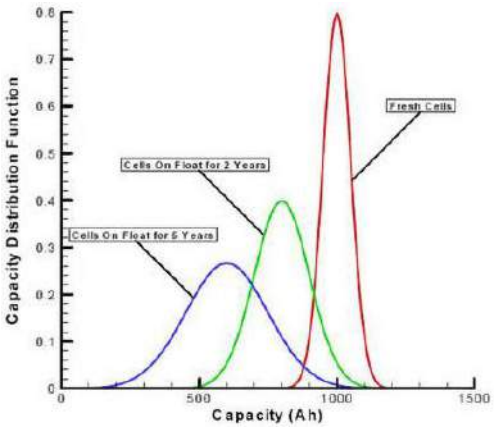
A jednak, pomysłowość elektroników nie zna granic – w przepastnych zasobach internetowych można znaleźć bardzo interesujący projekt referencyjny, oparty na scalonych monitorach/balanserach BQ79616-Q1 oraz mikrokontrolerach „radiowych" CC2662R-Q1 marki Texas Instruments (**fotografia 12**). Jak widać na **fotografii 13**, system BMS oparty na lokalnej sieci radiowej cechuje się naprawdę imponującą redukcją ilości okablowania, nawet w stosunku do przewodowych architektur modułowych.

Balansery w systemach BMS

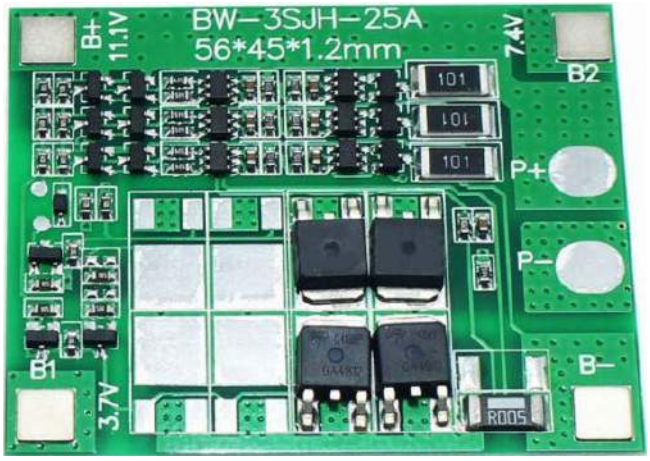
Kolejnym zagadnieniem, którego nie sposób nie poruszyć podczas omawiania systemów BMS, jest podział i zasada działania różnych rodzajów balanserów. Konieczność stosowania tego typu układów wynika ze wspomnianych wcześniej różnic pomiędzy połączonymi szeregowo ogniwami – oprócz tolerancji produkcyjnej oraz temperatury, na rzeczywistą pojemność ogniwa wpływa także jego wiek. Co gorsza, krzywa rozkładu statystycznego pojemności ulega spłaszczeniu wraz z upływem czasu – innymi słowy, po kilku latach eksploatacji pojemność ogniw różni się coraz bardziej, nawet, jeżeli początkowo była ona niemal identyczna dla wszystkich elementów szeregu – efekt ten można zobaczyć na **rysunku 7**. Zakończenie ładowania następuje wtedy, gdy całkowitemu naładowaniu ulegnie ogniwo o najmniejszej pojemności (w danych warunkach). Oznacza to, że „najsłabsze" ogniwo decyduje o użytecznej pojemności całego zestawu.

Podstawowy podział balanserów wynika z techniki, zastosowanej do równoważenia ładunku zgromadzonego w ogniwach lub blokach ogniw.

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 7. Wpływ starzenia na rozrzut pojemności ogniw litowo-jonowych (t.ly/qNXeg)

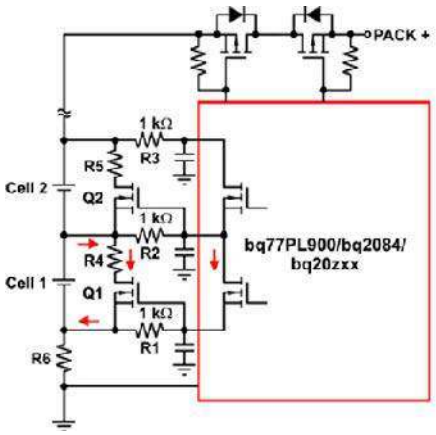


Fotografia 14. Prosty moduł BMS z wbudowanym balanserem pasywnym do pakietów Li-Ion 3s1p (t.ly/u0tNp)

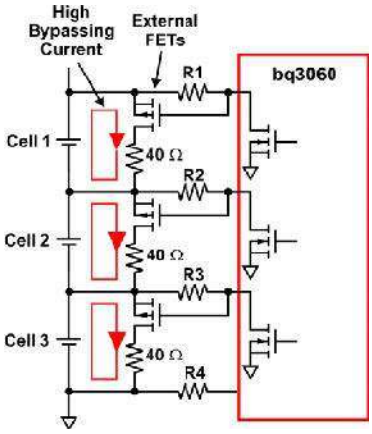
wnętrznych uniemożliwi bowiem otwarcie „górnego" klucza.

Ulepszona konstrukcja balansera pasywnego, tym razem na bazie układu bq3060, została pokazana na **rysunku 9**. W tym przypadku zastosowano już zewnętrzne MOSFET-y z kanałem P, dzięki czemu ich sterowanie jest możliwe przy użyciu wewnętrznych struktur N-MOSFET w konfiguracji OD. Z pozoru zmiana jest niewielka, ale w rzeczywistości brak wspólnych połączeń drenów i źródeł sąsiadujących ze sobą tranzystorów pozwala na całkowicie niezależne sterowanie każdą z sekcji.

Istotną zaletą balanserów pasywnych jest stosunkowo prosta konstrukcja, wymagająca (w przypadku urządzeń bazujących na nowoczesnych sterownikach scalonych) garści zewnętrznych tranzystorów i rezystorów, czyli elementów tanich i relatywnie kompaktowych. Podczas ładowania część energii jest wprawdzie tracona w postaci ciepła, wydzielanego przez oporniki, ale w większości aplikacji można na to przymknąć oko.



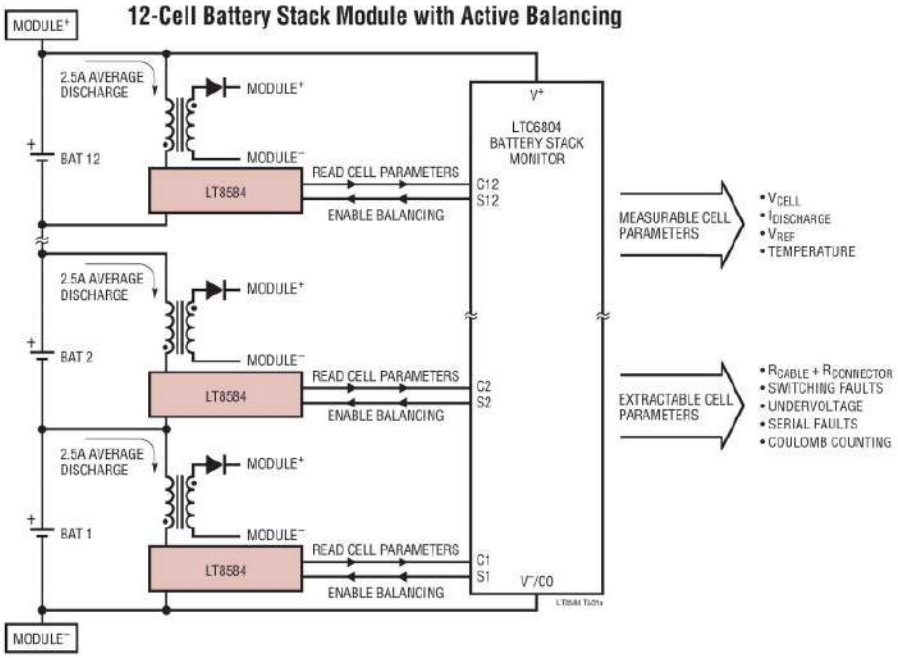
Rysunek 8. Schemat pasywnego balansera na bazie układu bq77PL900/bq2084/bq20zxx (t.ly/IW02o)



Rysunek 9. Schemat ulepszonego balansera pasywnego z wykorzystaniem układu bq3060 (t.ly/IW02o)

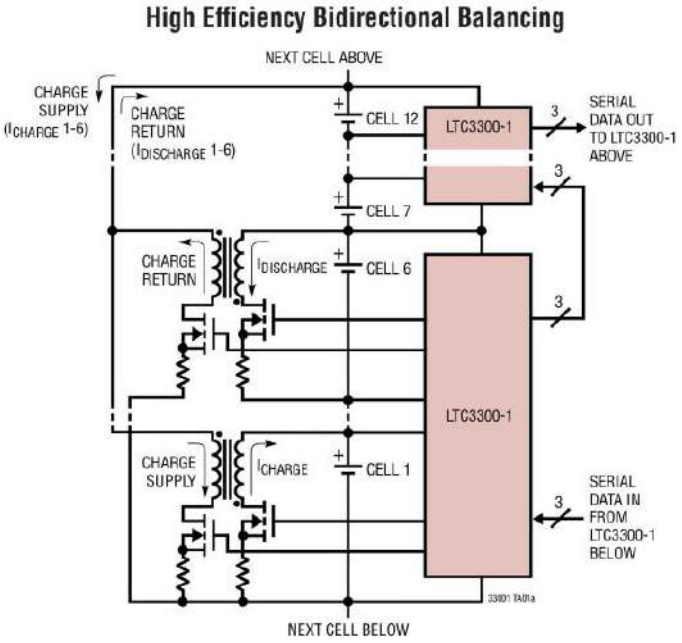
Balansery pasywne

Pasywne konstrukcje balanserów działają na zasadzie „podkradania" ładunku z ogniw, które zostały już w pełni naładowane, co daje szansę na uzupełnienie brakującego ładunku w pozostałych ogniwach szeregu. Metoda ta jest najczęściej realizowana poprzez dołączanie równoległych rezystorów do poszczególnych ogniw, zwykle za pomocą tranzystorów MOSFET, sterowanych przez kontroler systemu BMS na podstawie wartości napięć, zmierzonych na ogniwach – z tego też względu, większość pasywnych balanserów wyróżnia się charakterystycznym zestawem rezystorów dużej mocy i dyskretnych tranzystorów, co można zaobserwować na fotografii 14. Pomimo oczywistych podobieństw, poszczególne realizacje praktyczne różnią się jednak zastosowaną topologią układową. Przykładowy balanser, przeznaczony do użycia z pakietami 2s1p (z dwoma szeregowymi ogniwami) zaprezentowano na **rysunku 8** – wewnętrzne tranzystory MOSFET selektywnie otwierają jeden z zewnętrznych (dyskretnych) tranzystorów Q1 lub Q2, poprzez wywołanie spadku napięcia na rezystorze, włączonym w obwód bramka-źródło (odpowiednio R1 lub R2). Taka topologia, powtórzona w przypadku pakietu o większej liczbie ogniw, nie sprawdziłaby się jednak w sytuacji, w której zaszłaby konieczność balansowania dwóch sąsiadujących ogniw – włączenie obydwu tranzystorów we-

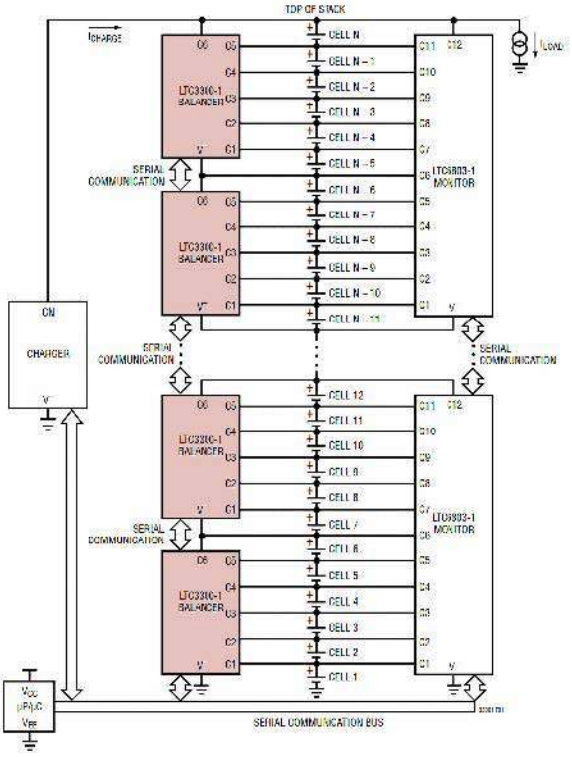


Rysunek 10. Schemat balansera aktywnego opartego na układach LTC6804 oraz LT8584 (t.ly/ScGzo)

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 11. Schemat 10-amperowego balansera aktywnego opartego na układach LTC3300-1 (t.ly/ScGzo)



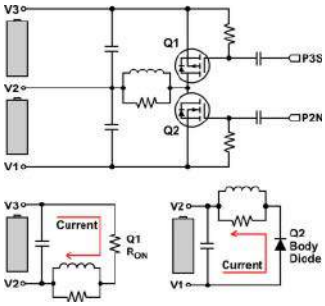
Rysunek 12. Schemat systemu BMS bazującego na układach balanserów LTC3300-1 oraz monitorów wielokanałowych LTC6803-1 (t.ly/5MlVl)

Niestety – straty mocy, czyli to, co stanowi fundament działania balanserów pasywnych, stają się największą wadą, jeżeli moduł ma działać także w trybie rozładowania akumulatora. Niepożądane straty energii, które rosną wraz ze wzrostem liczby ogniw, są nieakceptowalne z punktu widzenia maksymalizacji pojemności użytecznej całego pakietu. Można więc rzec, że stosowanie balansera pasywnego podczas pracy w trybie rozładowania… stoi w ogóle w opozycji do sensu jego istnienia w urządzeniu (sic!).

Balansery aktywne

Opisanej powyżej wady pozbawione są balansery aktywne. W tym przypadku, za cenę znacznej komplikacji układowej, zyskujemy bowiem możliwość odzyskania większości nadmiarowej energii z ogniw naładowanych do pełna oraz… „wstrzyknięcia" jej z powrotem do układu, w sposób umożliwiający doładowanie pozostałych ogniw o wyższej pojemności. Na **rysunku 10** można zobaczyć przykładową realizację balansera aktywnego, opartą na układach LTC6804 oraz LT8584. Każde z dwunastu ogniw współpracuje z… „własną" przetwornicą DC/DC typu flyback, przy czym uzwojenia wtórne wszystkich transformatorów włączone są (poprzez szeregowe diody) pomiędzy bieguny pakietu. Prawie cała energia pobrana z silniej doładowanych ogniw trafia zatem do pozostałych – ograniczeniem jest tutaj tylko sprawność przetwornic, która w przypadku omawianego układu plasuje się w przedziale 80...83% (dla pakietów o napięciu sumarycznym 30...80 V). Bardziej rozbudowany układ, którego zaletą jest możliwość pracy z prądami wyrównującymi na poziomie nawet 10 A i to przy sprawności ponad 90%, zilustrowano na **rysunku 11**. Konstrukcja bazuje na kontrolerze LTC3300-1, pozwalającym na dołączanie kolejnych, identycznych bloków, na zasadzie łańcucha (Daisy-Chain) – w powiązaniu z układami LTC6803-1 (pełniącymi funkcję monitorów szeregów 12-ogniwowych), możliwa jest budowa kompletnego front-endu systemu BMS, który z nadrzędnym mikrokontrolerem komunikuje się za pomocą interfejsu szeregowego (**rysunek 12**).

Istotną wadą zaprezentowanych do tej pory układów jest konieczność stosowania obszernego zestawu transformatorów, co znacząco podnosi koszty implementacji. Co ciekawe, w przypadku balanserów aktywnych można także zastosować diametralnie inne podejście, które metaforycznie da się porównać do działalności… grupy osób, ustawionych w szeregu i przekazujących sobie kolejno np. wiadro z wodą (tzw. *bucket brigade*). Technologia PowerPump, opracowana przez firmę Texas Instruments, korzysta z pojedynczych dławików, które – przy odpowiednim sterowaniu par współpracujących tranzystorów – „przerzucają" ładunek pomiędzy sąsiadującymi ze sobą ogniwami (**rysunek 13**). Także w tym przypadku producent zastosował technologię łączenia kaskadowego układów, przy czym każdy kontroler (w tej roli bq76PL102) pełni, wraz z otaczającymi go komponentami dyskretnymi, funkcję „węzła" swego rodzaju sieci, określanej przez TI mianem PowerLAN (**rysunek 14**).

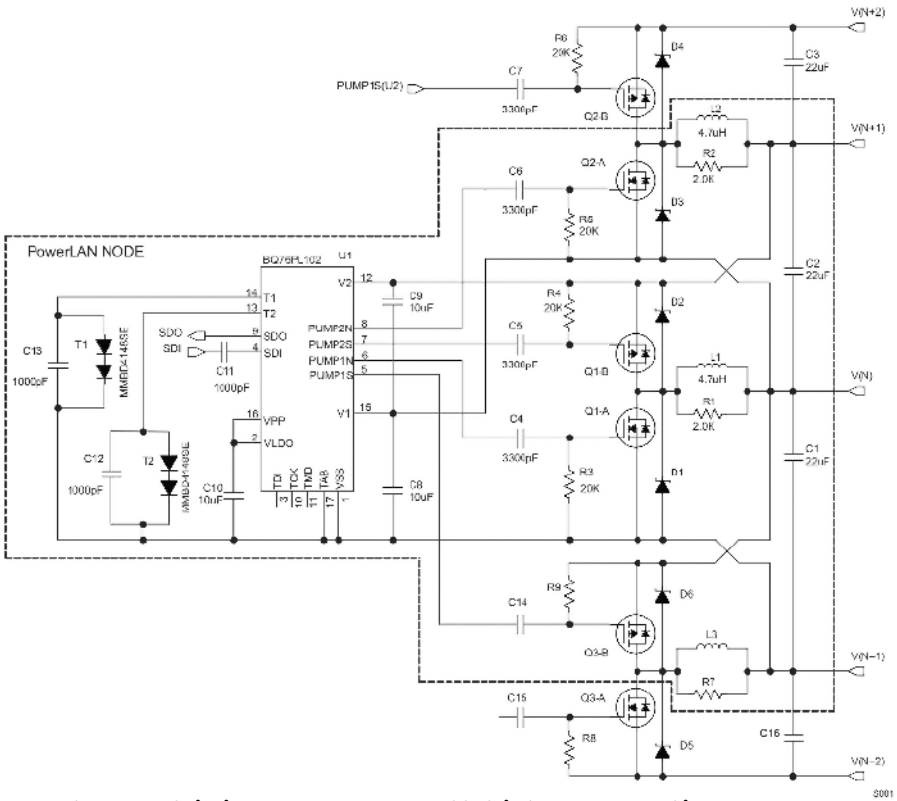


Rysunek 13. Zasada działania balansera aktywnego z technologią PowerPump marki Texas Instruments (t.ly/AuXgq)

Klucze odcinające

Jednym z istotniejszych elementów systemu BMS są przełączniki, stosowane na głównej szynie zasilania w celu przyłączania oraz odłączania akumulatora od obciążenia i wyjścia ładowarki. Klucze odcinające mają najczęściej postać tranzystorów MOSFET, włączonych szeregowo z linią zasilania systemu (tożsamą z biegunem dodatnim pakietu). Poszczególne implementacje różnią się jednak pod względem sposobu wzajemnego połączenia tranzystorów – jeżeli obydwa klucze są włączone „jeden za drugim" (**rysunek 15**), to wspólne wyprowadzenie całego układu obsługuje w danym momencie ładowarkę lub obciążenie. Ta topologia ma zatem sens np. w przypadku wymiennych akumulatorów typu „smart", stosowanych w elektronarzędziach – te same styki są bowiem przyłączone albo do wyjścia ładowarki, albo do zasilanego urządzenia. Drugi sposób włączenia tranzystorów odcinających pokazano na **rysunku 16** – dwa niezależne wyprowadzenia umożliwiają tutaj równoczesne podłączenie ładowarki i obciążenia oraz sterowanie kierunkiem przepływu energii, stosownie do potrzeb danej aplikacji.

eprasa.pl ed26111aec



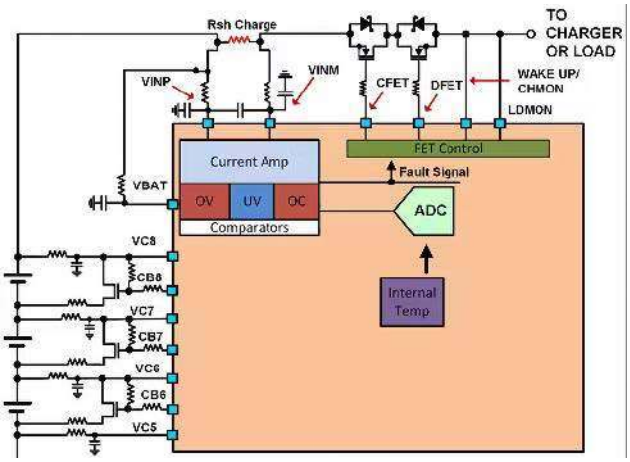
Rysunek 14. Węzeł sieci PowerLAN oparty na układzie bq76PL102 marki Texas Instruments (t.ly/uwEJ_)

Liczniki kulombów i front-endy nadzorcze

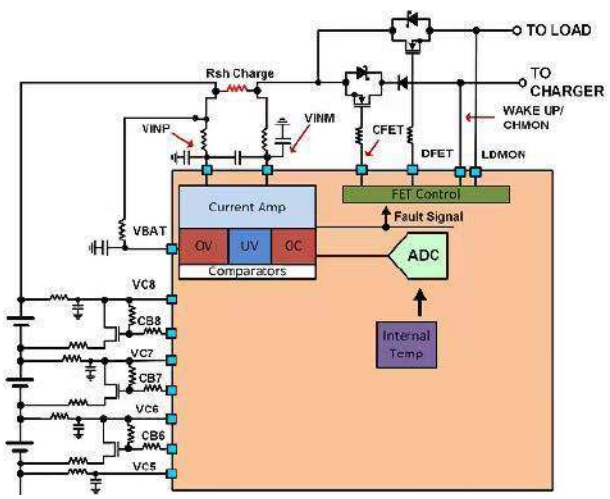
Przybliżone określenie aktualnego stanu naładowania akumulatora (ang. SoC – *State of Charge*) może być dokonane na podstawie pomiaru SEM, czyli napięcia na zaciskach nieobciążonego pakietu – w warunkach obciążenia należałoby bowiem uwzględnić spadek napięcia na rezystancji wewnętrznej, która – na domiar złego – zależy od szeregu czynników (temperatury, efektów starzenia, etc.). W większości przypadków realizacja takiego pomiaru w warunkach zbliżonych do idealnych jest zatem raczej niewykonalna – chyba że mamy do czynienia z urządzeniem o ultra-niskim poborze prądu, np. sensorem IoT z nieaktywnym w danym momencie transceiverem. Oprócz zapewnienia odpowiednich warunków, w algorytmie przeliczającym wartość napięcia na SoC należy ponadto uwzględnić kształt krzywej rozładowania, charakterystyczny dla struktury chemicznej katody danego ogniwa bądź pakietu (**rysunek 17**). Niemal płaski przebieg krzywej dla większości czasu eksploatacji wymaga ponadto wysokiej rozdzielczości przetwornika ADC, odpowiedzialnego za pomiar – nawet niewielkie różnice w odczycie napięcia mają duże znaczenie dla dokładności estymacji SoC.

Znacznie lepsze efekty w przypadku pomiarów prowadzonych pod obciążeniem może dać metoda prądowa. Bazuje ona na cyfrowym lub analogowym całkowaniu napięcia na boczniku, włączonym w obwodzie akumulatora. Na rynku istnieją dziesiątki układów scalonych, zaprojektowanych specjalnie do tego celu i określanych mianem *gas gauge* lub *fuel gauge*, co jest oczywistym odniesieniem do wskaźników ilości paliwa w tradycyjnych samochodach. Producenci często wyposażają front-end pomiarowy w opcję monitorowania napięcia akumulatora, dzięki czemu użytkownik ma możliwość wyboru rodzaju danych wejściowych do estymatora SoC (prąd lub napięcie). Przykładem tego rodzaju miernika kulombów jest układ LTC2942, którego schemat aplikacyjny pokazano na **rysunku 18**. Większość analogicznych układów, dostępnych obecnie w sprzedaży, wspiera proces zliczania ładunku za pomocą wewnętrznego rejestru akumulatora, inkrementowanego w czasie ładowania pakietu i dekrementowanego podczas jego rozładowywania. Takie rozwiązanie znakomicie ułatwia implementację i upraszcza program nadrzędnego procesora.

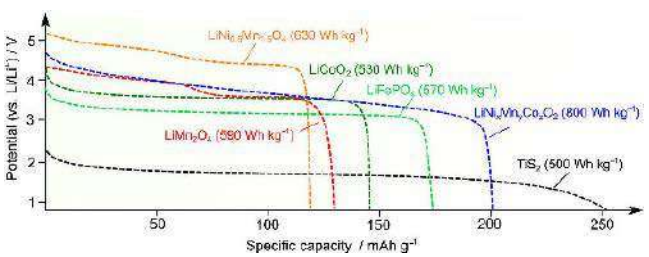
Niestety, nawet zastosowanie klasycznej technologii licznika kulombów okazuje się niewystarczające dla zapewnienia naprawdę wiarygodnego pomiaru SoC w dynamicznie zmieniających się warunkach obciążenia i temperatury. Kolejnym czynnikiem, który należy uwzględnić w estymacji stanu naładowania ogniwa bądź pakietu, jest jego zastępcza impedancja szeregowa. Nieprzypadkowo używamy tutaj określenia impedancja – o ile bowiem w materiałach źródłowych dot. akumulatorów i baterii często można spotkać się



Rysunek 15. Szeregowe klucze odcinające, połączone z dodatnim biegunem akumulatora (t.ly/vZN37)

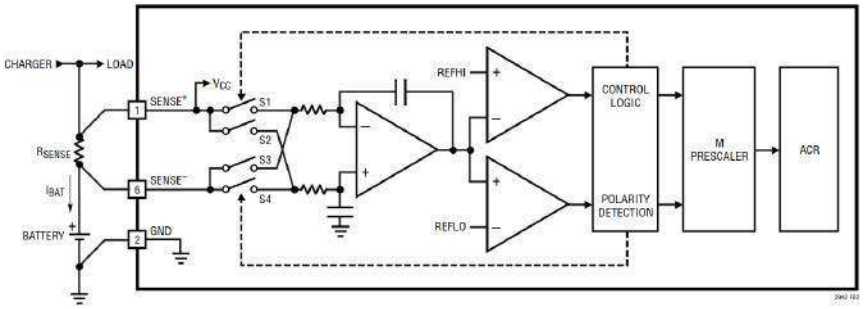


Rysunek 16. Niezależne klucze odcinające, połączone z dodatnim biegunem akumulatora (t.ly/vZN37)

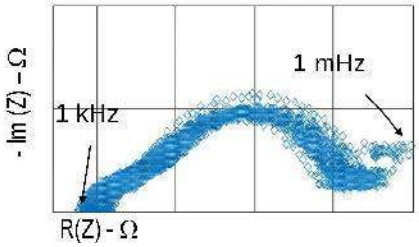


Rysunek 17. Krzywe rozładowania akumulatorów litowych w zależności od składu chemicznego katody (t.ly/J6hwK)

eprasa.pl ed26111aec



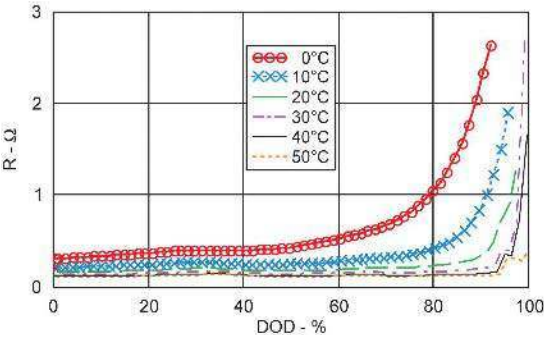
Rysunek 18. Schemat aplikacyjny układu LTC2942 (t.ly/5Db54)



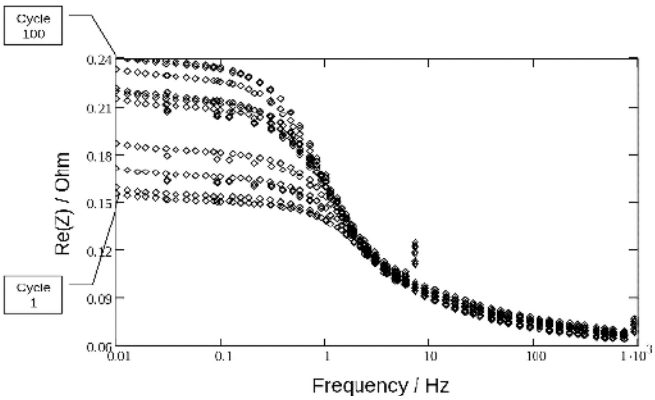
Rysunek 19. Wykres ilustrujący rozrzut produkcyjny impedancji ogniw litowo-jonowych w funkcji częstotliwości (t.ly/OwxVz)

z określeniem *rezystancji wewnętrznej*, to dokładniejsze zbadanie tematu pokazuje, że złożona struktura elektrochemicznych źródeł energii ma pewną swoistą odpowiedź częstotliwościową, która, na domiar złego, wykazuje spory rozrzut produkcyjny (**rysunek 19**). Mało tego – impedancja rośnie także wraz z temperaturą oraz, w znacznie większym stopniu, w miarę rozładowywania akumulatora, co ilustruje **rysunek 20**. Starzenie akumulatora również istotnie podwyższa część rzeczywistą impedancji, choć efekt ten jest widoczny niemal wyłącznie w zakresie niskich częstotliwości (**rysunek 21**).

Jak widać, liczba czynników wpływających na wypadkową wartość impedancji wewnętrznej ogniwa jest naprawdę spora, stąd estymacja SoC na podstawie nawet bardzo dokładnych pomiarów prądu i napięcia (w myśl opisanych wcześniej metod obliczeniowych) wciąż „kuleje" pod względem wiarygodności. Dlatego też producenci układów scalonych poszli o krok dalej – firma Texas Instruments wdrożyła technologię śledzenia impedancji wewnętrznej akumulatora (*Impedance Track*), która – oprócz podstawowych technik monitorowania SEM oraz całkowania przebiegu prądowego – na bieżąco oblicza także impedancję, biorąc pod uwagę zapisaną w pamięci Flash tablicę LUT. Tablica ta przechowuje charakterystyki SEM oraz rezystancji, wyznaczone zarówno dla stanu rozładowania (DoD – *Depth of Discharge*, przy czym DoD = 100% – SoC), jak i temperatury akumulatora. Mało tego – rzeczywista pojemność maksymalna jest aktualizowana dla każdego cyklu ładowania/rozładowania, metoda uwzględnia więc efekt starzenia się ogniwa. A to wszystko jest dostępne dla projektantów urządzeń elektronicznych w postaci układów scalonych o banalnie prostym schemacie aplikacyjnym (**rysunek 22**), nie odbiegającym zasadniczo od prostych liczników kulombów, które zaprezentowaliśmy wcześniej. Własne algorytmy estymacji SoC wdrożyli także inni producenci – np. marka onsemi, która opracowała miniaturowy układ LC709209F o wymiarach zaledwie 1,48 x 1,91×0,51 mm (**rysunek 23**, **fotografia 15**), implementujący autorski algorytm HG–CVR2.



Rysunek 20. Wpływ temperatury na charakterystyki rezystancji wewnętrznej ogniwa litowo-jonowego (t.ly/y9MRg)



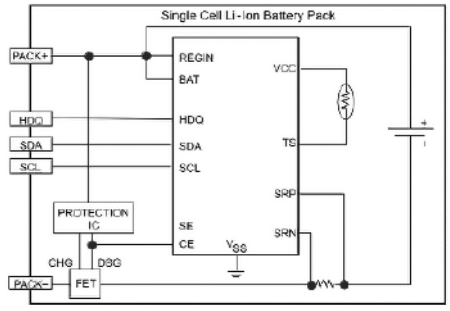
Rysunek 21. Wpływ starzenia na charakterystyki rezystancji wewnętrznej ogniwa litowo-jonowego (t.ly/y9MRg)

Kontrolery ładowania

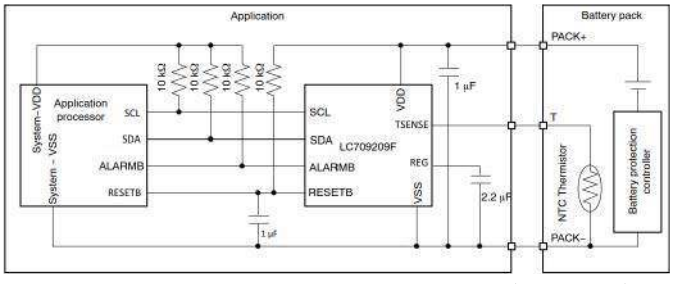
Część systemów BMS obejmuje nie tylko układy monitorowania i balansowania ogniw, ale także kontrolery ładowania. Lwia część obecnej oferty tego typu układów jest przeznaczona do pracy w niewielkich systemach, np. urządzeniach przenośnych, elektronarzędziach czy laptopach, stąd zakres obsługiwanych akumulatorów obejmuje przeważnie albo pojedyncze ogniwa, albo pakiety złożone co najwyżej z kilku ogniw szeregowych. Większość Czytelników spotkała się zapewne z popularnymi układami ładowarek, produkowanych zwykle w obudowach typu SOT23-x (np. SOT23-5), takimi jak niezwykle popularne MCP73831/2 (**rysunek 24**). Pomimo prostej, analogowej konstrukcji (**rysunek 25**), są one wyposażone we wszystkie niezbędne



Fotografia 15. Układ LC709209F (t.ly/6hhG7)

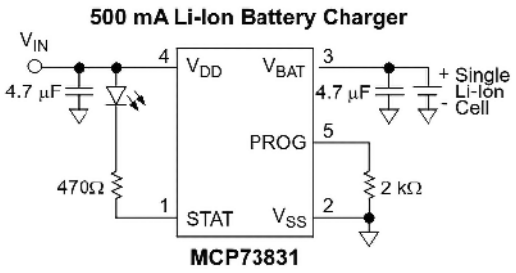


Rysunek 22. Uproszczony schemat aplikacyjny układu bq27545-G1 (t.ly/kfRFb)



Rysunek 23. Schemat aplikacyjny układu LC709209F (t.ly/F51wM)

eprasa.pl ed26111aec

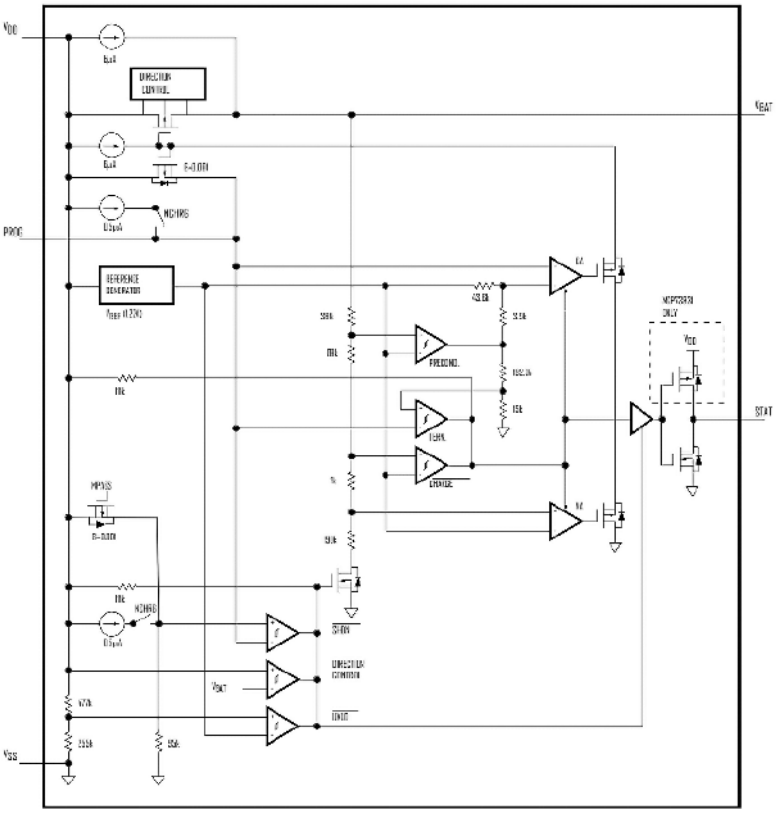


Rysunek 24. Schemat aplikacyjny ładowarek scalonych MCP73831/2 (t.ly/VTaIv)

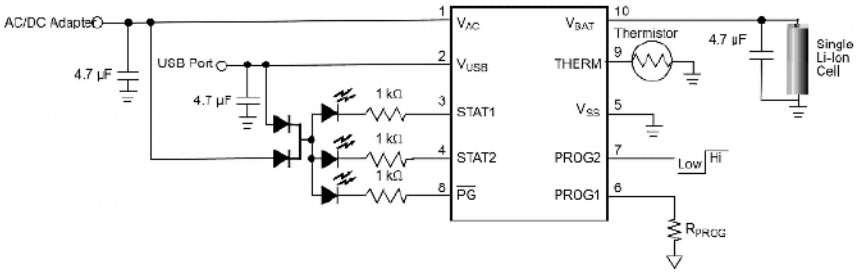
obwody, w tym podstawowe zabezpieczenia, funkcje programowania prądu ładowania, a nawet wstępnego kondycjonowania ogniw.

Warto natomiast zapoznać się z dwoma przykładami bardziej rozbudowanych ładowarek. Na **rysunku 26** można zobaczyć schemat aplikacyjny układu MCP73837, wyposażonego w funkcję automatycznego wyboru wejścia zasilającego (osobne linie są przeznaczone do współpracy z zewnętrznym zasilaczem sieciowym lub portem USB). Wewnętrzne klucze tranzystorowe obsługują prąd o natężeniu do 1000 mA, co pozwala na obsługę ogniw litowo-jonowych o relatywnie sporej pojemności.

Dla kontrastu podamy jeszcze drugi przykład – nowoczesny kontroler ładowania bq25750 marki Texas Instruments może już pracować z pakietami do 14 ogniw Li-Ion lub do 16 ogniw $LiFePO_4$, zaś wysoką sprawność przetwarzania energii zapewnia topologia buck-boost, wymagająca oczywiście podłączenia zewnętrznego mostka H. Dodatkowo, układ posiada wyjścia do sterowania kluczami odcinającymi, rozdzielonymi na dwie sekcje: jedna z nich przyłącza akumulator do głównej szyny zasilania systemu, druga zaś pozwala na podłączanie zasilania, z którego pobierana jest energia potrzebna do ładowania pakietu (**rysunek 27**). Komunikację z procesorem nadrzędnym zapewnia interfejs konfiguracyjny I²C. Układ bq25750 oferuje szeroki wachlarz wbudowanych zabezpieczeń, w tym obwody chroniące przed zbyt niskim lub zbyt wysokim napięciem wejściowym, przeładowaniem oraz przepięciem na zaciskach akumulatora, a także ogranicznik czasu ładowania, ochronę przeciwzwarciową oraz wyłącznik termiczny. Całość zamknięto w obudowie VQFN 36 o wymiarach zaledwie 6×6 mm.



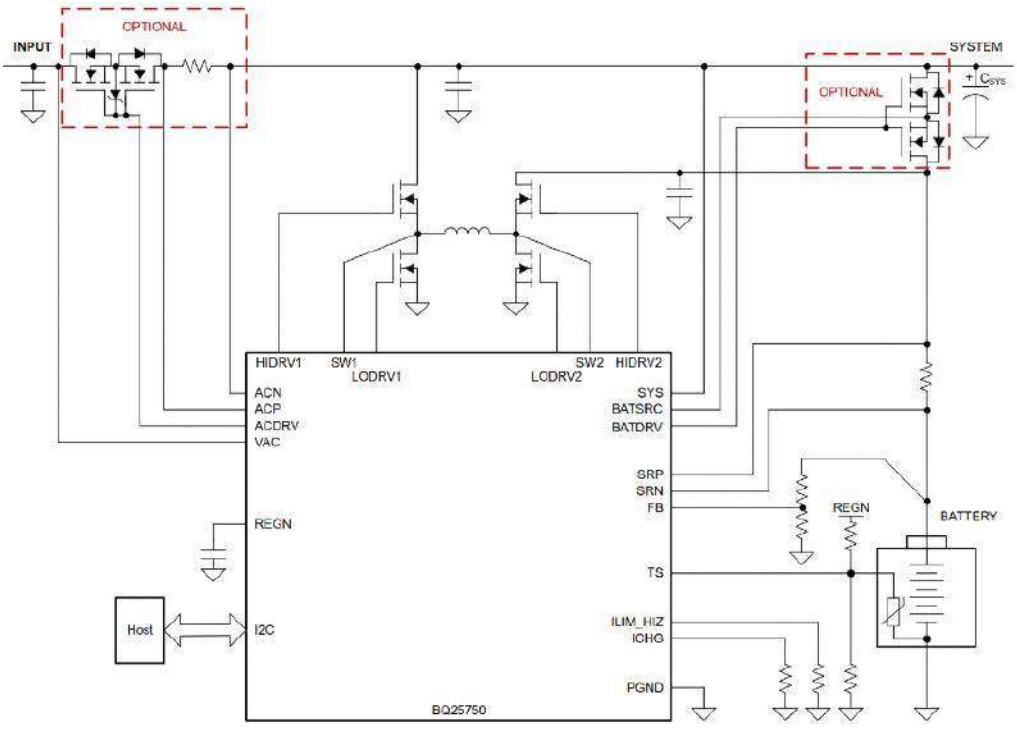
Rysunek 25. Schemat blokowy układów MCP73831/2 (t.ly/VtaIv)



Rysunek 26. Schemat aplikacyjny układu MCP73837 (t.ly/6j6DG)

Układy zabezpieczające

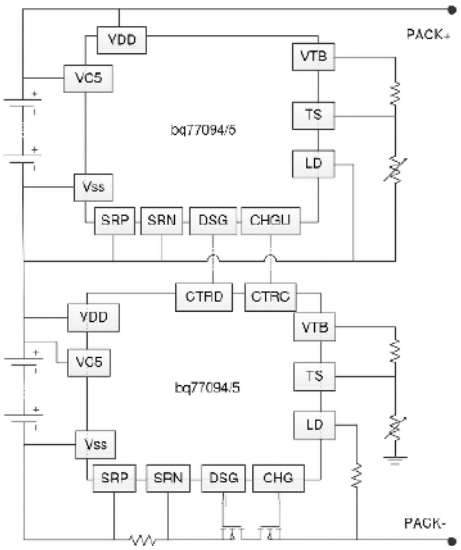
W bardziej rozbudowanych aplikacjach podstawowe zabezpieczenia – zintegrowane w strukturach poszczególnych „klocków", składających się na system BMS – okazują się już niewystarczające do zapewnienia wymaganego poziomu ochrony przed uszkodzeniem akumulatora. Ciekawe rozwiązanie opracowała firma Texas Instruments – układy bq77904 i bq77905 są przeznaczone do obsługi od 3 do 20 szeregowych ogniw, przy czym w bardziej rozbudowanych pakietach poszczególne sekcje mogą być ze sobą łączone kaskadowo (**rysunek 28**) za pomocą



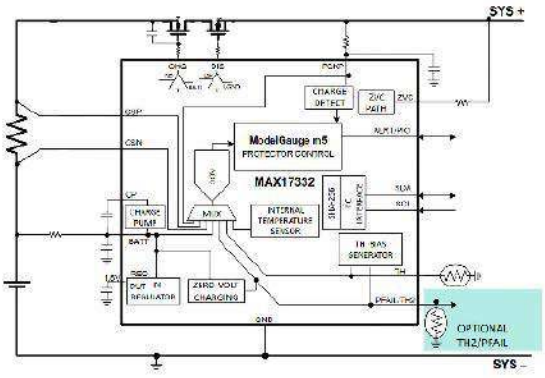
Rysunek 27. Schemat aplikacyjny kontrolera ładowania bq25750 (t.ly/S3My5)

eprasa.pl ed26111aec

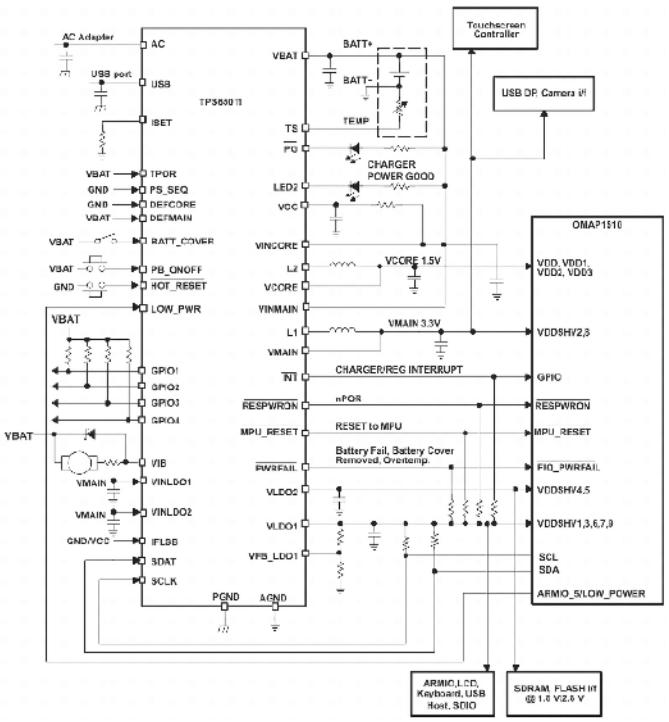
dwóch przewodów, poprowadzonych pomiędzy pinami DSG i CTRD oraz CHGU i CTRC. Ostatni układ, znajdujący się na samym „dole" takiej struktury (tj. od strony ujemnego bieguna pakietu), steruje parą tranzystorów odcinających na podstawie sygnałów pomiarowych



Rysunek 28. Schemat aplikacyjny układów bq77904/5 (t.ly/PGeCG)



Rysunek 29. Schemat aplikacyjny układu MAX17332 (t.ly/3DUcc)



Rysunek 30. Schemat aplikacyjny układu TPS65011 (t.ly/BQP37)

z własnych wejść oraz informacji, przekazanych przez „wyższe piętra" układu. Seria bq77904/5 została opracowana z myślą o realizacji funkcji zabezpieczenia przeciwzwarciowego, przeciwprzeciążeniowego, termicznego, a także ochronie przed wykroczeniem napięcia któregokolwiek z ogniw poza bezpieczny zakres pracy. Co ważne, do układów dostępna jest dokumentacja wspierająca proces projektowania i certyfikacji w zakresie bezpieczeństwa funkcjonalnego.

