Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Kwiecień ● 4/2022 ●

Tylko Prenumeratorzy

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

inspirujące, użyteczne projekty

Regulowany zasilacz warsztatowy – RPS-02 z kolorowym wyświetlaczem i sterowaniem dotykowym • Wzmacniacz audio dla wymagających • NFC Lock • Energooszczędny włącznik dotykowy • Prosty detektor przepływu prądu • Moduł wykonawczy z przekaźnikami bistabilnymi • Podwójny interfejs Ethernet dla RPi • Ekspander IO z układem PCA9531 • Ekspander modułów dla RPi Pico • Sejf z jednorazowymi kodami • Sprzętowy menedżer haseł do komputera PC

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Front-endy do zastosowań energetycznych • Oscyloskopy przenośne • Mikrokontrolery Geehy Semiconductor – w pełni funkcjonalne i legalne odpowiedniki

tutoriale

Nowoczesna produkcja prototypów • Kompatybilność elektromagnetyczna w przemyśle motoryzacyjnym • Elektronika w motoryzacji • Projektowanie DFM – optymalizacja projektu PCB • BDMS – testy układu i realne korzyści • Kondensacja – niedoceniany zabójca elektroniki w motoryzacji

kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Czujnikowe moduły rozszerzeń

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR
ISSN 1230-3526 Indeks 357677
9 771230 352221 04 >

PRZENOŚNA APARATURA POMIAROWA

eprasa.pl d7ac45c7ab

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 d7ac45c7ab

Półprzewodniki zależne od neonu

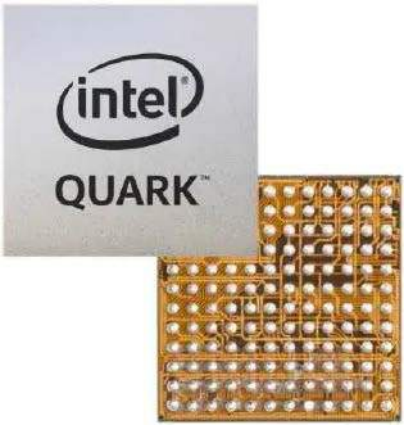
Rok 2022 dawał spore nadzieje na złagodzenie półprzewodnikowego kryzysu. Jednak inwazja Rosji na Ukrainę zaprzepaściła te prognozy. Okazuje się, że Ukraina odpowiada za produkcję ponad połowy światowych dostaw neonu – gazu szlachetnego, który ma bardzo ważne znaczenie w produkcji półprzewodników. Produkowany jest w takich firmach, jak Ingas, z siedzibą w stale atakowanym Mariupolu, czy Cryoin, której siedziba znajduje się w ostrzeliwanej Odessie. Obie firmy zaprzestały produkcji z początkiem wojny. Producenci półprzewodników dysponują pewnymi zapasami tego gazu, ale uszkodzenie linii produkcyjnych i przerwanie dostaw surowców niezbędnych do produkcji może spowodować poważne niedobory przez wiele miesięcy.

Rysunek 1. Wizualizacja inwestycji Intela w Magdeburgu w Niemczech

Neon jest używany w produkcji mieszanek gazowych dla laserów excimerowych, które służą do wycinania chipów z krzemowych podłoży. Lasery te pracują w zakresie ultrafioletu i pozwalają na wykonywanie czystych i precyzyjnych cięć struktur, gdyż laser UV nie wytwarza ciepła podczas pracy. W produkcji półprzewodników lasery UV służą też do litografii. W mniejszym stopniu neon, jako gaz obojętny, używany jest w tzw. procesach epitaksji, do tworzenia reaktywnych mieszanek gazowych używanych w kolejnych operacjach technologicznych.

Wspomniany gaz jest produktem ubocznym, pojawiającym się głównie przy produkcji stali. Wymaga oczyszczenia i wielokrotnego zwiększenia stężenia. Inną metodą pozyskiwania neonu jest destylacja frakcyjna fazy ciekłej skroplonego powietrza, ale stężenie gazów obojętnych w powietrzu jest bardzo niewielkie i ta metoda nie jest ekonomicznie uzasadniona. Zwiększenie produkcji tak szlachetnych materiałów jest długim i żmudnym przedsięwzięciem. Aby neon mógł być zastosowany w przemyśle, musi osiągnąć czystość na poziomie 99,99%. Niemal całe amerykańskie dostawy neonu pochodziły z Ukrainy, dlatego problemy na rynku są pewne. Jeśli nie spowodują całkowitego zatrzymania, to z pewnością spowodują spowolnienie produkcji i wzrosty cen.

Na szczęście, w kwestii półprzewodników mamy też bardziej pozytywne informacje. Firma Intel ogłosiła, że nowa fabryka półprzewodników powstanie w Magdeburgu w Niemczech. Kwota inwestycji jest szacowana na 17 miliardów euro, budowa ma się rozpocząć w pierwszej połowie 2023 r., a produkcja masowa ma zostać uruchomiona w 2027 r. Powstanie tam 3000 stałych miejsc pracy związanych z zaawansowanymi technologiami w firmie Intel oraz dziesiątki tysięcy dodatkowych miejsc pracy u dostawców i partnerów. Intel planuje utworzyć tam tzw. Węzeł Krzemowy – Silicon Junction, który będzie służył jako punkt połączeniowy dla innych ośrodków i zakładów w całym kraju i regionie.



Rysunek 2. Niewielki, 32-bitowy mikrokontroler Intel Quark D2000 z rdzeniem x86 przeznaczony do aplikacji IoT i energooszczędnych systemów wbudowanych

Zapowiedziane zostały również dalsze inwestycje (12 miliardów euro) w rozwój zakładu Leixlip w Irlandii, kolejne zaplecze produkcyjne (szacowane na 4,5 mld euro) ma powstać we Włoszech. W okolicach Plateau de Saclay we Francji Intel planuje zbudować nowy europejski ośrodek badawczo-rozwojowy, który stanie się europejską centralą Intela, zajmującą się rozwojem wydajnych technologii obliczeniowych (HPC) i sztucznej inteligencji (AI). Ponadto Intel planuje otworzyć swoje główne europejskie centrum projektowania chipów we Francji. Natomiast w Gdańsku zostanie zwiększona powierzchnia laboratoryjna istniejącego ośrodka o 50%, a działania zostaną skoncentrowane na opracowywaniu rozwiązań z zakresu sieci neuronowych, dźwięku, grafiki, centrów danych i przetwarzania w chmurze – rozbudowa ma być zakończona już w 2023 roku.