Zintegrowane układy zarządzania akumulatorami

Niektórzy producenci półprzewodników poszli jeszcze dalej, integrując w ramach pojedynczego układu niemal wszystkie opisane dotąd funkcje. Interesującym przykładem może być układ MAX17332 (**rysunek 29**), zawierający front-end pomiarowy do monitorowania SoC, wbudowaną ładowarkę, obwody zabezpieczające oraz sterownik kluczy odcinających w topologii szeregowej (tj. z pojedynczym wejściem/wyjściem napięcia). Co ciekawe, układ umożliwia nawet wykrywanie nasilenia efektu samorozładowania, świadczącego o zużyciu lub uszkodzeniu akumulatora. Algorytm ModelGauge m5 EZ odpowiada za fuzję danych z pomiarów w trybie licznika kulombów oraz miernika SEM, uwzględniając przy tym efekt starzenia, temperatury oraz szybkości rozładowywania (zależnej od obciążenia), w celu wyznaczenia dokładnej wartości SoC w procentach lub miliamperogodzinach.

TPS65011 (**rysunek 30**) pełni już funkcję kontrolera całego podsystemu zasilania urządzenia. Oprócz ładowarki, dwóch kluczy wejściowych (obsługujących USB lub zewnętrzny zasilacz sieciowy) oraz zabezpieczenia termicznego, w strukturze układu znalazły się także dwa niezależne sterowniki przetwornicy DC/DC typu buck, dwa sterowane programowo stabilizatory LDO, a nawet wyjścia do sterowania diodami LED i silnikiem wibracyjnym, a także wejścia do podłączenia przycisków zasilania i resetu oraz… styku, wykrywającego otwarcie pokrywy obudowy (co ma znaczenie w przypadku urządzeń zasilanych wymiennymi ogniwami Li-Ion). Całość komunikuje się z hostem za pomocą interfejsu I²C 400 kHz. Jak widać, konstrukcja układu została opracowana z myślą o urządzeniach przenośnych. Co ciekawe – TPS65011 obchodzi w 2024 roku dwudziestolecie swojego rynkowego istnienia, jest zatem układem relatywnie starym, choć wciąż produkowanym.

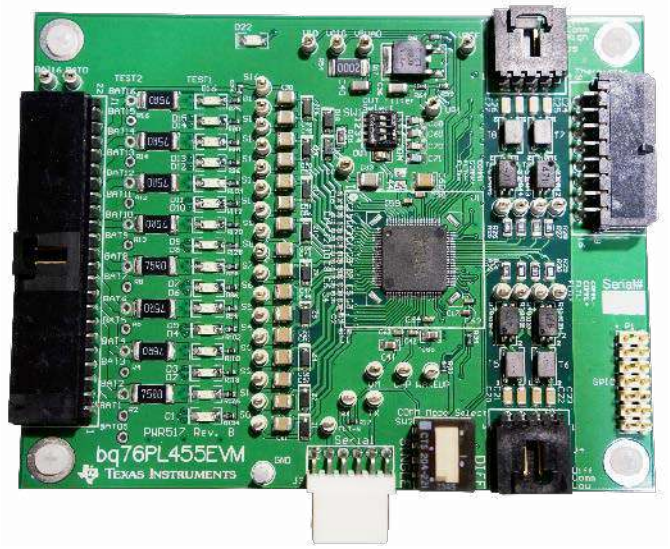
Narzędzia deweloperskie dla konstruktorów systemów BMS

Omówiliśmy już najważniejsze bloki funkcjonalne systemów BMS oraz garść przykładowych układów scalonych, które można wykorzystać do ich budowy w rozmaitych aplikacjach. O ile jednak implementacja prostszych układów (np. ładowarek) nie nastręcza przeważnie większych problemów konstruktorom urządzeń, to zaprojektowanie od podstaw całego systemu BMS może być już nie lada wyzwaniem. Producenci półprzewodników, jak zawsze w takich przypadkach, wychodzą projektantom naprzeciw, udostępniając rozmaite narzędzia deweloperskie – zestawy ewaluacyjne i moduły

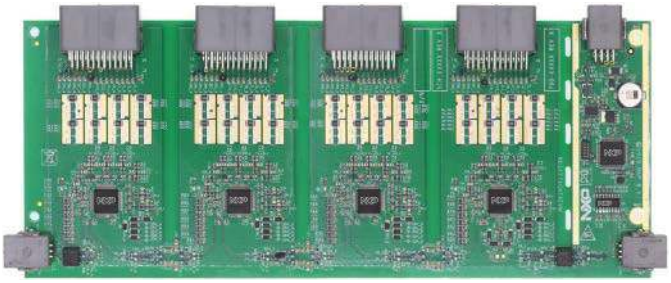


Fotografia 16. Zestaw ewaluacyjny EVAL-L9963E-MCU (t.ly/ILZ5v)

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 17. Zestaw ewaluacyjny bq76PL455EVM (t.ly/jFRU7)



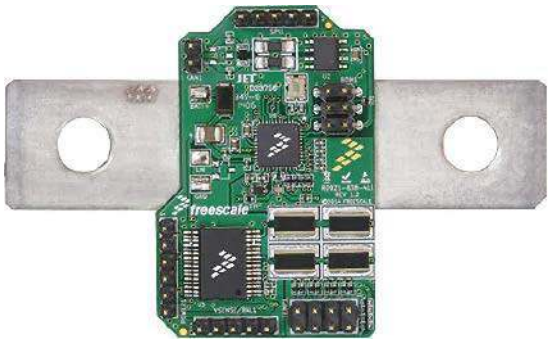
Fotografia 18. Zestaw ewaluacyjny RD33771CNTREVM (t.ly/hCPYB)

– pozwalające szybko rozpocząć pracę z wybranymi rodzinami układów. Poniżej prezentujemy kilka wybranych przykładów tego typu produktów.

- EVAL-L9963E-MCU (**fotografia 16**) – zestaw firmy ST Microelectronics, oparty na procesorze SPC574S64E3 i wyposażony w przetwornicę DC/DC na bazie L9001, cztery wejścia analogowe dla termistorów NTC, izolację galwaniczną interfejsu komunikacyjnego. Umożliwia synchroniczny pomiar napięć w 4..14 kanałach, oferuje też funkcjonalność licznika kulombów.
- bq76PL455EVM (**fotografia 17**) – zestaw ewaluacyjny Texas Instruments, zawierający 16 kanałów pomiaru napięcia ogniw wraz z pasywnym balanserem, 8 wejść pomiaru temperatury, izolowany interfejs komunikacyjny i złącza, umożliwiające połączenie z kolejnymi, identycznymi modułami (co daje możliwość zbudowania nawet 96-kanałowego systemu BMS).
- RD33771CNTREVM (**fotografia 18**) – zestaw marki NXP Semiconductors o interesującej konstrukcji, pozwalający na testowanie rozwiązań o architekturze mieszanej (tj. łączącej cechy scentralizowanego i rozproszonego systemu BMS). Składa się z jednego modułu głównego (na bazie procesora z serii S32K144) oraz czterech modułów podrzędnych (BCC – Battery Cell Controller), komunikujących się pomiędzy sobą za pomocą dwuprzewodowych połączeń o sprzężeniu zmiennoprądowym, zapewniającym najprostszą możliwą izolację. Skrajne moduły (główny sterownik oraz ostatni moduł BCC) są ponadto wyposażone w transformatory sygnałowe. Każdy moduł BCC umożliwia pomiar napięć 14 ogniw oraz 7-punktowy pomiar temperatury.
- EM1402EVM (**fotografia 19**) – rozbudowana płytka ewaluacyjna na bazie układu 16-kanałowego monitora napięć i balansera aktywnego bq76PL455A-Q1. Obsługuje prądy wyrównujące do 5 A, komunikuje się z innymi modułami za pomocą 1-megabitowego, izolowanego interfejsu UART.
- RD9Z1-638-4Li (**fotografia 20**) – interesujący, niezwykle kompaktowy moduł BMS, opracowany przez inżynierów z firmy NXP Semiconductors z myślą o pakietach 4-ogniwowych. Bazuje na 16-bitowym mikrokontrolerze z serii S12Z i jest wyposażony w interfejs CAN. Umożliwia pomiar napięć wszystkich czterech ogniw, pomiar prądu (z pomocą wbudowanego bocznika 100 mΩ), pełni także rolę pasywnego balansera.



Fotografia 19. Płytka ewaluacyjna EM1402EVM (t.ly/mJDfc)



Fotografia 20. Moduł RD9Z1-638-4Li (t.ly/jllji)



Fotografia 21. Gotowy, komercyjny system BMS Orion O2 marki EVolve Electrics (t.ly/9N00L)

Podsumowanie

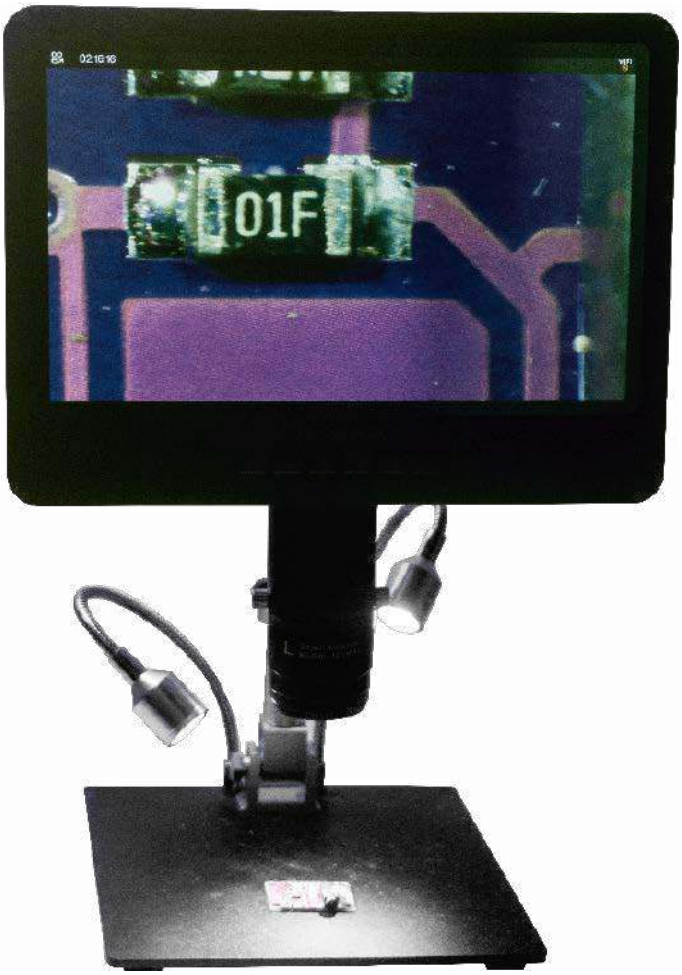
W artykule pokazaliśmy szerokie spektrum zagadnień, związanych z konstrukcją nowoczesnych systemów zarządzania akumulatorami, zarówno tymi najmniejszymi, stosowanymi w przenośnych urządzeniach konsumenckich, jak i instalacjami samochodowymi czy przemysłowymi o ogromnej pojemności i wydajności prądowej. W opisie praktycznie pominęliśmy aspekt gotowych modułów i systemów BMS, których także jest na rynku niemało (**fotografia 21**). Zawarty w niniejszym artykule materiał pozwoli zainteresowanym Czytelnikom sprawnie poruszać się po opisach technicznych tego typu urządzeń, gdyż – niezależnie od rodzaju docelowej aplikacji oraz stopnia złożoności – wszystkie systemy zarządzania akumulatorami bazują w gruncie rzeczy na bardzo podobnych założeniach.

inż. Przemysław Musz, EP

eprasa.pl ed26111aec

Mikroskop cyfrowy Andonstar AD249S-M

Porządny mikroskop w przystępnej cenie



W EP 12/2023 prezentowany był tani mikroskop cyfrowy, którego główną wadę stanowiła niska jakość ekranu. Po tamtym rozczarowaniu zdecydowałem się nabyć instrument trzy razy droższy w nadziei uzyskania proporcjonalnego przyrostu jakości. Mikroskop od firmy Andonstar zdecydowanie spełnił te oczekiwania.

Andonstar jest chińskim producentem mikroskopów cyfrowych, znanym wśród hobbystów od przynajmniej kilku lat. Oferuje dość szeroką gamę modeli o różnych parametrach i możliwościach. Zdecydowałem się na zakup jednego z ich najnowszych produktów, z ekranem o przekątnej 10,1 cala, by mieć zarówno większe pole widzenia, jak i wyższe dostępne powiększenie. Można także zakupić nieco tańszy model z ekranem 7" (AD246S-M). W ofercie firmy znajdziemy ponadto mikroskopy droższe, o większym blacie roboczym, powiększeniu i rozdzielczości, jak i tanie, pozbawione ekranu mikroskopy USB lub HDMI.

Mikroskop został zamówiony w oficjalnym sklepie firmy Andonstar na popularnej, chińskiej platformie AliExpress.com w październiku ubiegłego roku. Kosztował wtedy 1272,44 zł, ale dzięki kodowi rabatowemu i zniżce sklepu należność wyniosła jedynie 1177,37 zł z podatkiem VAT. W chwili pisania tego artykułu mikroskop jest w kolejnej promocji, a jego cena wynosi 1085,33 zł. Wariant z ekranem 7" kosztuje zaś 694,69 zł. Andonstar często oferuje zniżki na swoje produkty, warto więc śledzić ofertę, bo można sporo zaoszczędzić.

Zawartość opakowania i pierwsze wrażenia

Mikroskop został dostarczony w niewielkim, kartonowym pudełku. Producent używa tego samego opakowania dla różnych modeli, dlatego jedyną informację o zakupionym modelu znajdziemy na naklejce. Wewnątrz znajduje się mikroskop w kilku częściach oraz akcesoria, wszystko otoczone wkładkami z pianki – sam ekran zaś jest dodatkowo zabezpieczony piankową ramką i tekturą. Poza samym mikroskopem i jego statywem, w kartonie znajdziemy trzy obiektywy, zasilacz USB wraz z kablami zasilającymi, kabel USB do komputera, kabel HDMI – Mini HDMI do łączenia z zewnętrznym monitorem, pilot zdalnego sterowania, stolik do próbek mikroskopowych, zestaw zapasowych śrub, pudełko z preparatami i zestaw do zbierania preparatów, niestety bez szkiełek podstawkowych i nakrywkowych. Jest też instrukcja obsługi.

Montaż i uruchomienie mikroskopu nie nastręczają żadnych problemów. Producent przemyślał konstrukcję, stąd między innymi mosiężne, gwintowane wkładki w elementach plastikowych czy użycie kątowej wtyczki USB Micro-B, dzięki której gniazdo za ekranem podlega mniejszym naprężeniom (kabel HDMI nie ma natomiast kątowej wtyczki). Do blatu są trwale umocowane dwie dość mocne lampki LED na „gęsich szyjach", kabel zasilający zaś jest wyposażony w przewodowy pilot do regulacji jasności. Przewód można odpiąć od blatu i połączyć do stolika mikroskopowego, mającego wbudowaną diodę LED, podświetlającą próbki od spodu. Do stolika można dokręcić „łapki" do przytrzymywania szkiełek z preparatami, ale pewien niesmak pozostawia brak jakiejkolwiek soczewki skupiającej światło diody LED w stoliku. Co prawda, mikroskop nie jest przeznaczony do oglądania próbek biologicznych, ale taka soczewka pomogłaby w oglądaniu tego typu próbek – obiektyw oferujący największe powiększenie jest bowiem dość ciemny. Dobrze też byłoby, gdyby sam stolik miał cały spód pokryty gumą, zamiast czterech, malutkich nóżek – bardzo łatwo się ślizga na blacie mikroskopu. Użycie maty magnetycznej okazałoby się zapewne jeszcze lepszą opcją.

Statyw mikroskopu pozwala na zgrubną regulację powiększenia poprzez przesuwanie ramienia w górę i w dół na metalowej rurce. Do kompletu dodany jest metalowy pierścień ze śrubką, pozwalający na wstępne wybranie minimalnej wysokości mikroskopu. Do dokładniejszej regulacji służy drugi podnośnik na końcu ramienia, tuż za uchwytem ekranu. Ramię ma też regulację w poziomie, co pozwala przesunąć mikroskop bliżej przedniej krawędzi blatu. Ułatwia to znacznie pracę z większymi płytkami, bo sam blat nie jest wcale aż tak duży. Plusem jest czarny kolor blatu, dzięki czemu odbite od niego światło diod LED nie zaświetla obrazu z kamery.

eprasa.pl ed26111aec

Główna część obiektywu ma dużą i dość sztywną tuleję regulacji ostrości – jest to bardzo dobre rozwiązanie, zwłaszcza że końcowa część obiektywu jest wymienna i – zależnie od użytego obiektywu – można uzyskać inne powiększenia. Tuleję trzeba obrócić kilka razy, by przejść od jednej skrajności w drugą, co zapewnia duży zakres regulacji i dużą jej precyzję. Solidna konstrukcja całości sprawia, iż mikroskop jest mniej podatny na drgania. Ekran można odchylić od pionu w bardzo dużym zakresie, może być wręcz poziomy, jeśli chcemy patrzeć nań z góry. W tej pozycji jednak kątowa wtyczka USB nieco przeszkadza.

Specyfikacja i możliwości

Andonstar, jak wielu chińskich producentów, podaje w swojej specyfikacji tylko wartości maksymalne. Dlatego w dokumentacji powiększenie poszczególnych soczewek podane jest z doliczonym trzykrotnym zoomem cyfrowym. Dziwny i zupełnie zbędny zabieg, gdyż producent doprawdy nie ma się czego wstydzić. Trudno na przykład stwierdzić, jaką natywną rozdzielczość ma użyty sensor. Na jednej ze stron podano 4 MPx, ale w innych miejscach jest sugerowane aż 12 MPx. Za tą wartością przemawia też fakt, iż jest to domyślna rozdzielczość zapisu zdjęć. Mikroskop zapisuje je w formacie JPG na karcie microSD (która w prezentowanym egzemplarzu nie była dołączona, ale może to i lepiej, biorąc pod uwagę wątpliwą jakość tanich, chińskich kart pamięci). Mikroskop zapisuje też filmy z dźwiękiem lub bez, w rozdzielczości Ultra HD, Full HD i HD do plików MP4. Obok gniazda USB B-micro znajduje się też port Mini HDMI, pozwalający na współpracę z dowolnym monitorem lub telewizorem w rozdzielczości Full HD. Mikroskop powinien sam się przełączyć w tryb HDMI po podłączeniu do monitora, ale w testowanym egzemplarzu za pierwszym razem tak się nie stało.

W zestawie znajdują się trzy obiektywy oznaczone literami A, D oraz L. Obiektyw A oferuje powiększenie optyczne 6...240× zależnie od odległości od obiektu, która wynosi 12...320 mm. Według instrukcji, obiektyw A przeznaczony jest do oglądania monet, znaczków i innych małych przedmiotów oraz do inspekcji płytek drukowanych. Obiektyw L oferuje powiększenie optyczne od 20× do 80× przy odległości od obiektu wynoszącej 90...300 mm. Przeznaczony jest do lutowania płytek drukowanych, naprawy zegarków i innych prac, wymagających zarówno sporego powiększenia, jak i zwiększonej przestrzeni między przedmiotem a obiektywem. Lutowanie z obiektywem A nie nastręczało jednak większych problemów. Obiektyw D przeznaczony jest do zadań stricte mikroskopowych, według instrukcji jego odległość pracy wynosi 4...5 mm przy powiększeniu równym 600...680×. Ze względu na tak duże powiększenie głębia ostrości jest bardzo mała, a przez to wyostrzenie obrazu wymaga precyzji – stawiająca opór tuleja ostrości o dużym zakresie regulacji bardzo się tu przydaje. Podane powiększenia zakładają użycie zewnętrznego monitora o przekątnej 28 cali, co jest kolejnym dziwnym zabiegiem Andonstar. Na ekranie mikroskopu powiększenie będzie mniejsze 2,77 razy ze względu na jego przekątną. Z konstrukcyjnego punktu widzenia obiektywy mają dość prostą budowę – kilka elementów optycznych w plastikowym korpusie z dwoma mosiężnymi, gwintowanymi wkładkami do przykręcenia do głównej części mikroskopu. Można więc rozważyć wykonanie techniką druku 3D dodatkowych obiektywów bądź adapterów do współpracy z obiektywami z mocowaniami typu C/CS i S/M12, stosowanymi w kamerach do monitoringu. Adaptacja dla obiektywów mikroskopowych w standardach RMS, Leica, Zeiss czy BD nie powinna stanowić problemu.

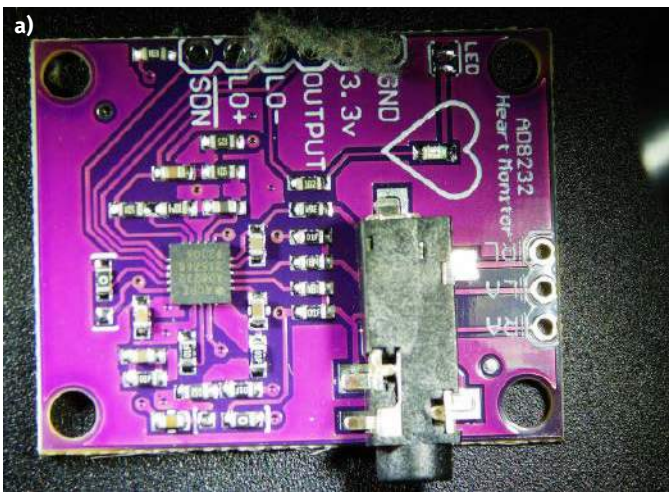
Mikroskop ma dość rozbudowane możliwości w zakresie kontroli wyświetlanego obrazu. Za pomocą dołączonego pilota można regulować jasność i kontrast, obracać obraz, odwracać kolory i przełączać się w tryb czarno-biały. Również pilotem można kontrolować zoom cyfrowy i programowe wyostrzenie. W czasie używania obiektywu D pilot ułatwia też rejestrowanie obrazów i filmów na karcie pamięci, gdyż sam mikroskop przy tak dużych powiększeniach jest nieco wrażliwy na dotyk – konstrukcji mimo wszystko brakuje sztywności, znanej z tradycyjnych mikroskopów optycznych.

Wracając do obsługi mikroskopu, instrukcja nie poświęca jej zbyt wiele miejsca. Jedynie sposób dodawania linii prowadzących do obrazu jest opisany w więcej niż jednym akapicie. Funkcja ta wydaje się mieć ograniczoną przydatność, służy głównie do kadrowania. Za to sporo miejsca poświęcono używaniu oprogramowania komputerowego, przeznaczonego dla tego mikroskopu. Komputer komunikuje się z mikroskopem przez port USB, program zaś pozwala na przechwytywanie i zapisywanie obrazu oraz na różne pomiary po wcześniejszej kalibracji za pomocą obiektu o znanych wymiarach. Oprogramowanie nie było przeze mnie testowane.

Praca z mikroskopem

Pierwsze, bardzo pozytywne wrażenie sprawia ekran – jest jasny, kolory są nasycone, a obraz czytelny. Co zaskakujące, w materiałach reklamowych i w instrukcji obraz na ekranie nie został podkoloryzowany, by wyglądać jeszcze lepiej. Nawet osoby z wadami wzroku nie powinny mieć problemów ani z ustawieniem ostrości, ani z czytelnością menu. Jest po prostu dobrze.

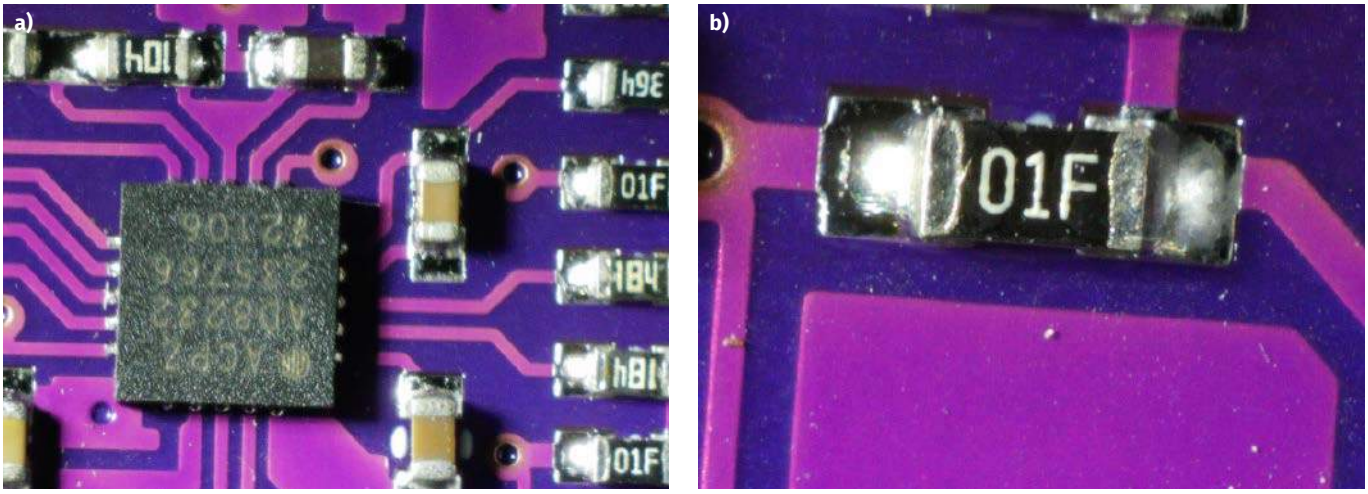
Praca z mikroskopem okazuje się przyjemna. Bez problemu da się lutować, nawet z obiektywem A, zaś lampki LED na „gęsich szyjach" zapewniają pewien zapas jasności (można ją regulować pilotem na kablu zasilającym). Same „gęsie szyje" mogą być jednak za krótkie przy pracy z większymi płytkami drukowanymi. Niestety, mikroskop nie ma oświetlacza wbudowanego w obiektyw. Dorobienie takiego dodatkowego oświetlenia nie powinno stanowić problemu,



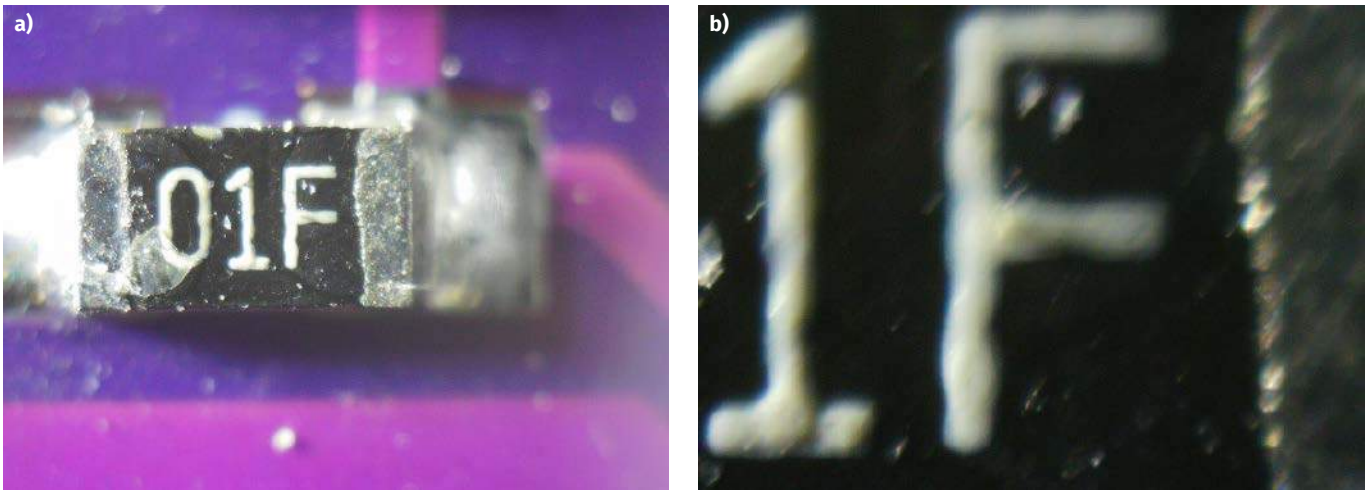


Fotografia 1.

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 2.



Fotografia 3.

a i na rynku nie brakuje gotowych rozwiązań, zwłaszcza pośród sprzętu dla fotografów. Podstawa robocza ma wymiary 200×180 mm, ale statyw pozwala na wysunięcie mikroskopu poza jej krawędź. Spora masa i solidne, gumowe nóżki sprawiają, iż mikroskop stoi na blacie pewnie i nie ma tendencji do ślizgania się. Za to ślizgają się płytki drukowane na podstawie i nie obędzie się bez jakiejś podkładki lub uchwytu. W podstawie są otwory, pozwalające przykręcić uchwyty z podstawki do preparatów mikroskopowych. Istnieje jednak obawa, że te uchwyty z czasem mogą się zniekształcić. Budowa statywu nie jest jednak optymalna – regulacja czasem nastręcza problemów, stąd dodatkowy pierścień ograniczający. Same śruby trzymające są nie do końca wygodne w użyciu i zdarzyło mi się przypadkiem przesunąć część główną mikroskopu w bok.

W celu zademonstrowania możliwości poszczególnych obiektywów, pod mikroskopem został umieszczony gotowy moduł czujnika EKG z układem AD8232 w obudowie LFCSP o wymiarach 4×4 mm. **Fotografia 1a** ukazuje całą płytkę w minimalnym powiększeniu obiektywu A, zaś **fotografia 1b** – maksymalne zbliżenie na jeden z elementów z tym obiektywem. **Fotografie 2a** i **2b** ukazują tę samą płytkę w minimalnym i maksymalnym powiększeniu dla obiektywu L. Fotografia tytułowa pokazuje mikroskop z obiektywem L przy maksymalnym przybliżeniu – widać, jak dużo jest dostępnej przestrzeni pod obiektywem, nawet gdy pracujemy z małymi elementami. **Fotografie 3a** i **3b** pokazują element z fotografii 1b i 2b, ale z użyciem obiektywu D. Jest to maksymalne powiększenie optyczne. Uzyskanie dobrej ostrości bywa problematyczne przy tym powiększeniu, a każde dotknięcie któregokolwiek jego elementu powoduje widoczne drżenie obrazu. Zdjęcia te są lekko rozmazane, gdyż nie użyto zewnętrznego pilota, tylko przycisku pod ekranem.

Podsumowanie

W mojej opinii jest to prawdopodobnie najlepszy mikroskop cyfrowy dla elektroników w tej cenie. Bije na głowę budżetowe mikroskopy zarówno pod względem jakości ekranu, jak i obrazu. Rozwiązanie z wymiennymi obiektywami sprawdza się bardzo dobrze, a regulacja ostrości i powiększenia działa bardzo sprawnie. Są pewne rzeczy, które dałoby się poprawić, jak na przykład dołożenie oświetlacza do obiektywu. Bogaty zestaw akcesoriów to dobry bonus, choć nie wszystko się przyda. Preparaty i narzędzia mikroskopowe są przeciętnej jakości i nie za bardzo tutaj pasują. Sama podstawka do preparatów z wbudowanym podświetleniem nie jest optymalnie zaprojektowana i zbyt łatwo się ślizga, dając przy tym nieco za mało światła. Zamiast tego Andonstar mógłby dodać inny obiektyw, lepszy uchwyt do płytek czy właśnie wspomniany oświetlacz do założenia na obiektyw. W pracy z elektroniką mikroskop sprawdza się nadzwyczaj dobrze i nawet z nieco dłuższym obiektywem L nie brakuje miejsca do pracy. Da się użyć kolby hot-air bez ryzyka nadtopienia plastikowych elementów mikroskopu. Andonstar AD249S-M to najlepszy mikroskop cyfrowy w jeszcze budżetowej cenie. Polecam zarówno profesjonalistom i serwisantom, jak i amatorom chcącym pracować z drobnymi elementami i układami SMD, zwłaszcza że najciekawsze komponenty zwykle nie są produkowane w obudowach przewlekanych. Jedynym problemem może być praca z dużymi płytkami drukowanymi, takimi jak na przykład płyty główne komputerów – wysuwane ramię statywu i „gęsie szyje” mogą być zwyczajnie za krótkie. Osobiście zakupu nie żałuję, a z mikroskopu korzystam często.

Paweł Kowalczyk

eprasa.pl ed26111aec

Przejrzyj i zamów archiwalne wydania

ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ



















www.UlubionyKiosk.pl

Przesyłka **GRATIS**

eprasa.pl ed26111aec



Przełączniki APEM

– jakość, której możesz zaufać

Przełączniki to jedne z tych elementów urządzeń elektronicznych, które w największym stopniu podlegają narażeniu zarówno na trudne warunki środowiskowe, jak i intensywne zużycie, wynikające wprost z normalnej eksploatacji. Przełączniki renomowanej marki APEM stanowią odpowiedź na rosnące wymagania producentów elektroniki i to nie tylko w zakresie niezawodności oraz odporności na zużycie mechaniczne czy wpływ zanieczyszczeń – komponenty APEM cechują się bowiem także doskonałą estetyką, a szeroki wachlarz dostępnych modeli pozwala na wybór rozwiązania idealnie dopasowanego do potrzeb określonej aplikacji.

Przełączniki APEM nieprzypadkowo uważane są za produkty z najwyższej półki pod względem jakości wykonania. Oferta producenta już na pierwszy rzut oka imponuje zróżnicowaniem – same tylko przełączniki przyciskane podzielone zostały na 64 serie, różniące się materiałem, wykończeniem, funkcjonalnością, rodzajem wyprowadzeń czy też rozmiarami – a to tylko jeden z przykładów, gdyż w portfolio marki APEM znajdują się także przełączniki kołyskowe (rocker), hebelkowe, przemysłowe przyciski bezpieczeństwa, stacyjki czy też zadajniki kodu BCD – a wciąż mowa tylko o wykonaniach panelowych. Warto dodać, że APEM słynie zwłaszcza z produkcji przycisków wandaloodpornych.

Firma produkuje także szeroką gamę przełączników do montażu na płytkach drukowanych (mikroprzyciski typu tact switch, subminiaturowe przełączniki suwakowe, zadajniki obrotowe do montażu SMT i THT, macierze przełączników typu DIP switch, kompaktowe przełączniki hebelkowe i wiele innych), zaś ofertę dopełniają rozmaite modele joysticków, wskaźników LED, a także gotowych klawiatur standardowych.

Co ważne, oprócz standardowych i katalogowych wersji produktów firma realizuje także zamówienia na podzespoły indywidualne, dostosowane do potrzeb określonej aplikacji (fotografia tytułowa). Dostępne są wersje płaskie, wypukłe, podświetlane, także z dodatkowym nadrukiem, zaprojektowanym według specyfikacji klienta.

Najwyższa jakość i bezpieczeństwo dla wymagających aplikacji

Firma APEM, jako uznany producent na rynku komponentów przemysłowych, dba o wyposażenie wybranych serii przełączników w rozwiązania, pozwalające znacząco podwyższyć poziom bezpieczeństwa użytkowego końcowych urządzeń. W ofercie marki znalazło się aż pięć serii osłon, uniemożliwiających przypadkowe przełączenie elementu stykowego, np. przez nieuwagę operatora – mechaniczna osłona stanowi bowiem najprostszy, a zarazem niezawodny sposób ochrony przed niektórymi błędami obsługowymi, co ma szczególne znaczenie w przypadku ciężkiego sprzętu budowlanego czy też niektórych maszyn przemysłowych (np. pras bądź robotów).

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 1. Przełącznik z serii IX, wyposażony w niebieski pierścień podświetlający

Osobną kategorię stanowią dodatkowe elementy, zapewniające jeszcze wyższy poziom ochrony przed wpływem warunków środowiskowych. Dla przełączników, które w standardowej wersji nie mają kompletnego systemu uszczelnień, marka APEM oferuje specjalne osłony silikonowe, zabezpieczające przełączniki przed wnikaniem wody, pyłu i innych zanieczyszczeń do wnętrza komponentów – istotne znaczenie ma także ochrona przed blokowaniem pozycji w wyniku oblodzenia przełącznika. Wiele serii przełączników jest natomiast przystosowanych do pracy w trudnych warunkach i bez dodatkowych osłon zapewnia szczelność IP67...IP69K, co daje możliwość pracy nawet w długotrwałym zanurzeniu (**fotografia 1**).

Przykładowe aplikacje

APEM posiada liczne wdrożenia swoich produktów w przemyśle, maszynach budowlanych, dźwigach czy motoryzacji. Bardzo ważnym



Fotografia 2. Przełączniki wandaloodporne marki APEM wraz z podstawką do montażu na PCB

segmentem działalności firmy jest branża wojskowa. W tym segmencie można wymienić szereg rozwiązań APEM, opracowanych od początku do końca z myślą o zastosowaniach w aplikacjach militarnych – np. przełączniki z dźwignią z atestem MIL, osłony ochronne oraz manipulatory. Szeroka gama przełączników w wersjach wandaloodpornych (**fotografia 2**) znajduje natomiast zastosowanie w urządzeniach instalowanych w przestrzeniach publicznych (automaty biletowe, parkometry, urządzenia vendingowe itp.). Rozwiązania APEM trafiają ponadto do sektora medycznego, maszyn rolniczych czy też stacjonarnych i zdalnych kontrolerów aparatury przemysłowej.

Dystrybutorem APEM w Polsce jest Eltronika Sp. z o.o. z Czosnowa.

REKLAMA



eprasa.pl ed26111aec

Wybór przełącznika

– rodzaje, parametry, wykonania specjalne

Przełączniki są nierzadko jedynym elementem naszego układu, pozostającym bezpośrednio dostępnym dla użytkownika. Dlatego też komponenty z tej grupy są często wizytówką naszego urządzenia. To na podstawie ich jakości i doboru oceniany będzie dany sprzęt – nie zaś na podstawie niuansów technicznych, zamkniętych w obudowie. Elementy te mają wiele parametrów technicznych, a jeszcze więcej użytkowych, dlatego rozsądnie dobierajmy je w systemie – to one będą tworzyły interfejs użytkownika, który zostanie zapamiętany.

Przełączniki to elementy elektromechaniczne, które łączą, przerywają lub zmieniają kierunek przepływu prądu w obwodzie elektrycznym na drodze zbliżania i oddzielania od siebie powierzchni dwóch (lub więcej) metalicznych styków. Choć przełącznik może być jednym z ostatnich elementów dobieranych w aplikacji, to wybór odpowiedniego modelu z szerokiej oferty rynkowej stanowi istotną część projektowania każdego urządzenia elektronicznego.

Jak dobrać przełącznik?

Odpowiedź na to pytanie jest bardzo złożona, gdyż najczęściej decyzja projektanta okazuje się kompromisem pomiędzy wieloma wymaganiami. Przyjrzyjmy się po kolei, jakie obszary należy rozważyć podczas wybierania przełącznika do urządzenia elektronicznego.

- Po pierwsze, należy rozważyć potrzeby użytkownika końcowego, uwzględniając czynniki takie, jak oświetlenie w miejscu użytkowania urządzenia, wymaganą informację zwrotną oraz konieczność umieszczenia etykiety czy innego oznaczenia, informującego o roli danego przełącznika.
- Następnie należy zapoznać się i zebrać wszystkie wymagania czysto inżynieryjne: maksymalne i typowe obciążenia, napięcie pracy, materiał styków, konieczność pracy chwilowej czy z podtrzymaniem itp. Ponadto należy zidentyfikować sposób podłączenia elektrycznego (lutowane, zaciskane, montowane na PCB) oraz montażu przełącznika, np. w obudowie.
- Po trzecie, należy zadbać o zgodność naszego elementu z określonymi normami: trzeba uwzględnić wymagania RoHS i inne standardy branżowe, jakie obejmują nasze urządzenie – szczególnie jeśli są one bardziej wymagające (jak np. dla urządzeń medycznych czy zabezpieczeń przemysłowych).
- Po czwarte, po upewnieniu się o zgodności z obowiązującymi przepisami, należy określić rodzaj akcji mechanicznej przełącznika. Czy nasza aplikacja wymaga aktuatora w postaci przycisku, pokrętła, kołyski, hebelka, etc.? Może dany system wymaga, aby ten element zabezpieczony był za pomocą klucza lub kłódki itp?
- Finalnie, wybrany przełącznik musi być niezawodny i wystarczająco wytrzymały do pracy w danej aplikacji. Pojęcia te są bardzo ogólne, dlatego na tym etapie należy je sprecyzować w sposób charakterystyczny dla określonego zastosowania. Podstawowym parametrem dla większości przełączników jest liczba cykli pracy, które w swoim życiu może taki element zaoferować, zanim narażony będzie na uszkodzenie. Inne czynniki, jakie są istotne dla jego niezawodności i wytrzymałości, to m.in. odporność na kurz czy wilgoć, zmiany temperatury, czynniki chemiczne, oblodzenie, wibracje czy też uszkodzenia mechaniczne.

Poprzez staranne ocenianie i dobór przełączników na podstawie omówionych czynników projektanci mogą być pewni, że wybiorą najlepszy element do danej aplikacji. Oczywiście na tym nie koniec, gdyż elementy te, szczególnie przy produkcji seryjnej, są też oceniane w innych, mniej „elektronicznych" kategoriach, jak cena jednostkowa, dostępność, a także łatwość montażu w układzie elektronicznym oraz w obudowie – te ostatnie czynniki rzutują na finalną cenę urządzenia.

Potrzeby użytkownika

Jedną z pierwszych rzeczy, o których musi pomyśleć projektant, wybierając przełącznik, są potrzeby użytkownika końcowego. Nie jest to trywialne i stanowi część większego działu, nazywanego często UX od User eXperience (ang. doświadczenie użytkownika), co często jest używane wymiennie z użytecznością lub inżynierią użyteczności, aczkolwiek terminy te znaczą co innego. Inżynieria użyteczności skupia się na łatwości nauki obsługi sprzętu czy sprawności i intuicyjnej poprawności korzystania z niego. UX to szerszy koncept, który analizuje całą koncepcję interakcji z człowiekiem, zanim w ogóle dotknie on np. przełącznika. W analizie doświadczeń użytkownika istotniejsze jest skupienie się na jego percepcji całej interakcji, a nie rozważanie pojedynczych akcji.

Wiedział o tym Steve Jobs, współzałożyciel firmy Apple, znanej z bardzo dobrych praktyk projektowych, jeśli chodzi o design przemysłowy i UX. „Projekt to nie tylko to, jak coś wygląda i jak się to czuje. Projekt to to, jak to działa" powiedział Jobs, komentując jedną z ówcześnie bardziej nowatorskich koncepcji sterowania, jaką zastosowano we wczesnych iPadach (chodzi o okrągły przycisk, który można było naciskać w czterech kierunkach, obracać etc. – patrz **fotografia 1**).

Projekt niemalże każdego urządzenia obejmuje jedną fundamentalną i bardzo ważną kwestię: jak użytkownik będzie z nim oddziaływał. Ten aspekt projektu, często nazywany interfejsem człowiek-maszyna, stanowi kluczowy element projektu. Jeśli projektant słabo poradzi sobie z interfejsem człowiek-maszyna, urządzenie będzie trudne w użytku i ostatecznie zawiedzie na arenie komercyjnej, niezależnie od tego, jak doskonałe byłyby inne parametry systemu.

Nie bez powodu temat ten podkreślany jest tak wyraźnie w tym artykule. Dla niektórych inżynierów elektroników, przełącznik to tylko symbol na schemacie. Dla inżyniera systemowego czy konstruktora mechanika jest to fizyczne urządzenie z określoną objętością, masą oraz układem wyprowadzeń a także pewnymi atrybutami – np. DPDT, 12 A, 12 VDC – to są jednak tylko podstawowe specyfikacje



Fotografia 1. Rodzina urządzeń iPod, która wyróżniała się okrągłym, wielofunkcyjnym przyciskiem

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 2. Przełącznik nożny, wyposażony w kapturek, zabezpieczający przed przypadkowym naciśnięciem



Fotografia 4. Rodzina wyłączników bezpieczeństwa firmy Pilz, dedykowanych do szybkiego i łatwego rozłączania np. w sytuacji awaryjnej. Część wyłączników wyposażona jest w dodatkowe funkcje, takie jak oświetlenie czy zabezpieczenie na klucz

parametrów związanych ze sposobem działania i parametry elektryczne, ale dobry projektant systemowy rozważyć musi jeszcze dodatkowe kwestie.

W przypadku parametrów środowiskowych w sukurs przychodzą nam liczne normy branżowe, opisujące metodologię pomiarów i walidacji przełącznika do funkcjonowania w konkretnych, ściśle określonych warunkach. Dużo większym problemem jest stwierdzenie, jaki rodzaj przełącznika jest wymagany w projekcie i dlaczego. Ten ostatni aspekt pozwala na uszczegółowienie wymagań i parametrów elementu.



Fotografia 3. Przełącznik hebelkowy, wyposażony w zabezpieczającą pokrywę, która chroni go przed przypadkowym załączeniem. Przełącznik pokazany w stanie załączonym. Dodatkowo przełącznik ma indykator świetlny w postaci diody na czubku hebelka

Zagadnienia estetyki oraz UX są bardziej problematyczne, gdyż tych kwestii nie obejmują normy. W tym aspekcie kluczowe jest doświadczenie inżyniera czy dostawcy przełączników. Projektant powinien zastanowić się nad kwestiami związanymi z interfejsem użytkownika, jak i warunkami otoczenia. Na przykład – czy użytkownik potrzebuje informacji zwrotnej, a jeśli tak, to jakiej? Czy konieczne jest podświetlenie, aby pokazać status? Czy przełącznik obsługiwany jest, w typowym scenariuszu użytkowania, za pomocą gołej dłoni, czy może użytkownik ubrany jest w grube rękawice ochronne? A może w ogóle element ten musi być obsługiwany np. nogą (patrz **fotografia 2**, która pokazuje typowy, przemysłowy przełącznik nożny, zabezpieczony przed przypadkowym wciśnięciem, czego wymagają m.in. normy medyczne, np. IEC 60601). Czy przełącznik musi posiadać jakieś dodatkowe zabezpieczenia (patrz **fotografia 3**) lub odwrotnie, być bardzo łatwy do uruchomienia np. w sytuacji awaryjnej (patrz **fotografia 4**)? Nie sposób w ramach jednego artykułu opisać wszystkie aspekty interfejsu użytkownika, z jakimi można spotkać się w praktyce. Tutaj należy zdać się na doświadczenie, a także wyobraźnię projektanta urządzenia i uwzględnić, jeśli występują, standardy branżowe danego sektora.

Istnieje szereg sposobów zapewnienia informacji zwrotnej użytkownikowi. Począwszy od elementów o dwóch, wyraźnie rozróżnialnych pozycjach, (np. w przypadku przełączników hebelkowych), aż po zmianę koloru (czy to na skutek mechanicznego działania elementu, czy też sterowania elektrycznego). Informacja zwrotna dostarcza operatorowi danych o wystąpieniu zmiany stanu przycisku lub obwodu. Podświetlane przełączniki używają wewnętrznego źródła światła, zazwyczaj żarówki, neonówki lub diody LED, aby wskazać swój status. Takie źródło światła może być sterowane z przełączanego obwodu lub mieć dodatkowe zasilanie, zapewniające możliwość implementacji bardziej złożonej kontroli systemu (np. dioda we włączniku, która sygnalizuje nie samo załączenie obwodu, ale np. poprawne uruchomienie układu). Jeśli potrzebne są jeszcze bardziej zaawansowane indykatory, na rynku dostępne są przełączniki z kilkoma diodami o różnych kolorach lub wręcz diodami LED RGB czy nawet mikrowyświetlaczami LCD bądź OLED (patrz **fotografia 5**).

Wymagania inżynieryjne

Ta część wymagań jest o wiele prostsza do zrozumienia dla inżyniera elektronika. W końcu chodzi tutaj o ściśle określone wartości liczbowe, które da się powiązać z konkretnymi wymaganiami układu.

Parametry elektryczne

Napięcie znamionowe: jest to maksymalne napięcie, które przełącznik może wytrzymać bez przebicia. Jest ono określane przez kilka czynników, w tym wykorzystane materiały dielektryczne, odległość między stykami, ale także tempo rozłączania i wymagania bezpieczeństwa. W żadnym wypadku nie można przekraczać tego napięcia, a najlepiej, aby w projekcie pozostawić margines bezpieczeństwa na wypadek wystąpienia przepięcia, aby zapewnić systemowi odpowiednią niezawodność i akceptowalny poziom bezpieczeństwa. Dla przełączników używanych do łączenia prądu przemiennego typowo podawana jest znamionowa wartość skuteczna napięcia (RMS).

Prąd styków: maksymalny stały prąd, który przełącznik może przenosić po zamknięciu obwodu. Prąd ten głównie determinowany jest przez efekty termiczne (nagrzewanie się, spowodowane stratami mocy na rezystancji styków).

Prąd przełączania: w przypadku przełącznika elektromechanicznego, współpracującego z odbiornikiem o charakterze indukcyjnym lub pojemnościowym, prąd podczas załączania jest znacznie wyższy niż prąd przenoszenia przy zwartych stykach (w stanie stabilnym). Problem polega na tym, że podczas tworzenia i zrywania styku powstawać może łuk elektryczny, a materiał styków jest w stanie wytrzymać te łuki tylko do pewnego stopnia, zanim jego zużycie znacząco zmniejszy żywotność. Dlatego też komponenty elektromechaniczne mają często określony prąd udarowy, którego przekroczenie może skutkować zgrzaniem lub przynajmniej szybszym wypracowaniem styków.

Przy tej okazji należy zauważyć, iż parametry prądowe dla napięć stałych (DC) i przemiennych (AC) są różne. Wynika to z faktu,



Fotografia 5. a) Przycisk ze zintegrowaną diodą RGB LED, b) Przycisk z wyświetlaczem LCD, c) Przycisk z mikroekranem OLED

eprasa.pl ed26111aec

że inaczej zachowuje się wspomniany łuk przy rozłączaniu styków dla napięcia AC i DC – przy AC napięcie przechodzi przez zero 100 razy na sekundę (przy częstotliwości 50 Hz), co oznacza, że łuk będzie samoczynnie gasł po najwyżej 10 ms; w przypadku napięcia stałego konieczne są inne mechanizmy gaszenia łuku. Dlatego też, dobierając przełącznik, należy zwrócić szczególną uwagę, czy jego specyfikacje podawane są dla AC czy DC.

Charakter obciążenia: dla przełączników przeznaczonych do napięcia przemiennego istotne jest to, czy jego obciążenie ma charakter indukcyjny, czy nie. Obciążenia indukcyjne powodować będą zwiększenie narażenia styków przełącznika na zapalenie się łuku elektrycznego podczas rozłączania. Ponieważ indukcyjność w obwodzie będzie przeciwdziałać wszelkim zmianom, to po włączeniu prądu trudno będzie zatrzymać jego przepływ, ponieważ spowoduje ona powstanie dużych sił elektromotorycznych (EMF) w momencie otwarcia obwodu. Impuls napięcia może doprowadzić do zapalenia łuku elektrycznego na rozłączanych kontaktach, co z kolei może prowadzić do szybkiego ich wypalenia i finalnie wzrostu oporu elementu oraz jego uszkodzenia. Elementy elektromechaniczne przeznaczone do pracy z obciążeniem indukcyjnym (takimi, jak transformatory, silniki czy solenoidy) muszą posiadać styki o znacznie wyższej specyfikacji niż dla obciążeń rezystancyjnych lub pojemnościowych.

Rezystancja styków: ponieważ styki przełącznika nie są ciągłym przewodnikiem, ale mogą być rozłączane i ponownie łączone, występuje pewien opór kontaktu – większy niż w przypadku przewodnika ciągłego o tych samych wymiarach. Duża rezystancja styków zwiększa straty mocy, utrudnia też przełączanie sygnałów w precyzyjnych układach pomiarowych.

Parametry mechaniczne

Rodzaj przełącznika wiąże się z liczbą pozycji, definicją liczby pozycji chwilowych/stabilnych, liczbą obwodów, które naraz łączyć może element, a także trajektorią ruchu aktuatora (ruch liniowy, obrotowy, etc.). Warto rozważyć też kolejność łączenia ze sobą obwodów, tj. czy element ten przy przełączaniu dwóch lub więcej obwodów najpierw rozłącza jeden obwód, potem zwiera drugi, czy odwrotnie.

Siła przełączania, wymagana do zmiany jego pozycji – oczywiście, w wielu przypadkach parametr ten przyjmuje postać bardziej złożoną niż pojedyncza wartość. W szczególności, rozważając siłę potrzebną do przełączania, należy uwzględnić, na ile przełącznik ma uniemożliwiać przypadkowe przełączenie (wymagana jest wtedy większa siła) oraz jaka ma być charakterystyka siły – ciągła (tj. przykładana przez cały czas przełączania) czy też chwilowa (gdy przyłożenie pewnej, na ogół większej, siły, powoduje, że dalsza akcja mechaniczna postępuje automatycznie). Oprócz siły określić można jeszcze dystans, mówiący o tym, jak duży musi być ruch, aby przełączyć dany element.

Sposób montażu – również wielkość i ograniczenia montażowe wpływają na wybór przełącznika. Należy rozważyć, jak wiele miejsca jest dostępne w systemie – czy wymagany jest standardowy, miniaturow, czy też subminiaturowy przełącznik? Czy przycisk montowany jest na panelu, czy na płytce drukowanej? Jeśli jest do montażu w obudowie, to w jaki sposób podłączane mają być do niego obwody? Często dostępne są połączenia lutowane, skręcane, ale spotkać można się również z innymi. Przełączniki, które wymagają naprawy lub wymiany na miejscu, powinny mieć prostszy typ montażu, ułatwiający serwis w warunkach polowych.

Materiał styków – większość elementów tego rodzaju wykorzystuje na stykach srebro lub złoto. Kontakty złote są zazwyczaj konieczne przy przełączaniu na poziomie logicznym, typowo określanym jako zakres od jednego mikroampera do 100 mA. Inne stopy (o wyższej wytrzymałości termicznej) lepiej sprawdzają się przy dużych obciążeniach.

Inne wymagania mechaniczne – czy w danej aplikacji przełącznik wymaga zabezpieczenia kluczem? Czy potrzebne jest miejsce na kłódkę, a jeśli tak, to w której pozycji? Czy istotny jest dźwięk przełączania? Czy konieczna jest praca w niestandardowym zakresie temperatur otoczenia? Takie zagadnienia również powinny być uwzględnione podczas doboru tego elementu.

Odporność, czas życia i niezawodność

Klasa IP odnosi się do stopnia odporności na wnikanie pyłów i wilgoci, jest oznaczona dwoma cyframi po znaku „IP". Pierwsza cyfra określa poziom ochrony przed wnikaniem ciał stałych, takich jak pyły, a druga przed wilgocią. Standard ten, często używany do określania odporności różnych urządzeń (w tym także przełączników elektrycznych), był już niejednokrotnie opisywany na łamach „Elektroniki Praktycznej", dlatego tym razem nie będziemy już szerzej omawiać poszczególnych klas – informacje można bez trudu znaleźć w zasobach sieciowych oraz literaturze.

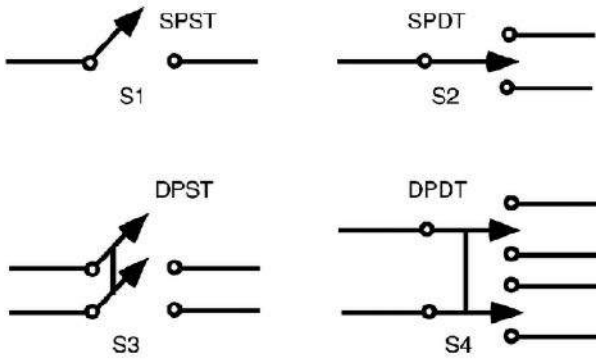
Liczba operacji (cykli łączeniowych) uzależniona jest od wielu czynników. Jednym z kluczowych parametrów jest obciążenie – jego charakter, jak opisano powyżej, a takaże wartość prądu. Czas życia dla obciążenia rezystancyjnego jest najdłuższy. Wczesna erozja kontaktu może wynikać z obciążeń indukcyjnych – z tego powodu istotne jest również uwzględnienie prądu udarowego lub rozruchowego obciążenia. Należy także wziąć po uwagę napięcie przy określaniu maksymalnego obciążenia, jakie przełącznik może obsłużyć. Zastosowanie elementów o parametrach przekraczających przewidywane udary zmniejszy problem spowodowany łukiem przy rozłączaniu, ale zwiększy koszty.

Normy branżowe

W zależności od miejsca zastosowania urządzenia oraz charakteru jego pracy, objęte może być ono szczególnymi normami. Większość przepisów, mających wpływ na wybór przełącznika, dotyczy materiałów używanych do jego produkcji. Od ponad dziewięciu lat amerykańska EPA prowadzi badania nad wpływem rtęci na środowisko i zdrowie, co zaowocowało wprowadzeniem kilku regulacji ograniczających stosowanie jej w celu zapobiegania zagrożeniom. Takie regulacje obejmują Ustawę o Ochronie Zasobów i Recyklingu (RCRA), Ustawę o Czystym Powietrzu (CAA) oraz Ustawę o Czystej Wodzie. Kraje europejskie również wprowadziły regulacje ograniczające stosowanie substancji chemicznych w wyrobach i podzespołach, takie jak RoHS oraz Ustawa o Odpadach Elektrycznych i Elektronicznych (WEEE). Dyrektywa RoHS, obowiązująca od 1 lipca 2006 roku, ma na celu ograniczenie, a nawet wyeliminowanie stosowania ołowiu, rtęci, kadmu, chromu heksawalentnego, polibromowanych bifenyli (PBB) i polibromowanych difenyloeterów (PBDE) w urządzeniach elektronicznych oraz podzespołach elektrycznych. Regulacje te mocno dotknęły niektóre konstrukcje. Na przykład czujniki przechyłu, kiedyś wytwarzane głównie z użyciem ciekłej rtęci, wraz z wprowadzeniem nowych przepisów musiały zostać wyeliminowane z rynku.

Konfiguracja styków

Określenie to odnosi się do liczby biegunów (pole) oraz stabilnych położeń (throw) przełącznika (**rysunek 1**). Termin „biegun" mówi



Rysunek 1. Symbole przełączników SPST (S1), SPDT (S2), DPST (S3), DPDT (S4) obrazujące zasadę ich działania

eprasa.pl ed26111aec

o liczbie obwodów sterowanych przez przełącznik: elementy single pole (SP) sterują tylko jednym obwodem elektrycznym; double pole (DP) sterują dwoma niezależnymi obwodami – działają jak dwa identyczne łączniki, które są ze sobą zintegrowane, ale tylko mechanicznie. Nie należy mylić liczby obwodów z liczbą przyłączy.

Przy elementach wielobiegunowych, które łączą wiele obwodów, pamiętać należy, że jakkolwiek obwody te są rozdzielone wewnątrz elementu, to obowiązuje je specyfikowana dla przycisku izolacja galwaniczna, to znaczy, że w dokumentacji przycisku określone jest maksymalne napięcie pomiędzy tymi obwodami, dla którego dany komponent zapewnia izolację.

Drugi parametr przełącznika dotyczy liczby skrajnych, stabilnych położeń jego aktuatora: przełączniki single throw (ST) zamykają obwód tylko w jednym położeniu. Druga pozycja uchwytu to rozwarty obwód. Double throw (DT) zamykają obwód w dwóch stabilnych pozycjach, to jest, są w stanie łączyć wspólny pin z dwoma stykami przełącznymi. W takim przypadku zwrócić uwagę należy na sposób łączenia ze sobą tych obwodów. Przyciski typu *brake before make* najpierw rozłączają pin wspólny z jednego obwodu, a następnie zwierają go z kontaktami drugiego obwodu. Z kolei przyciski *make before brake* najpierw zwierają drugi obwód, a następnie rozłączają pierwszy z nich. Oznacza to, że podczas przełączania występuje moment, w którym oba wyjściowe obwody przełącznika zwarte są z pinem wspólnym, a co za tym idzie – ze sobą.

Przełączniki jednobiegunowe i dwubiegunowe są zdecydowanie najpopularniejszymi elementami łączącymi na rynku, ale dostępne są również konfiguracje potrójne i poczwórne i większe. Są one powszechnie oznaczane jako 3PST, 3PDT, 4PDT itd. Dodatkowo są też dostępne przyciski z większą liczbą obwodów wyjściowych, na przykład przełącznik opisany jako SP3T łączyć będzie wspólne wyprowadzenie z jednym z trzech wyjść.

Mono-, bi- i wielostabilne

Mechaniczne działanie przycisków można opisać także pod kątem liczby i położenia stabilnych pozycji. Pozycja stabilna to taka, w której przełącznik pozostanie, po odjęciu od niego siły, którą na niego oddziałujemy.

Na przykład popularny przełącznik dzwonkowy to łącznik monostabilny (chwilowy) – zwiera on obwód tak długo, jak go trzymamy. Gdy go puścimy, wróci on w swoje domyślne i jedyne stabilne położenie, tj. gdy obwód jest rozwarty. Innym dobrym przykładem jest stacyjka w samochodzie, która ma kilka pozycji – typowo cztery – z czego trzy z nich są pozycjami stabilnymi, a czwarta, odpowiadająca za zapłon, jest pozycją chwilową – gdy puścimy przekręcony kluczyk, powróci on do wcześniejszej pozycji.

Sposób mechanicznego oddziaływania z przełącznikiem

Ten aspekt jest chyba najszerszą częścią zagadnienia związanego z przełącznikiem. Istnieje ogromna ilość różnych sposobów przełączania i brak jest tutaj oficjalnych i ścisłych podziałów, przyjęło się jednak dzielić przełączniki na rodzaje takie, jak:

- przyciski,
- przełączniki obrotowe,
- przełączniki kołyskowe,
- przełączniki hebelkowe (dźwigienkowe),
- przełączniki suwakowe,
- przełączniki kluczykowe (stacyjki).

Dodatkowo często wyróżnia się takie przełączniki, jak:

- mikroprzyciski,
- przełączniki bezpieczeństwa,
- przełączniki kodujące,
- przełączniki typu „dip-switch”.

Przyciski to przełączniki, które do aktywacji potrzebują siły skierowanej normalnie do powierzchni, czyli wciśnięcia jakiegoś elementu. Przykład takiego elementu pokazano na **fotografii 6**. Są szeroko stosowane do konstrukcji paneli sterujących, klawiatur itp. Mogą działać na różne sposoby, na przykład jako przełączniki chwilowe (typowe dla klawiatur) lub bistabilne z zapadką – pierwsze naciśnięcie aktywuje przycisk, a kolejne pozwala powrócić mu do pierwotnej pozycji. Taki mechanizm pozwala na oszczędzenie miejsca na panelu, gdyż jeden przycisk pełni funkcję załączającego i wyłączającego dany obwód.



Fotografia 6. Przykładowy przycisk

Wyróżnioną grupą pośród przycisków monostabilnych są tzw. microswitche, czyli miniaturowe i subminiaturowe przyciski, charakteryzujące się nie tylko małym rozmiarem, ale także bardzo niewielką siłą, potrzebną do przełączenia. Realizowane są na różne sposoby, typowo wyposażone są w naprężoną sprężynę, która ułatwia przełączanie przycisku niewielką siłą i następnie gwarantuje powrót elementu do stabilnego stanu, gdy już siła nie będzie do niego przykładana. Elementy te charakteryzują się na ogół dużą trwałością – rzędu nawet miliona cykli i więcej – oraz niską ceną. Z uwagi na swoje niewielkie rozmiary, nie są one zaprojektowane do przenoszenia większych obciążeń.



Fotografia 7. Przełącznik obrotowy

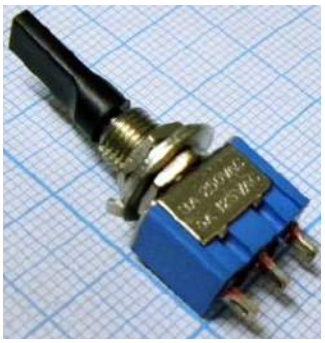
Przełączniki obrotowe (**fotografia 7**) to elementy, w których potrzebny jest pewien moment obrotowy, przyłożony do aktywnego elementu przełącznika do akwtyacji. Typowy przełącznik obrotowy posiada oś, do której umocowany jest wspólny kontakt, oraz nieruchomy „wianuszek” kontaktów dookoła. Typowo elementy takie wybiera się, gdy konieczne jest posiadanie kilku stabilnych pozycji – dostępne są przełączniki obrotowe nawet z 36 pozycjami (i więcej w wykonaniu specjalnym).

Przełączniki kołyskowe mają, jak sama nazwa wskazuje, kołyskę, która poruszana jest w czasie aktywacji. Widać ją na **fotografii 8**. Zmieniając jej pozycję, łączy się i rozłącza styki w układzie. Przełączniki tego rodzaju mają jeden lub rzadziej dwa bieguny i dwie lub trzy pozycje, przy czym często nie wszystkie z nich są stabilne. Typowym przykładem takiego elementu mogą być włączniki świateł w domowej sieci energetycznej, często wykorzystywane są również jako przełączniki zasilania w urządzeniach elektrycznych. Z uwagi na swoją konstrukcję łatwo jest wyposażyć je w podświetlenie, które funkcjonować może jako wskaźnik załączenia obwodu.



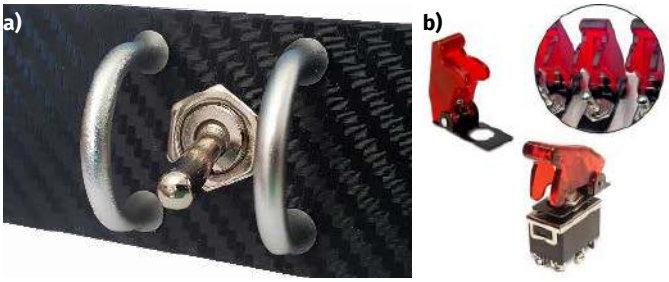
Fotografia 8. Przełącznik kołyskowy

Przełączniki hebelkowe (dźwigienkowe – **fotografia 9**)



Fotografia 9. Przełącznik hebelkowy

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 10. Przełącznik hebelkowy zabezpieczony za pomocą a) metalowych pałąków; b) za pomocą dedykowanej pokrywki (za mgispeedware.com)



Fotografia 11 Rodzina przełączników suwakowych firmy C&K Swiych (za ckswitches.com)

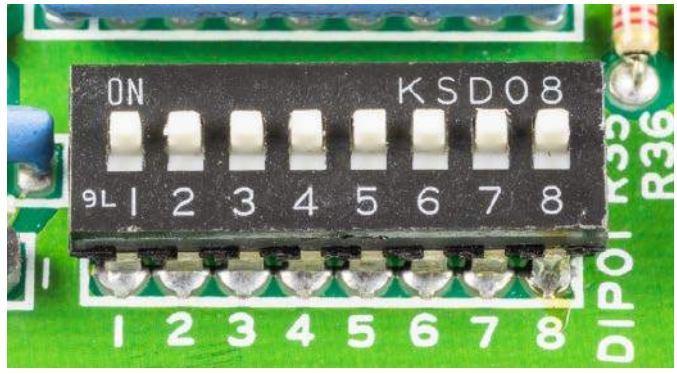
są chętnie stosowane z uwagi na intuicyjność oraz łatwość obsługi, szczególnie w pośpiechu czy podczas pracy w grubych rękawiczkach. Od strony mechanicznej przełączniki te działają podobnie do przełączników kołyskowych i także mają 2..3 pozycje, z których nie wszystkie muszą być pozycjami stabilnymi. Przełączniki hebelkowe, mimo swoich zalet, należy stosować z rozwagą, gdyż ich wystająca dźwigienka łatwa jest do przypadkowego przełączenia, np. poprzez zaczepienie elementem odzieży. Aby tego uniknąć, stosuje się często wraz z nimi różnego rodzaju zabezpieczenia, mające za zadanie utrudnić przypadkową aktywację. Zabezpieczenia te mają postać zarówno prostych, metalowych elementów (**fotografia 10a**), jak i bardziej złożonych, plastikowych kapturków (**fotografia 10b**).

Przełączniki suwakowe to takie, w których obwody łączone są poprzez przesuwanie ruchomego styku. Tego rodzaju łączniki typowo używane są w aplikacjach, gdzie nie ma zbyt wiele miejsca na instalację innych rodzajów komponentów. Tym bardziej że dostępne są one w wykonaniach normalnych, jak i subminiaturowych, jak pokazano na **fotografii 11**. Tego rodzaju elementy mają zwykle co najmniej dwie stabilne pozycje.

Przełączniki kluczykowe (stacyjki), jak sama nazwa wskazuje, do aktywacji potrzebują klucza. Na ogół przekręcanie klucza we wbudowanym zamku nie tylko pełni funkcję zabezpieczającą, ale jednocześnie mechanicznie aktywuje styki przełącznika. Tego rodzaju elementy stosuje się jako zabezpieczenia przed niepowołanym użyciem. Przykładowy element tego rodzaju pokazano na **fotografii 12**. Typowe stacyjki zabezpieczające mają dwie stabilne pozycje. Nierzadko spotyka się też przełączniki kluczykowe niejako wbudowane w inne przełączniki. W takiej sytuacji klucz pełni funkcję jedynie zabezpieczenia i trzeba najpierw go przekręcić, aby umożliwić aktywację właściwego elementu.

Oprócz powyższych wymieniono również kilka węższych kategorii (z uwagi na docelową aplikację i/lub konstrukcję). Są to między innymi:

- Przełączniki bezpieczeństwa przeznaczone są do awaryjnego wyłączania urządzeń przemysłowych. Łączą w sobie kilka rodzajów akcji mechanicznej. Typowo, aby je aktywować (i rozłączyć obwód), należy je wcisnąć, zaś w celu dezaktywacji – obrócić lub przekręcić kluczyk. Zagadnienia konstrukcyjne przełączników z tej grupy mają umocowanie prawne w normie EN 60204-1.
- Wspominane już wcześniej przełączniki kodujące są używane głównie do zadawania dyskretnych wartości liczbowych. Oprócz wykorzystania w tej roli wielopozycyjnych przełączników obrotowych, istnieją specjalne elementy wyposażone w zestaw przycisków „+” oraz „–” (dla każdej dekady ustawionej liczby) oraz wskaźnik mechaniczny. Naciskanie tych przycisków powoduje, odpowiednio, inkrementację lub dekrementację wyświetlanej wartości i łączenie odpowiednich obwodów ze sobą. Przełączniki takie składają się na ogół z modułów – każdy moduł to jedna pozycja dziesiętna (**fotografia 13**).
- Przełączniki typu „dip-switch” to rodzaj miniaturowych przełączników suwakowych, połączonych w pakiety, umieszczane w obudowie DIP (najczęściej). Zazwyczaj zastępują zworki, wykorzystywane do konfiguracji na płytach głównych (częściej kiedyś, obecnie coraz rzadziej, z uwagi na programowe konfigurowanie sprzętu w BIOSie) czy innych urządzeniach elektronicznych. Przełącznik tego rodzaju pokazano na **fotografii 14**.



Fotografia 14. Pakiet przełączników typu „dip-switch”



Fotografia 12. Przełącznik kluczykowy



Fotografia 13. Przełącznik kodujący dla liczb do pięciu cyfr (do 99 999) złożony z pięciu modułów

Podsumowanie

W niniejszym artykule potraktowano tematykę przełączników tylko powierzchownie, jednakże podane informacje powinny być wystarczające, aby samodzielnie kontynuować zgłębianie zagadnień konstrukcyjnych i użytkowych. W opisie intencjonalnie pominięto elementy inne niż aktywowane przez człowieka. Spełniają one wiele definicji przycisków, jednakże odróżniają się od nich faktem, że naciskane są przez maszynę i w związku z tym są zoptymalizowane do takiego działania. Przykładem tego rodzaju elementu mogą być na przykład mechaniczne wyłączniki krańcowe – wykraczają one jednak poza ramy tego opracowania.

Nikodem Czechowski

Źródła
1. „Selecting a Switch: Managing the process of choosing the perfect switch” NKK Whitepapers
2. „Switches & Controls: How to select the right one” Carlingtech
3. Frances Amoss „Selecting a switch” Electronic Products 3.11.2008
4. www.littelfuse.com/technical-resources/technical-centers/commercial-vehicle-technical-center/poles-and-throws.aspx
5. www.littlebirdelectronics.com.au
6. www.ckswitches.com
7. www.mgispeedware.com

eprasa.pl ed26111aec

Ulubiony Kiosk

Pobierz bezpłatnie
multimedialne dodatki
do tego wydania
Elektroniki Praktycznej

Projekty, miniprojekty, materiały do artykułów i kursów oraz wiele innych!



* **Kupiłeś magazyn** w Ulubionym Kiosku lub masz prenumeratę? Multimedialne dodatki będą odblokowane automatycznie!

* **Zakupiłeś czasopismo** u zewnętrznego dystrybutora? Odblokuj bibliotekę multimediów samodzielnie.

Szczegóły na **UlubionyKiosk.pl/media**

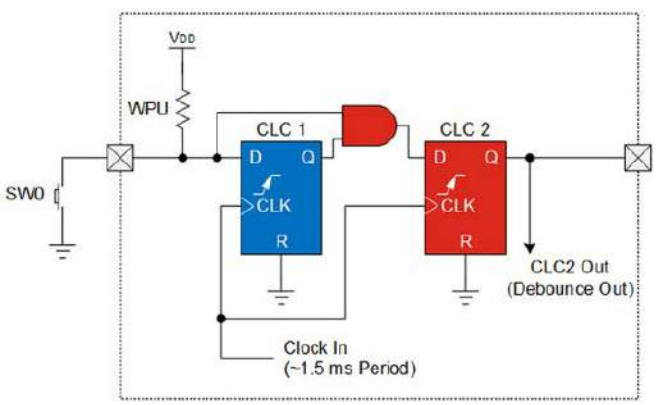
Zwiększanie wydajności systemów wbudowanych za pomocą konfigurowalnych obwodów logicznych

Realizacja wszystkich funkcji systemu wbudowanego za pomocą oprogramowania jest mało efektywna, zarówno pod względem szybkości wykonywania kodu, jak i z uwagi na wymaganą pojemność pamięci programu oraz pamięci operacyjnej. Elastyczne, sprzętowe bloki logiczne, dostępne w mikrokontrolerach firmy Microchip, pozwalają usprawnić działanie aplikacji poprzez automatyczne wykonywanie niektórych operacji i bezpośrednie łączenie sygnałów z poszczególnych peryferiów, co prowadzi nie tylko do zmniejszenia rozmiaru kodu, ale także ograniczenia zużycia energii.

Każdy programista systemów embedded doskonale wie, że wbudowane bloki peryferyjne mikrokontrolerów pozwalają zmniejszyć zużycie energii, podnieść wydajność obliczeniową, a także istotnie zredukować objętość kodu maszynowego. W zależności od modelu uC do dyspozycji projektantów są m.in. wzmacniacze operacyjne, ulepszone przetworniki analogowo-cyfrowe (ADC) czy też uniwersalne timery (UTMR) oraz sprzętowe generatory sygnałów PWM. Jednym z najciekawszych rodzajów bloków peryferyjnych są te, które pozwalają implementować logikę dyskretną oraz bezpośrednio łączyć ze sobą różne peryferia procesora. W tym artykule omówione zostaną rozwiązania takie, jak: konfigurowalne komórki logiczne (*Configurable Logic Cell*, CLC oraz *Configurable Custom Logic*, CCL), system obsługi zdarzeń (*Event System*, EVSYS), a także blok łączenia sygnałów (*Signal Routing*, SR). Pokażemy także sposoby ich praktycznego wykorzystania w określonych aplikacjach.

CLC/CCL

Bloki peryferyjne, określane mianem CLC i CCL, to programowalne tablice typu Look-up-Table (LUT), z których każda stanowi w istocie odpowiednik pojedynczej komórki układu FPGA. Funkcja logiczna, skonfigurowana wewnątrz każdej instancji takiego peryferium, jest definiowana „w locie". CLC/CCL może działać niezależnie od procesora, co pozwala efektywnie zastąpić zewnętrzne układy logiczne. Pomiędzy CLC i CCL istnieją drobne różnice w implementacji – CLC jest specyficzne dla mikrokontrolerów z rodziny PIC, podczas gdy komórki CCL są dostępne w procesorach AVR. Podstawowe działanie każdego z wymienionych bloków pozostaje jednak takie samo.



Rysunek 1. Sprzętowa implementacja filtra do usuwania drgań styków przycisku

Tłumienie drgań styków

Jednym z najczęstszych zastosowań CLC/CCL jest sprzętowa implementacja tłumienia drgań styków przy użyciu timera/oscylatora. W nocie aplikacyjnej AN2805 można znaleźć aż trzy sposoby implementacji tłumienia tych niepożądanych sygnałów przy użyciu CLC.

Aby zaimplementować filtr drgań styków, należy jedną z komórek (CLC 1 na schemacie wg **rysunku 1**) skonfigurować jako przerzutnik typu D, zatrzaskujący stan z wejścia GPIO, podłączonego do przycisku lub przełącznika. Blok CLC 2 wykonuje natomiast operację iloczynu logicznego (AND) sygnału wyjściowego przerzutnika CLC 1 oraz aktualnego stanu wejścia cyfrowego, a następnie zatrzaskuje wartość wynikową we własnym przerzutniku. Źródłem sygnału taktującego dla obu przerzutników jest wyjście timera lub oscylatora, pracującego z częstotliwością około 0,67 kHz.

Przy zastosowaniu bloków CCL, dostępnych w mikrokontrolerach AVR, to samo zadanie jest jeszcze prostsze – komórki CCL oferują bowiem funkcję filtracji sygnału wejściowego, która skutecznie wykonuje tę samą dwutaktową operację. CCL mogą być taktowane za pomocą oscylatora 1 kHz, co jest w zupełności wystarczające do realizacji tłumienia drgań styków.

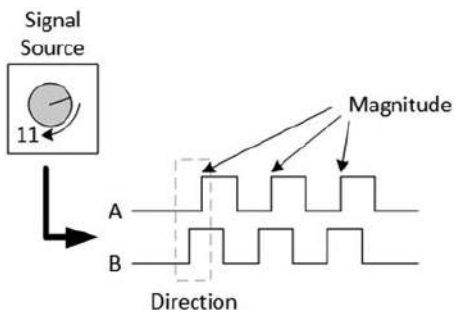
Dekodowanie sygnałów kwadraturowych

Innym przypadkiem użycia CLC jest implementacja dekodera kwadraturowego. Inkrementalne enkodery z wyjściem kwadraturowym generują dwa przebiegi prostokątne (A i B), przesunięte w fazie o 90°. Prędkość obrotowa jest reprezentowana przez liczbę przebiegów, natomiast znak różnicy fazy pozwala określić kierunek obrotów (**rysunek 2**).

Aby zdekodować parę sygnałów kwadraturowych, komórki CLC przekształcają ten przebieg na dwa wyjścia, reprezentujące impulsy odpowiadające za obrót w kierunku zgodnym lub przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Dalej jest już bardzo łatwo – dwa timery sprzętowe mikrokontrolera niezależnie zliczają odebrane impulsy, zaś program – na podstawie wyników zliczania w obu kanałach – może wyliczyć zarówno prędkość, jak i kierunek obrotów osi enkodera.

System zdarzeń

System zdarzeń (EVSYS) przeznaczony jest do wybierania sygnału wyjściowego z jednego peryferium i kierowania go do innych bloków, znajdujących się wewnątrz mikrokontrolera. Ta łączność



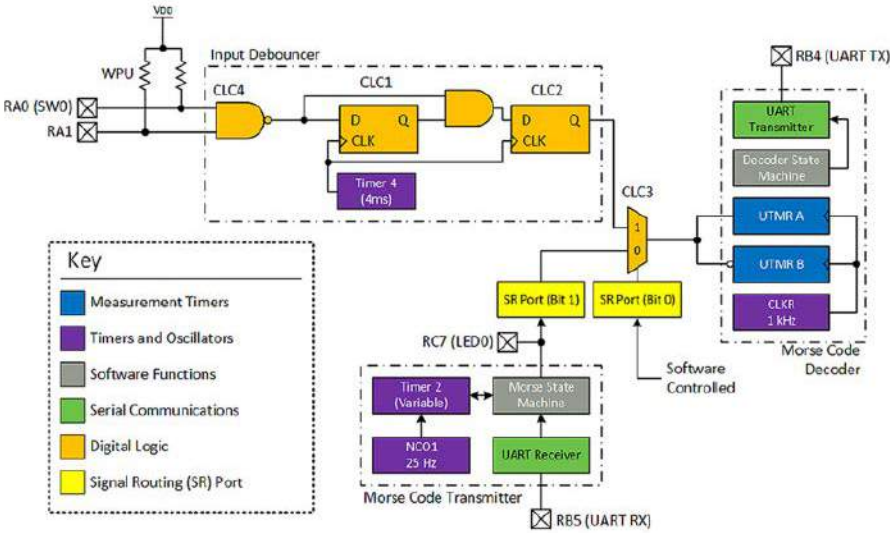
Rysunek 2. Sygnały wyjściowe enkodera kwadraturowego

eprasa.pl ed26111aec

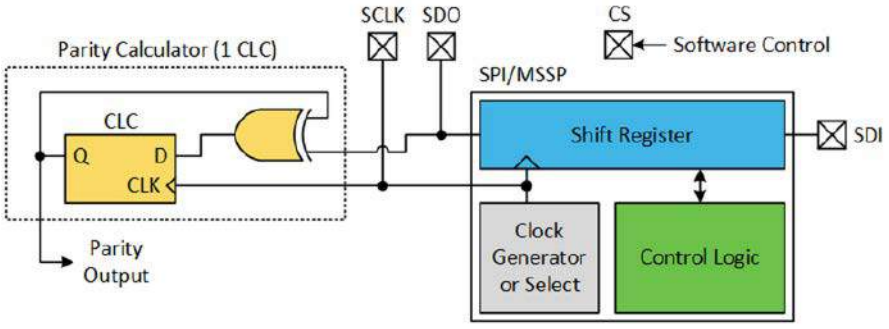
może odbywać się bez udziału rdzenia procesora, co oszczędza energię w trybie uśpienia lub bezczynności i znacząco poprawia wydajność. Należy przy tym pamiętać, że EVSYS występuje tylko w mikrokontrolerach AVR.