Program inwestycyjny koncentruje się na zrównoważeniu globalnego łańcucha dostaw półprzewodników i zwiększeniu mocy produkcyjnych Intela w Europie. Inwestycje będą magnesem dla wielu innych firm, inżynierów i pracowników technicznych, którzy będą kreować cyfrową i zieloną przyszłość Europy.

Damian Soskowski

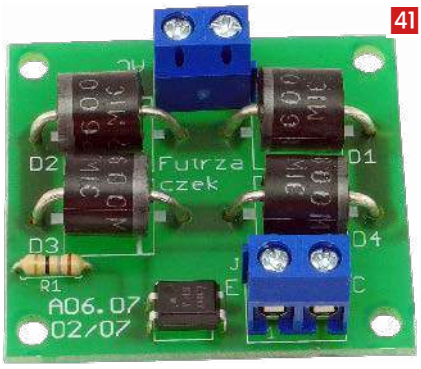
eprasa.pl d7ac45c7ab

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 4 (351) • Kwiecień 2022

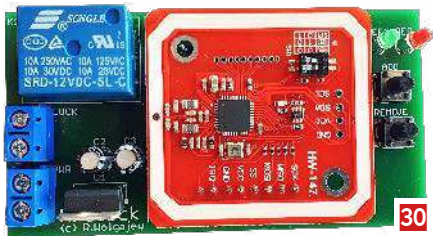
72

Sejf z jednorazowymi kodami
Sejf z zamkiem, elektronicznym to nic zaskakującego czy odkrywczego, jednak zastosowany w projekcie algorytm generowania jednorazowych haseł zasługuje na szczególną uwagę. Zastosowanie hasła, które przydatne jest tylko raz ma ogromny sens – nawet, jeżeli ktoś podpatrzy nasze hasło podczas wpisywania, to nie może go ponownie użyć. Znacznie podnosi to poziom bezpieczeństwa systemu i pozwala zastosować takie rozwiązanie w wielu aplikacjach, nie tylko do zamykania i otwierania sejfu.



41

Prosty detektor przepływu prądu
Rozbudowane układy (zawierające przekładniki prądowe) służące do wykrycia zjawiska przepływu prądu przez dany przewód są dosyć kosztowne. Można w nich dokładnie ustawić próg detekcji, lecz nie zawsze jest to potrzebne. Zaprezentowany układ to typowe „wash&go" – rozwiązanie proste w budowie i tanie.



30

NFC Lock
Zaprezentowany projekt to jeden z tych, które od dawna znajdowały się na mojej liście rzeczy do zrobienia. Przyznam szczerze, że podchodziłem do tego zagadnienia trochę, jak przysłowiowy „pies do jeża", głownie dlatego, że tematyka jest dość skomplikowana a i zakres dostępnego hardware bywał dość ograniczony. Wszystko do czasu... gdy natknąłem się na wygodny moduł czytnika RFID/NFC firmy NXP pod postacią peryferium oznaczonego symbolem PN532, który integruje w sobie specjalizowany układ o tej samej nazwie (mikrokontroler z rdzeniem 80C51 wyposażony w 40 kB pamięci ROM i 1 kB pamięci RAM) oraz cały interfejs RF.

Nie przeocz

Nowe podzespoły 5
Dodaj do obserwowanych 11
Koktajl niusów 110

Projekty

Regulowany zasilacz warsztatowy
– RPS-02 z kolorowym wyświetlaczem i sterowaniem dotykowym 18
Wzmacniacz audio dla wymagających (2) 25
NFC Lock 30

Miniprojekty

Wyłącznik czasowy z wejściem bistabilnym 37
Energooszczędny włącznik dotykowy 39
Prosty detektor przepływu prądu 41
Podwójny interfejs Ethernet dla RPi 43
Ekspander IO z układem PCA9531 46
Ekspander modułów dla RPi Pico 48

Prezentacje

Kompatybilność elektromagnetyczna w przemyśle motoryzacyjnym 50
Mikrokontrolery Geehy Semiconductor
– w pełni funkcjonalne i legalne odpowiedniki 63
BDMS – testy układu i realne korzyści 70
Nowoczesna produkcja prototypów 98

Temat numeru: Elektronika w motoryzacji

Elektronika w motoryzacji 52

Notatnik konstruktora

Kondensacja – niedoceniany zabójca elektroniki w motoryzacji 66

Projekty soft

Sejf z jednorazowymi kodami 72
Sprzętowy menedżer haseł do komputera PC 76

Poradnik implementacji

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (14).
Front-endy do zastosowań energetycznych (2) 82

Elektronika w praktyce

Projektowanie DFM – optymalizacja projektu PCB 88
Oscyloskopy przenośne 102

Kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy (59). Czujnikowe moduły rozszerzeń 113

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Hity następnego numeru 118

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

eprasa.pl d7ac45c7ab

Szczegóły na stronie 62

nowe podzespoły

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

Niskoprofilowe dławiki skompensowane prądowo o prądzie nasycenia do 35 A

Niskoprofilowe dławiki skompensowane prądowo IHCM-2321AA-10 firmy Vishay charakteryzują się małą rezystancją uzwojeń i dużym prądem nasycenia, wynoszącym w zależności od wersji nawet do 35 A. Ze względu na niskoprofilową konstrukcję i małą objętość są bardziej odporne na narażenia mechaniczne niż tradycyjne dławiki z rdzeniem toroidalnym. Ponadto nadają się do pracy w temperaturze otoczenia do +155°C.