Port SR

W mikrokontrolerach PIC dostępne jest natomiast peryferium określane mianem portu SR (ang. *Signal Routing Port*). Ma ono strukturę przypominającą standardowy port I/O, ale bez wyprowadzenia na fizyczny pin w obudowie mikrokontrolera. Bity portu SR można ustawiać i kasować programowo, ale w tym przypadku użytkownik ma także do dyspozycji sygnały wyjściowe urządzeń peryferyjnych, a nawet funkcjonalność rejestru przesuwnego. Port SR współpracuje również z funkcją *Peripheral Pin Select* (PPS), którą można znaleźć także w mikrokontrolerach PIC. PPS zapewnia projektantowi elastyczność w przydzielaniu wejść/wyjść, umożliwiając przenoszenie cyfrowych sygnałów do różnych pinów mikrokontrolera oraz zapewniając innym blokom peryferyjnym możliwość indywidualnego wyboru bitów portu SR jako wejść. Pozwala to na konstruowanie zaawansowanych maszyn stanu i kontrolowanie ich za pomocą tego peryferium.



Rysunek 4. Schemat blokowy odbiornika/nadajnika alfabetu Morse'a

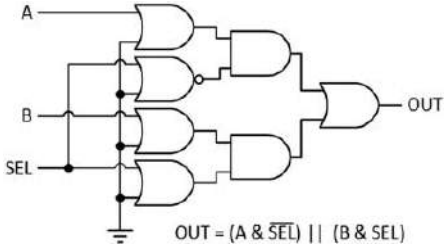


Rysunek 5. Sprzętowa implementacja kalkulatora bitu parzystości

Wybór sygnału wewnętrznego

Jednym z ciekawszych przypadków użycia portu SR oraz komórki CLC jest implementacja multipleksera do wybierania sygnałów wewnętrznych mikrokontrolera. Można to wykorzystać do realizacji wewnętrznego autotestu lub do wybierania jednego z N sygnałów do dalszego przetwarzania. Aby zaimplementować multiplekser 2:1, należy zastosować komórkę CLC – w przypadku topologii 4:1 potrzebne są już trzy bloki CLC i dwa bity z portu SR. Sterowanie multiplekserem odbywa się przy użyciu bitu portu SR, pełniącego funkcję linii wyboru. Schemat omawianego bloku można zobaczyć na **rysunku 3**.

Jedną z zalet tej implementacji w porównaniu z PPS jest szybkość i elastyczność. PPS można zablokować, aby zapobiec przypadkowym zmianom stanu w czasie wykonywania programu. Dodatkowo użytkownik może ustawić bit konfiguracyjny, aby mieć pewność, że PPS będzie można odblokować tylko raz. Implementacja multipleksera przy użyciu CLC umożliwia programowi zmianę wejść w dowolnym momencie bez konieczności wykonywania za każdym razem sekwencji odblokowania. Ten scenariusz użycia został użyty w programie demonstracyjnym prostego nadajnika i odbiornika alfabetu Morse'a, wykonanego na bazie mikrokontrolera z rodziny PIC18F56Q71 firmy Microchip – multiplekser służy tutaj do wyboru pomiędzy wyjściem nadajnika a zewnętrznym sygnałem wejściowym (odbiorczym) – schemat takiej implementacji można zobaczyć na **rysunku 4**.



Rysunek 3. Multiplekser 2:1, zaimplementowany za pomocą komórki logicznej CLC; nieużywane wejścia ukryto dla ułatwienia analizy schematu

Obliczanie parzystości ze wspomaganiem sprzętowym

W niektórych przypadkach konieczne jest wygenerowanie bitu parzystości do nadania lub odbioru danych. Obliczanie parzystości w oprogramowaniu jest trywialne, ale zajmuje dodatkowy czas procesora – znacznie efektywniejsze jest zatem wykonanie tego zadania na drodze sprzętowej. Schemat przykładowej implementacji pokazano na **rysunku 5**. W tym przypadku badany wzorzec jest przechowywany w pamięci globalnej.

Aby przyspieszyć obliczenia bitu parzystości, można użyć sprzętowego interfejsu SPI w połączeniu z CLC. Blok SPI zawiera szeregowy rejestr przesuwny do przesyłania i odbierania danych. Wyjście rejestru oraz sygnał zegarowy SPI można wprowadzić do CLC, zaś na wyjściu przerzutnika zastosowanej komórki logicznej dostępna będzie informacja o parzystości słowa, znajdującego się w rejestrze.

Podsumowanie

Sprzętowe peryferia mikrokontrolerów pełnią fundamentalną funkcję w systemach wbudowanych. Dzięki nim znacząco rośnie wydajność obliczeniowa mikrokontrolerów, spada także zapotrzebowanie na pamięć oraz energię, pobieraną z systemu zasilania. Konfigurowalne bloki logiczne są szczególnie cennymi narzędziami do obsługi prostych zadań, takich jak usuwanie drgań styków czy też dekodowanie kwadraturowe. Kreatywne wykorzystanie peryferiów sprzętowych udoskonala projekty i przesuwa granice możliwości mikrokontrolera.

Robert Perkel,
Improving Embedded Systems with Logic and Flexibility Hardware Peripherals

eprasa.pl ed26111aec

Kontrolery ruchu do miniaturowych napędów i mikronapędów

Nowy członek rodziny w dziedzinie średniego zakresu mocy

Nowoczesne systemy mechatroniczne wymagają niezawodnego i zaawansowanego sterowania różnego rodzaju napędami elektrycznymi. Duże znaczenie dla konstruktorów i integratorów systemów mają interfejsy komunikacyjne, oferowane przez modułowe kontrolery ruchu, a w niektórych zastosowaniach kluczowe okazują się dodatkowo… wymiary całości, przesądzające o możliwości integracji kontrolera w danej maszynie. Nowe sterowniki marki FAULHABER to propozycja dla najbardziej wymagających odbiorców.

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


2

FAULHABER dodał do swojej oferty kolejny niezwykle kompaktowy kontroler ruchu bez obudowy. Nowy moduł idealnie sprawdzi się w produkcji sprzętu i zastosowaniach związanych z technologią medyczną. Dzięki zasilaniu 36 V/3 A (wartość szczytowa prądu 9 A) obejmuje zakres mocy do ok. 100 W i nadaje się do szczotkowych silników z enkoderem, napędów bezszczotkowych lub silników liniowych.

MC3603 – doskonałość w kompaktowej formie

Napędy miniaturowe i mikronapędy mogą stworzyć niezawodny układ napędowy wyłącznie w połączeniu z odpowiednim kontrolerem ruchu. Mając to na uwadze, specjalizująca się w produkcji napędów firma FAULHABER uzupełnia swoją bogatą ofertę silników o szeroką gamę kontrolerów ruchu, które zaprojektowane są pod kątem zróżnicowanych wymagań w zakresie zasilania oraz konstrukcji (wersje z obudową lub bez). Kontrolery ruchu bez obudowy zostały uzupełnione o nowy model: MC3603 (**fotografia 1**), który dzięki kompaktowej budowie oraz dużej mocy wyjściowej (na poziomie 100 W przy parametrach 36 V/9 A) idealnie sprawdzi się w nowoczesnych aplikacjach medycznych. Sterownik obsługuje komutatorowe (szczotkowe) silniki DC z enkoderem, napędy bezszczotkowe (BLDC) oraz silniki liniowe. Opcje wejść/wyjść i interfejsy enkodera są takie same jak w pozostałych produktach z tej rodziny. Dostępne interfejsy to: USB, RS232, CANopen i EtherCAT. Kontroler ruchu jest już wyposażony w nową wersję oprogramowania „M". Aby zapewnić użytkownikom możliwość prostej i wygodnej konfiguracji systemu, dostępna jest najnowsza aktualizacja (wersja 6.9) oprogramowania FAULHABER Motion Manager.


1

Kompatybilność elektromagnetyczna wszystkich kontrolerów ruchu

Wraz z wprowadzeniem nowego modelu MC 3603 kontrolery ruchu obejmują teraz cały zakres zastosowań typowy dla silników miniaturowych i mikrosilników (**fotografia 2**), począwszy od modelu MC 3001 (o wielkości znaczka pocztowego i parametrach 30 W/1 A, prąd szczytowy 2 A), aż do największego w serii modelu MC 5010 o natężeniu 10 A (prąd szczytowy 30 A), przeznaczonego do montażu w szafach rozdzielczych i z powodzeniem wykorzystywanego głównie w sektorze przemysłowym. Wszystkie kontrolery ruchu zostały szczegółowo przebadane i spełniają wymagania aktualnych przepisów dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej. Co ważne – nie tylko urządzenia zostały odpowiednio zoptymalizowane, ale także dokumentacja została dostosowana tak, aby zapewnić użytkownikom jak najlepsze wsparcie podczas certyfikacji własnych urządzeń.

Więcej informacji na temat modułowych kontrolerów ruchu można znaleźć na stronie internetowej producenta: https://tiny.pl/cbzh9.

Na koniec warto dodać, że sporą pomocą dla inżynierów, projektujących systemy mechatroniczne w oparciu o modułowe kontrolery ruchu, będzie książka o kompatybilności elektromagnetycznej, wydana przez FAULHABER: https://tiny.pl/cbzhf.



eprasa.pl ed26111aec



Pierwsza część artykułu znajduje się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Robotyka w medycynie (2)

Przegląd komponentów do robotów chirurgicznych

Roboty chirurgiczne stały się wręcz symbolem współczesnej medycyny. To, co jeszcze nie tak dawno należało raczej do kategorii science-fiction – ultra-nowoczesny manipulator, zdolny do wykonywania najbardziej złożonych operacji z precyzją nieosiągalną dla większości chirurgów – dziś stanowi narzędzie, które można znaleźć w niemal każdym większym szpitalu.
W poprzednim numerze EP opisaliśmy podział robotów medycznych pod względem zastosowań. Tym razem mocniej zagłębimy się w „technikalia" tych fascynujących urządzeń – postaramy się spojrzeć na robotykę medyczną „od kuchni", prezentując wybrane komponenty stosowane w omawianych maszynach.



Fotografia 1. Przykładowy silnik komutatorowy z serii RE 25 marki maxon (t.ly/KgV9p)



Fotografia 2. Silnik komutatorowy z serii RE 13 marki maxon (t.ly/KgV9p)

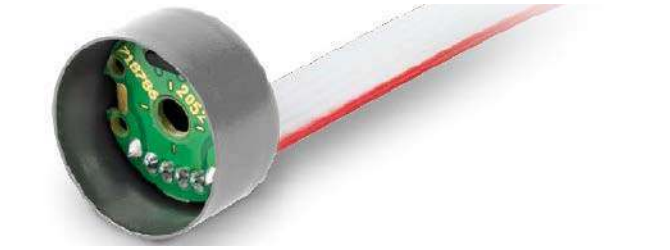
Napędy robotów medycznych

Jeśli mielibyśmy to szczęście, by móc zajrzeć do wnętrza czołowych robotów medycznych stosowanych w szpitalach na całym świecie, znaleźlibyśmy tam naprawdę pokaźne portfolio rozmaitych silników elektrycznych. Sporym sukcesem w tym zakresie może pochwalić się m.in. firma maxon: do każdego z robotów, należących do serii da Vinci S HD Surgical System, trafiło ponad 30 wyprodukowanych przez nią silników, w tym napędy ze statorami wykonanymi na bazie metali ziem rzadkich (seria RE) oraz rotorami pozbawionymi żelaza, co niweluje problem tzw. *coggingu* (tj. „przeskakiwania" rotora

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 3. Kompaktowa przekładnia planetarna z serii GP 13 marki maxon (t.ly/KqXld)



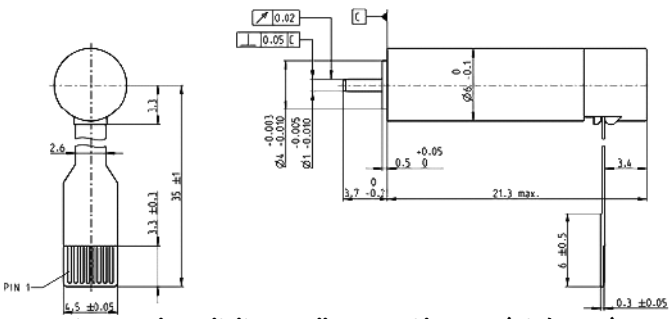
Fotografia 4. Przykładowy enkoder magnetyczny do kompaktowych silników DC marki maxon (t.ly/VRG3e)



Fotografia 5. Przykładowy silnik bezszczotkowy z serii EC6 marki maxon (t.ly/FmDyO)

pomiędzy kolejnymi pozycjami, jak w typowym silniku krokowym). W materiałach reklamowych, dostępnych na stronie maxon, znajdujemy odniesienie do silników komutatorowych RE 25 (**fotografia 1**), co ciekawe – zarówno w wersji z enkoderem, jak i bez niego. W robotach da Vinci znalazły także zastosowanie napędy o niemal dwukrotnie mniejszej średnicy (równej 13 mm), należące do serii RE 13 **(fotografia 2**) i wyposażone w przekładnie planetarne (**fotografia 3**) oraz enkodery magnetyczne (**fotografia 4**). Inżynierowie Intuitive Surgical – wytwórcy robotów da Vinci – skorzystali także z większych napędów RE 35, tym razem wyposażonych w enkodery innego producenta. Warto dodać, że mówimy tutaj tylko i wyłącznie o najmniejszych silniczkach, stosowanych do napędu końcówek roboczych oraz (być może) zadajników – trudno bowiem oczekiwać, żeby producent upublicznił dalsze szczegóły dotyczące konstrukcji flagowej serii robotów chirurgicznych.

Napędy marki maxon znalazły także zastosowanie w prototypach polskich robotów chirurgicznych Robin Heart 3. Z literatury branżowej – w tym licznych publikacji, poświęconych rodzimym konstrukcjom



Rysunek 1. Wymiary silnika z serii EC6 marki maxon (t.ly/D7A6_)

mechatronicznych „chirurgów" – dowiadujemy się, że w napędach narzędzi RH 3 znalazły się ultra-kompaktowe silniki bezszczotkowe z serii EC 6 (**fotografia 5**), wyposażone w przekładnie o przełożeniu 1:221 – o tym, z jak maleńkimi i precyzyjnymi napędami mamy tutaj do czynienia, niech świadczy ich rysunek wymiarowy (**rysunek 1**). Napędy maxon trafiły ponadto do zadajników polskiego robota kardiochirurgicznego, gdzie odpowiadają za sprzężenie haptyczne – w tym przypadku zastosowanie znalazły niskoprofilowe napędy BLDC z serii EC 30 Flat i EC 22.



Fotografia 6. Wnętrze głowicy wymiennego narzędzia robota da Vinci (t.ly/vZUbH)



Fotografia 7. Silnik autoklawowalny z serii SM marki Portescap (t.ly/5GOyV)

Konstrukcje narzędzi robotów chirurgicznych mogą być realizowane na dwa sposoby: pierwszy z nich opiera się na zastosowaniu specjalnej głowicy, zawierającej sprzęgła i układ przeniesienia napędu, współpracujący z umieszczoną na końcu metalowej tulei końcówką roboczą. Takie rozwiązanie znakomicie obniża koszty wymiany narzędzi, ułatwia także spełnienie wymogów dotyczących sterylizacji (wysoka temperatura i wilgotność, w przypadku sterylizacji w autoklawie). Na **fotografii 6** można zobaczyć wnętrze głowicy narzędzia robota da Vinci – wszystkie cztery przeguby są poruszane za pośrednictwem stalowych linek i specjalnych rolek, zaś napędy rolek pozostają na stałe wmontowane w ramię robota.

W niektórych przypadkach konieczne (lub przynajmniej wskazane z przyczyn natury konstrukcyjnej) jest wbudowanie silników wprost w obudowę narzędzia. Taki napęd musi rzecz jasna „przeżyć" pewną liczbę cykli autoklawowania, bez uszczerbku dla izolacji uzwojenia, łożysk i wszelkich pozostałych elementów silnika. I tutaj także z pomocą przychodzą najbardziej zaawansowani producenci napędów elektrycznych – przykładowo, firma Portescap opracowała serię SM, obejmującą kompaktowe silniki bezszczotkowe, zdolne do przetrwania ponad 500 cykli sterylizacji (**fotografia 7**). Napędy są dostępne w wersjach o średnicy zewnętrznej od 0,5 cala do 1,23 cala.

Interesującą propozycję dla konstruktorów robotów chirurgicznych zaprezentowała firma Kollmorgen. Seria bezramkowych silników TBM2G (**fotografia 8**) oferuje znaczne ułatwienie w budowie przegubów robotycznych ramion, pozwala bowiem na zaoszczędzenie znacznej ilości miejsca w obudowie manipulatora, zostawiając przy tym przestrzeń wewnątrz rotora, np. na przeprowadzenie



Fotografia 8. Elementy składowe bezramkowego silnika typu Direct Drive z serii TBM2G marki Kollmorgen (t.ly/D7rsO)

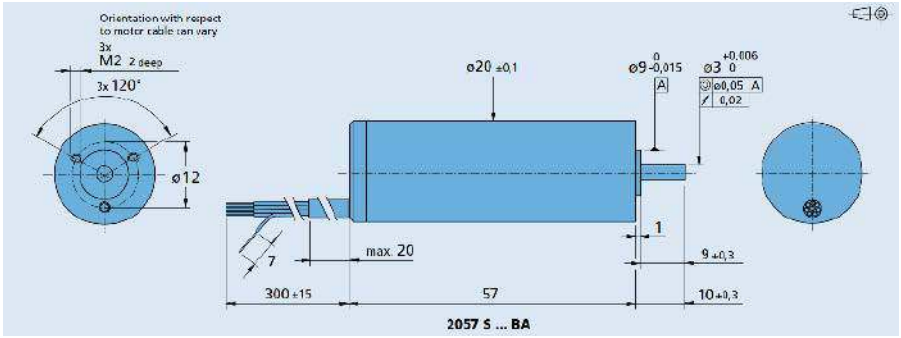
eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 9. Silnik BLDC marki Faulhaber z serii 2057 ... BA (t.ly/tlwQo)



Fotografia 11. Enkoder magnetyczny z serii IEH3-4096 marki Faulhaber, zamontowany na niewielkim siniku DC (t.ly/91kGn)



Rysunek 2. Wymiary silników z serii 2057 ... BA (t.ly/Ij4nh)



Fotografia 12. Sterownik EPOS2 24/5 marki maxon (t.ly/lR1iR)

okablowania do dalszych członów ramienia. Konstrukcja napędu bezpośredniego (Direct Drive) istotnie upraszcza także budowę mechaniki robota, eliminując konieczność stosowania ciężkich i potencjalnie awaryjnych przekładni oraz systemów przeniesienia napędu, niezbędnych w przypadku manipulatorów sterowanych za pomocą konwencjonalnych serwomotorów.

Bardzo ważnym graczem na rynku napędów do najbardziej zaawansowanych aplikacji jest firma Faulhaber. W ofercie potentata znajdują się m.in. precyzyjne, kompaktowe serwomotory bezszczotkowe z magnesami neodymowymi, wyposażone w cyfrowe czujniki Halla i nadające się do sterylizacji w autoklawie. Napędy z serii 2057 ... BA (**fotografia 9, rysunek 2**) cechują się niezwykle niską bezwładnością mechaniczną oraz płynną pracą bez efektu przeskakiwania rotora (cogging), dzięki czemu doskonale nadają się do zastosowań w robotach chirurgicznych.

Inny przykład nowoczesnych napędów o doskonałych parametrach i kompaktowych wymiarach stanowią silniki BLDC z serii 3216 ... BXT H (**fotografia 10**), także produkcji Faulhaber. 14-biegunowa konstrukcja z zewnętrznym rotorem zapewnia wysoki moment obrotowy i niewielki wymiar podłużny obudowy, co ułatwia integrację w konstrukcjach lekkich ramion robotycznych, także przy zastosowaniu zewnętrznych enkoderów oraz przekładni. Długość obudowy silników z omawianej serii mieści się w przedziale od 14 do 21 mm.

Firma Faulhaber ma również spore osiągnięcia na polu sensorów. Seria inkrementalnych enkoderów magnetycznych IEH3-4096 (**fotografia 11**) oferuje zaskakująco małe wymiary przy doskonałej rozdzielczości, dochodzącej do 4096 impulsów/obrót – przy połączeniu z silnikami DC z serii SR, czujniki te wydłużają cały napęd o zaledwie 1,4 mm!



Fotografia 10. 14-biegunowy silnik BLDC z zewnętrznym rotorem z serii 3216 ... BXT H marki Faulhaber (t.ly/WNifc)

Omawiając napędy, stosowane w robotach medycznych, nie sposób nie wspomnieć jednocześnie o modułach sterowników. Jednymi z bardziej zaawansowanych w tym segmencie rynku są kontrolery EPOS firmy maxon – odniesienia do tej rodziny sterowników znajdujemy w licznych publikacjach na temat polskich robotów chirurgicznych Robin Heart. Wykorzystanie modułów EPOS (przykład można zobaczyć na **fotografii 12**) nie było przypadkowe – do ich zalet można bowiem zaliczyć sporą elastyczność w doborze współpracującego silnika (ten sam moduł jest w stanie pracować zarówno z napędami bezszczotkowymi, jak i silnikami komutatorowymi), kompaktowe wymiary, szeroki zakres mocy sterowanych silników (w przypadku pokazanego na fotografii 12 modułu EPOS2 24/5 wynosi on od 5 do 120 W), czy też szeroki zakres interfejsów komunikacyjnych i dodatkowych linii I/O.

Obecnie na rynku dostępne są jeszcze bardziej kompaktowe kontrolery, świetnie nadające się do wymagających zadań w zakresie sterowania silnikami robotów medycznych. Najnowsza seria MC3603 S marki Faulhaber oferuje bardzo szeroki zakres napięć zasilania (od 6 do 36 VDC), prąd maksymalny na poziomie 3 A (ciągły)/9 A (chwilowy) oraz niezwykle kompaktową formę, znakomicie ułatwiającą integrację w niewielkich szafach sterowniczych współczesnych robotów. Moduły pozwalają na sterowanie poprzez RS232, EtherCAT lub CAN i obsługują bogate portfolio silników marki Faulhaber z serii B, BHx, BXT, BX4, SR, CXR, CR. Jakby tego było mało, w ofercie firmy znalazło się kilkadziesiąt akcesoriów, przyspieszających proces montażu docelowego urządzenia – dostępne są gotowe adaptery do enkoderów i szeroka gama kabli połączeniowych.

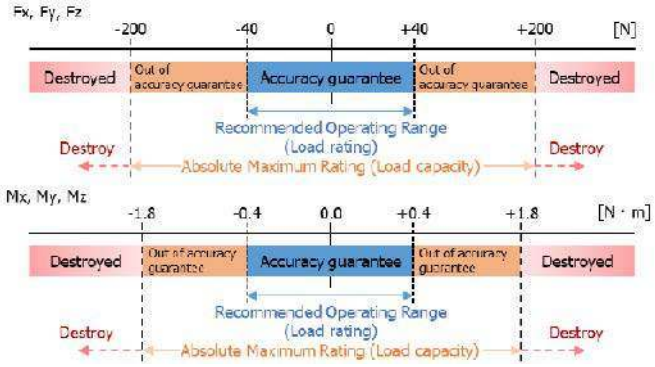
Precyzja, płynność ruchu ... a co z „wyczuciem”?

Wzrost liczby stopni swobody w „nadgarstkach” robotycznych narzędzi nie tylko znacząco zwiększa możliwości operowania w ciasnych przestrzeniach anatomicznych, ale także znacznie poprawia dynamikę sterowania i redukuje ryzyko kolizji pomiędzy sąsiadującymi ramionami robota. Płynnie sterowane silniki o konstrukcji redukującej efekt *coggingu* pozwalają natomiast na uzyskanie niemal idealnie płynnego ruchu, który wprawdzie naśladuje kształt trajektorii manetek, obsługiwanych przez chirurga, ale w trakcie przetwarzania cyfrowego zostaje „wygładzony”, co w fachowej nomenklaturze określa się mianem redukcji tremoru (in. drżenia). W ten sposób na tkanki

eprasa.pl ed26111aec



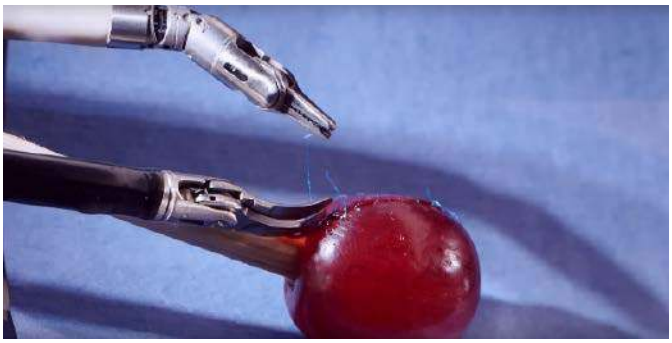
Fotografia 13. Nowoczesny sterownik ruchu z serii MC3603 S marki Faulhaber (t.ly/nMWZK)



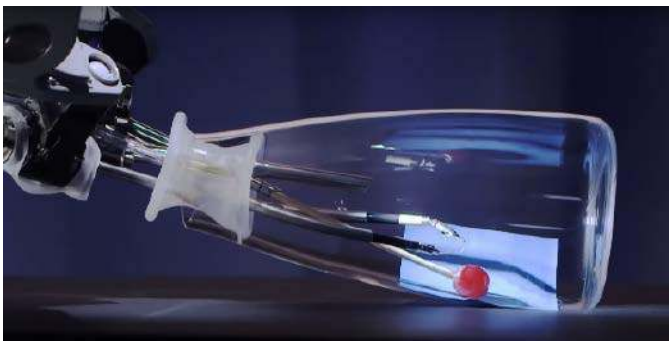
Rysunek 3. Zakres pomiaru sił i momentów czujnika MMS101 (t.ly/zlygw)



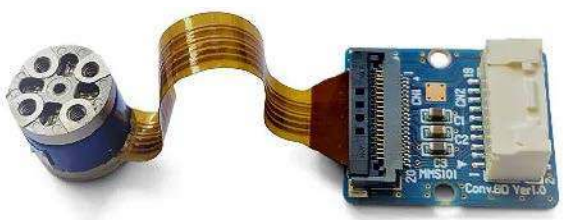
Fotografia 14. Winogrono poddane „operacji" z użyciem robota da Vinci (stan przed zabiegiem) – źródło: t.ly/rvkBG



Fotografia 15. Winogrono z fotografii 14 po ponownym przyszyciu usuniętego fragmentu skórki – (t.ly/rvkBG)



Fotografia 16. Widok pola operacyjnego podczas demonstracji, pokazanej na fotografiach 14 i 15 (t.ly/rvkBG)



Fotografia 17. Zestaw ewaluacyjny dla czujnika MEMS typu MMS101 (t.ly/i2frl)

pacjenta przenoszony jest jedynie zamierzony przez chirurga ruch, związany z wykonywaną aktualnie czynnością – np. szyciem naczyń krwionośnych. Fascynującym przykładem możliwości współczesnych robotów chirurgicznych jest „operacja" winogrona, w ramach której doświadczony operator przyszył z powrotem na właściwe miejsce oddarty wcześniej pasek skórki owocu, co ciekawe – umieszczonego w podłużnym, szklanym naczyniu z wąską szyjką (**fotografie 14…16**). Ten niezwykle interesujący „zabieg" to demonstracja możliwości robota, bazująca na umiejętnym zastosowaniu technologii dostępu chirurgicznego z jednej strony (*da Vinci Surgery Single-Site Technology*).

Niestety, jest jeszcze druga strona medalu, jak to zwykle bywa – znacznie mniej optymistyczna. Pierwsze roboty chirurgiczne stawiały chirurgów przed nie lada wyzwaniem – operowanie delikatnych tkanek miękkich, znajdujących się w miejscu niedostępnym do bezpośredniej palpacji, wiązało się z ogromnym ryzykiem ich uszkodzenia. Lekarze nie mieli bowiem informacji haptycznej – nie mogli wyczuć elastyczności bądź plastyczności tkanek, a dla doświadczonego operatora informacja taka jest niezwykle ważna, pozwala bowiem lepiej zorientować się w sytuacji klinicznej pacjenta i z grubsza określić stopień zaawansowania choroby (np. guza nowotworowego). Roboty pierwszych generacji nie przenosiły jednak w żaden sposób oporu, stawianego przez tkanki – nawet przy dużych naprężeniach (lub przypadkowej kolizji z leżącą obok pola operacyjnego strukturą anatomiczną bądź innym narzędziem), robot w żaden sposób nie dawał chirurgowi znać, że należy przerwać ruch i zmienić położenie narzędzia lub nawet całkowicie je wycofać.

Początkowo inżynierowie stosowali pomiar poboru prądu silników w celu określenia przybliżonego oporu, stawianego przez tkanki. Takie rozwiązanie, choć bardzo proste i tanie do wdrożenia w praktyce, wiązało się jednak z niezbyt satysfakcjonującą rozdzielczością pomiaru sił, co gorsza – układ mechaniczny reagował dopiero od pewnej wartości progowej, przez co najdelikatniejsze naciski pozostawały dla systemu całkowicie niewykrywalne. Intensywne eksperymenty, prowadzone w wielu ośrodkach badawczych i firmach na całym świecie, doprowadziły w końcu do wdrożenia nowoczesnych (choć kosztownych i trudnych w produkcji), wieloosiowych sensorów sił i momentów obrotowych. Dziś sytuacja jest już znacznie lepsza, niż jeszcze kilka… kilkanaście lat temu – czujniki najnowszej generacji są dostępne nawet w handlu detalicznym, choć ich koszt jest niemały – w chwili pisania niniejszego artykułu zestaw uruchomieniowy, złożony z czujnika wraz z adapterem (**fotografia 17**), a także kabla połączeniowego i płytki ewaluacyjnej z interfejsem USB, kosztuje przeszło 5000 złotych. Sensor MMS101 ma wbudowany front-end analogowy, realizujący odczyt i kondycjonowanie sygnałów płynących z sześcioosiowej struktury MEMS, współpracującej z elementem ruchomym, umieszczonym w solidnej, metalowej obudowie. Czujnik jest przeznaczony do pracy w zakresie sił do ±40 N i momentów do ±0,4 Nm, choć może przetrwać przeciążenia, odpowiednio, do ±200 N i ±1,8 Nm. Co ważne, poziom szumu wynosi zaledwie 0,06 N (RMS)/0,0008 Nm (RMS), dzięki czemu komponent

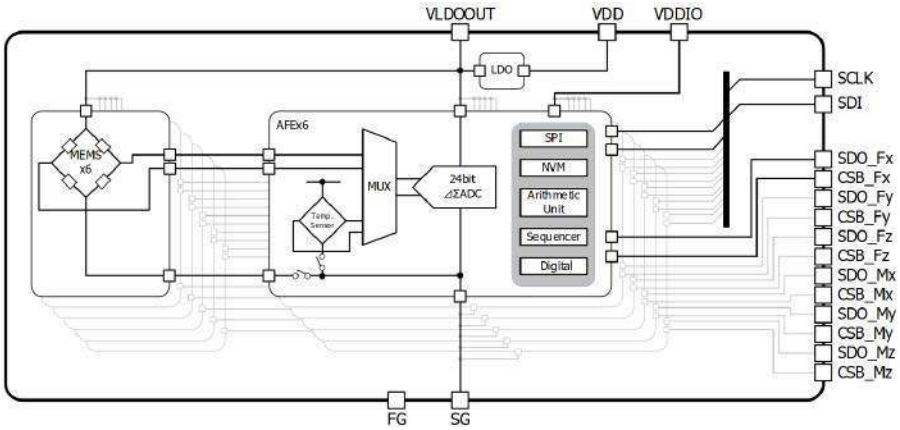
eprasa.pl ed26111aec

doskonale nadaje się do detekcji delikatnych nacisków, wywieranych przez narzędzie chirurgiczne na tkanki miękkie. Schemat blokowy sensora marki Mitsumi można zobaczyć na **rysunku 4**, zaś wymiary – na **rysunku 5**.

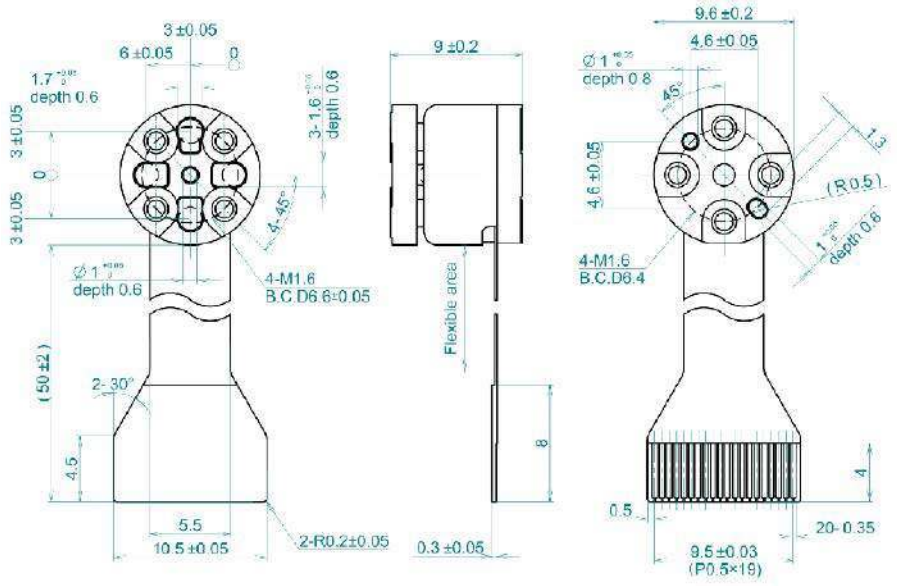
Konsola sterująca – centrum dowodzenia robota chirurgicznego

Konsola robota chirurgicznego jest tym elementem systemu, z którym chirurg ma bezpośredni kontakt przez niemal cały czas trwania zabiegu. Zadaniem inżynierów jest zatem zapewnienie maksymalnej ergonomii, która nie tylko wpłynie pozytywnie na wrażenia z pracy z robotem, ale przede wszystkim istotnie zredukuje zmęczenie operatora, co rzecz jasna bezpośrednio przełoży się na bezpieczeństwo pacjenta. Wygoda użytkowania konsoli jest wypadkową szeregu czynników, w tym przede wszystkim:

- konstrukcji mechanicznej całości, narzucającej chirurgowi określoną pozycję podczas operacji,
- jakości obrazu i sposobu jego wyświetlania,
- budowy zadajników (manetek sterujących),
- dostępności dodatkowych elementów kontrolnych, w tym paneli konfiguracyjnych, przycisków, pedałów (przełączników nożnych), etc.



Rysunek 4. Schemat blokowy czujnika MMS101 (t.ly/zlygw)



Rysunek 5. Wymiary czujnika MMS101 (t.ly/zlygw)

Systemy wyświetlania obrazu

Technologia wyświetlania obrazu pola operacyjnego, oparta na specjalnych goglach, zintegrowanych z korpusem konsoli, została z powodzeniem wykorzystana nie tylko w wielokrotnie już wspomnianych robotach da Vinci – do złudzenia podobne rozwiązanie można także znaleźć w innych konstrukcjach, m.in. w pierwszym koreańskim robocie laparoskopowym Revo-i (**fotografia 18**). Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, by do prezentowania stereoskopowego obrazu zastosować wysokiej klasy monitor, współpracujący z okularami 3D zakładanymi przez operatora. Na taką technologię zdecydował się inny potentat na rynku aparatury medycznej – firma Medtronic. Konsola robota HUGO RAS (**fotografie 19** i **20**) sprawia wrażenie niebywałej lekkości, pozwala też chirurgowi pozostawać w ciągłym kontakcie głosowym, a nawet wzrokowym zresztą zespołu operacyjnego – pozycja operatora nie różni się zasadniczo od tej, przyjmowanej podczas pracy przy zwykłym komputerze (z tą drobna różnicą, że praca wymaga w tym przypadku założenia okularów polaryzacyjnych).

Warto dodać, że w ofercie marki Sony znalazła się szeroka gama monitorów, przeznaczonych do pracy w aplikacjach medycznych. Kilka z nich (w tym LMD-XH550MT/LMD-XH320MT – **fotografia 21**) oferuje możliwość pracy z obrazem stereoskopowym, wyświetlanym – za sprawą matrycy o doskonałym odwzorowaniu kolorów oraz zintegrowanej powłoki antyrefleksyjnej – w doskonałej jakości, także w warunkach silnego oświetlenia sali operacyjnej. Monitory w wersji 3D posiadają ponadto dość pokaźny zestaw interfejsów (**fotografia 22**), a nawet możliwość sterowania za pomocą pedału.

W niektórych prototypach robotów medycznych można spotkać się z jeszcze innym rozwiązaniem, bazującym na zastosowaniu gogli VR (**fotografia 23**). Technika ta wydaje się być jednak dyskusyjna z kilku powodów – elektroniczne okulary VR są mniej ergonomiczne dla operatora (z uwagi na większą masę własną, w porównaniu do okularów polaryzacyjnych, mogą powodować szybsze zmęczenie chirurga),



Fotografia 18. Konsola pierwszego koreańskiego robota chirurgicznego Revo-i (t.ly/BgDzv)

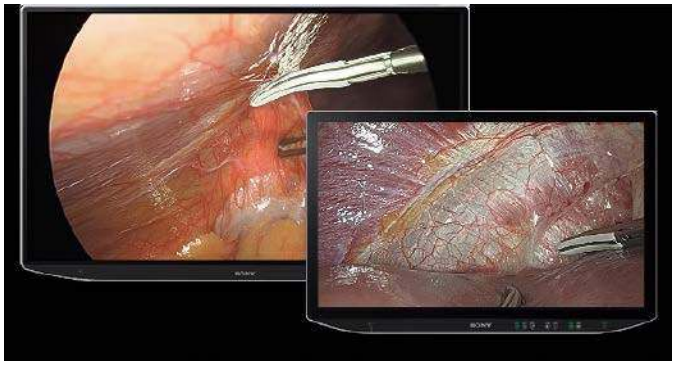
eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 19. Konsola robota HUGO RAS marki Medtronic (t.ly/1ynJZ)



Fotografia 20. Konsola robota HUGO RAS marki Medtronic (t.ly/1ynJZ)



Fotografia 21. Monitory medyczne LMD-XH550MT/LMD-XH320MT marki Sony (t.ly/fvdB7)



Fotografia 22. 55-calowy monitor 3D 4K klasy medycznej – LMD--X550MT marki Sony; widok od tyłu (t.ly/2Yy5-)



Fotografia 23. Przykład zastosowania okularów VR do obsługi robota chirurgicznego (w tym przypadku sprzęt służy do trenowania modelu AI, mającego wspierać działanie operatora). Źródło: t.ly/iTlhd

a ponadto całkowicie uniemożliwiają mu jakikolwiek kontakt wzrokowy z innymi członkami zespołu operacyjnego oraz obserwację otoczenia pacjenta, gdyby z jakichś względów w trakcie zabiegu zaszła taka potrzeba.

Systemy lokalizacji 3D

W poprzedniej części artykułu wspomnieliśmy, że wykonywanie operacji z udziałem robotów do zastosowań ortopedycznych oraz neurochirurgicznych nierozerwalnie wiąże się z koniecznością dokładnego, bezwzględnego pozycjonowania narzędzia w stosunku do modelu anatomicznego, opracowanego na etapie planowania operacji. Warto zatem opisać w tym miejscu gotowy, komercyjny system śledzenia lokalizacji 3D, niewymagający wykonywania śródoperacyjnego obrazowania za pomocą tomografii komputerowej (CT) ani rezonansu magnetycznego (MRI). Do określenia pozycji narzędzia można wykorzystać… zmienne pole magnetyczne, wytwarzane przez specjalny nadajnik i odbierane przez umieszczone w owym polu, miniaturowe czujniki. System tego typu opracowała swego czasu firma Ascension – zestaw do elektromagnetycznego śledzenia pozycji składa się z jednostki głównej (**fotografia 24**), planarnego nadajnika (**fotografia 25**) oraz niewielkich odbiorników (czujników), pozwalających na wyliczenie położenia i orientacji w polu magnetycznym, pochodzącym z cewek nadajnika (**fotografia 26**).

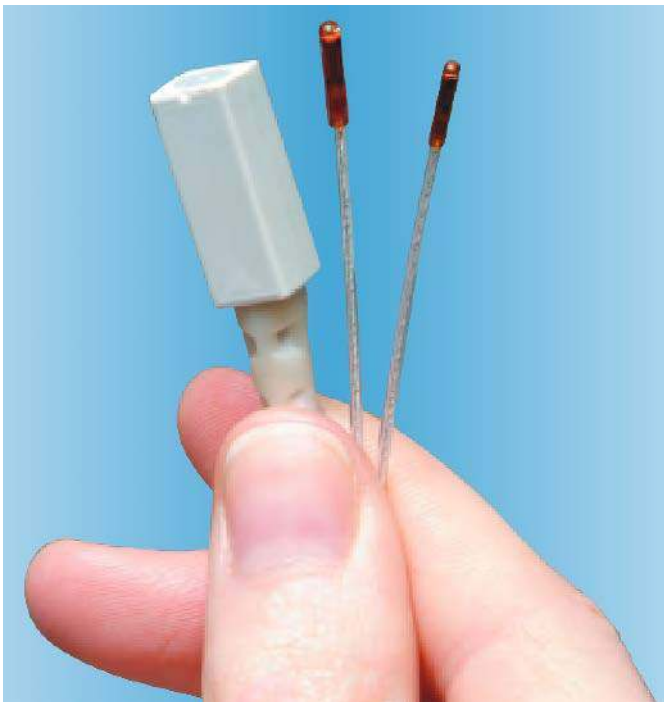


Fotografia 24. Jednostka główna systemu lokalizacji 3D medSAFE marki Ascension (t.ly/YPkwx)

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 25. Planarny nadajnik systemu lokalizacji 3D medSAFE marki Ascension (t.ly/YPkwx)



Fotografia 26. Przykładowe odbiorniki pola magnetycznego, należące do systemu medSAFE marki Ascension (t.ly/YPkwx)

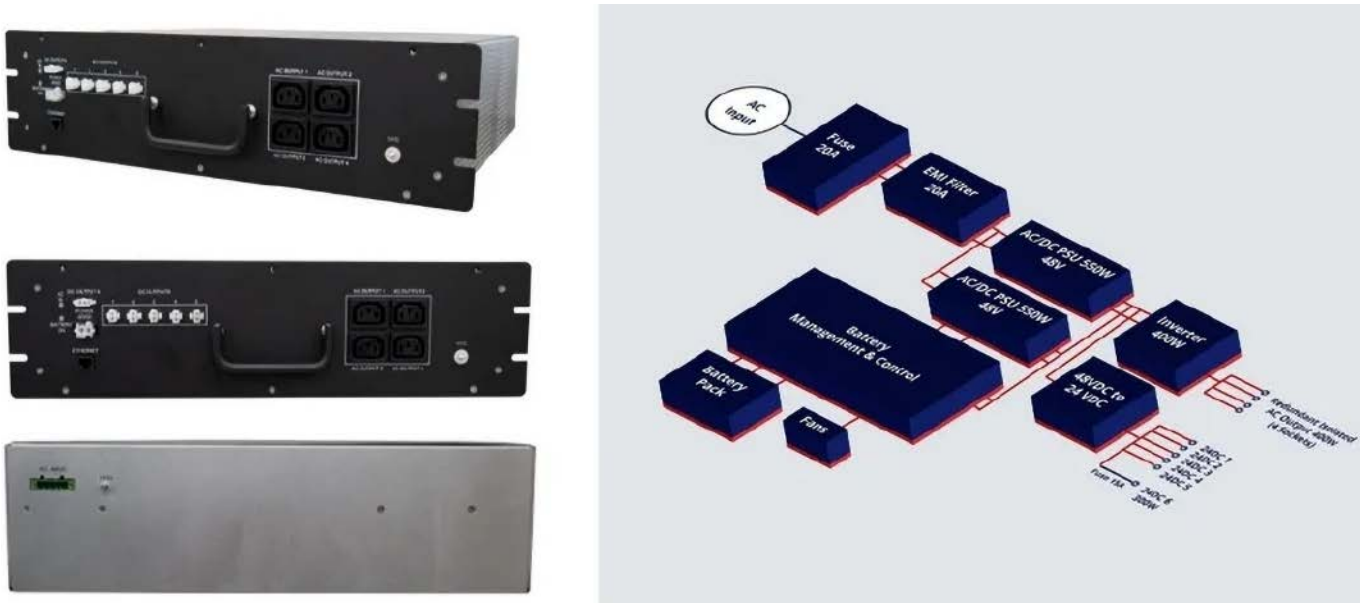
Podsystemy zasilania

Na koniec naszej prezentacji warto jeszcze pochylić się na chwilę nad tematyką niezawodnego zasilania robotów medycznych. Do uwzględnienia – jak zawsze w przypadku technologii, związanych z ochroną zdrowia – jest szereg czynników, w tym przede wszystkim:

- wymagana moc wyjściowa (wraz z pewnym marginesem bezpieczeństwa),
- ochrona przeciwporażeniowa (robot medyczny musi zapewniać bardzo niski poziom prądów upływu oraz wzmocnioną izolację – narzędzie robota należy traktować co najmniej jak część aplikacyjną typu BF, a w niektórych przypadkach nawet CF),
- ochrona przed niekontrolowanym zanikiem napięcia sieciowego – system powinien posiadać rezerwowe źródło zasilania, które ochroni pacjenta przed skutkami nagłego przerwania operacji.

Firma Astrodyne TDI przedstawiła w swoich materiałach konkretny przypadek systemu zasilania rezerwowego, opracowany na bazie zasilacza UPS w obudowie do montażu w szafach typu rack (**fotografia 27**). Zainteresowani Czytelnicy mogą zapoznać się ze szczegółami tego rozwiązania po wypełnieniu formularza kontaktowego, dostępnego na stronie internetowej producenta [1].

Spełnienie warunku ograniczenia prądów upływu pacjenta oraz wzmocnienia izolacji systemu pomiędzy robotem, a siecią energetyczną, może być znacznie ułatwione przy zastosowaniu transformatora bezpieczeństwa. Szerokie portfolio tego typu urządzeń oferuje brytyjska firma REO (**fotografia 28**) – wysokiej klasy izolacja wzmocniona zapewnia



Fotografia 27. System UPS dla robota chirurgicznego – rozwiązanie opracowane przez firmę Astrodyne TDI (t.ly/qAuuA)

eprasa.pl ed26111aec



Fotografia 28. Transformatory bezpieczeństwa z certyfikacją medyczną, produkowane przez brytyjską firmę REO (t.ly/1Ace2)

prąd upływu na poziomie do 100 µA, co zapewnia zgodność z wymogami dla części aplikacyjnej typu B oraz BF (choć nie zwalnia rzecz jasna projektantów z właściwego doboru podłączonych do transformatora zasilaczy sieciowych).

Podsumowanie

W artykule zaprezentowaliśmy wybrane komponenty i urządzenia, stosowane lub nadające się do zastosowania w robotach medycznych, ze szczególnym uwzględnieniem manipulatorów chirurgicznych. Tematyka ta, jakkolwiek niezwykle ciekawa, wiąże się jednak z bardzo wysokim progiem wejścia dla firm, zainteresowanych wkroczeniem na rynek robotyki medycznej. Konstruktorzy praktycznie nie mają punktu odniesienia w postaci jakichkolwiek dokładniejszych opisów istniejących systemów – znajomość rynku komponentów oraz doskonała orientacja w zagadnieniach praktycznej realizacji precyzyjnych mechanizmów, niezawodnych systemów sterowania, wysokiej jakości wizualizacji pola operacyjnego, czy wreszcie bezpiecznych podsystemów zasilających, okazuje się zatem bezcenna. W ramach niniejszego materiału udało się nam zebrać zapewne większość spośród tych szczątkowych informacji, które dostępne są publicznie w literaturze oraz na stronach producentów – mamy nadzieję, że dalsze poszukiwania okażą się dzięki temu dla zainteresowanych tą tematyką Czytelników znacznie łatwiejsze.

inż. Przemysław Musz, EP

[1] https://www.astrodynetdi.com/literature/case-study-complex-power-system-for-surgical-robot

REKLAMA



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

eprasa.pl ed26111aec

Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych (2)

Czujnik dwutlenku węgla XENSIV PAS CO2 firmy Infineon

Poprzednia część artykułu znajduje się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

W lutowym numerze „Elektroniki Praktycznej" kontynuujemy tematykę zastosowań gotowych modułów sensorycznych w pomiarach parametrów środowiska. Tym razem bierzemy na warsztat czujnik marki Infineon, przeznaczony do badania zawartości dwutlenku węgla w powietrzu atmosferycznym.

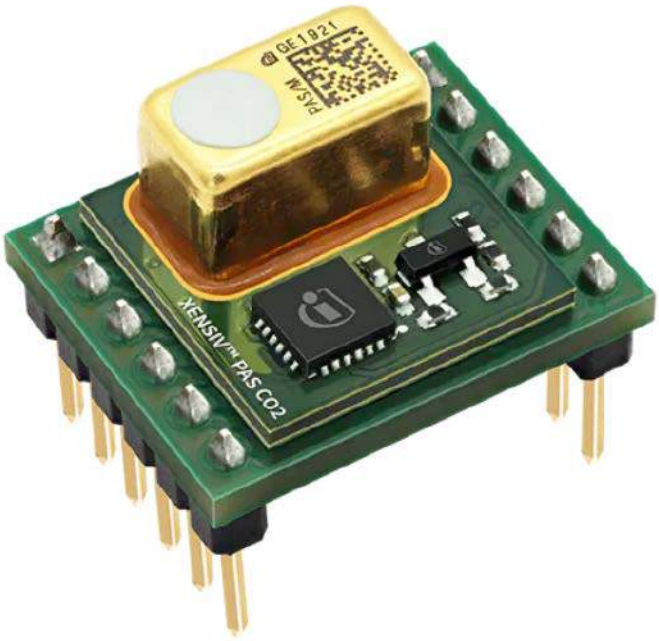
Czujnik dwutlenku węgla XENSIV PAS CO2 (PASCO2V01) firmy Infineon zawiera przetwornik fotoakustyczny z detektorem, źródłem podczerwieni i filtrem optycznym na małej płytce drukowanej. Firma udostępnia kilka modułów sprzętowych, umożliwiających rozpoczęcie pracy z tym czujnikiem. Płytka ewaluacyjna XENSIV PAS CO2 Mini Evaluation Board zapewnia dostęp do wszystkich wyprowadzeń czujnika i oferuje wszystkie niezbędne komponenty, potrzebne do jego prawidłowej pracy.

Moduł Shield2Go Adapter for Raspberry Pi umożliwia łatwe dołączanie płytek z serii Shield2Go do komputera jednopłytkowego Raspberry Pi. Zestawy ewaluacyjne EVAL_PASCO2_SENSOR2GO oraz KIT_CSK_PASCO2 pozwalają natomiast na bezpośrednie dołączenie do komputera poprzez gniazdko USB. Dostarczone darmowe oprogramowanie daje możliwość natychmiastowego rozpoczęcia pracy.

Jakość powietrza we wnętrzach odgrywa kluczową rolę w ochronie zdrowia, gdyż patogeny – przy typowym współczynniku wymiany powietrza w budynkach mieszkalnych i biurowych – pozostają w pomieszczeniach przez wiele godzin. W aplikacjach związanych z monitorowaniem i kontrolą jakości powietrza innowacyjne czujniki CO_2 bazujące na spektroskopii fotoakustycznej, zapewniają precyzyjne i ekonomiczne rozwiązania przy małych rozmiarach.

W słabo wentylowanych pomieszczeniach stężenie CO_2 gwałtownie wzrasta. Na przykład, na powierzchni około 4 m², zajmowanej przez tylko jedną osobę, wartość CO_2 wzrasta z 500 ppm (0,05%) do ponad 1000 ppm (0,1%) w ciągu zaledwie 45 minut. Na tym poziomie bezwonny i bezbarwny gaz może powodować bóle głowy, senność i słabą koncentrację. Począwszy od 2000 ppm (0,2%) wpływa to nawet na zdolności poznawcze człowieka, a wyższe stężenia stwarzają znaczne ryzyko dla zdrowia. W salach lekcyjnych i biurach stężenie CO_2 nie powinno przekraczać 1000 ppm. Dla porównania, na świeżym powietrzu na zewnątrz stężenie CO_2 wynosi 400 ppm [1].

Jeśli w powietrzu występuje duża ilość wydychanego CO_2, znajduje się w nim również duża liczba aerozoli. Wysokie stężenie aerozoli zwiększa z kolei ryzyko infekcji dla wszystkich osób znajdujących się w pomieszczeniu. Szczególnie w czasach covid-19 nabiera to kluczowego znaczenia w biurach, szkołach, sklepach i tym podobnych. Kiedy osoba zarażona koronawirusem kaszle, mówi lub kicha, powstaje spray, składający się z kropelek i aerozoli, który przedostaje się do powietrza w pomieszczeniu, a następnie rozprzestrzenia się.



Autor składa podziękowania firmie Infineon Technologies Austria AG za udostępnienie modułów sprzętowych XENSIV PAS CO2 Shield2Go Board, KIT_CSK_PASCO2 oraz Shield2Go Adapter for Raspberry Pi.

Ograniczenia istniejących rozwiązań

Dotychczas stosowane były dwa sposoby pomiaru poziomu CO_2. Niedyspersyjne czujniki podczerwieni (NDIR) składają się ze źródła światła podczerwonego, komory próbki, filtra spektralnego oraz referencyjnych i absorpcyjnych detektorów podczerwieni (np. SCD30 firmy Sensirion [2]). Drugim typem są czujniki elektrochemiczne (wiele typów).

Sensory otoczenia (typowo w technologii MEMS) wykonują dodatkowo oszacowanie poziomu CO_2 i obliczają jego poziom ekwiwalentny eCO_2, CO_2eq itp. (np. BME688 firmy Bosch [3]).

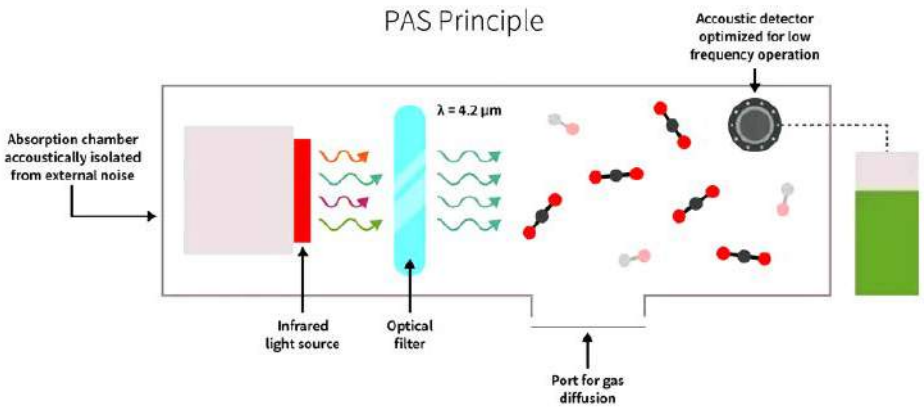
Czujniki CO_2 ze spektroskopią fotoakustyczną

Metoda spektroskopii fotoakustycznej (PAS, ang. *Photoacoustic spectroscopy*) opiera się na efekcie fotoakustycznym, odkrytym po raz pierwszy przez Alexandra Grahama Bella w 1880 roku [4]. Impulsy światła ze źródła podczerwieni przechodzą przez filtr optyczny, dostrojony specjalnie do długości fali absorpcji CO_2 (λ=4,2 µm).

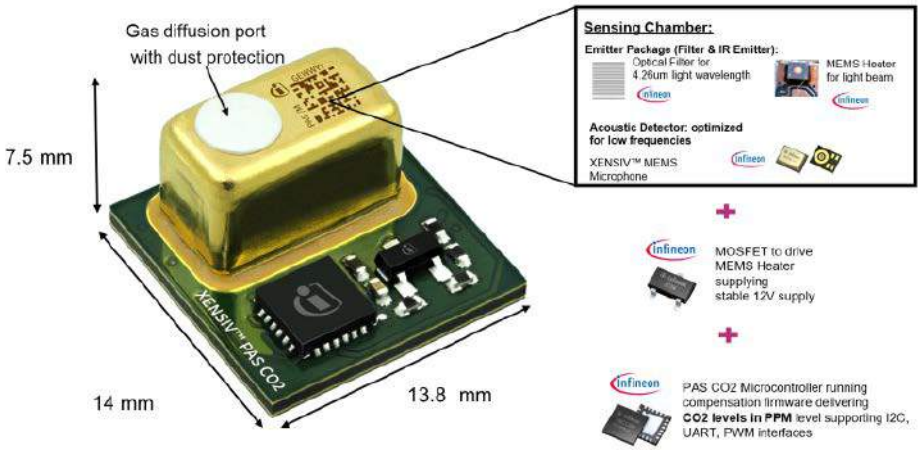
eprasa.pl ed26111aec

Cząsteczki dwutlenku węgla wewnątrz komory pomiarowej absorbują część wypromieniowanego światła, podczas gdy inne cząsteczki nie oddziaływają ze światłem o tym spektrum. Energia pochłonięta przez cząsteczki badanego gazu powoduje ich szybkie nagrzewanie i chłodzenie, generując falę ciśnienia przy każdym impulsie. Nazywa się to efektem fotoakustycznym. Komora absorpcyjna jest akustycznie izolowana od hałasu zewnętrznego (**rysunek 1**). W nowoczesnych aplikacjach tego zjawiska bardzo czuły detektor akustyczny MEMS wykrywa zmianę ciśnienia, wytwarzaną przez cząsteczki CO_2 we wnęce czujnika, zaś odpowiednio przetworzony sygnał z mikrofonu służy jako miara liczby cząsteczek CO_2, obecnych w komorze pomiarowej. Im wyższe stężenie dwutlenku węgla, tym silniejszy sygnał. Zaletą tej metody jest bezpośredni odczyt rzeczywistego poziomu CO_2.

Metoda spektroskopii fotoakustycznej została zastosowana w czujnikach SCD40/41 firmy Sensirion [3] oraz XENSIV PAS CO2 (PASCO2V01) firmy Infineon [5].



Rysunek 1. Zasada działania spektroskopii fotoakustycznej (PAS) [4]



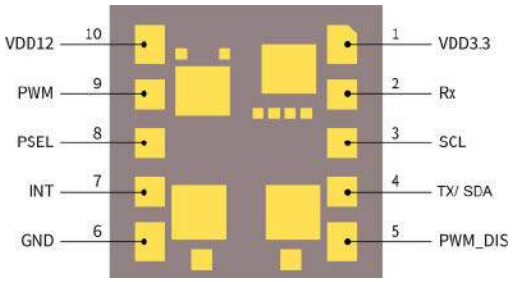
Rysunek 2. Czujnik XENSIV PAS CO2 firmy Infineon [7]

Czujnik XENSIV PAS CO2

Czujnik XENSIV PAS CO2 (PASCO2V01) firmy Infineon zawiera przetwornik fotoakustyczny z detektorem, źródłem podczerwieni i filtrem optycznym na małej płytce drukowanej [5] (**rysunek 2**). Wbudowany mikrokontroler realizuje zaawansowane algorytmy przetwarzania sygnału, zaś tranzystor MOSFET obsługuje źródło podczerwieni. Na metalowej komorze umieszczony jest filtr zabezpieczający przed kurzem. Obudowa XENSIV PAS CO2 jest 4 razy mniejsza (14×13,8×7,5 mm) i 3 razy lżejsza (2 gramy) niż typowy czujnik NDIR, co pozwala na oszczędność miejsca w systemach o ponad 75%. Co więcej, podczas gdy większość dostępnych na rynku czujników NDIR jest wyposażona w złącza niezgodne ze standardami montażu masowego (co prowadzi do czasochłonnego procesu produkcyjnego), XENSIV PAS CO2 jest pakowany na taśmach, z myślą o automatyzacji produkcji SMD na dużą skalę i szybką integrację z systemami.

Parametry czujnika PASCO2V01 [6]:

- Zakres pracy: 0 ppm...32000 ppm
- Dokładność: ±(30 ppm +3%) odczytu pomiędzy 400 ppm a 5000 ppm
- Rozdzielczość: 1 ppm
- Interfejsy: I²C, UART i PWM
- Zasilanie układu cyfrowego (typ.): 3,3 V (3...3,6 V), 10 mA (maks. 20 mA)
- Zasilanie emitera IR (typ.): 12 V (10,8...13,2 V), 130 mA (maks 150 mA)
- Pobór mocy (średni): 11 mW (1 odczyt na minutę)
- Gotowość do pracy: 1 s
- Czas próbkowania (min./typ./maks.): 5/60/4095 s
- Wilgotność otoczenia: 0...85% (bez kondensacji)
- Temperatura otoczenia: 0...50°C
- Ciśnienie: 750...1150 hPa
- Obudowa SMD (DxSxW): 14×13,8×7,5 mm
- Czas pracy: 10 lat
- Zaawansowane algorytmy kompensacji i autokalibracji
- Różne opcje konfiguracji (np. częstotliwość próbkowania, kalibracja bazowa).



Rysunek 3. Wyprowadzenia czujnika PASCO2V01 [6]

Układ wyprowadzeń na obudowie SMD czujnika PASCO2V01 został pokazany na **rysunku 3**. Opis wszystkich wyprowadzeń czujnika jest zamieszczony w **tabeli 1**. Dostępne są dwa interfejsy komunikacji szeregowej: poziom niski na wejściu PSEL ustawia interfejs I²C, poziom wysoki uruchamia interfejs UART (zaleca się podłączenie na stałe pinu konfiguracyjnego do VDD lub GND, w zależności

Tabela 1. Wyprowadzenia czujnika PASCO2V01 [8]

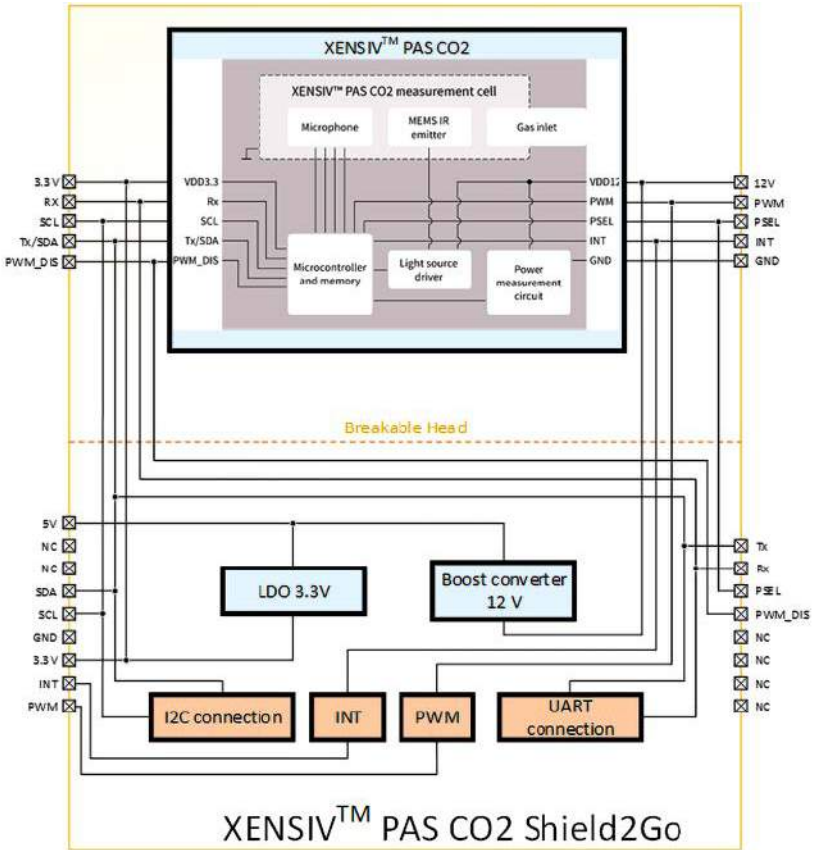
Pin	Symbol	Typ	Funkcja
1	VDD3.3	zasilanie	zasilanie cyfrowe (3,3 V)
2	Rx	wejście/wyjście	odbiornik UART
3	SCL	wejście/wyjście	zegar I²C
4	TX/SDA	wyjście	nadajnik UART/dane I²C
5	PWM_DIS	wejście	blokowanie wyjścia PWM [2]
6	GND	masa	masa
7	INT	wyjście	przerwanie
8	PSEL	wejście	wybór protokołu komunikacji [1]
9	PWM	wyjście	sygnał PWM
10	VDD12	zasilanie	zasilanie emitera IRED (12 V)

eprasa.pl ed26111aec

od wybranego interfejsu). Drugą linię sterującą – PWM_DIS – należy natomiast na stałe podłączyć do GND, aby uaktywnić wyjście PWM (warto dodać, że moduł uruchomi się w trybie ciągłym, a nie w trybie bezczynności, co należy wziąć pod uwagę przy zmianie okresu pomiaru).

Bardzo ważna jest jakość napięcia 12 V zasilającego emiter IRED, a szczególnie niski poziom tętnień. Stabilne zasilanie 12 V dla emitera podczerwieni na płytce XENSIV PAS CO2 Shield2Go [9] jest generowane z napięcia wejściowego 5 V za pomocą konwertera podwyższającego napięcie typu LT3580 firmy Analog Devices. Jest to typowy układ stosowany na płytkach modułów uruchomieniowych firmy Infineon.

Schemat blokowy czujnika jest widoczny w górnej części **rysunku 4**.



Rysunek 4. Schemat blokowy płytka XENSIVTPAS CO2 Shield2Go [9]

Działanie czujnika XENSIV PAS CO2 podczas pomiaru stężenia CO_2

Moduł czujnika obsługuje trzy tryby pracy:

- Tryb bezczynności (Idle): układ nie wykonuje pomiarów stężenia CO_2 i pozostaje nieaktywny przez większość czasu (z wyjątkiem krótkich cykli pomiarowych, związanych z obsługą przerwań).
- Tryb ciągły (Continuous): W tym trybie urządzenie okresowo uruchamia sekwencję pomiaru stężenia CO_2. Po zakończeniu sekwencji pomiarowej urządzenie powraca do stanu nieaktywnego i automatycznie budzi się dopiero do kolejnej sekwencji pomiarowej. Okres pomiaru można programować w zakresie od 5 do 4095 s (domyślnie 60 s).
- Tryb pojedynczego pomiaru (Single-shot): W tym trybie urządzenie wyzwala pojedynczą sekwencję pomiarową, a po jej zakończeniu automatycznie powraca do trybu spoczynku.

Aby nie uszkodzić czujnika ani innych elementów, należy zachować określoną kolejność włączania zasilania:

- skonfiguruj ustawienia poziomów na wejściach PWM_DIS i PSEL,
- włącz mikrokontroler (zasilanie 3,3 V do komunikacji),
- włącz zasilanie emitera IRED napięciem 12 V,
- uruchom kod obsługi czujnika (skonfiguruj ustawienia, rozpocznij pomiar).

Przy wyłączaniu czujnika należy odwrócić kolejność.

Na **rysunku 5** pokazano pobór prądu z uwzględnieniem sekwencji pomiarów i stanu bezczynności. Skalowanie wykresu nie jest prawidłowe i służy wyłącznie celom wizualizacyjnym. Pierwszy impuls reprezentuje załączenie urządzenia [7].

Podczas pracy układ w dowolnym momencie może znajdować się w jednym z dwóch stanów: aktywnym i nieaktywnym [7]:

W stanie aktywnym procesor sterujący urządzeniem pracuje i może wykonywać sekwencje pomiarowe (0,7 s, 3,3 V, 8 mA), obsługiwać przerwania (0,2 s, 12 V, 70 mA) itp.

W stan nieaktywny urządzenie przechodzi, gdy nie ma konkretnego zadania do wykonania (3,3 V 6 mA; 12 V 0,5 mA). Przejście ze stanu aktywnego do nieaktywnego może nastąpić na końcu sekwencji pomiarowej. W stanie nieaktywnym procesor czujnika znajduje się w trybie uśpienia, aby zoptymalizować zużycie energii. Ze stanu nieaktywnego sensor może być wybudzony przez kilka zdarzeń: odbiór komunikatu na interfejsie komunikacji szeregowej, zbocze opadające na pinie PWM_DIS, wewnętrzne wygenerowanie żądania pomiaru w trybie pomiaru ciągłego.

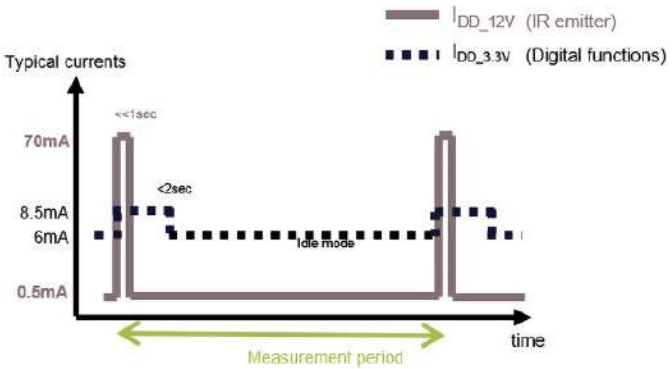
Po zebraniu danych o stężeniu CO_2 można zastosować kilka schematów przetwarzania końcowego w celu wykorzystania różnych funkcjonalności modułu.

Kompensacja zmian ciśnienia atmosferycznego

Wartość stężenia CO_2 zmierzona przez czujnik zależna jest od zewnętrznego ciśnienia atmosferycznego. Aby skompensować ten efekt, host (procesor nadrzędny) może wpisać wartość ciśnienia atmosferycznego do odpowiednich rejestrów, tj. PRESSREF_H i PRESSREF_L. Na koniec sekwencji pomiarowej urządzenie odczytuje wartość ciśnienia i wnioskuje o kompensację wartości stężenia CO_2 przed zapisaniem jej do rejestrów wyników.

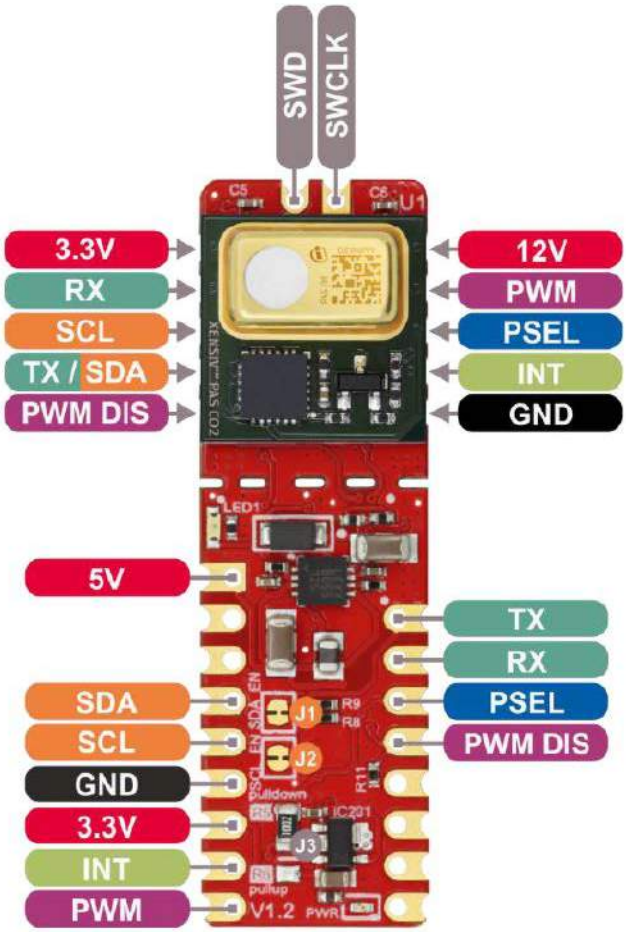
Automatyczna kompensacja przesunięcia linii bazowej (ABOC)

Aby skorygować powolne dryfty spowodowane starzeniem się podczas eksploatacji, urządzenie obsługuje automatyczną kompensację przesunięcia linii bazowej. Co tydzień pracy urządzenie oblicza przesunięcie, aby skorygować linię bazową. Sensor musi mieć kontakt ze stężeniem referencyjnym (np. świeżym powietrzem przy stężeniu CO_2, wynoszącym 400 ppm) przez co najmniej 30 minut w tygodniu, aby zapewnić właściwą kompensację linii bazowej. Urządzenie obsługuje różne konfiguracje w celu kompensacji. Wartość zadaną ABOC można ustawić wyłącznie w zakresie od 350 do 1500 ppm.



Rysunek 5. Pobór mocy w różnych stanach układu [7]

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 6. Wyprowadzenia płytki XENSIV PAS CO2 Shield2Go [9]

Kompensacja wymuszona (FCS)

Wymuszona kompensacja umożliwia przyspieszenie procesu kompensacji przesunięcia. Przed włączeniem wymuszonej kompensacji użytkownik musi wystawić czujnik na stałą ekspozycję referencyjnego stężenia CO_2. Układ użyje 3 kolejnych pomiarów do obliczenia przesunięcia kompensacji. Podczas stosowania schematu wymuszonej kompensacji zaleca się pracę przy 1 pomiarze na 10 sekund. Po wykonaniu 3 sekwencji pomiarowych urządzenie automatycznie dokonuje ponownej konfiguracji z nowo obliczonym offsetem, stosowanym do kolejnych pomiarów stężenia CO_2.

Interfejs I²C

Główne cechy interfejsu:

- tryb slave,
- częstotliwość zegara I²C: 100 kHz lub 400 kHz,
- 7-bitowy adres slave: 0x28,
- brak CRC,
- urządzenie obsługuje rozciąganie zegara (clock stretching),
- obsługiwany tryb adresowania 8-bitowego (adres 7-bitowy + RW),
- obsługa masowego odczytu i zapisu (urządzenie automatycznie zwiększa adres),
- adres 0x00 nie jest obsługiwany,
- wymagane rezystory podciągające (np. 10 kΩ) na liniach SCL i SDA.

Interfejs UART

Główne cechy interfejsu:

- praca punkt-punkt – brak obsługi magistrali,
- tylko tryb slave,
- częstotliwość zegara UART – 9,6 kHz,
- format: 1 bit startu, 8 bitów danych, brak bitu parzystości, 1 bit stopu,
- obsługa bezpośredniego połączenia z programem terminalowym.

Interfejs PWM

Wyjście PWM oferuje możliwość odczytu wyników pomiaru za pomocą sygnału o modulowanej szerokości impulsu, reprezentującej wartość stężenia CO_2 – współczynnik wypełnienia jest akualizowany na końcu każdej sekwencji pomiarowej. Aby włączyć wyjście PWM, muszą być spełnione dwa warunki:

- funkcja PWM musi być włączone programowo w rejestrze konfiguracji trybu pomiarowego,
- pin PWM_DIS musi być ustawiony na GND.

Po włączeniu zasilania (ale nie po miękkim resecie) sprawdzany jest stan na linii PWM_DIS – w przypadku wykrycia stanu niskiego, wewnętrzna procedura przerwania konfiguruje urządzenie w trybie ciągłym i rozpoczyna się sekwencja pomiarowa. Na końcu każdej sekwencji odpytywany jest pin PWM_DIS. Jeśli wtedy znajdzie się on w stanie wysokim, moduł zostaje skonfigurowany z powrotem do trybu bezczynności, a wyjście PWM zostaje wyłączone.

Sygnał wyjściowy można przekształcić na wartość poziomu stężenia CO_2, albo bezpośrednio mierząc czas trwania impulsu, albo alternatywnie stosując filtr dolnoprzepustowy i mierząc napięcie wyjściowe.

Moduły uruchomieniowe

Firma Infineon udostępnia kilka modułów, umożliwiających rozpoczęcie pracy z czujnikiem XENSIV PAS CO2 [4]:

- XENSIV PAS CO2 Shield2Go Board (SHIELD_PASCO2_SENSOR) – płytka wyposażona w omawiany czujnik CO_2,
- EVAL_PASCO2_SENSOR2GO (EVAL_PASCO2_SENSOR2GO) – zestaw składający się z płytki bazowej oraz płytki PAS CO2 Mini Evaluation Board (EVAL_PASCO2_MINIBOARD), zawierającej czujnik,
- KIT_CSK_PASCO2 (PASCO2V01BUMA1) – zestaw składający się z płytki bazowej Rapid IoT connect developer kit (CYSBSYSKIT-DEV-01) oraz z płytki XENSIV PAS CO2 wing (EVAL_PASCO2_Wing) z czujnikiem XENSIV PAS CO2 oraz DPS368.

Są też udostępniane moduły pomocnicze:

- Shield2Go Adapter for Raspberry Pi (SHIELDBGT60LTR 11AIPTOBO1) – płytka ewaluacyjna jako adapter płytki Shield2Go do Raspberry Pi,
- My IoT adapter – adapter płytki Shield2Go w formie nakładki Arduino Shield.

Wieloczłonowe nazwy modułów uruchomieniowych mogą stanowić pewien kłopot ze względu na znaczne podobieństwo, dlatego jednoznaczna ich identyfikacja jest możliwa poprzez identyfikatory produktu (podane w nawiasach).

Płytka XENSIV PAS CO2 Shield2Go Board

Zestaw XENSIV PAS CO2 Shield2Go jest wyposażony w czujnik XENSIV PAS CO2 (PASCO2V01) [9] i zawiera wszystkie niezbędne komponenty, potrzebne do pracy sensora. Oprócz wspomnianej wcześniej przetwornicy typu boost (LT3580, Vin=2,5...32 V), na płytce znajduje się także stabilizator LDO typu IFX54211MBV33 firmy Infineon, dostarczający napięcie zasilania 3,3 V dla obwodu sterowania czujnika. Stabilizator pracuje z napięciem wejściowym 2,7...18 V, ze spadkiem napięcia do 25 mV dla 10 mA. Napięcie 3,3 V jest sygnalizowane diodą LED (oznaczenie PWR). Do zasilania płytki wymagane jest pojedyncze napięcie 5 V.

Dostępne są dwa interfejsy komunikacyjne. Domyślnie skonfigurowany jest interfejs I²C. Do wejścia PSEL jest dołączony rezystor 10 kΩ do masy (R5, oznaczenie pull-down) – po podłączeniu rezystora do 3,3 V (R6, pole lutownicze oznaczone jako pull-up) można wybrać interfejs UART.

Do wyprowadzeń SDA oraz SCL złącza płytki (S2) są dołączone rezystory podciągające 2,2 kΩ do szyny 3,3V. Współpracują one z wyprowadzeniami TX_SDA oraz SCL czujnika poprzez domyślnie

eprasa.pl ed26111aec

połączone zworki (oznaczenia J1 i J2 na **rysunku 6**). Razem z ustawieniem rezystora R5 oznacza to domyślne włączenie komunikacji I²C. Wejście PWM_DIS jest podłączone przez rezystor 10 kΩ do masy, co oznacza włączone wyjście PWM po podaniu zasilania na czujnik. Wyjście to jest dodatkowo dołączone przez rezystor 680 Ω do diody LED (oznaczenie LED1). Opis wyprowadzeń złączy znajduje się na spodniej stronie płytki drukowanej.

Płytka została podzielona na dwa obszary odseparowane od siebie podłużnymi otworami, co pozwala na rozdzielenie i używanie obu części PCB osobno. Większy obszar zawiera układy zasilania oraz dwa złącza w rastrze 2,54 mm. Na nich udostępnione są wszystkie wyprowadzenia czujnika XENSIV PAS CO2 oraz wejściowe napięcie zasilania (5 V) i wyjściowe napięcie stabilizowane (3,3 V), przy czym 6 pinów pozostaje niepodłączone.

Mniejsza część modułu zawiera przylutowany powierzchniowo czujnik XENSIV PAS CO2 wraz z kondensatorami. Na dole tej części płytki udostępnione są dodatkowo wszystkie wyprowadzenia czujnika XENSIV PAS CO2. Na dwóch osobnych pinach zostało wyprowadzone złącze debugowe Serial Wire Debug (SWD, ARM Standard). Na złączach płytki typowo montowane są standardowe męskie goldpiny, skierowane do dołu. Można ją wtedy bezpośrednio wtykać do płytki XMC 2Go Kit, My IoT Adapter lub płytki Shield2Go Adapter for Raspberry Pi. Lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie słupków o większej wysokości (np. 13,55 mm). Wtedy oprócz standardowego złącza skierowanego do dołu, wciąż pozostanie łatwo dostępne złącze na górze płytki drukowanej.

Płytka XENSIV PAS CO2 Shield2Go umożliwia bezpośrednie dołączenie do płytki procesorowej XMC 2Go Kit firmy Infineon z mikrokontrolerem XMC1100 (z gotowym oprogramowaniem do komunikacji poprzez USB). Przy zastosowaniu adaptera My IoT można ją bezpośrednio dołączyć do Aduino Uno [11]. Możliwe jest też podłączenie płytki XENSIV PAS CO2 Shield2Go do Arduino Due. Infineon dostarcza gotową do użycia bibliotekę Arduino (za pośrednictwem GitHub [9]). Udostępnia ona przykłady do pracy płytek z czujnikiem XENSIV PAS CO2 (np. XENSIV PAS CO2 Shield2Go lub XENSIV PAS CO2 Miniboard) z płytkami procesorowymi XMC 2Go lub Boot Kit XMC1100 firmy Infineon oraz z płytką Arduino Uno Rev3. Firma dostarcza też darmową bibliotekę w języku Python dla wielu płytek Shield2Go. Jednak obecnie nie jest dostępne oprogramowanie w tym języku dla płytki XENSIV PAS CO2 Shield2Go Board.

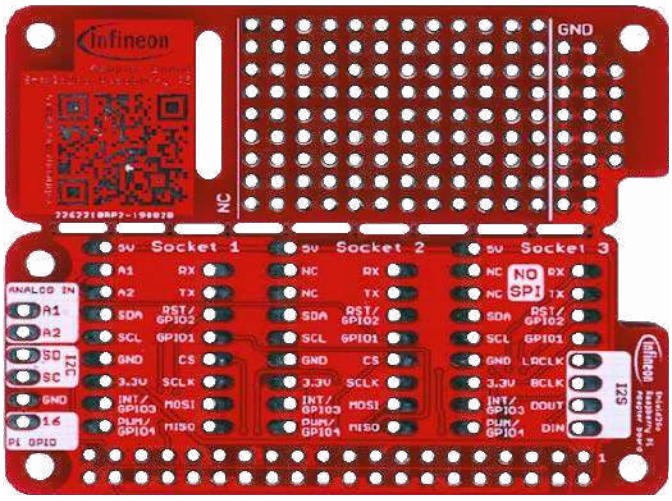
Płytka ewaluacyjna Shield2Go Adapter for Raspberry Pi

Płytki Shield2Go firmy Infineon mają wspólny układ pinów, tj. piny są zakodowane na stałe dla określonych funkcji, takich jak SPI lub I²C. Umożliwiło to zaprojektowanie ogólnej płytki ewaluacyjnej adaptera do pracy z Raspberry Pi [10]. Płytka zawiera tylko pola do wlutowania gniazdek (w tym 40-pinowego gniazda kompatybilnego z Raspberry Pi 1B/2B/3B/4B/5) i połączenia, bez elementów elektronicznych (**fotografia 1**). Na płytce dołączonych jest większość wyprowadzeń RPi, w tym linie zasilania 5 V oraz 3,3 V.

Główne cechy płytki Shield2Go Adapter for Raspberry Pi [10]:

- napięcie zasilania 5 V oraz 3,3 V (typ.),
- obsługa do 3 płytek Shield2Go jednocześnie,
- obowiązują następujące ograniczenia:
  - gniazda Socket 1 i 2 nie obsługują I²S, ale SPI
  - Socket 3 obsługuje I²S, ale nie SPI,
  - linie A1 i A2 nie są podłączone do Raspberry Pi, ponieważ nie ma ono przetwornika ADC,
  - magistrala I²C jest równoległa pomiędzy gniazdami Socket 1, 2, 3, dlatego urządzenia nie mogą mieć wspólnego adresu I²C,
  - magistrala UART jest równoległa pomiędzy gniazdami Socket 1, 2, 3.

Płytka ewaluacyjna Shield2Go Adapter for Raspberry Pi jest dostarczana bez zamontowanych złączy. Załączone jest tylko



Fotografia 1. Płytka ewaluacyjna Shield2Go Adapter for Raspberry Pi [10]

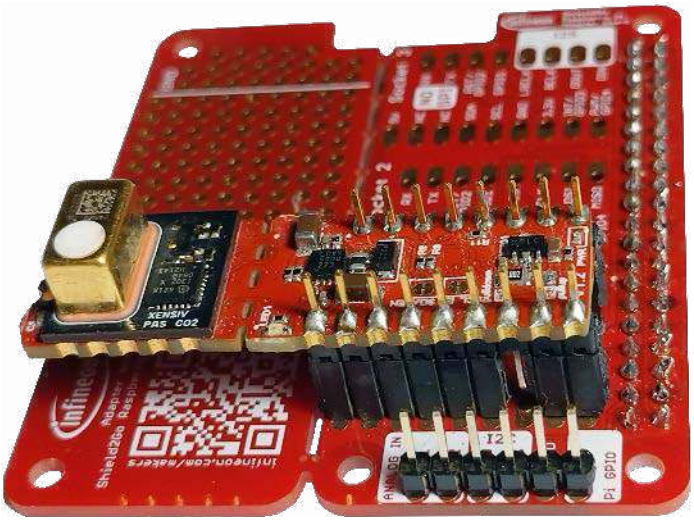
złącze 40-pinowe. Na początku należy wlutować złącza żeńskie w polu SocketX (9-pinowe oraz 8-pinowe) na płytce ewaluacyjnej i złącze 40-pinowe.

Po włożeniu płytki XENSIV PAS CO2 Shield2Go do złącza SocketX na płytce ewaluacyjnej i wpięciu całości do RPI... nic nie działa. Okazuje się, że przyczyną jest konflikt na szynie 3,3 V na płytce ewaluacyjnej. Do tej szyny jest dołączone wyjście LDO płytki XENSIV PAS CO2 Shield2Go oraz jednocześnie wyjście LDO płytki RPI. Rozwiązaniem jest podzielenie listwy żeńskiego gniazdka 9 pin na dwa odcinki, z pominięciem pozycji „3,3V" (**fotografia 2**).