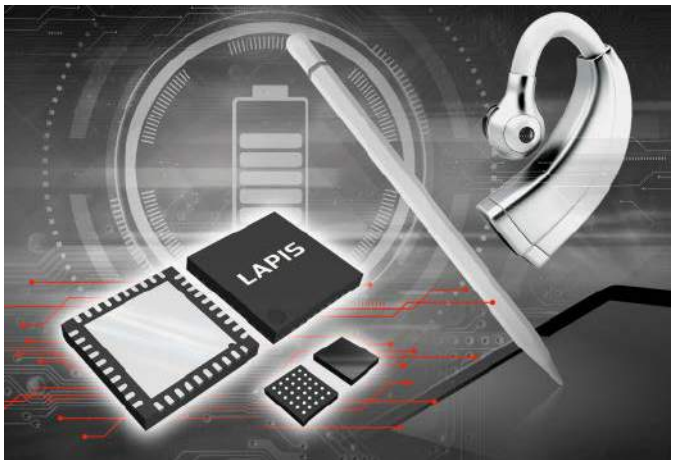
Dławiki serii IHCM-2321AA-10 są przystosowane do montażu SMT i mogą być lutowane za pomocą standardowych maszyn pick-and-place. Dzięki izolacji do 1500 VDC pomiędzy uzwojeniami doskonale nadają się do zastosowań w przetwornicach DC-DC, filtrach EMI oraz wysokoprądowych filtrach przeciwzakłóceniowych w układach napędowych i innych aplikacjach z sektora przemysłowego i telekomunikacyjnego. Opcjonalnie mogą być dostarczane w wariantach do montażu przewlekanego.

- Oznaczenie: IHCM-2321AA-10
- Indukcyjność: 90...480 μH
- Impedancja w trybie sumacyjnym: 380...1200 Ω
- Rezystancja DC: 0,0015...0,0125 Ω
- Prąd znamionowy (prąd DC powodujący wzrost temperatury cewki o 40°C): typ. 8...31 A
- Prąd nasycenia (prąd DC powodujący spadek indukcyjności o 20%): typ. 13...35 A
- Prąd upływu: 2,5...14,0 μH.

www.vishay.com

Nowy chipset do systemów zasilania bezprzewodowego 13,56 MHz z równoczesną transmisją danych

Lapis Technology, firma wchodząca w skład grupy Rohm, wprowadza do sprzedaży nowy chipset do systemów zasilania bezprzewodowego pracujących na częstotliwości 13,56 MHz. Obejmuje on dwa miniaturowe układy scalone: nadajnik ML7661, zamykany w obudowie P-WQFN40 o powierzchni 6×6 mm oraz odbiornik ML7660,



REKLAMA

HAMMOND

nowy!

1551V zatrzaskowe wentylowane i gładkie miniaturowe obudowy z tworzywa sztucznego

Dowiedz się więcej: https://hammfg.com/1551v

Skontaktuj się z nami, aby otrzymać bezpłatną próbkę ewaluacyjną.
eusales@hammfg.com • + 44 1256 812812

eprasa.pl d7ac45c7ab

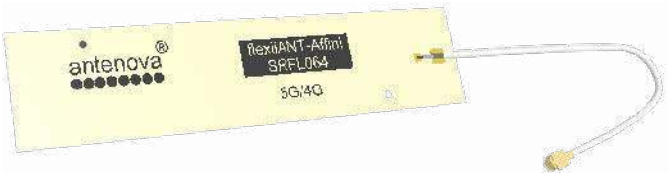
zamykany w obudowach WQFN32 (5×5 mm) i WLCSP30 (2,28×2,61 mm). Pomimo małych gabarytów obu układów chipset jest w stanie przesyłać bezprzewodowo moc do 1 W. Został zaprojektowany do zastosowań w urządzeniach przenośnych o długim czasie pracy na akumulatorze, w tym w akcesoriach medycznych (ciśnieniomierze, aparaty słuchowe) i inteligentnych zegarkach. Dzięki pracy na częstotliwości 13,56 MHz umożliwia równoczesną transmisję zasilania i danych w standardzie NFC. Pozwala to na zastosowania w urządzeniach z mechanizmami obrotowymi, które normalnie wymagałyby konstrukcji z transmisją przewodową, np. wentylatorach do chłodzenia komputerów PC i czujnikach momentu obrotowego w rowerach elektrycznych. Lapis Technology oferuje do nowego chipsetu zestaw ewaluacyjny.

www.rohm.com

Diody LED Oslon Black Flat X o rekordowej jasności 460 lm @ 1 A do reflektorów samochodowych

Ams OSRAM prezentuje nową rodzinę diod LED o rekordowej jasności, zaprojektowanych do zastosowań w reflektorach samochodowych. Diody Oslon Black Flat X mogą zawierać w zależności od wersji od 2 do 5 wewnętrznych chipów z indywidualnymi wyjściami. Zapewniają jasność sięgającą nawet 460 lm/chip przy prądzie polaryzacji równym 1 A. Są zamykane w obudowach o powierzchni 3,75×3,75 mm, wykazujących bardzo małą rezystancję termiczną. Charakteryzują się jednolitą barwą świecenia, niezależnie od kąta emisji oraz dużym współczynnikiem kontrastu, wynoszącym 1:200. Obecnie diody te są dostępne w wersji jedno- i dwuchipowej. Wersje z większą liczbą chipów mają się pojawić na rynku w połowie 2022 roku.

www.ams-osram.com

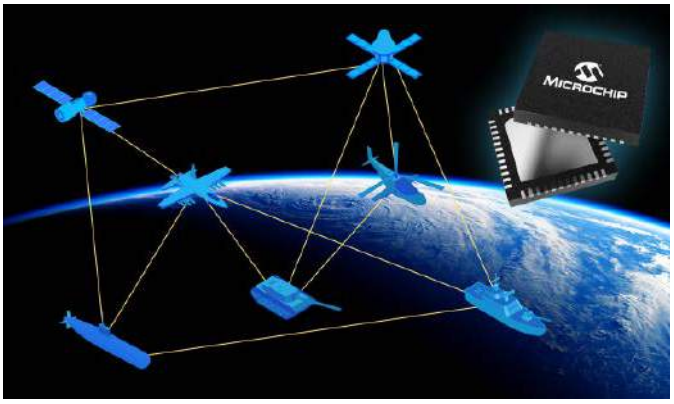


Antena elastyczna do urządzeń komunikacyjnych 4G/LTE i 5G NR

Antenova Ltd, brytyjski producent anten i modułów antenowych, wprowadza na rynek globalny nową antenę elastyczną Affini (ozn. SRFL064) do sieci telekomunikacyjnych 4G/LTE i 5G NR. Zapewnia ona pokrycie wszystkich pasm głównych 4G i 5G: B71 (617... 698 MHz), LTE 700, GSM850, GSM900, DCS1800, PCS1900, WCDMA2100, LTE B40 (2300...2400 MHz) i LTE B7 (2500...2690 MHz), zapewniając sprawność od 45% do 70%. Jest dostarczana w postaci elastycznej płytki drukowanej o powierzchni 78×17 mm i grubości 0,15 mm z kablem zakończonym złączem I-PEX MHF1.