Płytka ewaluacyjna My IoT Adapter

Płytki Shield2Go firmy Infineon są wyposażone w jeden układ scalony Infineona i wspierane przez gotową do użycia bibliotekę Arduino. Wszystkie moduły Shield2Go mają wspólny układ wyprowadzeń, tj. piny są zakodowane na stałe dla określonych funkcji, takich jak SPI lub I²C. Umożliwia to zaprojektowanie ogólnej płytki ewaluacyjnej PCB dla portfolio firmy Infineon, takiej jak DPS310 Pressure Shield2Go, TLV493D-A1B6 3DMagnetic Shield2Go, TLI4970-D050T4 CurrentSense Shield2Go lub OPTIGA Trust E i X Security Shield2Go.

Płytka ewaluacyjna My IoT Adapter firmy Infineon to brama do zewnętrznych rozwiązań sprzętowych, takich jak Arduino. Płytka umożliwia łatwe łączenie różnych płytek Shield2Go w celu szybkiego prototypowania rozwiązań z zakresu IoT.



Fotografia 2. Poprawiony montaż listwy złącza żeńskiego gniazdka Socket 1 (9-pin) na płytce ewaluacyjnej

eprasa.pl ed26111aec

Adapter oferuje wiele dodatkowych gniazd, umożliwiających swobodne i elastyczne łączenie różnych płytek Shield2Go. Dzięki temu użytkownicy nie muszą martwić się o przydzielanie pinów czy zmianę poziomu logicznego.

Główne cechy płytki ewaluacyjnej My IoT Adapter [11]:

- sprawne połączenie serii Shield2Go firmy Infineon z ekosystemem Arduino,
- napięcie zasilania 5 V (typ.) jako napięcie wspólne dla nakładek kompatybilnych z Arduino Uno,
- translacja poziomu logicznego sygnałów pomiędzy 5 V TTL oraz CMOS 3,3 V wszystkich płyt Shield2Go,
- dostępność mostków lutowniczych, umożliwiających selektywne wyłączenie zmiany poziomu,
- dodatkowe piny do ustawienia napięć odniesienia dla przesunięcia poziomu oraz części analogowej,
- obsługa rozdzielnej kontroli zasilania gniazd 1 i 2: oba gniazda można włączać i wyłączać,
- całkowicie niezależne sterowanie gniazda 1, podczas gdy gniazda 2 i 3 mają wspólne styki z podstawową płytą sterującą.

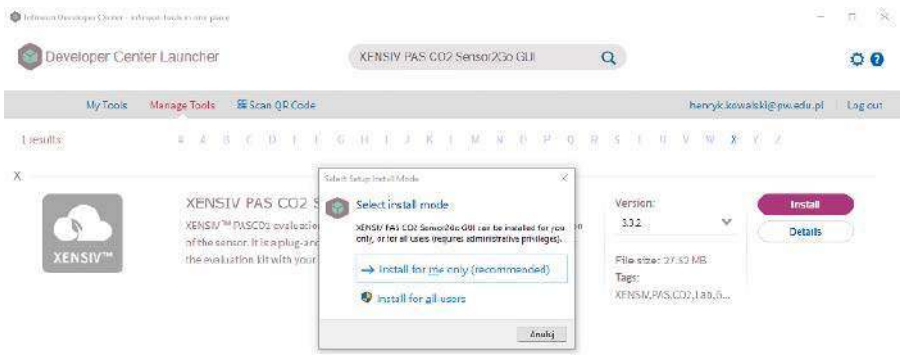
Płytka ewaluacyjna My IoT Adapter jest dostarczana bez zamontowanych złączy.



Fotografia 3. Zestaw ewaluacyjny XENSIV PAS CO2 Sensor2Go Evaluation Kit [12]

Zestaw ewaluacyjny XENSIV PAS CO2 Sensor2Go Evaluation Kit

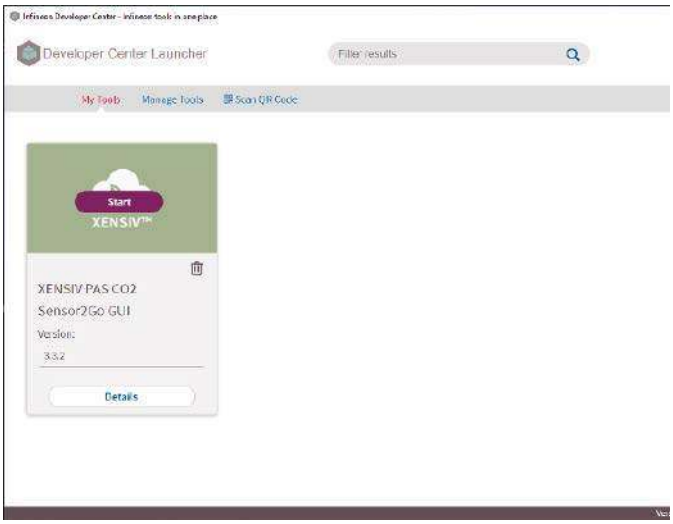
Zestaw XENSIV PAS CO2 Sensor2Go Evaluation Kit (EVALPASCO2SENSOR2GOTOBO1) składa się z płytki bazowej oraz płytki PAS CO2 Mini Evaluation Board z czujnikiem XENSIV PAS CO2 (**fotografia 3**). Wszystkie napięcia zasilania czujnika są generowane na płytce bazowej. Zestaw umożliwia bezpośrednie dołączenie do komputera poprzez gniazdko USB.



Rysunek 7. Instalowanie programu XENSIV PAS CO2 Sensor2Go GUI

Na płytce bazowej zamontowany jest konwerter USB – UART, regulator 5 V –> 3,3 V, przetwornica 5 V –> 12 V, 12-pinowe złącze sygnałowe 2,54 mm oraz dwa złącza dla podłączenia XENSIV PAS CO2 Mini Evaluation Board. Wejście PSEL czujnika jest podciągnięte przez rezystor 4,7 kΩ do linii 3,3 V. Wyprowadzenia TX_SDA i RX czujnika są dołączone do konwertera oraz (przez rezystory 10 kΩ) do masy. Konwerter obsługuje też dwie diody LED.

Płytka XENSIV PAS CO2 Mini Evaluation Board zapewnia dostęp do wszystkich wyprowadzeń czujnika PAS CO2, także debugowych. Są one wyprowadzone na dwa złącza w rastrze 2,54 mm. Płytka ewaluacyjna jest wtykana w gniazdka na płytce bazowej. Płytka ma taką samą konstrukcję, jak mniejszy obszar płytki XENSIV PAS CO2 Shield2Go – jedynie sygnały debuggera są wyprowadzone inaczej.



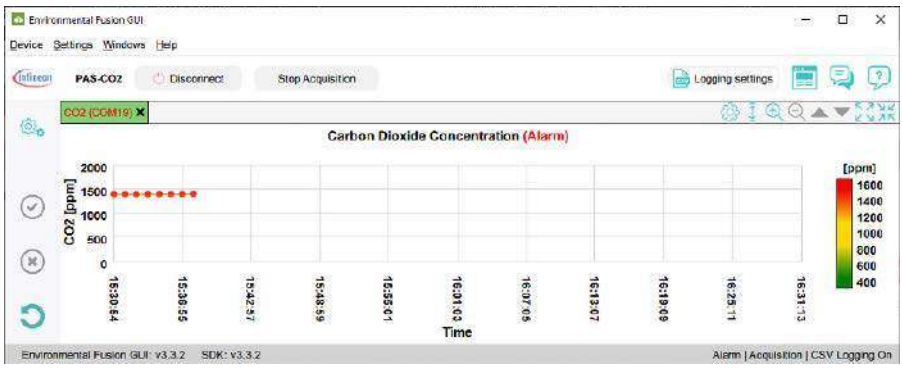
Rysunek 8. Okno startowe programu XENSIV PAS CO2 Sensor2Go GUI

Praca z zestawem ewaluacyjnym XENSIV PAS CO2 Sensor2Go Evaluation Kit

Pracę z zestawem należy zacząć od zainstalowania oprogramowania Infineon Developer Center Launcher [12], a następnie aplikacji XENSIV PAS CO2 Sensor2Go GUI.

Infineon Developer Center to środowisko programowe, w którym można pobierać i projektować wszystkie narzędzia programistyczne Infineon, oprogramowanie wbudowane, usługi i rozwiązania [13]. Zapewnia dwa widoki:

- Infineon Developer Center: repozytorium online zawierające listę wszystkich dostępnych narzędzi, oprogramowania i usług,



Rysunek 9. Okno pomiarów

eprasa.pl ed26111aec

- Launcher: narzędzie offline do zarządzania i aktualizacji wszystkich narzędzi po pobraniu z repozytorium online IDC.

Krok 1: Zarejestruj się na stronie firmy Infineon, znajdującej się na zakładce „myInfineon".

Krok 2: Po rejestracji zaloguj się do myInfineon. Pobierz plik instalacyjny *idc-launcher-setup.exe* i zainstaluj go na swoim komputerze.

Krok 3: Wyszukaj narzędzia lub oprogramowanie. Po uruchomieniu programu, na zakładce Infineon Developer Center Launcher wybierz zakładkę *Manage Tools*. Aplikacje są ułożone alfabetycznie.

Krok 4: odszukaj XENSIV PAS CO2 Sensor2Go GUI i kliknij na *Install*. Zostanie zainstalowana najnowsza wersja aplikacji (**rysunek 7**). Potem można tutaj aktualizować wersję programu.

Krok 5: Zakładka *My Tools* udostępnia wszystkie zainstalowane programy i umożliwia zarządzanie nimi.

Praca z programem XENSIV PAS CO2 Sensor2Go GUI

Dołącz zestaw ewaluacyjny XENSIV PAS CO2 Sensor2Go Evaluation Kit kablem USB do komputera. Na zakładce *My Tools* najedź myszką na ikonkę programu Graphical User Interface (GUI) i kliknij *Start* (**rysunek 8**). Następnie kliknij na ikonkę PAS-CO2. Pojawi się informacja o łączeniu z czujnikiem, a następnie zostanie wyświetlone okno *Environmental Fusion GUI*. Na wykresie zostanie pokazany jeden punkt, odpowiadający wartości pojedynczego pomiaru. Kolejne pomiary będą wykonywane w regularnych odstępach, typowo co 60 s (**rysunek 9**).

Podsumowanie

Czujnik dwutlenku węgla XENSIV PAS CO2 (PASCO2V01) firmy Infineon jest ciekawą propozycją, umożliwiającą pomiar istotnego parametru otoczenia. Przy zastosowaniu modułów ewaluacyjnych można szybko rozpocząć z nim pracę, a dobre oprogramowanie firmowe ułatwia uzyskanie dokładnych wyników. Pewnym kłopotem jest konieczność dostarczania dwóch, dosyć wysokich napięć zasilania. Również pobór mocy w stanie nieaktywnym jest spory. Pojawia się także kłopot z nazwami produktów firmy Infineon. Są długie, niejednoznaczne, a dodatkowo nazwy kodowe produktów są inne i równie trudne do zapamiętania. Mamy jednak też dobre wieści. Od szefa oddziału Infineon Polska otrzymaliśmy informację, że planowane jest wprowadzenie wersji układu z jednym napięciem zasilania.

Firma Infineon dostarcza wiele układów przydatnych dla IoT, w tym sensory ciśnienia, prądu i odległości (radar 60 GHz). Moduły serii Shields2Go pozwalają na szybkie złożenie fuzji czujników o dużych możliwościach pomiarowych.

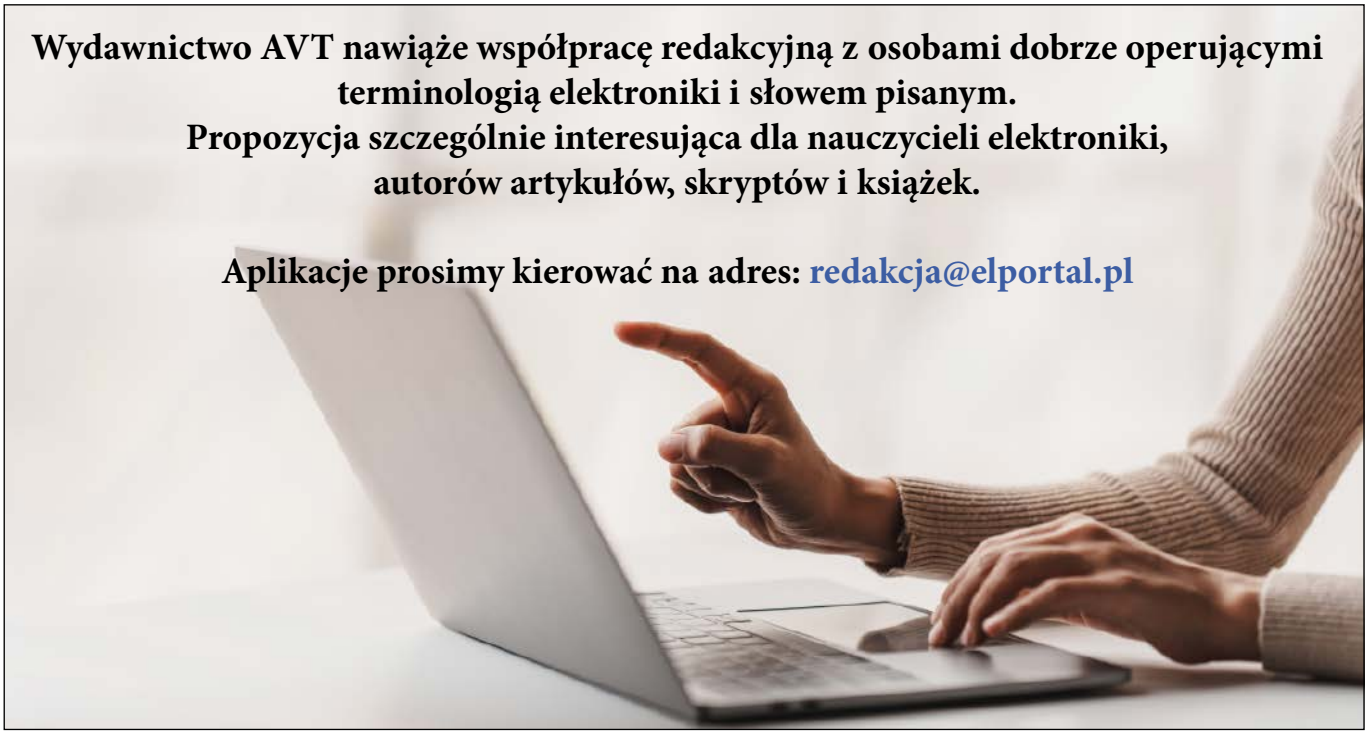
Aby zapewnić maksymalny komfort w domu, zaleca się pomiar nie tylko dwutlenku węgla (CO_2), temperatury i wilgotności, ale także lotnych związków organicznych, pyłów i formaldehydu. Wysokie stężenie CO_2 wiąże się z większym ryzykiem infekcji wirusowych i niższą wydajnością pracy. Kluczem do znalezienia zdrowych rozwiązań budowlanych jest więc niezawodność danych, pozyskiwanych z czujników.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

Bibliografia:

[1] CO2 Sensor Helps to Reduce the Risk of Covid-19 Transmission Indoors, November 20, 2020 Hicham Riffi, https://tiny.pl/czkh9
[2] Cyfrowe czujniki gazu, Henryk A. Kowalski, „Elektronika Praktyczna" 3/2020, https://tiny.pl/czkh1
[3] Czujnik gazu Bosch BME688 ze sztuczną inteligencją, „Elektronika Praktyczna" 11/2021, https://tiny.pl/cspv8
[4] CO2 sensor, https://tiny.pl/czkhj
[5] PASCO2V01, XENSIV PAS CO2 sensor, https://tiny.pl/czkh2
[6] XENSIV PAS CO2 sensor datasheet, V1.3, 2023-01-10, https://tiny.pl/czkhv
[7] XENSIV PAS CO2 for low power applications, V1.1, 2022-07-01, https://tiny.pl/czkqq
[8] Programming guide for XENSIV PAS CO2 sensor, V2.1, 2022-07-01, https://tiny.pl/czkqm
[9] XENSIV PAS CO2 Shield2Go, Product Name: SHIELDPASCO2SENSORTOBO1, https://tiny.pl/czkqg
[10] Shield2Go Adapter for Raspberry Pi, Product name: SHIELDBGT60LTR11AIPTOBO1, https://tiny.pl/czkq7
[11] My IoT adapter, https://tiny.pl/czkq9
[12] XENSIV PAS CO2 Sensor2Go Evaluation Kit, Product Name: EVALPASCO2SENSOR2GOTOBO1, https://tiny.pl/czkq5
[13] Infineon Developer Center Launcher, https://tiny.pl/czkqj

REKLAMA

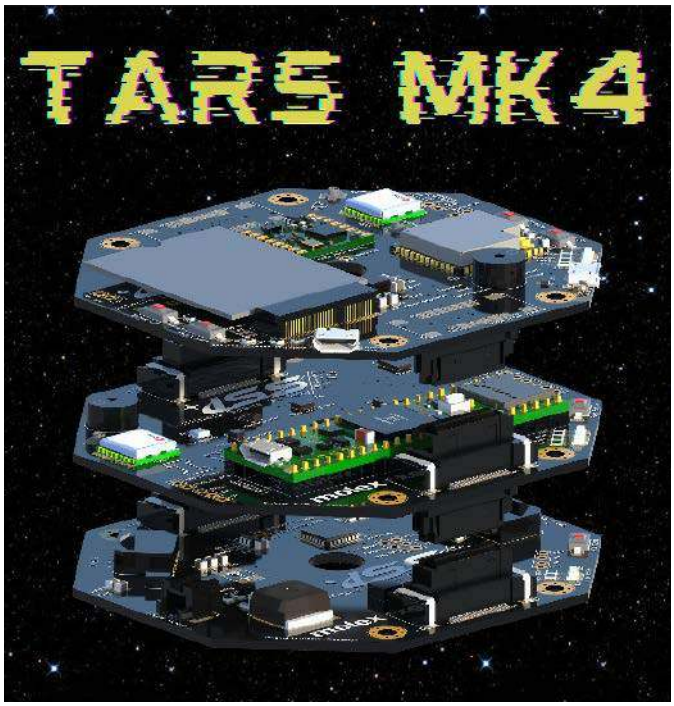


eprasa.pl ed26111aec

TARS MK4

– wydajny komputer pokładowy do rakiety amatorskiej

Amatorskie rakiety to temat niezbyt popularny w Polsce, jednakże np. w USA to bardzo ważny dział modelarstwa. Powstają tam różne konstrukcje, w tym bardzo zaawansowane pojazdy, korzystające z komputerów pokładowych do nawigacji i telemetrii. Przedstawiona poniżej konstrukcja komputera pokładowego TARS to właśnie przykład takiego systemu. W poniższym artykule opisano rozwój, budowę, funkcje oraz zastosowania urządzenia.

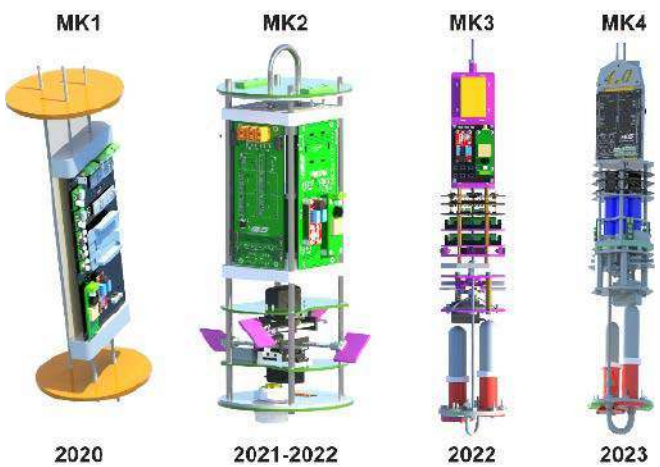


TARS MK4 jest flagowym, czwartym z rzędu komputerem pokładowym, zaprojektowanym do udziału w zawodach Spaceport America Cup 2023. Na **rysunku 1** pokazano tę i wcześniejsze wersje systemu, co pozwala docenić trwający kilka lat proces rozwoju tego projektu.

Komputer ten ma zdolność do przesyłania danych telemetrycznych drogą radiową w czasie rzeczywistym, a także umożliwia śledzenie pozycji rakiety z wykorzystaniem GPS, autonomiczne ocenianie jej stanu podczas lotu oraz kontrolowanie apogeum rakiety za pomocą mechanizmu hamulca aerodynamicznego. Hamulec aerodynamiczny, po uruchomieniu, generuje opór, spowalniając rakietę i umożliwiając osiągnięcie określonej wysokości wymaganej w danej konkurencji, co ma duże znaczenie w zawodach rakiet amatorskich.

Zespół projektowy

Zespół składa się z około 100 studentów inżynierii z Uniwersytetu Illinois w Urbana-Champaign. Ich celem jest zostanie jednym z pierwszych zespołów akademickich, które zaprojektują, zbudują i wystrzelą dwustopniową rakietę na wysokość 100 km – na poziom tak zwanej linii Kármána, która jest umowną granicą kosmosu. Autorzy, mimo że mają przed sobą jeszcze długą drogę do przebycia, prezentują fragment jednego z projektów zakończonych w 2023 roku. Osoby zainteresowane organizacją Illinois Space Society lub zespołem Spaceshot mogą odwiedzić stronę internetową grupy: https://www.illinoisspacesociety.org/.



Rysunek 1. Poszczególne wersje rozwojowe systemu komputera pokładowego i sensorów z lat 2020–2023, które doprowadziły do budowy TARS MK4

Moduły

Przedstawiony komputer ma konstrukcję modułową. Urządzenie składa się z trzech połączonych ze sobą płytek drukowanych. Jedna z nich odpowiada za zasilanie (PMB), druga wyposażona jest w główny mikrokontroler systemu wraz z zestawem sensorów, odpowiadających za kontrolę lotu (FCB), a trzecia mieści na sobie wszystkie moduły, niezbędne do telemetrii (TELEM).

Wszystkie projekty w zespole stworzono z wykorzystaniem pakietu KiCAD, który został wybrany jako jeden z najlepszych dostępnych, bezpłatnych pakietów oprogramowania do projektowania elektroniki. Zespół stworzył wewnętrzny przewodnik dotyczący wspólnej pracy nad projektami w KiCAD – wprowadzone zostały ścisłe wytyczne, mające na celu uniknięcie konfliktów plików, które mogą łatwo wystąpić przy współpracy wielu inżynierów, operujących na jednym projekcie. Na stronie z dokumentacją projektu znaleźć można wspomniane przewodniki, dotyczące współtworzenia projektów w KiCADzie oraz stosowania repozytorium na GitHubie.

Projektując nowy system, zespół często tworzy również diagramy blokowe, aby lepiej zrozumieć działanie całego urządzenia. Wybrane przez zespół narzędzie do rysowania diagramów, również jest bezpłatne i dostępne online – Draw.io.

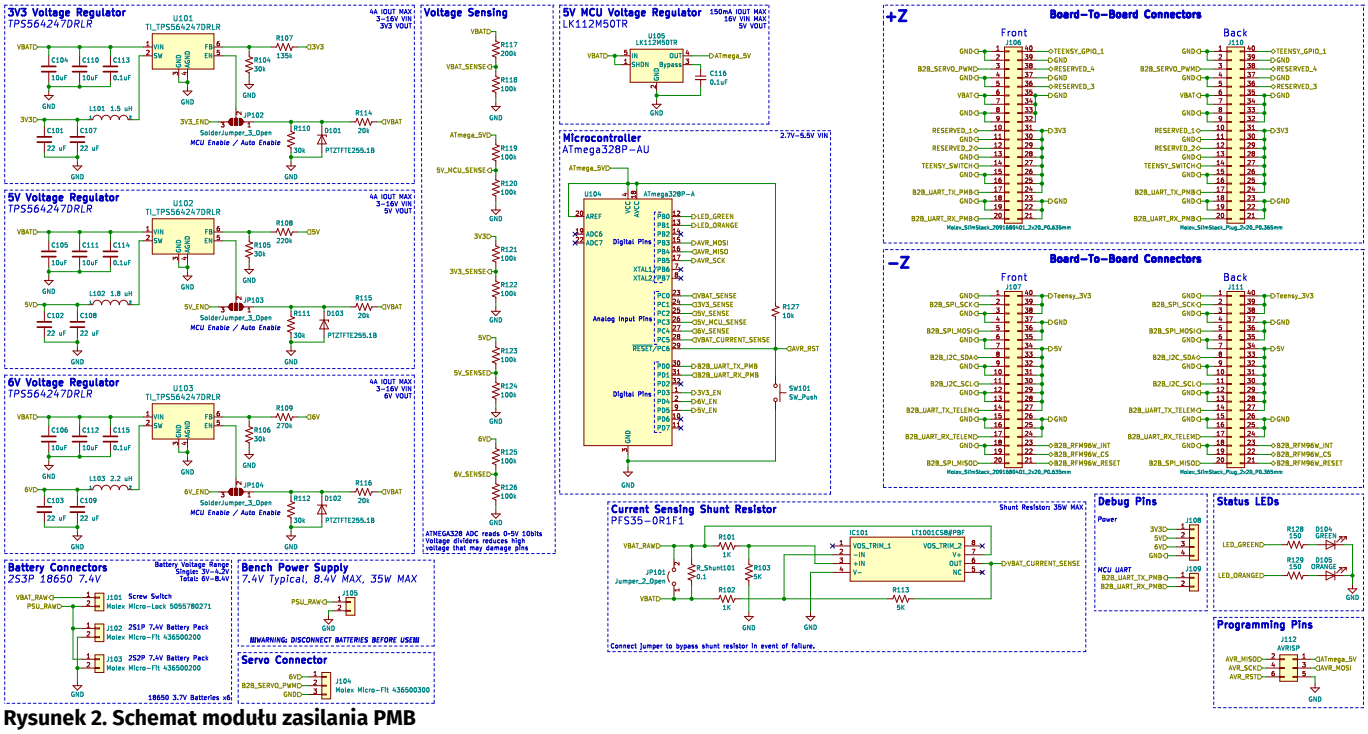
Schemat i płytki drukowane

Schematy systemu pokazane są na **rysunkach 2...4**. Obejmują one trzy wspomniane wcześniej płytki.

Mikrokontroler

Do opisywanego systemu zespół wybrał moduł Teensy 4.1, ponieważ jest on kompatybilny z Arduino, niezwykle szybki i ma dużą liczbę linii I/O. Na pokładzie znajduje się również moduł z mikrokontrolerem ESP32-S3 i ATmega328P (jako pomocniczy

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 2. Schemat modułu zasilania PMB

mikrokontroler, dedykowany do telemetrii i zarządzania systemem zasilania w układzie).

Czujniki

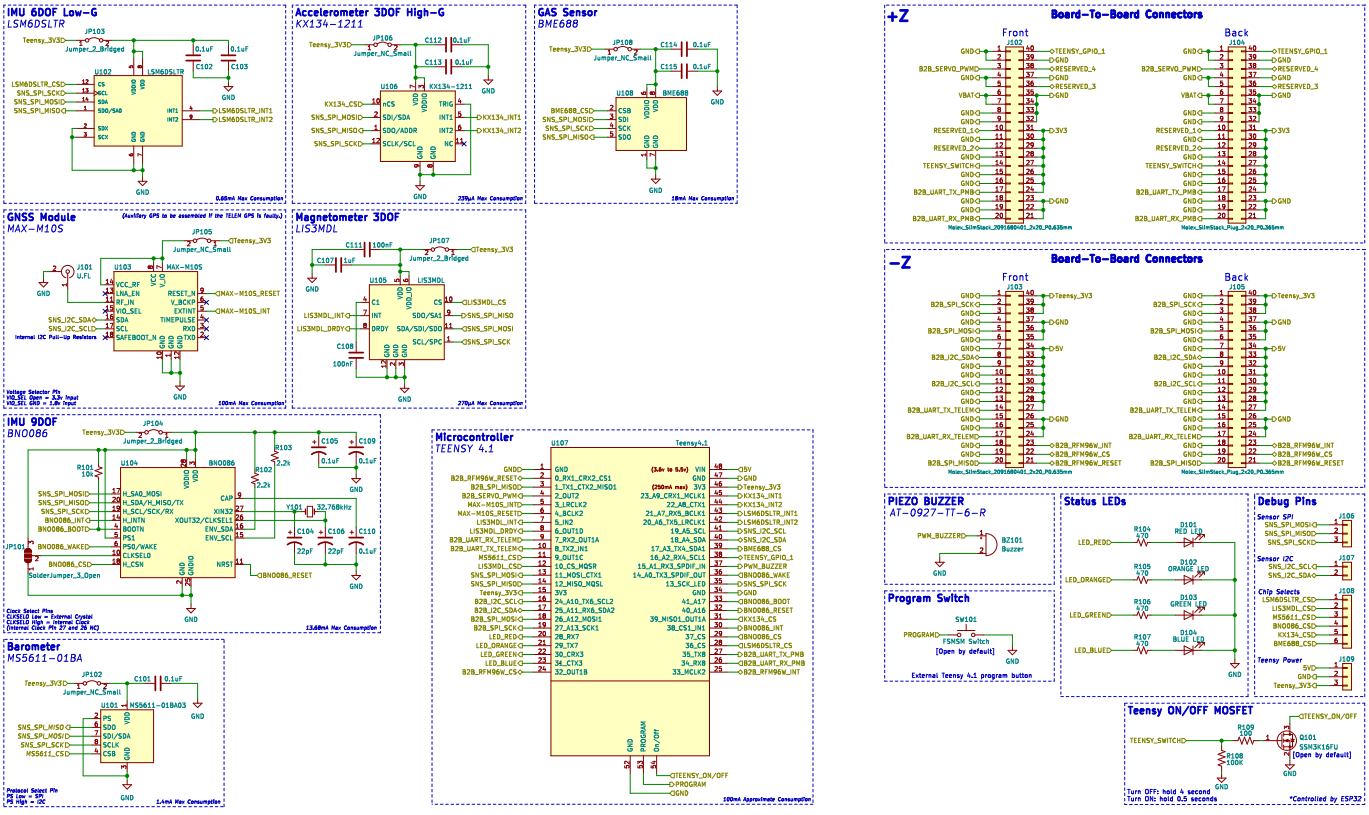
Następnym krokiem było podjęcie decyzji, jakiego rodzaju czujników użyć. Autorzy rozpoczęli od selekcji interfejsu, który miałby być podstawową magistralą systemu – wybór padł na SPI, ponieważ zwykle oferuje on większą częstotliwość zbierania danych niż I²C.

Do oszacowania stanu rakiety używana jest kombinacja barometrów, akcelerometrów, żyroskopów i magnetometrów. W zależności od poziomu złożoności systemu można zintegrować w nim nawet kilka akcelerometrów – różnych układów o niskim i wysokim zakresie mierzonego przyspieszenia, aby uzyskać precyzyjniejsze dane we wszystkich fazach lotu.

Autorzy skorzystali z prostych do integracji sensorów:

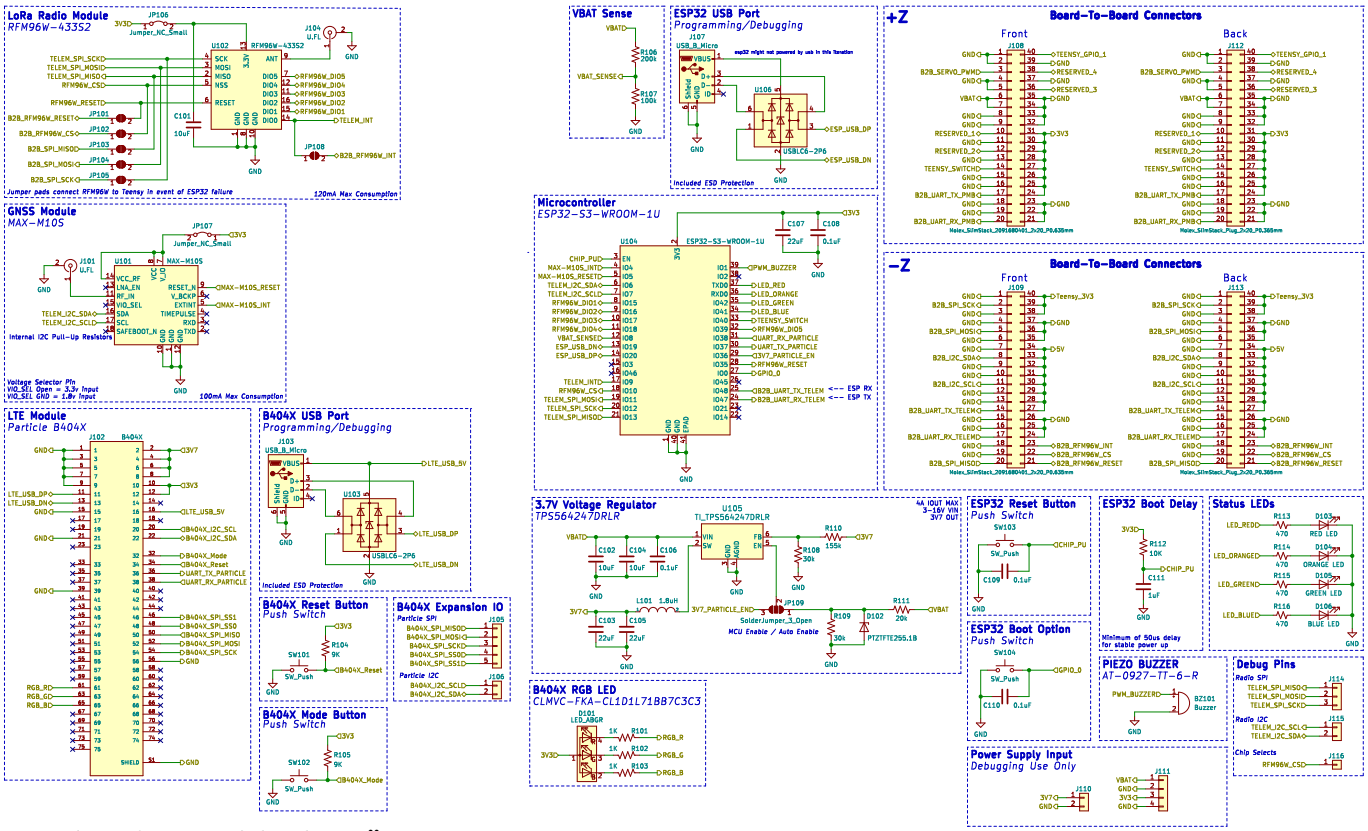
- barometru MS5611,
- 9-osiowego modułu inercyjnego BNO0855 (akcelerometr, żyroskop i magnetometr),
- odbiornika sygnału GPS MAX-M10S.

Te trzy elementu powinny zaspokoić większość podstawowych potrzeb w zakresie estymacji stanu rakiety w każdej fazie lotu.



Rysunek 3. Schemat modułu sterowania FCB

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 4. Schemat modułu telemetrii TELEM

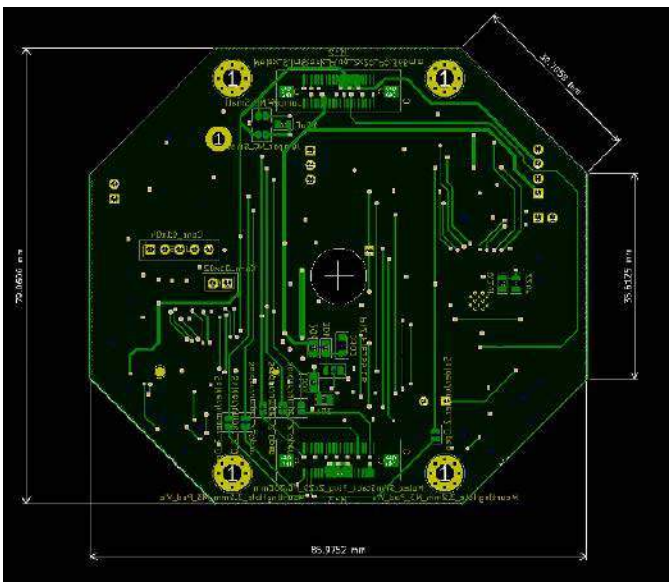
Stabilizacja napięcia

Do zasilania TARS MK4 wykorzystywany jest pakiet akumulatorów w konfiguracji 2S3P, co oznacza, że połączone są dwa akumulatory szeregowo, a następnie trzy takie zestawy łączone są równolegle. W projekcie użyto standardowych akumulatorów Adafruit 3,7 V 18650, co daje sumaryczne napięcie całego pakietu w zakresie od 6 V do 8,4 V. Ponieważ do zasilania serwa w systemie potrzebne jest napięcie nie większe niż 6 V, autorzy zdecydowali się na zintegrowanie przetwornicy obniżającej napięcie, ze względu na jej stosunkowo wysoką sprawność.

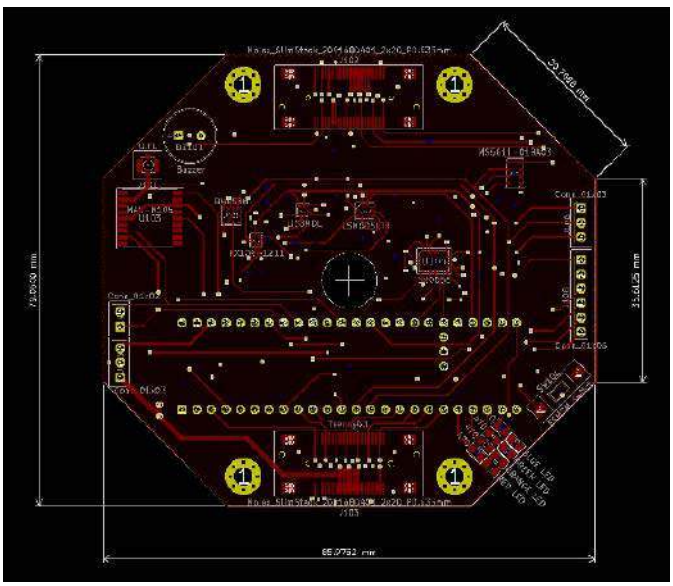
Twórcy systemu rekomendują wykorzystanie programu Webench Power Designer firmy Texas Instruments. Jest to doskonałe narzędzie pomagające w projektowaniu układów zasilania. Środowisko to jest dostępne w chmurze, poprzez stronę Texas Instruments i pozwala wybierać z szerokiej oferty tego producenta oraz dostosowywać projekty referencyjne do konkretnej aplikacji. Dzięki temu w prosty sposób wyliczyć można wartości wszystkich elementów dyskretnych dookoła stabilizatora dla wymaganych parametrów sekcji zasilania.

Moduł komunikacyjny

Autorzy zdecydowali się na wykorzystanie modułu RFM96 z interfejsem LoRa ze względu na jego wyjątkowy zasięg i małe zużycie energii. Poświęcając część prędkości transmisji danych, udało się w systemie zredukować pobór mocy i zapewnić doskonałe zasięgi. Transmisja ta jest w stanie uzyskać przesłanie około jednego pakietu danych na sekundę, co jest idealne w tego rodzaju aplikacji. Przeprowadzane były testy naziemne przy odległości około 10 kilometrów, co wykazało RSSI (wskaźnik siły odbieranego sygnału – im większa liczba, tym silniejszy sygnał) równy –100. Przy transmisji w czasie lotu, na pułapie lotu do ok. 30 000 stóp uzyskiwano nawet

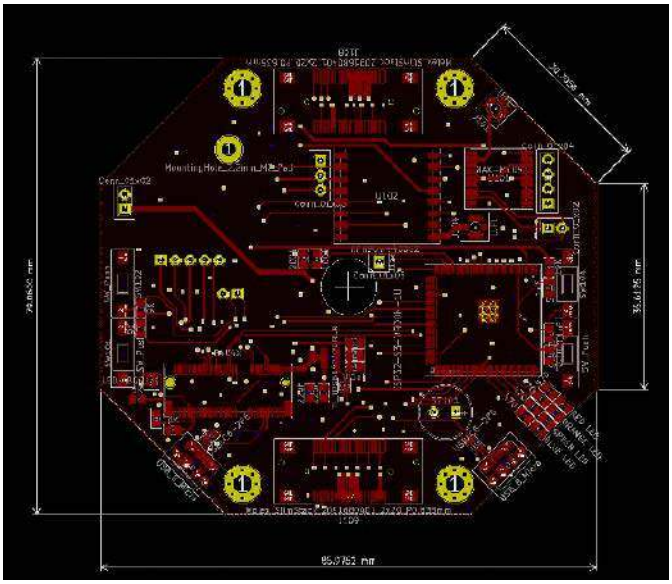


Rysunek 5. Rysunek ścieżek modułu zasilania PMB



Rysunek 6. Rysunek ścieżek modułu sterowania FCB

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 7. Rysunek ścieżek modułu telemetrii TELEM

lepszy wynik z RSSI równym –80 RSSI. W przyszłości autorzy zamierzają wykorzystywać transceivery satelitarne i układy o większej przepustowości do przesyłania strumieniowego wideo na żywo.

Elementy powyżej to wszystkie główne składniki systemu, które należało przeanalizować przy projektowaniu komputera pokładowego dla amatorskiej rakiety. Oczywiście w systemie jest też szereg elementów wspomagających, ale te wymienione powyżej są najbardziej istotne. Oprócz powyższych modułów oczywiście komputer rakiety zawiera zestaw wyjść do sterowania wszystkich niezbędnych komponentów rakiety, takich jak ewentualne powierzchnie sterowe, czy wspominany na początku hamulec aerodynamiczny.

Płytki drukowane

Wszystkie płytki drukowane w systemie mają dwie warstwy, co pomogło ograniczyć koszty systemu. Kolejność płytek w stosie jest następująca: TELEM, FCB, PMB.

Modułowa konstrukcja komputera TARS MK4 pozwoliła na uzyskanie bardziej kompaktowego systemu z większą ilością miejsca na montaż powierzchniowy (SMD), a zarazem ułatwiła jednoczesną pracę kilku osób nad poszczególnymi modułami.