Antena Affini nie potrzebuje płaszczyzny uziemienia, sieci dopasowującej ani linii transmisyjnej. Oferuje bardzo dobre pokrycie wewnątrz pomieszczeń, zwłaszcza na niższych częstotliwościach, zapewniających lepszą przenikalność sygnałów przez ściany. Może znaleźć zastosowanie w telematyce, diagnostyce OBD, hotspotach Wi-Fi, dronach, telewizji CCTV over 4G/5G, terminalach POS oraz w aplikacjach IoT i M2M.

www.antenova.com



Wzmacniacze mocy MMIC na bazie azotku galu do pracy na częstotliwości do 20 GHz

Microchip powiększa ofertę podzespołów półprzewodnikowych w.cz. produkowanych na bazie azotku galu o nowe wzmacniacze mocy i tranzystory mogące pracować w zakresie częstotliwości nawet do 20 GHz. Mogą one znaleźć zastosowanie w sieciach telekomunikacyjnych 5G, systemach wojny elektronicznej, komunikacji satelitarnej, radarach i aparaturze pomiarowej. Są produkowane w technologii GaN-on-SiC, zapewniającej jednocześnie dużą gęstość mocy, możliwość pracy z dużym napięciem zasilania oraz żywotność przekraczającą 1 milion godzin przy temperaturze złącza +25°C.

Obecnie w ofercie Microchipa dostępne są:

- układy GaN MMIC pokrywające zakresy częstotliwości 2...18 GHz, 12...20 GHz i 12...20 GHz, charakteryzujące się punktem 3-decybelowej kompresji wzmocnienia do 20 W i sprawnością do 25%;
- wzmacniacze Gan MMIC na pasma S i X o sprawności dodanej do 60%, dostarczane w obudowach i w postaci struktur półprzewodnikowych;
- tranzystory HEMT na pasmo DC...14 GHz o sprawności do 70% i punkcie 3-decybelowej kompresji wzmocnienia sięgającym 100 W.

	ICP0349P	ICP1543
Pasmo	2,7...3,5 GHz	12...18 GHz
Moc wyjściowa @ Psat	48 dBm	43 dBm
PAE @ Psat	60%	30%
Wzmocnienie małosygnałowe	26,5 dB	22 dB
Straty powrotne (wejście)	12 dB	10 dB
Straty powrotne (wyjście)	5 dB	7 dB
Maks. moc wejściowa	+27 dBm	+29 dBm
Napięcie drenu	40 V	32 V
Format	obudowa 7,0×7,0×0,85 mm	chip 3,75×3,45 mm
Maks. temperatura kanału	275°C	275°C

Dwa najnowsze układy GaN-on-SiC, wchodzące do oferty Microchipa to wzmacniacze mocy ICP0349PP7-1-300I i ICP1543-1-110I na pasma odpowiednio 2,7...3,5 GHz i 12...18 GHz. Oba mogą pracować przy maksymalnej temperaturze kanału równej +275°C. Charakteryzują się sprawnością dodaną (PAE @ Psat) odpowiednio 60/30%, maksymalną mocą wyjściową 48/43 dBm, maksymalną mocą sygnału wejściowego 27/29 dBm i wzmocnieniem małosygnałowym 26,5/22 dB. Są dostarczane w wersji obudowanej oraz w postaci struktury półprzewodnikowej.

www.microchip.com

Konwertery serii BMR492 w nowych wersjach o mocy szczytowej do 1100 W

Firma Flex Power Modules dodała do oferty konwerterów BMR492 dwa nowe warianty, charakteryzujące się mocą szczytową zwiększoną do 1100 W. Oba pracują z napięciem wejściowym z zakresu

eprasa.pl d7ac45c7ab

40...60 V (80 V/100 ms). BMR4920100/001 charakteryzuje się parametrami wyjściowymi 10,4 V/67,4 A i może dostarczyć do obciążenia moc 950 W przez maksymalnie 1 s. BMR4920300/864 charakteryzuje się parametrami wyjściowymi 12 V/66,7 A, a jego wyjściowa moc szczytowa wynosi 1100 W.

Oba konwertery są dostarczane w postaci modułów formatu eighth-brick (58,4×22,7×14 mm). Zapewniają sprawność przekraczającą 97% przy połowie obciążenia oraz >90% w zakresie powyżej 10% maksymalnego obciążenia. Ich czas odpowiedzi impulsowej wynosi typowo 50 µs. Izolacja 1500 V_{DC} między wejściem i wyjściem zapewnia zgodność z wymogami normy bezpieczeństwa IEC/UL/EN 62368.

Standardowe wyposażenie konwerterów BMR492 obejmuje wejście Remote On/Off oraz zabezpieczenie podnapięciowe, nadnapięciowe, nadprądowe i termiczne. Konfiguracja i monitorowanie parametrów pracy odbywa się przez interfejs PMBus przy użyciu oprogramowania Flex Power Designer.