Oto ogólny przegląd zadań, jakie realizuje każda z płytek:

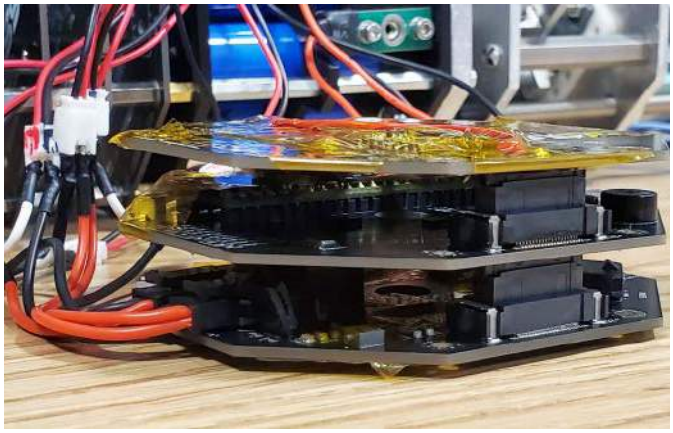
- PMB (dolna PCB, **rysunek 5**): zapewnia zasilanie: 3,3 V, 5 V i 6 V dla całego systemu,
- FCB (środkowa PCB, **rysunek 6**): dokonuje zapisu danych z czujników i oszacowania stanu rakiety,
- TELEM (górna PCB, **rysunek 7**): obsługuje wszystko związane z komunikacją radiową ze stacją naziemną,

Model 3D i integracja mechaniczna

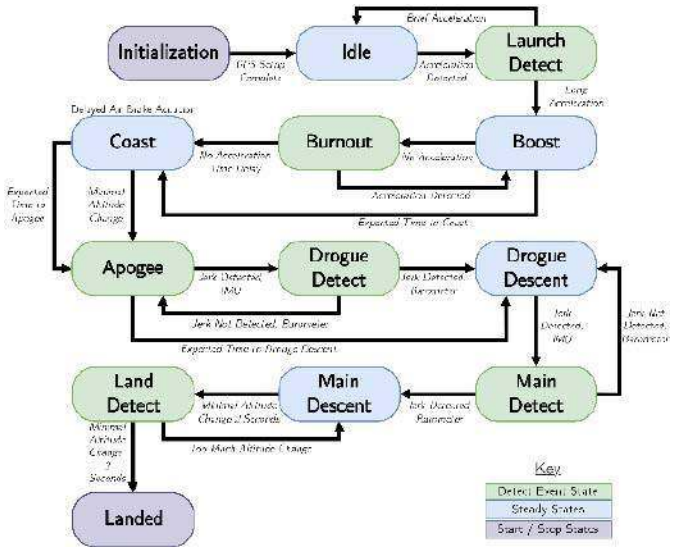
Gotowy do montażu moduł (po uprzednim zabezpieczeniu niektórych elementów z uwagi na występujące na pokładzie rakiety przeciążenia) integrowany jest z pozostałą częścią systemu. Tutaj pomocne jest podpieranie się dokumentacją mechaniczną i wizualizacjami 3D, które umożliwiają lepszy ogląd systemu i analizę sposobu jego montażu. Autorzy przygotowali estetyczne rendery swoich płytek – osobno i razem, połączone – przy użyciu Blendera, a do finalnych obrazów wykorzystano Canva, aby dodać stylizowany tekst i tła. Gotowy moduł pokazano na **fotografii 1**. Płytki drukowane zabezpieczone są przed zwarciem z otaczającymi komponentami za pomocą taśmy kaptonowej.

Oprogramowanie

Po uruchomieniu płytki konieczne było stworzenie odpowiedniej architektury oprogramowania dla systemu. Oprogramowanie to zostało napisane w C++. W jego ramach autorzy dokładniej opisują trzy



Fotografia 1. Złożony moduł komputera pokładowego



Rysunek 8. Schemat blokowy obrazujący algorytm lotu w postaci dyskretnych stanów

główne aspekty. Na **rysunku 8** pokazano uproszczony schemat blokowy algorytmu, sterującego całym lotem.

Automat skończony (maszyna stanów)

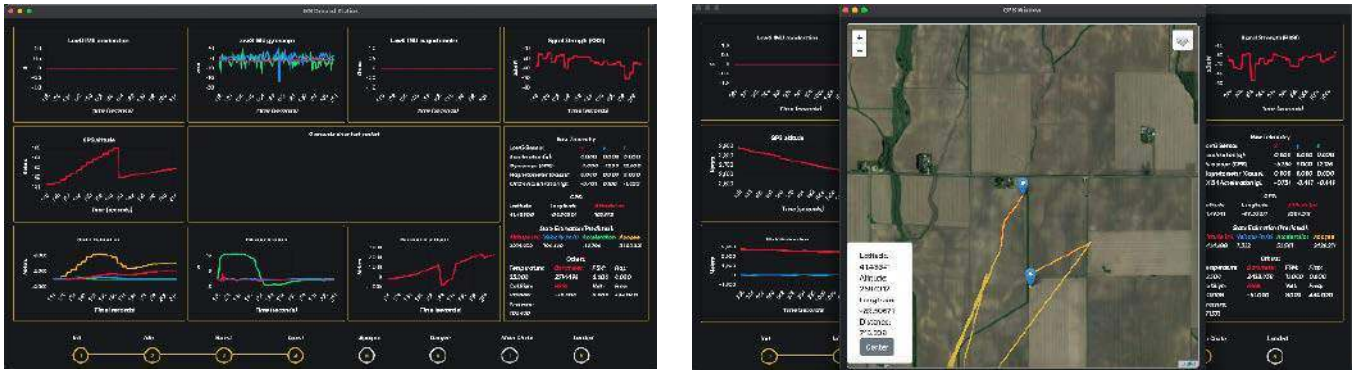
System komputera pokładowego, kontrolujący lot, oparto na automacie skończonym, który służy do śledzenia globalnych zdarzeń podczas lotu i przełączania całego systemu oprogramowania między różnymi stanami operacyjnymi. Na przykład podczas etapu startu dane są rejestrowane z dużą częstotliwością i estymacja stanu zachodzi bardzo często, ale podczas lądowania system może przejść w tryb oszczędzania energii, gdzie nie trzeba pozyskiwać nowych danych, a jedynie przesyłać sygnał GPS co kilka sekund. Maszyna stanów zawarta w programie (patrz **rysunek 9**) umożliwia aktywację tych funkcji w odpowiednim momencie.

System operacyjny czasu rzeczywistego (RTOS)

W projekcie wykorzystano ChibiOS – kompaktowy i szybki system operacyjny czasu rzeczywistego, obsługujący wiele architektur i udostępniany na zasadach mieszanej licencji GNU General Public License w wersji 3 (GPL3) oraz Apache License 2.0 (w zależności od modułu). Jest rozwijany przez Giovanniego Di Sirio. Dodatkowe elementy obejmują ChibiOS/HAL – warstwę abstrakcji sprzętowej kompatybilną z ChibiOS/RT – oraz ChibiStudio, czyli darmowe środowisko programistyczne oparte na Eclipse, GNU Compiler Collection (GCC) i debugger ze wsparciem Joint Test Action Group (JTAG) OpenOCD. Zadaniem systemu operacyjnego jest obsługa:

- systemu GPS,
- rejestracji danych z czujników,

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 9. Oprogramowanie stacji naziemnej do odbioru i wyświetlania danych telemetrycznych

- telemetrii,
- algorytmu estymacji stanu.

Estymacja stanu

Algorytm estymacji stanu analizuje i przewiduje dalszą trasę rakiety w celu sterowania mechanizmem hamulca aerodynamicznego, co umożliwia osiągnięcie określonych wysokości.

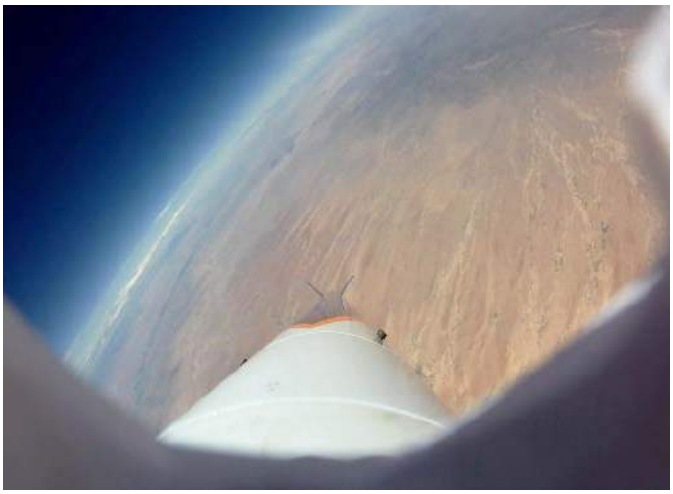
W algorytmie używany jest filtr Kalmana, który jest zaprojektowany do dokonywania pomiarów w czasie i eliminowania niedokładności, takich jak zakłócenia czujników czy szumy ciśnienia, pochodzące z naddźwiękowego ruchu rakiety przez atmosferę oraz innych źródeł zakłóceń. Następnie algorytm ten wykorzystuje estymację aktualnego stanu pojazdu do przewidywania, dokąd zmierza on w najbliższej przyszłości. Na końcu artykułu znaleźć można link do repozytorium projektu na GitHubie, gdzie znajduje się kompletne oprogramowanie, dostępne na otwartej licencji.

Stacja naziemna

Do odbioru informacji z pojazdu wykorzystywana jest naziemna stacja telemetrii. Wątek telemetrii w oprogramowaniu pokładowym wysyła dane do wbudowanego w pojazd transceivera LoRa, który następnie przesyła je do odbiornika stacji naziemnej, gdzie są analizowane, a następnie wyświetlane w oprogramowaniu, stworzonym z wykorzystaniem platformy Electron Framework. Oprogramowanie to zostało zbudowane jako aplikacja oparta na przeglądarce, co umożliwia łatwe uruchomienie jej lokalnie na laptopie lub nawet hostowanie na stronie internetowej w chmurze, aby użytkownicy mogli przeglądać je na przykład na swoich telefonach.

Podsumowanie

Zwieńczeniem wysiłków całego zespołu był oczywiście start rakiety. Na **fotografii 2** pokazano malowniczy widok z kamery na pokładzie rakiety. Start jest nie tylko sukcesem, ale także finalnym testem elektroniki. A po przetestowaniu systemu przystąpić można do kolejnej iteracji procesu projektowania. Jak pokazano na rysunku 1, nie jest to pierwsza wersja TARS. Na przestrzeni ponad trzech lat powstały aż cztery, a poprawny start tej wersji jest jednocześnie początkiem projektowania kolejnego modelu.



Fotografia 2. Zdjęcie z rakiety w locie

Autorzy zapowiadają, że za kilka miesięcy chcą wystrzelić kolejną rakietę z komputerem nowej generacji o nazwie MIDAS MK1. Konstrukcja ta ma na celu zmniejszenie wszystkiego, co obejmuje TARS, do jednej płytki i dodanie obwodów pirotechnicznych, umożliwiających inicjowanie zdarzeń w locie, takich jak uruchomienie spadochronu.

Nikodem Czechowski

Źródła:
1. https://www.illinoisspacesociety.org/
2. https://t.ly/_NXEq
3. https://github.com/ISSUIUC/TARS-Software
4. https://github.com/ISSUIUC/ISS-PCB

REKLAMA



eprasa.pl ed26111aec

Kurs FPGA Lattice (16)

Generowanie dźwięków

W tym oraz kolejnym odcinku kursu sporządzimy odtwarzacz dzwonków podobny do tego, jaki był dostępny w telefonach Nokia 3310. Nauczymy się odtwarzać różne dźwięki, a w kolejnej części poznamy bloki pamięci EBR i wykorzystamy je do odtwarzania melodii.

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

Czy **fotografia 1** przywołuje w Tobie wspomnienia? Dla mnie ten projekt okazał się bardzo nostalgiczny – 20 lat temu, kiedy byłem dzieciakiem w gimnazjum, przez całe godziny wklepywałem różne kody w kompozytorze dzwonków na Nokii 3310 (oprócz grania w Snake'a oczywiście!). W raczkującym wówczas Internecie można było znaleźć strony, na których znajdowały się tysiące najróżniejszych melodii. Niektóre z tych witryn istnieją do dzisiaj, a kompozycje ówczesnych wirtuozów piszczących melodyjek posłużą nam, by nauczyć się czegoś nowego na temat FPGA.

Projekt podzielony będzie na dwie duże części. Pierwszą będzie moduł odpowiedzialny za odtwarzanie pojedynczych nut. Każdą z nich można scharakteryzować za pomocą dwóch wartości liczbowych – częstotliwości dźwięku oraz czasu trwania. Moduł odtwarzający nuty będzie sygnalizował, kiedy jest zajęty, a kiedy gotowy do odtworzenia kolejnej nuty.

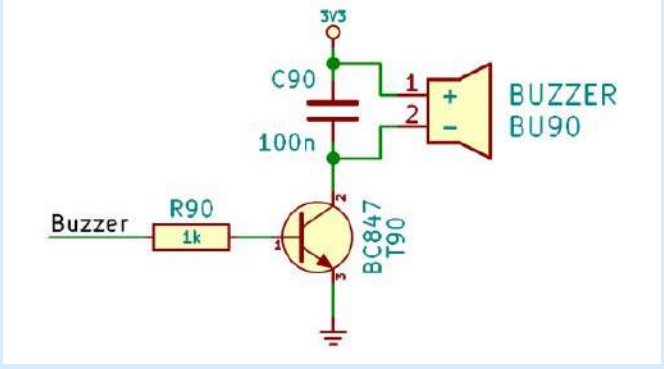
W drugiej części opracujemy moduł nadrzędny, wyposażony w przyciski Start i Stop, a także pamięć, w której będą zapisane nuty melodii. Po wciśnięciu Start moduł nadrzędny będzie odczytywał kolejne



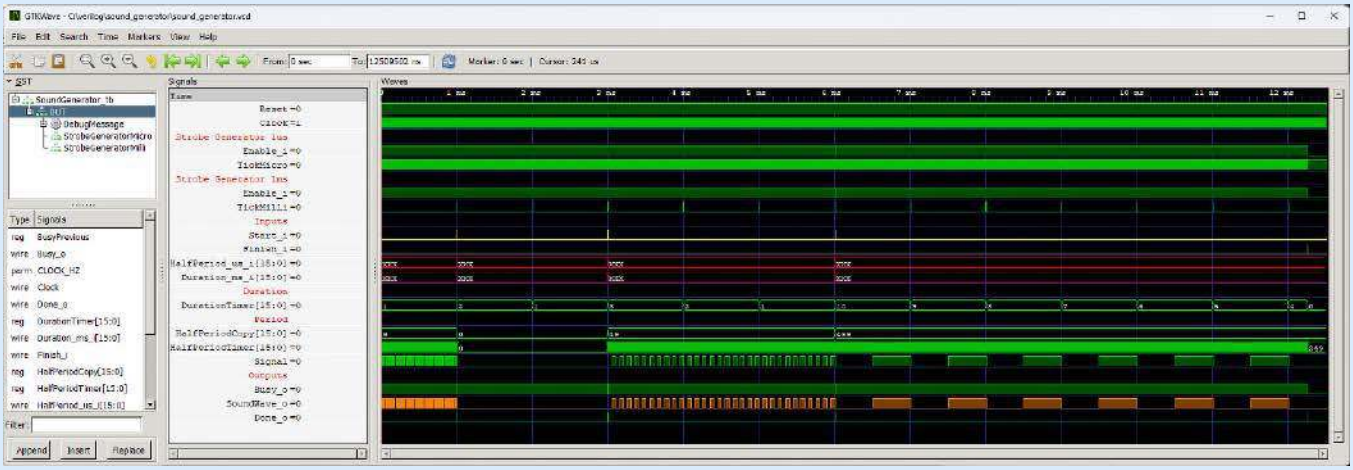
Fotografia 1. Kompozytor dzwonków z Nokii 3310

nuty z pamięci i przekazywał je do modułu odtwarzającego pojedyncze dźwięki tak długo, aż melodia się skończy lub zostanie wciśnięty przycisk Stop. W ten sposób poznamy metodę, jak zgrać ze sobą dwa moduły, gdzie praca jednego jest uzależniona od funkcjonowania drugiego. Ponadto, co najważniejsze, poznamy różne sposoby implementacji pamięci w układach FPGA MachXO2. Dodatkowo na multipleksowanym wyświetlaczu LED, który poznaliśmy w 9 odcinku kursu, wyświetlać będziemy długość trwania nuty oraz jej czas półokresu na potrzeby debugowania układu.

W roli głośnika wykorzystamy prosty i niedrogi brzęczyk. Na płytce User Interface Board, współpracującej z MachXO2 Mega, zastosowano układ, którego schemat widzimy na **rysunku 2**. Pin Buzzer został połączony z linią 28 układu FPGA. Stan wysoki sygnału Buzzer powoduje otwarcie się tranzystora T90, w związku z czym przez niego (a więc i przez cewkę głośnika) płynie prąd. Otwarcie i zamknięcie tranzystora powoduje „pyknięcie" głośnika. Kiedy „pyknięcia" zdarzają się z odpowiednio dużą częstotliwością, nasze uszy



Rysunek 1. Schemat podłączenia głośnika



Rysunek 2. Przebiegi sygnałów uzyskane podczas symulacji

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl ed26111aec

Listing 1. Plik sound_generator.v

```
// Plik sound_generator.v
`default_nettype none
module SoundGenerator #(
    parameter  CLOCK_HZ = 10_000_000
)(
    input wire Clock,                                   // 1
    input wire Reset,

    input wire Start_i,                                 // 2
    input wire Finish_i,                                // 3
    input wire [15:0] Duration_ms_i,                    // 4
    input wire [15:0] HalfPeriod_us_i,                  // 5

    output wire SoundWave_o,                            // 6
    output wire Busy_o,                                 // 7
    output wire Done_o                                  // 8
);

    // Generator impulsów co 1 milisekundę
    wire TickMilli;                                     // 9
    StrobeGenerator #(
        .CLOCK_HZ(CLOCK_HZ),
        .PERIOD_US(1000)
    ) StrobeGeneratorMilli(
        .Clock(Clock),
        .Reset(Reset),
        .Enable_i(Busy_o || Start_i),                   // 10
        .Strobe_o(TickMilli)
    );

    // Generator impulsów co 1 mikrosekundę
    wire TickMicro;                                     // 11
    StrobeGenerator #(
        .CLOCK_HZ(CLOCK_HZ),
        .PERIOD_US(1)
    ) StrobeGeneratorMicro(
        .Clock(Clock),
        .Reset(Reset),
        .Enable_i(Busy_o || Start_i),                   // 12
        .Strobe_o(TickMicro)
    );

    // Timer kontrolujący długość dźwięku
    reg [15:0] DurationTimer;                           // 13
    always @(posedge Clock, negedge Reset) begin
        if(!Reset)
            DurationTimer <= 0;
        else if(Start_i)                                // 14
            DurationTimer <= Duration_ms_i;
        else if(Busy_o && TickMilli)                    // 15
            DurationTimer <= DurationTimer - 1'b1;
        else if(Finish_i)                               // 16
            DurationTimer <= 0;
    end

    // Sygnał zajętości
    assign Busy_o = |DurationTimer;                     // 17

    // Wykrywacz zbocza sygnału zajętości
    reg BusyPrevious;                                   // 18
    always @(posedge Clock, negedge Reset) begin
        if(!Reset)
            BusyPrevious <= 0;
        else
            BusyPrevious <= Busy_o;                     // 19
    end

    assign Done_o = !Busy_o && BusyPrevious;            // 20

    // Generowanie sygnału o zadanej częstotliwości
    reg        Signal;                                  // 21
    reg [15:0] HalfPeriodCopy;                          // 22
    reg [15:0] HalfPeriodTimer;                         // 23
    always @(posedge Clock, negedge Reset) begin
        if(!Reset) begin
            Signal          <= 0;
            HalfPeriodCopy  <= 0;
            HalfPeriodTimer <= 0;
        end else begin

            // Początek pracy
            if(Start_i) begin                           // 24
                HalfPeriodTimer <= HalfPeriod_us_i;     // 25
                HalfPeriodCopy  <= HalfPeriod_us_i;
                DebugMessage();                         // 26

            // W trakcie pracy
            end else if(HalfPeriodCopy != 16'd0) begin  // 27
                if(TickMicro && Busy_o) begin
                    if(HalfPeriodTimer == 16'd0) begin  // 28
                        Signal          <= ~Signal;
                        HalfPeriodTimer <= HalfPeriodCopy;
                    end else begin                      // 29
                        HalfPeriodTimer <= HalfPeriodTimer - 1'b1;
                    end
                end
            // Brak generowania dźwięku
            end else begin
                Signal <= 1'b0;
            end
        end
    end

    assign SoundWave_o = Busy_o ? Signal : 1'b0;        // 30

    // Wyświetlanie informacji debugowych
    task DebugMessage();                                // 31
        begin: message                                  // 32
            integer Frequency;                          // 33

            if(HalfPeriod_us_i == 16'd0)                // 34
                Frequency = 0;
            else
                Frequency = 1_000_000 / ((HalfPeriod_us_i + 1) * 2);

            $display("%t %d %d %d",                     // 35
                $realtime,
                Duration_ms_i,
                HalfPeriod_us_i,
                Frequency
            );
        end
    endtask                                             // 36

endmodule
`default_nettype wire
```

odbierają je jako dźwięk – strasznie piszczący i niezbyt przyjemny, ale jakość dźwięku nie jest priorytetem w kursie FPGA.

Moduł SoundGenerator

Zacznijmy od przeanalizowania kodu z **listingu 1**.

Zastanówmy się, jak w ogóle zabrać się za odtwarzacz pojedynczej nuty. Zacznijmy od określenia portów wejścia i wyjścia modułu. To, co najbardziej oczywiste, to wyjście sygnału dźwiękowego. Zrealizujemy je najprościej, jak to jest możliwe – czyli będzie ono generować sygnał prostokątny o stałym wypełnieniu 50% i zmiennej częstotliwości. Wyjście sygnału dźwiękowego nazwane będzie **SoundWave_o** (linia 6).

Moduł ma współpracować z modułem nadrzędnym, podającym informacje o nutach do odtworzenia. Musi zatem informować o tym, że jest gotowy do rozpoczęcia pracy lub że pozostaje jeszcze zajęty. Sygnał **Busy_o** (linia 7) będzie mówił nam o tym, czy moduł aktualnie wykonuje jakąś operację. Stan wysoki oznaczać będzie, że dźwięk właśnie jest w trakcie odtwarzania i wtedy moduł ignoruje wszystkie swoje wejścia (z wyjątkiem **Finish_i**). Stan niski będzie informować o bezczynności modułu. Przyda się także wyjście **Done_o** (linia 8), które działać będzie w nieco inny sposób. Dopiero w momencie zakończenia pracy stan tego wyjścia ustawi się w stan wysoki na jeden cykl zegarowy, a przez cały pozostały czas to wyjście będzie w stanie niskim.

Moduł oczywiście wyposażymy w standardowe wejścia **Clock** i **Reset** (linia 1), tak jak prawie wszystkie inne moduły, które dotychczas poznaliśmy. Oprócz tego będziemy mieć dwa wejścia **Start_i** (linia 2) oraz **Finish_i** (linia 3), które służyć będą do rozpoczynania odtwarzania dźwięku i przerywania odtwarzania w dowolnym momencie. Aby rozpocząć lub zatrzymać pracę modułu, należy jeden z tych sygnałów ustawić w stan wysoki na czas jednego taktu sygnału zegarowego.

Pozostaje już tylko ustalić, w jaki sposób będziemy informować moduł o częstotliwości i długości dźwięku. Do programowania długości dźwięku utworzymy 16-bitowe wejście **Duration_ms_i** (linia 4), na którym należy podać żądaną długość dźwięku w milisekundach. W ten sposób będziemy ustawiać czas w zakresie od 1 do 65 535 milisekund. Może to trochę za szeroki przedział, ale zakres 8-bitowy byłby za mały. Dałoby się to zagadnienie zoptymalizować, ale moją intencją było zachowanie prostoty kodu.

Z ustawieniem częstotliwości dźwięku jest pewien problem. Musielibyśmy w jakiś sposób przeliczyć częstotliwość na okres sygnału, obliczając odwrotność częstotliwości. W procesorze nie byłoby żadnego problemu, jednak w FPGA obliczenia matematyczne stają się kłopotliwe. To, co w FPGA można robić łatwo, to liczenie taktów zegarowych. Zatem może lepiej będzie obejść problem dookoła i zamiast podawać częstotliwość sygnału dźwiękowego, podawać jego okres? Otóż to! Okres to przecież pewien czas, który jest równy jakiejś liczbie taktów zegarowych. A jeszcze lepiej będzie podawać półokres, bo czas, kiedy sygnał **SoundWave_o** jest w stanie niskim i wysokim, jest taki sam (sygnał ma wszak współczynnik wypełnienia równy 50%). Zatem sygnał **SoundWave_o** będzie odwracany po każdym półokresie sygnału dźwiękowego.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl ed26111aec

Częstotliwość dźwięków słyszanych przez człowieka to zakres od około 16 Hz do 20000 Hz, choć najbardziej istotne dźwięki dla nas mają częstotliwość poniżej 4000 Hz. Okres dźwięku o częstotliwości 20000 Hz to 50 µs, a półokres to 25 µs. Natomiast w przypadku 16 Hz okres to 62500 µs, a półokres wynosi 31250 µs. Zatem wygodnie będzie, jeżeli wejście **HalfPeriod_us_i** (linia 5) będzie wejściem 16-bitowym, gdzie półokres będzie określony w mikrosekundach. Zero będzie tutaj wartością specjalną – oznaczać będzie pauzę, czyli przerwę w generowaniu dźwięku. Pauza, podobnie jak wszystkie nuty, ma także określony czas trwania.

Następnie musimy zrealizować dwie operacje jednocześnie – odmierzanie długości nuty i generowanie sygnału o zadanej częstotliwości. Skoro długość dana jest w milisekundach, a półokres w mikrosekundach, to potrzebujemy wzorca tych jednostek czasu. W liniach 9 i 11 tworzymy zmienne **TickMilli** oraz **TickMicro**. Służą one do rozprowadzania sygnałów strobe, generowanych przez **StrobeGeneratorMilli** oraz **StrobeGeneratorMicro**, które utworzone zostały kilka linijek niżej. W ten sposób uzyskujemy sygnały, które na jeden takt zegara przyjmują stan wysoki i dziać się to będzie co jedną milisekundę oraz jedną mikrosekundę.

Wykorzystujemy dwie instancje modułu **StrobeGenerator**, który znamy z poprzednich odcinków kursu, ale wprowadzimy w nim małe zmiany. W liniach 10 oraz 12 pojawiło się nowe wejście **Enable_i**, którego nie było w poprzednich odcinkach. Stan wysoki na tym wejściu oznacza zezwolenie na pracę, natomiast stan niski zatrzymuje generowanie strobów i zeruje liczniki w taki sposób, aby po ponownym uruchomieniu pierwszy sygnał strobe pojawił się dokładnie po milisekundzie lub mikrosekundzie. Oba moduły StrobeGenerator będą pracować, kiedy w stan wysoki jest ustawiony sygnał **Start_i** (ten jest ustawiany na jeden takt zegara) lub **Busy_o** (który jest w stanie wysokim tak długo, jak długo moduł odtwarza dźwięk).

Przeskoczmy teraz do **listingu 2**, gdzie zaprezentowano zmodyfikowany **StrobeGenerator**. Omawialiśmy go szczegółowo w 9. odcinku kursu, więc podam tylko zmiany, jakie zostały wprowadzone. W linii 1 pojawiło się wejście **Enable_i**. Stan tego wejścia jest sprawdzany w linii 2. Jeżeli jest on w stanie wysokim, to moduł działa (przypominam, że licznik **Counter** liczy w dół od wartości początkowej do zera), natomiast jeżeli jest w stanie niskim, to **Counter** zostaje załadowany wartością początkową, określoną poprzez parametr DELAY.

Listing 2. Zmodyfikowany kod modułu StrobeGenerator

```
// Plik strobe_generator.v
`default_nettype none
module StrobeGenerator #(
    parameter   CLOCK_HZ    = 10_000_000,
    parameter   PERIOD_US   = 100
)(
    input wire  Clock,
    input wire  Reset,
    input wire  Enable_i,                          // 1
    output reg  Strobe_o
);

    localparam DELAY = (CLOCK_HZ / 1_000_000) * PERIOD_US - 1;
    localparam WIDTH = $clog2(DELAY + 1);

    initial begin
        if(DELAY <= 0)
            $fatal(0, "Wrong DELAY value: %d", DELAY);
    end

    reg [WIDTH-1:0] Counter;

    always @(posedge Clock, negedge Reset) begin
        if(!Reset) begin
            Counter      <= DELAY;
            Strobe_o     <= 1'b0;
        end else if(Enable_i) begin                // 2
            if(!Counter) begin
                Counter  <= DELAY;
                Strobe_o <= 1'b1;
            end else begin
                Counter  <= Counter - 1'b1;
                Strobe_o <= 1'b0;
            end
        end else begin                             // 3
            Counter <= DELAY;
        end
    end

endmodule
`default_nettype wire
```

Wracamy do listingu 1. Zobaczmy, jak kontrolowany jest czas odtwarzania dźwięku.

W linii 13 tworzymy 16-bitowy **DurationTimer**, który odpowiedzialny będzie za odmierzanie długości nuty. W bloku **always**, który tworzymy poniżej, możliwe są cztery działania, w zależności od tego, który warunek zostanie spełniony. Pierwszy, jak zwykle, to asynchroniczne zerowanie licznika, jeżeli sygnał **Reset** jest w stanie niskim.

Następnie, jeżeli sygnał **Start_i** jest w stanie wysokim, przepisujemy stan wejścia **Duration_ms_i** do licznika **DurationTimer** (linia 14). Dalej, jeżeli jednocześnie sygnały **Busy_o** oraz **TickMilli** są w stanie wysokim, to stan licznika zmniejsza się o jeden (linia 15). W taki sposób będziemy dekrementować licznik milisekund, zaczynając od wartości początkowej do zera. Alternatywnie, licznik może zostać wyzerowany, jeżeli wejście **Finish_i** zostanie ustawione w stan wysoki (linia 16) i wtedy moduł przestanie odtwarzać dźwięk.

Sygnał **Busy_o**, który już parę razy pojawił się w tekście, zależy od licznika **DurationTimer** (linia 17). Jeżeli jego wartość jest większa od zera, stan **Busy_o** jest wysoki. Można to sprawdzić na dwa sposoby. Pierwszy to zastosowanie operatora redukcji OR, którego symbol to |. Wystąpienie jedynki na dowolnym bicie zmiennej oznacza, że ta zmienna jest większa od zera (dotyczy zmiennej całkowitej bez znaku!). Drugi to operator nierówności DurationTimer != 16'd0. Co ciekawe, te sposoby nieznacznie różnią się pod względem zapotrzebowania na zasoby w FPGA.

Aby uzyskać sygnał **Done_o**, który ustawiany jest na jeden takt zegara po tym, jak moduł skończy odtwarzać dźwięk, musimy utworzyć prosty detektor zbocza. W tym celu tworzymy 1-bitową zmienną **BusyPrevious** (linia 18.). Następnie, w bloku **always** poniżej, w każdym cyklu zegarowym przepisujemy do tej zmiennej aktualny stan **Busy_o** (w każdym takcie zegara stan tego sygnału może się zmienić, więc przepisujemy jego stan, jaki panował przed wystąpieniem zbocza zegara, a nie po!).

Finalnie, sygnał **Done_o** uzyskujemy w linii 20 – wykorzystując instrukcję assign sprawdzamy, czy aktualny stan **Busy_o** jest niski i jednocześnie czy **BusyPrevious** jest wysoki. W takiej sytuacji **Done_o** zostanie ustawione w stan wysoki na jeden okres sygnału zegarowego.

Zobaczmy teraz, w jaki sposób generowany jest sygnał o zadanej częstotliwości.

Najpierw musimy utworzyć kilka zmiennych. Służyć będą do przechowywania jakichś danych, więc zostaną zadeklarowane jako typ reg. W linii 21 tworzymy 1-bitową zmienną **Signal** (jest to pojedynczy przerzutnik D), która ma generować sygnał o żądanej częstotliwości, doprowadzony do głośnika poprzez wyjście **SoundWave_o**.

W liniach 22 i 23 tworzymy 16-bitowe rejestry **HalfPeriodTimer** oraz **HalfPeriodCopy**. Jak nietrudno się domyślić, **HalfPeriodTimer** będzie funkcjonował jako licznik liczący w dół od wartości początkowej do zera, a **HalfPeriodCopy** będzie przechowywał wartość początkową. W momencie wyzerowania licznika **HalfPeriodTimer** zostanie zanegowany stan przerzutnika **Signal**.

Przejdźmy do linii 24. W momencie, kiedy stan wejścia **Start_i** jest wysoki (a powinien być taki tylko przez jeden takt zegara), kopiujemy dane z wejścia **HalfPeriod_us_i** do rejestrów **HalfPeriodTimer** oraz **HalfPeriodCopy**. Można by zapytać – dlaczego potrzebna jest kopia? Czy nie prościej byłoby ładować timer danymi prosto z wejścia modułu? Owszem, byłoby prościej, ale to wymuszałoby na module nadrzędnym, aby nie zmieniał danych na wejściu przez cały czas odtwarzania dźwięku. Takie wymaganie może być problematyczne do realizacji i może prowadzić do trudno wykrywalnych błędów. Ponadto, w FPGA często przygotowujemy nowe dane dla modułu, w czasie kiedy on jeszcze wykonuje poprzednio zadaną operację. W tym przypadku byłoby to odczytanie z pamięci kolejnej nuty w czasie, kiedy poprzednia jeszcze jest odtwarzana. Z tego powodu właśnie

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl ed26111aec

musimy skopiować „polecenie” w momencie, kiedy sygnał **Start_i** jest w stanie wysokim. Przypominam, że wejście **Start_i** informuje moduł, że na wejściach znajdują się jakieś ważne dane i przy najbliższym zboczu zegara moduł ma te dane odczytać i coś z nimi zrobić. Kiedy **Start_i** jest w stanie niskim, to dane na wejściach **Duration_ms_i** oraz **HalfPeriod_us_i** mogą się dowolnie zmieniać bez żadnego wpływu na pracę modułu.

W linii 26. znajduje się coś nowego. Mamy tam instrukcję **DebugMessage()**, która wygląda niczym funkcja. Jednak to nie jest funkcja, lecz task. Stwierdziłem, że mamy tutaj doskonałą okazję na zademonstrowanie nowych, nieomawianych dotychczas funkcjonalności języka Verilog. Taski i funkcje to temat dość obszerny, lecz dzisiaj wykorzystamy prosty task do „drukowania” na konsoli informacji debugowych.

Task rozpoczynamy instrukcją **task** i kończymy poprzez **endtask**. Przypomina to trochę **module** oraz **endmodule**, tym bardziej że task może mieć wejścia i wyjścia tak samo jak moduł. Jednak w konstrukcji tasków jest pewne dziwadło – jeżeli wewnątrz tasku znajduje się więcej niż jedna instrukcja, to trzeba cały task objąć blokiem **begin-end**. A żeby było jeszcze dziwniej, jeżeli wewnątrz tego bloku chcemy utworzyć jakąś zmienną, blok begin-end musi zostać jakoś nazwany (obojętnie jak). Przykład takiego rozwiązania widzimy w linii 32.

Celem naszego tasku jest wyświetlenie danych wejściowych, odbieranych przez moduł, kiedy **Start_i** jest w stanie wysokim. Dodatkowo chcemy, żeby task przeliczył półokres na częstotliwość, co będzie dla nas bardziej zrozumiałe. W tym celu tworzymy zmienną **Frequency** typu **integer** (uwaga na przyzwyczajenia z C – w Verilogu zmienna całkowita to integer, a nie int). W linii 34 przeliczamy półokres na częstotliwość, a linijkę niżej wyświetlamy wszystkie te parametry na konsoli za pomocą instrukcji **$display**.

Przejdźmy do linii 27. W tym miejscu działanie algorytmu zmienia się w zależności od tego, czy mamy odtwarzać jakiś dźwięk, czy ma wystąpić pauza. Pauzę od nuty odróżniamy po tym, że czas półokresu pauzy to zero. W związku z tym sprawdzamy, czy kopia półokresu jest różna od zera.

Jeżeli kopia półokresu jest różna od zera, to wtedy czekamy, aż pojawi się stan wysoki na **TickMicro,** kiedy jednocześnie moduł pracuje (czyli **Busy_o** jest w stanie wysokim) i wtedy zmniejszamy **HalfPeriodTimer** o jeden (linia 29), a jeżeli **HalfPeriodTimer** już jest równy zero, to wtedy ładujemy go ponownie kopią półokresu **HalfPeriodCopy** i odwracamy stan przerzutnika **Signal** (linia 28).

Jeżeli natomiast kopia półokresu jest równa zero (czyli mamy pauzę), to w takim przypadku do **Signal** wpisujemy na stałe zero. Dlaczego nie możemy po prostu zostawić tej zmiennej w takim stanie, w jakim była wcześniej, nawet jeżeli to byłby stan wysoki? Przecież ustawienie stanu wysokiego na stałe nie będzie powodowało żadnego dźwięku. Owszem, jest to prawda, ale rzućmy okiem jeszcze raz na schemat z rysunku 2. Stan wysoki spowoduje otwarcie tranzystora i przepływ prądu przez cewkę głośnika. Jest to sytuacja niepożądana i dlatego ustawiamy ten sygnał w stan niski, aby zamknąć tranzystor, kiedy żaden dźwięk nie jest odtwarzany.

Z tego samego powodu wyjście **SoundWave_o** jest sterowane za pomocą operatora warunkowego (linia 30). Jeżeli moduł pracuje, czyli **Busy_o** jest w stanie wysokim, to **SoundWave_o** połączone jest przerzutnikiem **Signal**, a jeżeli nie, to na wyjściu jest na stałe stan niski.

Symulacja

Zanim utworzymy moduł top i wgramy bitstream do FPGA, najpierw przetestujmy nasz moduł w symulatorze, aby mieć pewność, że działa tak, jak tego oczekujemy. Na **listingu 3** pokazano kod testbencha, który można uruchomić w symulatorze Icarus Verilog (został on omówiony w 12. odcinku kursu) za pomocą skryptu z **listingu 4**. Po wykonaniu

Listing 3. Kod pliku sound_generator_tb.v

```
// Plik sound_generator_tb.v

`timescale 1ns/1ns
`default_nettype none
module SoundGenerator_tb();

    parameter CLOCK_HZ       = 2_000_000;
    parameter HALF_PERIOD_NS = 1_000_000_000 / (2 * CLOCK_HZ);

    // Generator sygnału zegarowego
    reg Clock = 1'b1;
    always begin
        #HALF_PERIOD_NS;
        Clock = !Clock;
    end

    // Zmienne testowe
    reg Reset  = 1'b0;
    reg Start  = 1'b0;
    reg Finish = 1'b0;
    reg [15:0] Duration_ms   = 16'd0;
    reg [15:0] HalfPeriod_us = 16'd0;
    wire Done;
    wire Busy;
    wire SoundWave;

    // Instancja testowanego modułu
    SoundGenerator #(
        .CLOCK_HZ(CLOCK_HZ)
    ) DUT(
        .Clock(Clock),
        .Reset(Reset),
        .Start_i(Start),
        .Finish_i(Finish),
        .Duration_ms_i(Duration_ms),
        .HalfPeriod_us_i(HalfPeriod_us),
        .SoundWave_o(SoundWave),
        .Busy_o(Busy),
        .Done_o(Done)
    );

    // Eksport zmiennych do pliku VCD
    initial begin
        $dumpfile("sound_generator.vcd");
        $dumpvars(0, SoundGenerator_tb);
    end

    // Sekwencja testowa
    initial begin
        $timeformat(-6, 3, "us", 12);
        $display("===== START =====");
        $display("        Time Durat HaPer        Freq");

        #1 Reset <= 1'b1;

        repeat(10) @(posedge Clock);          // 1

        // 1ms, 50kHz
        Duration_ms   <= 16'd1;               // 2
        HalfPeriod_us <= 16'd9;               // 3
        Start         <= 1'b1;                // 4
        @(posedge Clock);                     // 5
        Duration_ms   <= 16'dX;               // 6
        HalfPeriod_us <= 16'dX;               // 7
        Start         <= 1'b0;                // 8
        @(posedge Done);                      // 9

        // 2ms, pauza
        Duration_ms   <= 16'd2;
        HalfPeriod_us <= 16'd0;
        Start         <= 1'b1;
        @(posedge Clock);
        Duration_ms   <= 16'dX;
        HalfPeriod_us <= 16'dX;
        Start         <= 1'b0;
        @(posedge Done);

        // 3ms, 10kHz
        Duration_ms   <= 16'd3;
        HalfPeriod_us <= 16'd49;
        Start         <= 1'b1;
        @(posedge Clock);
        Duration_ms   <= 16'dX;
        HalfPeriod_us <= 16'dX;
        Start         <= 1'b0;
        @(posedge Done);

        // 10ms, 100Hz
        Duration_ms   <= 16'd10;
        HalfPeriod_us <= 16'd499;
        Start         <= 1'b1;
        @(posedge Clock);
        Duration_ms   <= 16'dX;
        HalfPeriod_us <= 16'dX;
        Start         <= 1'b0;
        repeat(50000) @(posedge Clock);       // 10

        // Zakończenie pracy
        Finish        <= 1'b1;                // 11
        @(posedge Clock);
        Finish        <= 1'b0;
        @(posedge Clock);
        repeat(10) @(posedge Clock);

        #1 $display("====== END ======");
        #1 $finish;
    end

endmodule
`default_nettype wire
```


Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl ed26111aec

symulacji powinniśmy zobaczyć na konsoli takie komunikaty, jakie są na **listingu 5**.

Konstrukcja modułu testbench jest bardzo typowa i podobna do tego, co widzieliśmy już w poprzednich odcinkach kursu. Na początku tworzymy generator sygnału zegarowego o częstotliwości określonej parametrem **CLOCK_HZ** (równej 2 MHz), aby łatwiej można było oglądać przebiegi sygnałów w przeglądarce. Następnie tworzymy kilka zmiennych oraz instancję testowanego modułu. Nie ma tu nic nowego, czego nie widzielibyśmy w poprzednich odcinkach, więc przejdźmy od razu do omawiania sekwencji testowej.

Podczas symulacji będziemy modyfikować zaledwie trzy zmienne – za pomocą 16-bitowych zmiennych **Duration_ms** oraz **HalfPeriod_us** będziemy konfigurować parametry dźwięku, a 1-bitową zmienną **Start** będziemy uruchamiać moduł. W ten sposób uzyskamy przebiegi takie, jak pokazano na **rysunku 3**.

W linii 1 czekamy 10 cykli zegarowych. Ma to na celu „narysowanie" odstępu na wykresie, aby trochę zwiększyć jego czytelność. Następnie, odtworzymy dźwięk o częstotliwości 50 kHz i trwający 1 milisekundę. W tym celu w linii 2 do zmiennej **Duration_ms** wpisujemy 1.

Dźwięk o częstotliwości 50 kHz ma okres 20 µs, zatem jego półokres to 10 µs. Moduł wymaga podania półokresu pomniejszonego o 1 i dlatego w linii 3 do zmiennej **HalfPeriod_us** wpisujemy wartość 9. Ostatnią czynnością jest ustawienie wejścia **Start_i** w stan wysoki (linia 4), aby poinformować moduł SoundGenerator, że na swoich wejściach ma istotne dane i powinien rozpocząć pracę.

Pozostaje tylko poczekać na rosnące zbocze sygnału zegarowego, które spowoduje, że moduł odczyta dane i rozpocznie funkcjonowanie (linia 5).

Sygnał **Start_i** powinien być w stanie wysokim tylko przez jeden cykl zegarowy. Dlatego w linii 8 zerujemy zmienną **Start**. Zmienne przechowujące czas i półokres są nieistotne, kiedy **Start_i** jest w stanie niskim. Moglibyśmy pozostawić je bez zmian, jednak aby podkreślić ich nieistotność, w liniach 6 i 7 wpisujemy do nich stan X – czyli niezdefiniowany.

Zobacz teraz zrzut ekranu z symulatora, pokazany na **rysunku 4**. Jest to zbliżenie na pierwsze chwile symulacji, gdzie dokładnie widać skutki działania instrukcji, opisanych w powyższych akapitach.