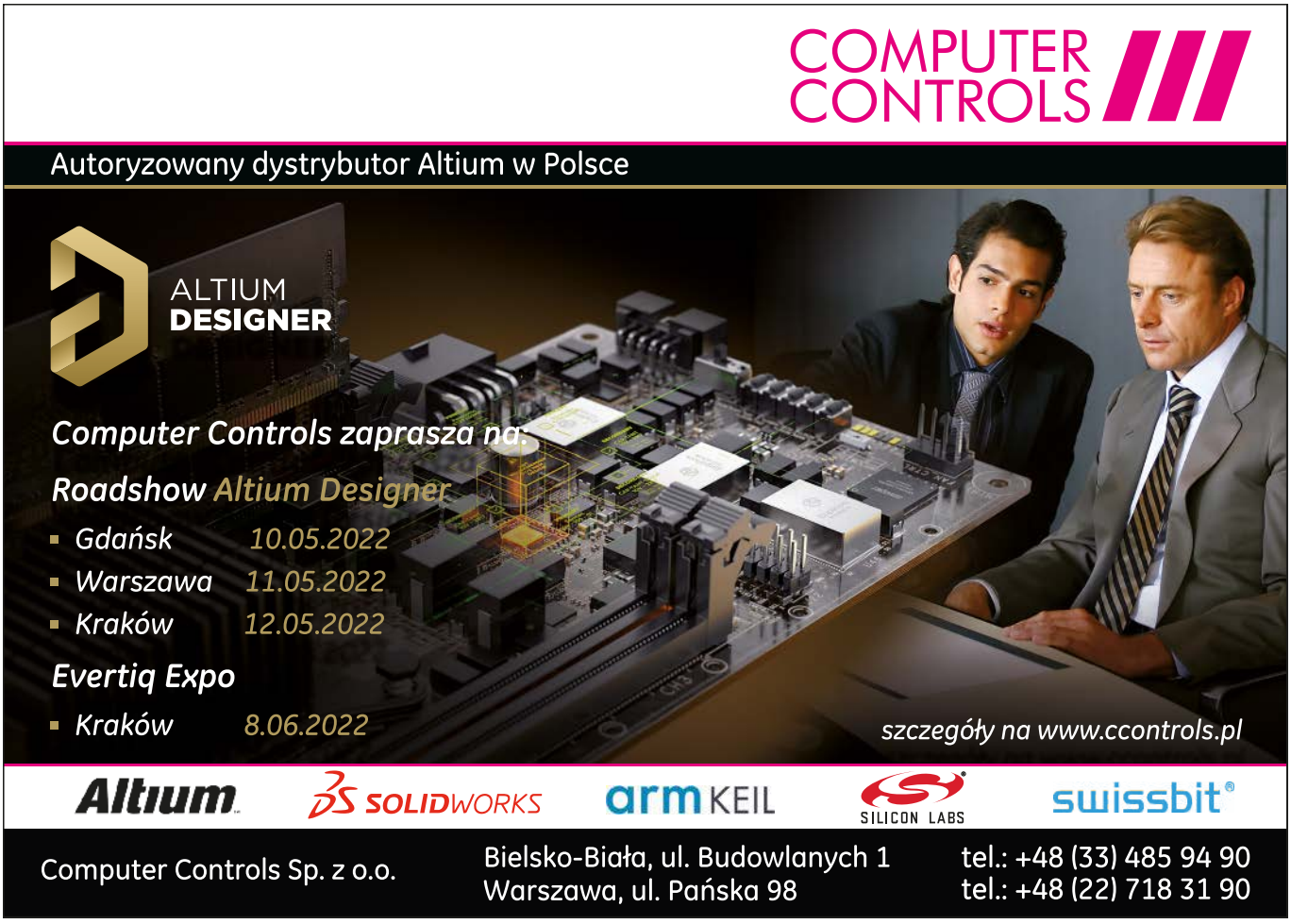
www.flexpowermodules.com

Uniwersalny kontroler ekranu dotykowego do współpracy z ekranami o dowolnych formatach

MXT1296M1T to uniwersalny kontroler ekranu dotykowego, stanowiący rozszerzenie rodziny maXTouch, mogący współpracować z ekranami o dowolnych formatach. Jako układ zaprojektowany do zastosowań motoryzacyjnych spełnia on wymogi normy ISO 26262 (ASIL-B) w zakresie bezpieczeństwa funkcjonalnego. Umożliwia rekonfigurowanie kanałów sterujących i zwrotnych w celu ich dopasowania do proporcji konkretnego ekranu w zakresie od 1:1 do 5:1, w tym popularnego formatu 8:3 stosowanego w motoryzacji. Ta cecha pozwala klientom na efektywne wykorzystanie dostępnych kanałów, bez konieczności zakupu większego i droższego kontrolera.

Użytkownicy mogą też zaoszczędzić czas związany z koniecznością opracowywania i sprawdzania poprawności kolejnych projektów, wykorzystując ponownie raz zaprojektowaną płytkę drukowaną do obsługi ekranów o różnych współczynnikach proporcji. MXT1296M1T jest pierwszym na rynku kontrolerem, umożliwiającym rekonfigurację

REKLAMA



eprasa.pl d7ac45c7ab

kanałów poprzez zmianę parametrów. Te ustawienia nie wymagają modyfikacji oprogramowania firmware, co zmniejsza ryzyko projektowe i skraca czas wprowadzenia nowych produktów na rynek.

Nowy kontroler maXTouch oferuje dwa interfejsy komunikacyjne działające jednocześnie, co umożliwia bezmostkowe połączenie z kanałem zwrotnym LVDS do uzyskania informacji dotykowych i połączenia z lokalnym mikrokontrolerem. Taka topologia zmniejsza opóźnienia, poprawiając ergonomię obsługi interfejsu. Zapewnia również pełną zgodność ze sterownikiem programowym maXTouch, dostępnym dla wszystkich głównych samochodowych systemów operacyjnych, w tym Linux, Android i QNX.

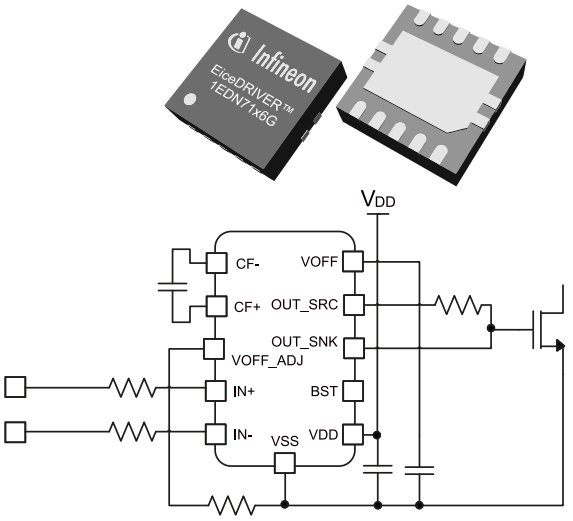
Microchip oferuje do kontrolera MXT1296M1T dwa zestawy ewaluacyjne do oceny jego funkcjonalności:

ATEVK-MXT1296M1T-A z płytką rozwojową z mostkiem USB, panelem dotykowym OGS (One Glass Solution) o przekątnej 12,3" i formacie 8:3 oraz z dodatkowymi płytkami z interfejsami pojemnościowymi;

ATMXT1296M1T-I2C-PCB do podłączenia interfejsu dotykowego użytkownika.

Konfiguracja i dostrajanie kontrolera MXT1296M1T są wspierane w najnowszej wersji środowiska IDE maXTouch Studio.

www.microchip.com



200-woltowe, jednokanałowe sterowniki bramek tranzystorów GaN SG HEMT

Małe koszty prac badawczo-rozwojowych oraz niezawodna i energooszczędna praca elementów przełączających średniego napięcia z azotku galu (GaN) są kluczowymi wymogami w nowoczesnych systemach energoelektronicznych. Właśnie pod tym kątem firma Infineon zaprojektowała nowe, jednokanałowe sterowniki bramek tranzystorów GaN SG HEMT serii EiceDRIVER 1EDN71x6G. Mogą one pracować w systemach zasilanych napięciem do 200 V. Zostały zaprojektowane z myślą o zastosowaniach w układach sterowania tranzystorów CoolGaN HEMT z diodą Schottky'ego, ale mogą też współpracować z innymi tranzystorami GaN HEMT oraz z krzemowymi tranzystorami MOSFET w układach napędowych, zasilaczach telekomunikacyjnych i serwerowych, robotach, dronach, elektronarzędziach oraz wzmacniaczach mocy klasy D. Dzięki regulowanym obwodom pull-up i pull-down umożliwiają optymalizację kształtu przebiegu i szybkości przełączania bez potrzeby stosowania zewnętrznych rezystorów bramek.

Najmocniejszy i najszybszy wariant 1EDN7116G nadaje się do pracy w konfiguracjach półmostkowych, gdzie występuje potrzeba równoległego łączenia wyjść. Najsłabszy, najwolniejszy wariant 1EDN7146G może znaleźć zastosowanie w aplikacjach z ograniczeniem dv/dt, np. w niektórych układach napędowych oraz do współpracy z tranzystorami GaN HEMT o bardzo małej powierzchni struktury (o małej pojemności Qg i dużej rezystancji $R_{DS(on)}$).

Poszczególne warianty charakteryzują się różnymi czasami opóźnienia (*blanking time*), proporcjonalnymi do minimalnego rekomendowanego czasu martwego, minimalnej szerokości impulsu i czasu propagacji. Różnicowe wejście logiczne TDI (*truly differential logic input*) eliminuje ryzyko fałszywego wyzwalania wskutek tętnienia na linii masy w aplikacjach low-side. Wszystkie warianty zawierają aktywny układ Millera, zwiększający odporność na przepięcia w pętli sterowania bramką. Dodatkowo sterowniki 1EDN71x6G zawierają aktywny układ blokowania, zapobiegający przeładowaniu kondensatora bootstrap w czasie martwym. Zabezpiecza to bramkę tranzystora high-side bez konieczności stosowania dodatkowego układu regulacyjnego. Opcjonalny programowalny układ pompy ładunkowej z regulowanym ujemnym napięciem wyłączania zapewnia dodatkową ochronę przed przepięciami przy braku możliwości pełnej optymalizacji topologii płytki drukowanej.

Sterowniki EiceDRIVER 1EDN7116G, 1EDN7126G, 1EDN7136G i 1EDN7146G do tranzystorów CoolGaN SG HEMT są produkowane w obudowach PG-VSON-10.

www.infineon.com

Najmniejsze na rynku wielostrefowe moduły dToF o zakresie pomiaru od 1 cm do 5 m

Ams OSRAM rozszerza portfolio modułów dToF (*direct Time-of-Flight*) do precyzyjnego pomiaru odległości o trzy nowe modele do wykrywania wielostrefowego i wieloobiektowego, charakteryzujące się szerokim polem widzenia (FoV) i dużym zasięgiem. Zawierają one źródło światła, detektor i układ optyczny, zamknięte w obudowie SMD o wymiarach 2,0×4,6×1,4 mm. Są najmniejszymi obecnie tego typu komponentami dostępnymi na rynku. Umożliwiają równoczesne wykrywanie wielu obiektów w każdej ze zdefiniowanych stref w zakresie pomiarowym od 1 cm do 5 m.

TMF8820, TMF8821 i TMF8828 mogą znaleźć zastosowanie w smartfonach (układy automatycznej regulacji ostrości), LiDAR-ach oraz w automatyce przemysłowej i domowej, np. w zautomatyzowanych robotach, wymagających systemów wykrywania obiektów w otoczeniu. Różnią się liczbą stref wykrywania w polu widzenia: 3×3 w przypadku modułu TMF8820, 4×4 w przypadku TMF8821 i 8×8 w przypadku TMF8828. Dzięki pracy wielostrefowej, umożliwiają identyfikowanie wielu obiektów w polu widzenia. Może ono być dynamicznie regulowane przez użytkownika w zakresie do 63° w zależności od wymogów aplikacji.

www.ams-osram.com

Hybrydowe kondensatory polimerowe o dużym dopuszczalnym prądzie tętnienia i małej rezystancji ESR

Hybrydowe kondensatory polimerowe nowych serii B40640Bx i B40740Bx firmy TDK charakteryzują się większym do 29% dopuszczalnym prądem tętnienia od wcześniejszych wersji, mogącym wynosić nawet do 35 A (20 kHz, 125°C). Ich drugą ważną zaletą jest bardzo mała rezystancja ESR. Osiągane są tu wartości już od 3,9 mΩ (wersje

eprasa.pl d7ac45c7ab

Ø 16×30 mm, +25°C, 20 kHz). Nawet w temperaturze otoczenia –40°C rezystancja ESR wynosi zaledwie 5,4 mΩ.

Kondensatory B40640Bx i B40740Bx są produkowane na zakres pojemności 390...720 μF/63 V_{DC}. Dzięki solidnej konstrukcji zapewniają odporność na wibracje do 60 g i mogą pracować w temperaturze otoczenia aż do +150°C. Wykazują bardzo małą rezystancję termiczną. Są zamykane w obudowach cylindrycznych o wymiarach od Ø 14×25 mm do Ø 16×30 mm z wyprowadzeniami osiowymi (seria B40640Bx) i z wyprowadzeniami solder star (seria B40740Bx).

www.tdk-electronics.tdk.com

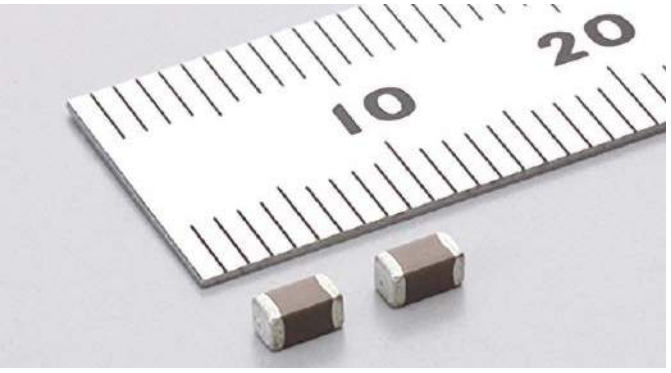
Szybki resolwer indukcyjny do silników elektrycznych o dokładności ±0,36°@240 tys. rpm