Listing 4. Kod skryptu sound_generator.bat

```
@echo off
iverilog -o sound_generator.o sound_generator.v sound_generator_tb.v strobe_generator.v
vvp sound_generator.o
del sound_generator.o
```

Listing 5. Log z konsoli po wykonaniu symulacji

```
VCD info: dumpfile sound_generator.vcd opened for output.
===== START =====
         Time Durat HaPer        Freq
      5.500us     1     9       50000
   1006.000us     2     0           0
   3006.000us     3    49       10000
   6009.000us    10   499        1000
====== END ======
sound_generator_tb.v:115: $finish called at 12509502 (1ns)
```

Listing. 6. Kod pliku top.v

```
// Plik top.v

`default_nettype none
module top(
    input  wire Reset,              // Przycisk K0
    input  wire Play_i,             // Przycisk enkodera E41
    input  wire Stop_i,             // Przycisk enkodera E42
    output wire SoundWave_o,        // Głośniczek
    output wire Busy_o              // Dioda LED D0
);

    // Generator sygnału zegarowego
    parameter CLOCK_HZ = 14_000_000;
    wire Clock;
    OSCH #(
        .NOM_FREQ("14.00")
    ) OSCH_inst(
        .STDBY(1'b0),
        .OSC(Clock),
        .SEDSTDBY()
    );

    // Instancja generatora dźwięków
    SoundGenerator #(
        .CLOCK_HZ(CLOCK_HZ)
    ) SoundGenerator_inst(
        .Clock(Clock),
        .Reset(Reset),
        .Start_i(!Play_i),              // 1
        .Finish_i(!Stop_i),             // 2
        .Duration_ms_i(16'd1000),       // 3
        .HalfPeriod_us_i(16'd100),      // 4
        .SoundWave_o(SoundWave_o),      // 5
        .Busy_o(Busy_o),                // 6
        .Done_o()
    );

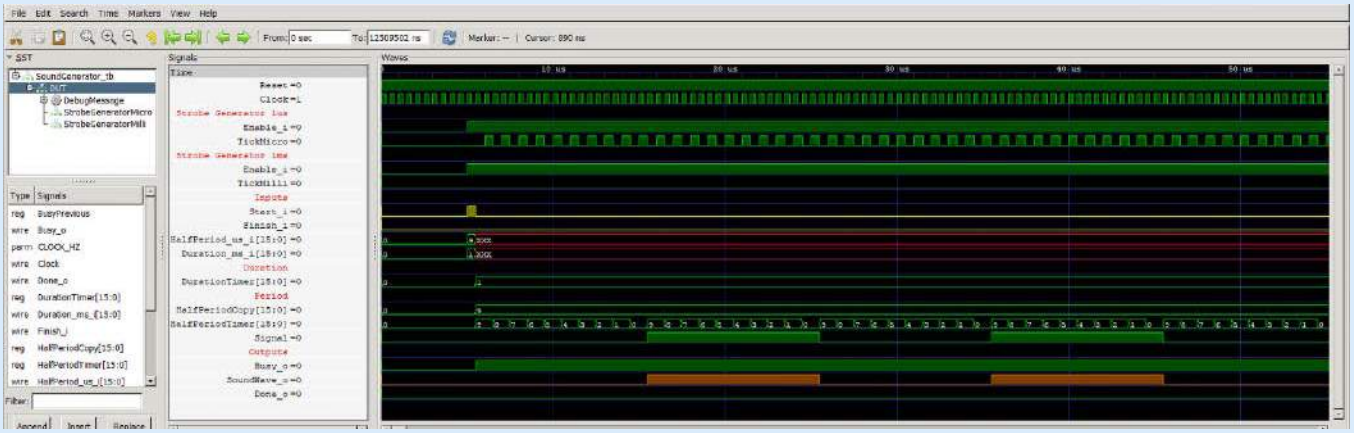
endmodule
`default_nettype wire
```

REKLAMA

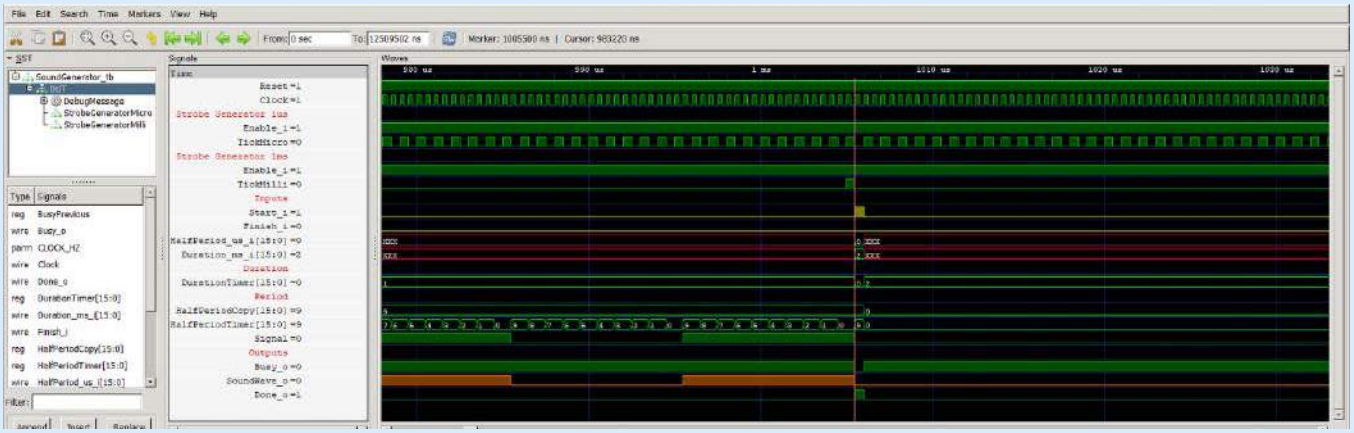


Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 3. Zbliżenie na uruchomienie pierwszej nuty



Rysunek 4. Zbliżenie na koniec pierwszej nuty i początek pauzy

Sygnał Start specjalnie zaznaczono kolorem żółtym, a stany nieistotne X sygnalizuje kolor czerwony.

Moduł zaczyna pracować, co można stwierdzić po zmianie sygnału **Busy_o** z 0 na 1. Ponadto widzimy, że licznik **HalfPeriodTimer** zaczął cyklicznie odliczać od 9 do 0, a na wyjściu **Sound_o** pojawił się sygnał o żądanej częstotliwości.

Czekamy na koniec pracy. Moduł zasygnalizuje to, ustawiając wyjście **Done_o** w stan wysoki na jeden takt zegarowy. Instrukcja czekania na zbocze rosnące tego sygnału znajduje się w linii 9. Moment zakończenia pierwszej nuty oraz załadowania kolejnej (pauzy o długości 2 ms i półokresie 0) pokazano na **rysunku 5**.

W ten sposób testujemy kilka dźwięków. Po zakończeniu odtwarzania dźwięku 50 kHz o długości 1 ms następuje pauza o długości 2 ms, dalej 10 kHz przez 3 ms, a później 100 Hz przez 10 ms. Jednak ostatni dźwięk przerwiemy przed upływem zadanego czasu. Z tego powodu w linii 10 nie oczekujemy na sygnał **Done**, tylko czekamy 50000 taktów zegarowych. Tę liczbę dobrałem doświadczalnie, aby wykres na rysunku 3 wyglądał optymalnie.

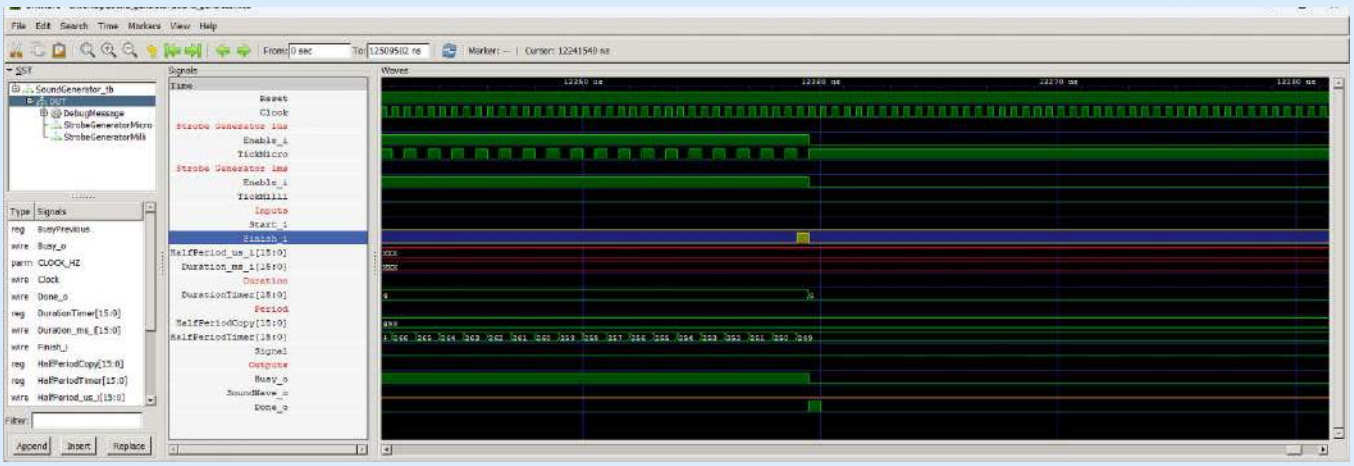
Przerwanie odtwarzania następuje na skutek ustawienia wejścia **Finish_i** w stan wysoki (linia 11). Czekamy na kolejne zbocze zegara i ustawiamy to wejście z powrotem w stan niski. Tę sytuację obrazuje **rysunek 6**.

Przetestowaliśmy moduł generujący dźwięki – czas najwyższy, aby sporządzić moduł top i przetestować nasz projekt na żywo w FPGA.

Moduł Top

Moduł top będzie bardzo prosty. Jego kod pokazano na **listingu 6**. Zacznijmy od omówienia wejść i wyjść:

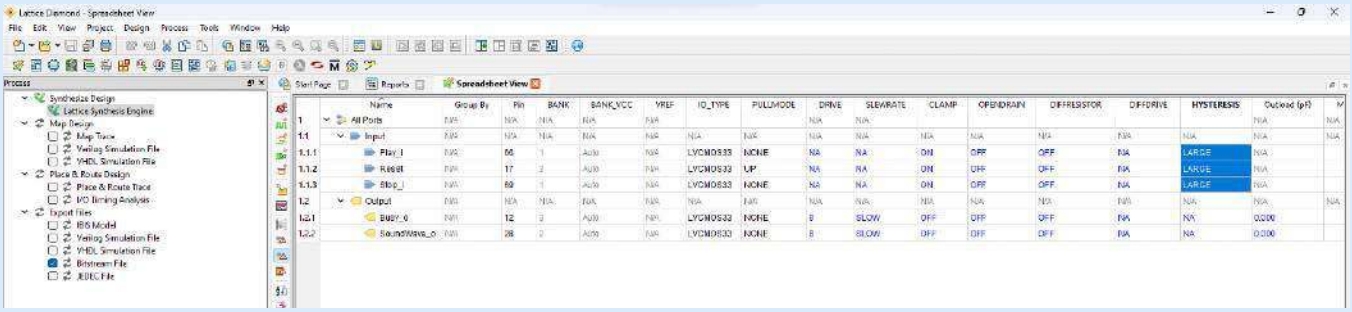
- **Reset** – sygnał resetujący, podłączony do przycisku K0 na płytce MachXO2 Mega, aktywny w stanie niskim.



Rysunek 5. Przerwanie odtwarzania dźwięku sygnałem Finish

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl ed26111aec



Rysunek 6. Konfiguracja pinów w Spreadsheet

- **Play_i** – sygnał rozpoczynający odtwarzanie dźwięku, podłączony do przycisku w enkoderze E41 na płytce User Interface Board, aktywny w stanie niskim.
- **Stop_i** – sygnał przerywający odtwarzanie dźwięku, podłączony do przycisku w enkoderze E41 na płytce User Interface Board, aktywny w stanie niskim.
- **SoundWave_o** – wyjście sygnału dźwiękowego do głośnika.
- **Busy_o** – sygnał informujący o pracy modułu, podłączony do diody LED D0 na płytce MachXO2 Mega.

Kod modułu **top** jest bardzo prosty i składa się zaledwie z dwóch składników. Pierwszy to instancja generatora sygnału zegarowego, pracującego z częstotliwością 14 MHz. Ten kod widzieliśmy już wielokrotnie w poprzednich odcinkach, więc nie będziemy go omawiać kolejny raz.

Następnie mamy instancję modułu **SoundGenerator**.

Łączymy ze sobą wejścia **Play_i** z **Start_i** (linia 1) oraz **Stop_i** z **Finish_i** (linia 2). Celowo użyłem innych słów, by odróżnić wejścia modułu **top** oraz **SoundGenerator**. Zwróć uwagę, że sygnały **Play_i** oraz **Stop_i** są zanegowane za pomocą operatora !. Normalnie te sygnały są w stanie wysokim na skutek rezystorów podciągających obecnych na płytce, a naciśnięcie przycisków powoduje zwarcie linii sygnałowych do masy.

W linii 3 i 4 ustawiamy „na sztywno” czas trwania dźwięku i jego półokres. Polecam poeksperymentować z różnymi wartościami.

Pozostaje już tylko wyprowadzić sygnał dźwiękowy **SoundWave_o** (linia 5), a wyjście **Busy_o** będzie służyło do zaświecania diody LED, kiedy dźwięk jest odtwarzany (linia 6).

Po przeprowadzeniu syntezy, otwórz narzędzie Spreadsheet i skonfiguruj piny tak, jak pokazano na **rysunku 7**. Zwróć uwagę, że przyciski mają włączoną dużą histerezę – w kolumnie HYSTERESIS jest ustawiona wartość LARGE. Przyciski enkoderów na płytce User Interface Board mają filtry RC w celu odszumiania drgań styków mechanicznych. Sygnał doprowadzony do pinów FPGA jest wolnozmienny, a dodanie histerezy pozwala odczytywać stan przycisku bez usuwania tych drgań innymi metodami.

Czegoś jednak brakuje… Czy sygnały przycisków są zsynchronizowane z zegarem? Nie są. Zatem możliwe jest, że wystąpi tu problem metastabilności. Poruszaliśmy ten problem w odcinku 11, wtedy także omówiliśmy, jak go rozwiązać. Jednak tym razem przymkniemy na to oko, aby kod był prostszy.

Wygeneruj bitstream i wgraj go do FPGA. Po naciśnięciu przycisku E41 usłyszysz dźwięk o stałej częstotliwości i długości jednej sekundy. Przycisk E42 przerywa odtwarzanie dźwięku przed upływem sekundy.

W następnym odcinku utworzymy pamięć, w której będą zapisane nuty różnych melodii. Opracujemy moduł, który będzie odczytywać kolejne nuty z pamięci i przekazywać je do modułu odtwarzającego poszczególne dźwięki.

Dominik Bieczyński
leonow32@gmail.com

Zobacz więcej:
1. Repozytorium modułów wykorzystywanych w kursie https://github.com/leonow32/verilog-fpga

REKLAMA

Świat projektantów i programistów
dla elektroniki w nowej odsłonie.
Odwiedź wiecznie młody

ELPORTAL.pl

Znajdziesz nas również na Facebooku: facebook.com/ElportalPL

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl ed26111aec

koktajl niusów



Planowany udział firmy TRILUX w targach Light + Building

Firma TRILUX po raz kolejny weźmie udział w targach Light + Building, odbywających się we Frankfurcie nad Menem. Będzie to dla niej znakomita okazja do prezentacji przełomowych rozwiązań oraz usług – od nagradzanych projektów i zrównoważonego rozwoju, po inteligentne oświetlenie i IoT. Bez wątpienia, zorientowanie na klienta jest kluczowym czynnikiem sukcesu TRILUX. W ostatnich miesiącach firma ta odwiedziła klientów i partnerów w całej Europie – bezpośrednio w ramach mniejszych wydarzeń. We Frankfurcie nad Menem, w dniach 3–8 marca 2024 roku, TRILUX przedstawi odwiedzającym plejadę różnorodnych rozwiązań. Istotnym elementem na miejscu będą innowacyjne produkty, a także rozwiązania technologiczne, z uwzględnieniem takich tematów, jak: efektywność energetyczna, zrównoważony rozwój, cyfryzacja oraz indywidualizacja. Typowe dla firmy TRILUX stoisko targowe to nie tylko dane techniczne i fakty, ale również emocjonalne doświadczenia, związane z produktem i marką.

https://tiny.pl/cb83t

Najnowsza żarówka kolorowa TP-Link Tapo L535E obsługująca standard Matter



Jest to żarówka smart z pełną paletą barw RGB, zgodna z certyfikacją Matter. Produkt oferuje różnorodną gamę zastosowań, umożliwiając stworzenie romantycznego nastroju przy kolacji albo uzyskanie kinowej atmosfery, idealnej do trzymającego w napięciu thrillera. Dzięki delikatnemu światłu bez trudu można ukołysać dziecko do snu, a wieczorny relaks uprzyjemnić sobie delikatnym półmrokiem. Energooszczędna żarówka Tapo L535E stanowi świetne rozwiązanie dla osób, które zapominają o wyłączeniu światła – choćby przed wyjściem z domu. Wystarczy skorzystać z wgranej na smartfonie aplikacji Tapo, umożliwiającej zarządzanie żarówką i dostosowywanie jasności oświetlenia, w zależności od potrzeb. Pożyteczny tryb „Poza domem" sprawia, że światło zapala się, jak również gaśnie, o przypadkowych porach – co daje wrażenie obecności domowników. Przewidziano również tzw. rytm dobowy – żarówkę Tapo L535E można skonfigurować tak, by natężenie i temperaturę oświetlenia „przybliżyć" do światła naturalnego. Zaawansowana technologia LED sprawia, że żarówka jest mniej energochłonna niż większość konkurencyjnych produktów tego typu – pobiera zaledwie 8,6 W mocy, przy jasności na poziomie 1055 lm (odpowiednik tradycyjnej żarówki 75 W). Żarówkę Tapo L535E można zintegrować z asystentami głosowymi, aby wyłączyć lampę w sypialni lub zmienić jasność oświetlenia w salonie, nie używając telefonu ani ściennego wyłącznika światła.

https://www.tp-link.com/pl/press/news/20930/



Rozproszona instalacja PV pod nadzorem WAGO

Rozwiązanie bazujące na oprogramowaniu czy urządzeniach WAGO daje odpowiednio szybką reakcję na informację o zadziałaniu zabezpieczenia lub sygnałach OSD. Biorąc pod uwagę wyzwania, którym należało sprostać, można powiedzieć wprost, że jest to i będzie przez długi czas pionierskie w skali kraju rozwiązanie. Głównym zadaniem wdrożenia zaproponowanego przez WAGO jest zagwarantowanie, aby w sytuacji zadziałania zabezpieczenia w punkcie przyłączenia rozproszona instalacja została wyłączona w rozdzielnicach obiektowych – przy zachowaniu czasu wyłączenia, który musi być zgodny z warunkami przyłączenia wydanymi przez OSD. W praktyce oznaczać to musi wyłączenie całej instalacji w czasie poniżej 100 ms. W związku z tym do komunikacji pomiędzy sterownikiem nadrzędnym a sterownikami obiektowymi wykorzystuje się standard IEC 61850. Dzięki szybkiej komunikacji GOOSE można wyłączyć rozproszoną instalację PV w oczekiwanym czasie. Oprócz tego zastosowano kontroler WAGO z serii PFC200, który pełni z łatwością funkcję sterownika nadrzędnego, odpowiedzialnego za regulowanie parametrów sieci w punkcie przyłączenia. Odpowiada on również za komunikację z zabezpieczeniami e²Tango oraz wymianę informacji z operatorami systemu dystrybucyjnego. Jako sterowniki obiektowe zastosowano natomiast kontrolery CC100 – odpowiadają one za komunikację z inwerterami i sygnalizację na rozdzielnicach oraz włączanie i wyłączanie instalacji fotowoltaicznej.

https://tiny.pl/cb83d

Walcz z rosnącymi kosztami energii – używaj przełączników sieciowych Zyxel Networks

Najmniejsze firmy są niewątpliwie jednymi z podmiotów najbardziej narażonych na wahania cen energii elektrycznej, a redukcja wszelakich kosztów to dla nich kwestia przetrwania. Zapewniane przez Zyxel Networks przełączniki sieciowe przychodzą przedsiębiorcom z pomocą, pozwalając zidentyfikować obszary, w których można zwiększyć wydajność oraz podjąć działania, mające na celu oszczędzanie energii elektrycznej. Dzięki funkcji PoE w przełącznikach: Smart

eprasa.pl ed26111aec



Managed, Layer 2 Plus oraz Layer 3 Access PoE, użytkownicy mogą z łatwością określić, kiedy przełączniki sieciowe mają zapewnić zasilanie do urządzeń oraz o której godzinie zasilanie zostanie automatycznie odcięte. Co więcej, wybrane przełączniki Zyxel Networks, takie jak np. rodzina XGS2220, mogą pochwalić się inteligentną konstrukcją wentylatora. Ta innowacja samodzielnie ustala liczbę obrotów, w zależności od temperatury urządzenia. W przypadku podmiotów, które korzystają z wielu przełączników, takich jak XGS2220-54FP, potencjalne oszczędności w skali roku mogą pokryć w zupełności przyzwoity ekspres do kawy. Dalszą optymalizację kosztów można uzyskać dzięki trybowi zużycia energii PoE. Zintegrowany z przełącznikami: Smart Managed, Layer 2 Plus oraz Layer 3 Access PoE, mierzy stan zużycia energii przez każde urządzenie, zapewniając, że otrzymują one tylko tyle mocy, ile faktycznie potrzebują. Pozwala to zaoszczędzić energię i rezerwuje więcej budżetu mocy, aby pomieścić dodatkowe urządzenia, zmniejszając całkowity koszt posiadania sieci (TCO).

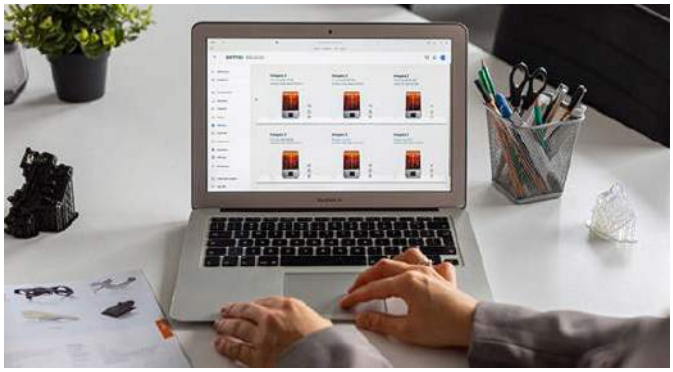
https://tiny.pl/cb835



Canon przedstawia najnowszą aplikację Multi-Camera Control na smartfony z systemem iOS

Jest to bezpłatne rozwiązanie, umożliwiające sprawne połączenie, sterowanie i monitorowanie do 4 kamer naraz. Opracowana przez Canon aplikacja zgodna jest m.in. z czterema modelami: XF605, EOS C70, EOS C300 Mark III i EOS C500 Mark II. Prosty oraz intuicyjny interfejs użytkownika zapewnia możliwość zdalnej obsługi szerokiego zakresu funkcji, np. zoomu optycznego i kontroli ekspozycji, a także dotykowego autofokusa i profili obrazu. Pozwala również na równoległe monitorowanie do 4 kamer, razem z podglądem na żywo w wysokiej jakości obrazu – z niemalże zerowym opóźnieniem. Istnieje możliwość zmiany kluczowych ustawień w kamerach, które można wyświetlić na intuicyjnym pulpicie nawigacyjnym z często używanymi funkcjami. Prócz tego przewidziano opcję łatwego i szybkiego tworzenia do 5 grup kamer z maksimum 4 modelami w każdej z nich. Rozpoczęcie albo zatrzymanie nagrywania dla wszystkich kamer można zainicjować w tym samym czasie, a podgląd na żywo można dostosować do wyświetlania większych lub mniejszych obrazów z kamer, zgodnie z preferencjami użytkownika.

https://tiny.pl/cb83p



Dlaczego warto zarządzać farmą druku 3D za pomocą Zortrax inCloud?

Prowadzenie farmy druku 3D nie oznacza, że trzeba nadzorować każde urządzenie z osobna. Dzięki Zortrax inCloud – internetowej platformie chmurowej, oferującej unikatowe funkcje, które ulepszają ogólny przepływ pracy farmy druku 3D, jest to rozwiązanie dostępne dla każdego, kto zarejestrował swoją maszynę lub też kilka maszyn Zortrax za pośrednictwem systemu Zortrax ID. Kluczowe rozwiązania, dostępne w Zortrax inCloud, pozwalają na zdalne zarządzanie, a nawet szybką obsługę drukarek 3D. Po przygotowaniu urządzenia do pracy proces druku 3D można rozpocząć jednym kliknięciem z poziomu komputera, tabletu, a także smartfona. Można wysyłać polecenia do podłączonych drukarek 3D w trakcie wykonywania szeregu zadań i mieć pewność, że cały proces przebiegnie prawidłowo. Jeżeli produkcja modeli podzielona jest na wiele maszyn i nie da się postąpić inaczej, można skorzystać z opcji Multiprint, dzięki której użytkownik może łatwo rozpocząć druk tego samego modelu na kilku urządzeniach jednocześnie. Dodatkowo Zortrax inCloud zawsze podaje informacje w czasie rzeczywistym oraz wysyła powiadomienia push o aktualnym stanie drukarki. Jeżeli więc druk zakończy się lub urządzenie wymaga uwagi, Zortrax inCloud natychmiast o tym zawiadamia.

https://tiny.pl/cb838



Toyota prezentuje zaawansowane baterie

Chodzi o prace nad technologiami baterii kolejnej generacji, które już po 2026 roku zmienią sposób, w jaki będą projektowane, produkowane oraz używane samochody elektryczne. Nowe baterie sprawią, że bezemisyjne samochody staną się z pewnością bardziej dostępne oraz przystępne cenowo. Celem Toyoty jest zapewnienie wszystkim zrównoważonej mobilności. Firma przygotowuje do wprowadzenia na rynek szeroki zakres technologii baterii następnej i najnowszej generacji. Pierwszą nowością będzie znakomita wersja źródła energii o konwencjonalnej konstrukcji, która zaoferuje dwukrotnie większy zasięg oraz o 20% niższe koszty w porównaniu z dostępną obecnie w modelu bZ4X. Kolejną propozycją będzie bateria cechująca się wysoką jakością przy zachowaniu niewielkich kosztów produkcji, co przyspieszy popularyzację aut elektrycznych. Bateria powstała w technologii litowo-żelazowo-fosforanowej (LFP) – tańszej w produkcji od klasycznej litowo-jonowej – otrzyma nowy kształt, a także innowacyjną strukturę bipolarną. Celem inżynierów Toyoty jest zwiększenie zasięgu o 20% – przy redukcji kosztów o 40%, w stosunku do baterii

eprasa.pl ed26111aec

z samochodu bZ4X. Wyróżnikiem trzeciego rodzaju baterii, która z łatwością wejdzie na rynek w najbliższych latach, będzie znacząca moc oraz doskonałe osiągi użytkowe. Będzie to akumulator o bipolarnej konstrukcji z katodą niklową, który jeszcze bardziej obniży koszty, a także zwiększy zasięg pojazdów elektrycznych. Najważniejszą innowacją Toyoty w obszarze akumulatorów będzie bateria ze stałym elektrolitem. Celem producenta jest uzyskanie czasu ładowania od 10 do 80% w zaledwie 10 minut.

https://tiny.pl/cb83v

Testy zaawansowanej, wbudowanej w aparat technologii poświadczania autentyczności Sony zakończone sukcesem

Firma Sony poinformowała o zakończeniu z sukcesem testów w ramach prac w obszarze technologii poświadczania autentyczności zdjęć, wykonanych z zastosowaniem aparatu cyfrowego. Przetestowana technologia opatruje zdjęcia certyfikatem utworzenia, pozwalającym weryfikować pochodzenie treści. Opracowana przez Sony technologia gwarantuje sprzętową generację podpisu cyfrowego, żeby zapobiegać manipulacji zdjęciem, już od momentu jego powstania. W tym celu zastosowano unikatowy układ scalony, który został wbudowany w wybrane modele aparatów fotograficznych Sony. Jest to istotna funkcjonalność dla użytkowników profesjonalnych, którym zależy na zagwarantowaniu pełnej autentyczności treści. To także wspaniałe narzędzie, pomagające agencjom informacyjnym w zwalczaniu nieprawdziwych zdjęć. Najnowsze testy obejmowały poświadczanie autentyczności rejestrowanych obrazów i procesy organizacji pracy. Wprowadzenie najnowszej technologii Sony do podpisywania zdjęć w aparacie, jak też, w praktyce, uwierzytelniania C2PA, zaplanowane jest na wiosnę 2024 roku. Jej udostępnienie nastąpi poprzez aktualizację wewnętrznego oprogramowania aparatów: α9 III, α1 i α7S III.

https://tiny.pl/cb83b

Firma Apple rozwija program Self Service Repair i wprowadza nowy proces Diagnostics

Program Self Service Repair jest teraz dostępny m.in. dla: iPhone'a 15, MacBooka Pro, MacBooka Air, a także komputerów Mac mini, Mac Pro oraz Mac Studio. Z kolei z narzędzia Diagnostics, które powstało na potrzeby tego programu, można korzystać w Stanach Zjednoczonych, a od przyszłego roku również w Europie. Podczas sesji Apple Diagnostics klienci mają takie same możliwości, jak autoryzowane serwisy Apple i niezależni dostawcy usług naprawczych. Mogą więc sprawdzić urządzenia pod kątem optymalnej pracy poszczególnych elementów, a także identyfikować komponenty do naprawy. Od kwietnia 2022 roku w ramach programu Self Service Repair każda osoba, dla której nie jest niczym nowym naprawa urządzeń elektronicznych, ma dostępy do instrukcji, oryginalnych części Apple oraz narzędzi wykorzystywanych w sklepach Apple Store albo autoryzowanych serwisach Apple. Co więcej, przywołany program wpisuje się w zakrojone na znaczną skalę działania Apple na rzecz ułatwiania konsumentom dostępu do wielu opcji napraw. W przypadku użytkowników bez doświadczenia w naprawie urządzeń elektronicznych, najbezpieczniejszym i najpewniejszym sposobem naprawy pozostaje skorzystanie z profesjonalnego serwisu autoryzowanego Apple, w którym napraw dokonują certyfikowani technicy, przy użyciu oryginalnych części od Apple. W ciągu ostatnich 3 lat firma Apple niemal podwoiła liczbę punktów serwisowych z dostępem do oryginalnych komponentów, narzędzi i szkoleń Apple. Jest pośród nich ok. 4,5 tysiąca niezależnych dostawców usług naprawczych. Globalna sieć licząca ponad 5000 autoryzowanych serwisów Apple skupia ponad 100 tysięcy techników.

https://nr.apple.com/Dc2m5F9iL7

Do układania kostki Rubika najlepiej zastosować robota CUBOTino



Opracowany przez Andreę Favero robot oszczędza frustracji i wstydu, powiązanych z niemożnością ułożenia najlepiej sprzedającej się zabawki na świecie. Nazwa robota, tj. CUBOTino, stanowi zbitkę 2 angielskich słów: cube (pol. kostka) i robot z włoskim przyrostkiem ino (pol. mały), która jest ukłonem w stronę twórcy robota. W trakcie pandemii Covid-19 Andrea Favero postanowił w oryginalny sposób uczcić własne 50. urodziny. Zainspirowany pewnym wyzwaniem online, powiązanym z językiem programowania Python, zdecydował się zanurzyć w świecie wizji komputerowej, o której zawsze myślał, że wykracza poza jego zdolności projektowe. W rezultacie powstał robot CUBOTino, wyposażony w serwonapędy obracające kostkę Rubika, a także wytrzymałą obudowę, która powstała na drodze druku 3D. Dostępna w robocie kamera pozwala sprawdzić kolory pól na ściankach kostki, w czym dopomaga komputer Raspberry Pi Zero 2 W i biblioteka OpenCV. Domyślnie robot CUBOTino potrzebuje 20 s na zeskanowanie kostki, jak też 70 s na jej ułożenie. Bieżący status pracy robota pokazywany jest w formie procentów i paska postępu na ekranie wyświetlacza. Wystarczy jedno dotknięcie, by nakazać robotowi CUBOTino rozpoczęcie cyklu układania kostki, dwa dotknięcia rozpoczęcie cyklu „pomieszania" kostki, dłuższe dotknięcie zatrzymuje cykle, a jeszcze dłuższe dezaktywuje robota. Budowa robota CUBOTino zajęła jego twórcy ok. 5 miesięcy. Wszystkie niezbędne pliki znajdują się w repozytorium GitHub, dzięki czemu można nie tylko odtworzyć, ale także spersonalizować CUBOTino, dostosowując go pod swoje potrzeby.

https://tiny.pl/cbshr



Elektroniczna woźna, czyli inteligentny sterownik dzwonków szkolnych SDS-01 firmy Zamel

Dużą zaletą inteligentnego sterownika SDS-01 jest możliwość użycia istniejącej dotąd instalacji dzwonkowej, co znacznie ułatwia wdrożenie urządzenia w każdym budynku szkolnym. Sterownik ten zapewnia odtwarzanie dźwięków, melodii i fragmentów utworów muzycznych bądź komunikatów głosowych, zapisanych w formacie MP3, w ramach wymiennych kart pamięci. Dzięki inteligentnemu sterownikowi SDS-01, każda lekcja i przerwa może mieć ustawiony inny dzwonek. Istnieje możliwość skonfigurowania tzw. przeddzwonków, zarówno na lekcje, jak i na przerwy, a wbudowana regulacja głośności pozwala dostosować urządzenie do potrzeb szkół w każdym rejonie. Oprócz tego SDS-01 ma funkcje załączania lekcji skróconych, a także przerwy wakacyjnej. Jego zegar zawsze wskazuje na dokładną godzinę dzięki bieżącej synchronizacji z internetem poprzez interfejs Wi-Fi. Jest też wyjście przekaźnikowe 230 V, które służy do wyzwalania innych urządzeń – choćby klasycznych dzwonków. Wszystko to przy wyjściu audio dostosowanym do linii radiowęzłowych 100 V, kompatybilnym m.in. z głośnikami GDS-01.

https://tiny.pl/cbsh1

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@elportal.pl

eprasa.pl ed26111aec

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 3/2024

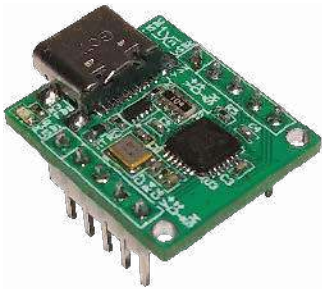
powerTracker – rejestrator parametrów elektrycznych



Pomiar parametrów zasilania urządzenia elektronicznego wymaga zazwyczaj zastosowania dwóch osobnych mierników (woltomierza i amperomierza), albo laboratoryjnego miernika mocy. Pierwsze rozwiązanie wiąże się z koniecznością żmudnego podłączania przewodów w odpowiedniej konfiguracji, drugie jest natomiast zarezerwowane przeważnie tylko dla profesjonalnych laboratoriów pomiarowych.

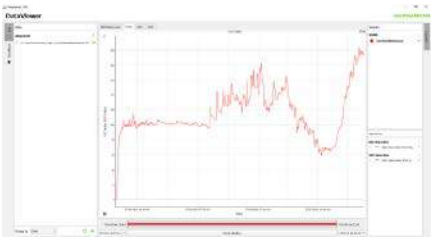
powerTracker to niewielki moduł, umożliwiający pomiar i rejestrację napięcia w zakresie 0...34 VDC, prądu (0...10 A), mocy (0...340 W) oraz ładunku (0...100 Ah), dostarczonego do testowanego odbiornika. Rozdzielczość pomiaru wynosi, odpowiednio: 10 mV, 1 mA, 100 mW, 10 mAh. Dane są zapisywane na karcie microSD, dzięki czemu po zakończeniu badań mogą zostać łatwo przeniesione do dowolnego komputera w celu archiwizacji lub dalszej obróbki.

Dwuportowy mikro HUB USB dla systemów wbudowanych



Gdy nasz SBC ma tylko jeden port USB (tak jest m.in. w przypadku Raspberry Pi Zero), a potrzebujemy ich większej liczby, oczywistym rozwiązaniem jest zastosowanie huba USB. Ale gdy do dyspozycji jest niewielka ilość miejsca w obudowie, w której trzeba pomieścić jeszcze szereg innych modułów (np. ekran dotykowy, pendrive, kartę muzyczną audio lub konwertery interfejsów szeregowych) okazuje się, że ich typowe okablowanie zajmuje więcej miejsca, niż właściwy sprzęt. W takich sytuacjach proponowane rozwiązanie może wprowadzić nieco porządku. Zamiana gniazd USB na złącza szpilkowe o typowym dla PC wyprowadzeniu sygnałów zwiększa elastyczność zastosowań huba, pozwalając zaoszczędzić sporo miejsca, a standardowy rozstaw złączy ułatwia użycie modułu także podczas prototypowania na płytkach stykowych.

Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych (3): Moduł czujników środowiska SEN5x firmy Sensirion



Warunki środowiskowe mają ogromny wpływ na nasze samopoczucie, komfort i produktywność. Rozwiązania czujnikowe firmy Sensirion dostarczają szczegółowych i wiarygodnych danych na temat kluczowych parametrów środowiskowych, takich jak wilgotność, temperatura, lotne związki organiczne (VOC, Volatile Organic Compounds), cząstki stałe (PM 2,5), formaldehyd, NOx i CO_2.

Opisany w artykule moduł czujników parametrów środowiskowych SEN5x firmy Sensirion to platforma sensoryczna do dokładnego pomiaru stężenia cząstek stałych, lotnych związków organicznych (LZO), tlenków azotu (NOx), a także wilgotności i temperatury powietrza. Autorskie algorytmy, zastosowane w oprogramowaniu modułu, znacząco zwiększają zakres jego potencjalnych aplikacji.

Temat numeru: Mikrokontrolery – miniaturowi giganci

Mikrokontrolery niepodzielnie rządzą światem współczesnej elektroniki, stanowiąc serce miliardów urządzeń, stosowanych we wszystkich gałęziach techniki. Te najprostsze, 8-bitowe, wciąż dobrze radzą sobie na rynku półprzewodników, ale coraz częściej bywają zastępowane przez znacznie wydajniejsze, a do tego niewiele droższe (a w niektórych przypadkach wręcz tańsze) procesory 32-bitowe. Wśród tych ostatnich prym wiodą rozwiązania oparte na rdzeniach ARM, choć i od tej reguły można znaleźć wiele wyjątków. W marcowym numerze „Elektroniki Praktycznej” poświęcimy tematowi mikrokontrolerów szczególnie dużo uwagi. Postaramy się spojrzeć na rynek MCU niejako „z lotu ptaka”, ale kilku wybranym przykładom przyjrzymy się znacznie dokładniej – pokażemy też, jak szybko zacząć pracę z nimi we własnych projektach.

Elektronika w Praktyce: Chłodzenie w urządzeniach elektronicznych

Skuteczne chłodzenie urządzeń elektronicznych to jedno z fundamentalnych zagadnień w zakresie niezawodności i bezpieczeństwa. Wszędzie tam, gdzie komponenty pasywne lub aktywne wydzielają relatywnie dużą ilość mocy strat, konieczne jest zapewnienie właściwego odprowadzania ciepła poza obudowę urządzenia. Z pomocą inżynierom przychodzi fizyka – do tego celu można wykorzystać zarówno transfer ciepła przez konwekcję, jak i przewodzenie, choć w mniejszym stopniu znaczenie ma także promieniowanie termiczne. Z drugiej strony, miniaturyzacja urządzeń elektronicznych, konieczność zapewnienia szczelności obudowy (np. w przypadku urządzeń mobilnych), czy wreszcie aspekty akustyczne (uniemożliwiające zastosowanie wentylatora w pewnych aplikacjach) istotnie utrudniają budowę systemu chłodzenia. W artykule dokonamy przeglądu rozwiązań, przeznaczonych do odprowadzania ciepła – omówimy konwencjonalne, proste i (przynajmniej do pewnego stopnia) skuteczne metody chłodzenia, ale przyjrzymy się także przypadkom nieco nowocześniejszym, a czasem wręcz egzotycznym.

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK....31
BORNICO....9
COMPUTER CONTROLS....18, 23
ELMAX....33
ELTRONIKA....66, 67
FAULHABER....76
HAMMOND....7
HZD....16, 17
LASTENIC LASER....27
MICROCHIP....13, 74, 108
ROPLA....48, 49
TEK.DAY....14, 15

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:
Przemysław Musz

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, Bożena Krzykawska, Grzegorz Krzykawski, Grzegorz Lalak

Stali współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Paweł Kowalczyk, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Szymon Panecki, Damian Sosnowski, 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, okładka, 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

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 ed26111aec



Elastyczna komunikacja I3C® i kompatybilność z I2C

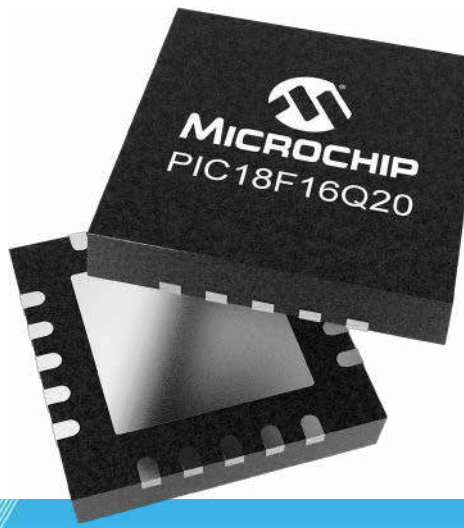
W uniwersalnej rodzinie mikrokontrolerów PIC18-Q20

Seria mikrokontrolerów PIC18-Q20 zawiera konfigurowalne bloki peryferyjne i zaawansowane interfejsy komunikacyjne. Obsługuje wiele domen napięciowych przydatnych w systemach embedded zawierających wiele typów czujników. Jednostki te są wyposażone w interfejs I3C® o dużej prędkości, szybki 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy z jednostką obliczeniową (ADCC), pojemnościowy czujnik dotykowy i 8-bitowy port routingu sygnału do łączenia cyfrowych urządzeń peryferyjnych. Seria z łatwością łączy się z komponentami zasilanymi wieloma napięciami bez dodatkowych elementów i obsługuje komunikację I3C przy napięciu 1 V. Jednostki te doskonale nadają się jako most komunikacyjny I3C do I2C lub jako układ towarzyszący dla większych systemów IoT, do wykonywania pomocniczych funkcji w szerokim zakresie zastosowań wrażliwych na zajętość miejsca, w tym IoT, komputerach, sprzęcie konsumenckim, aplikacjach medycznych, elektronice noszonej, czujnikach dotykowych.

Właściwości

- Do dwóch interfejsów I3C (12,5 MHz, praca przy 1,0–3,6 V)
- Interfejsy komunikacyjne I2C, SPI i UART
- Do dwóch wielokrotnych domen napięciowych





MICROCHIP

microchip.com/q20

Nazwa i logo Microchip oraz logo Microchip są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Microchip Technology Incorporated w USA i innych krajach. Wszystkie pozostałe znaki towarowe są własnością ich zarejestrowanych właścicieli. © 2024 Microchip Technology Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone.
MEC2550A-POL-01-24

eprasa.pl ed26111aec