Dzięki innowacyjnej architekturze wewnętrznej z funkcją kompensacji offsetu i czasu propagacji nowy resolwer indukcyjny MLX90510 firmy Melexis umożliwia dokładny pomiar kąta w szerokim zakresie prędkości obrotowej, a równocześnie jest odporny na pole rozproszenia, zgodnie z wymogami ISO 11452-8. Został zaprojektowany do układów sterowania silników elektrycznych oraz układów wspomagania hamulców i kierownicy, zapewniając bardzo mały błąd pomiaru (poniżej ±0,36°) w ekstremalnych warunkach elektrycznych i środowiskowych, w tym w obecności silnych zaburzeń elektromagnetycznych.

MLX90510 może pracować z szybkością obrotową do 660 tys. rpm. Zawiera różnicowe wyjście sin/cos. Charakteryzuje się bardzo krtkim czasem propagacji, poniżej ±120 ns. Umożliwia programowanie charakterystyki przejściowej (w 16 punktach). Pracuje z napięciem zasilania 5 V, przy czym zapewnia odporność na przepięcia do ±24 V.

MLX90510 jest zamykany w obudowie TSSOP-16. Jest przystosowany do pracy w temperaturze otoczenia od –40 do +160°C.

www.melexis.com



Kondensator MLCC w obudowie SMD1206 o rekordowej pojemności 22 μF

Murata wprowadza do oferty wielowarstwowy kondensator MLCC, zamykany w obudowie SMD rozmiaru 1206 (3,2×1,6×1,6 mm), wyróżniający się rekordowo dużą pojemnością 22 μF/16 V i rekordową niezawodnością wśród tego typu podzespołów. Przeszedł on m. in. 1000-godzinny test niezawodnościowy przy napięciu równym 150% wartości znamionowej i w temperaturze +125°C.

GCM31CC71C226ME36 uzyskał kwalifikację AEC-Q200, pozwalającą na zastosowania w elektronice samochodowej. Jest kondensatorem o charakterystyce temperaturowej X7S, mogącym pracować w temperaturze otoczenia od –55 do +125°C. Jego zmiany pojemności nominalnej w całym tym zakresie nie przekraczają ±22%. Rekordowy współczynnik pojemność/objętość uzyskano dzięki zastosowanej technice atomizacji i ujednorodnienia (homogenizacji) materiału ceramicznego i materiału elektrod.

www.murata.com

Pierwsze tranzystory GaN w ofercie STMicroelectronics

STMicroelectronics wprowadza na rynek nową rodzinę półprzewodników na podłożu GaN, pozwalających na ograniczenie strat mocy i wymiarów urządzeń elektronicznych. Azotek galu (GaN) to materiał półprzewodnikowy o szerokiej przerwie zabronionej, będący w stanie wytrzymać znacznie większe napięcie pracy niż tradycyjny krzem, bez wpływu na rezystancję w stanie przewodzenia. Technologia GaN zapewnia też dużą szybkość przełączania i małe straty mocy oraz pozwala na stosowanie mniejszych elementów pasywnych. Wszystkie te cechy umożliwiają zmniejszenie całkowitych strat i ilości wytwarzanego ciepła w układach konwersji mocy, co pozwala m.in. na projektowanie mniejszych ładowarek.

Firma STMicroelectronics wprowadziła już do sprzedaży pierwszy tego typu tranzystor GaN o symbolu SGT120R65AL, charakteryzujący się napięciem przebicia 650 V, rezystancją kanału 120 mΩ i maksymalnym prądem drenu 15 A. Jest on produkowany w 4-wyprowadzeniowej obudowie PowerFLAT 5×6 HV (z podwójną elektrodą źródła), zapewniającej optymalne sterowanie bramką. Cena hurtowa tego modelu wynosi 3 USD przy zamówieniach 100 sztuk.

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

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

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

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

eprasa.pl d7ac45c7ab

Pozostałe tranzystory z nowej oferty są obecnie dostępne jako próbki produkcyjne. Należy do nich model SGT120R65A2S o rezystancji $R_{DS(on)}$ równej 120 mΩ, zamykany w obudowie 2SPAK, a także SGT65R65AL i SGT65R65A2S – oba o rezystancji $R_{DS(on)}$ równej 65 mΩ RDS, zamykane w obudowach odpowiednio PowerFLAT 5×6 HV i 2SPAK. Produkcja masowa tych tranzystorów rozpocznie się w drugiej połowie 2022 roku.

Ponadto w trzecim kwartale 2022 r. będzie dostępny w wersji próbnej tranzystor GaN SGT250R65ALCS w układzie kaskody, stanowiący rozszerzenie rodziny G-FE. Charakteryzuje się on rezystancją $R_{DS(on)}$ równą 250 mΩ i jest produkowany w obudowie PQFN 5×6. Tranzystory rodziny G-FET, wyróżniające się bardzo małym ładunkiem Qrr, są projektowane do zastosowań w układach zasilania.

www.st.com

Pierwszy monolityczny 3-zakresowy odbiornik GNSS do nawigacji samochodowej

STA8135GA to pierwszy na rynku monolityczny odbiornik GNSS, oferujący możliwość równoczesnej pracy w 3 pasmach: L1, L2, L5, E6. Układ zaprojektowano z myślą o zastosowaniach w samochodowych systemach nawigacji satelitarnej, wspomagających zaawansowane systemy kierowania. Jest to odbiornik 5. generacji z 80 kanałami śledzącymi i 4 kanałami szybkiej akwizycji, kompatybilny z 6 konstelacjami satelitów: GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, QZSS i NAVIC/IRNSS. Jego pracą steruje mikrokontroler ARM Cortex M7.

Praca w trybie 3-pasmowym była dotąd stosowana w profesjonalnych aplikacjach z zakresu geodezji, mapowania i rolnictwa precyzyjnego, wymagających bardzo dużej dokładności przy minimalnej zależności od danych korekcyjnych. Do tej pory umożliwiały to tylko chipsety lub moduły znacznie większe i droższe od STA8135GA. Praca z potrójnym pasmem umożliwia odbiornikowi efektywne pozyskiwanie i śledzenie największej liczby satelitów w wielu konstelacjach jednocześnie, zapewniając doskonałe parametry pracy w trudnych warunkach, np. w wysokiej zabudowie miejskiej lub pod koronami drzew.

STA8135GA jest zamykany w obudowie BGA o wymiarach 11×7×1,2 mm. Wersje próbne są już dostępne, a rozpoczęcie produkcji masowej przewidziano na I kwartał 2022 roku. W tym samym terminie układ uzyska pełną kwalifikację AEC-Q100.

www.st.com

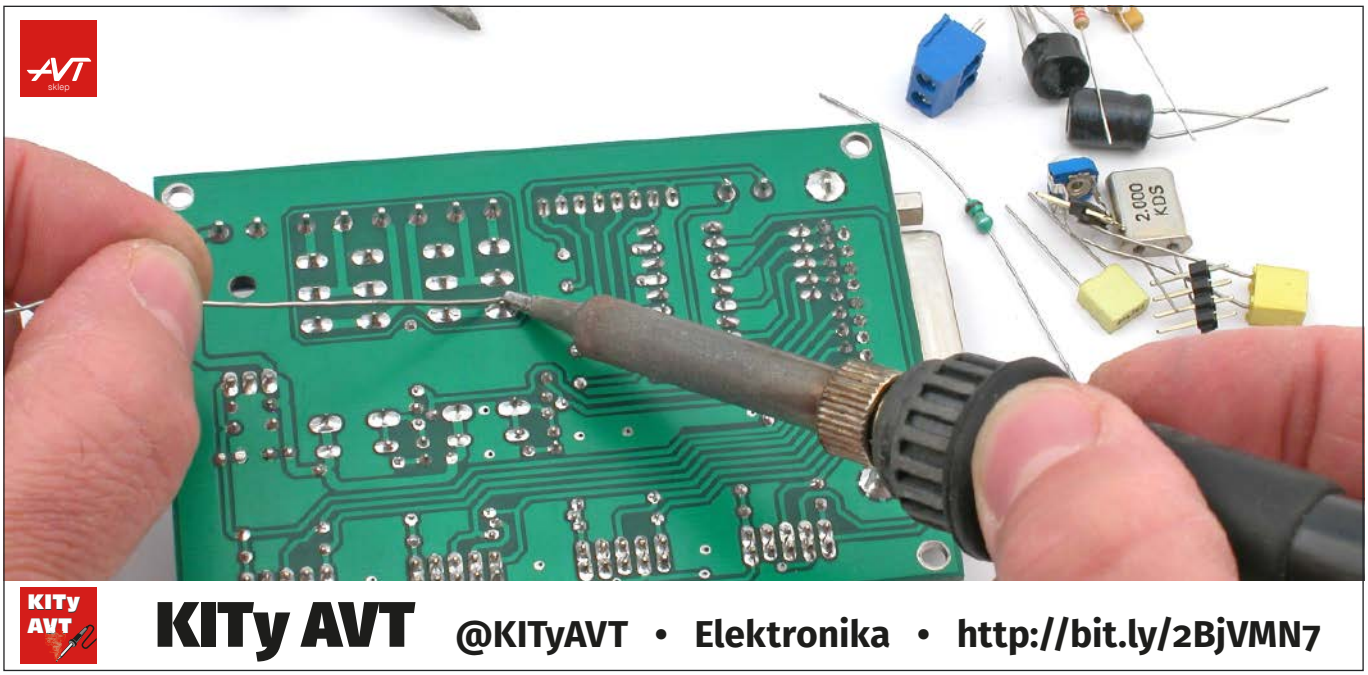
6-osiowy czujnik inercyjny MEMS na zakres temperatury pracy –40...+105°C

6-osiowy czujnik inercyjny MEMS IAM-20680 firmy TDK Invensense jest obecnie dostępny w wersji wysokotemperowej Grade 2 (–40...+105°C), przeznaczonej do zastosowań w motoryzacji. Zawiera on 3-osiowy żyroskop, 3-osiowy czujnik przyspieszenia i 4096 bajtów pamięci FIFO, zamknięte w 16-wyprowadzeniowej obudowie LGA o wymiarach 3×3×0,75 mm. Pamięć FIFO zmniejsza ruch na szynie szeregowej i redukuje pobór mocy dzięki możliwości przełączania współpracującego mikroprocesora w tryb oszczędnościowy pomiędzy transmisjami kolejnych pakietów danych.

IAM-20680HT, dzięki zintegrowaniu 6 osi pomiarowych, umożliwia wyeliminowanie kosztownego i złożonego procesu wyboru, kwalifikacji i integracji na poziomie systemowym wielu elementów dyskretnych. Wbudowany żyroskop oferuje zakresy pomiarowe ±250, ±500, ±1000 i ±2000 dps, natomiast dostępne zakresy pomiarowe akcelerometru to ±2, ±4, ±8 i ±16 g. Fabrycznie skalibrowana czułość obu czujników zmniejsza wymogi odnośnie do kalibracji na linii produkcyjnej. Z innych zalet układu należy wymienić 16-bitowy przetwornik A/C, zestaw programowalnych filtrów cyfrowych, wbudowany czujnik temperatury, 2 programowalne linie przerwania i funkcję autotestu. IAM-20680HT zawiera interfejsy szeregowe I²C i SPI. Uzyskał kwalifikację AEC–Q100. Pracuje z napięciem zasilania od 1,71 do 3,6 V.

www.invensense.tdk.com

REKLAMA



eprasa.pl d7ac45c7ab

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.

Lampy LED zasilane i sterowane tylko dwoma przewodami

Kurtyna diod LED RGB najczęściej zamienia się w plątaninę przewodów. Autora tej konstrukcji, jak sam przyznaje, pociągają sprytne i minimalistyczne implementacje elektroniki użytkowej. Czasami sporo pomysłowości wkłada się w zrobienie czegoś taniego i prostego, jak sam zauważa. Jako przykład tego podaje lampki choinkowe, zawierające adresowalne diody RGB. Najciekawsze modele z nich są do tego stopnia minimalistyczne, że do sterowania niezależnie adresowalnymi diodami RGB używają linii zasilania. Właśnie tego rodzaju kurtyna LED RGB stała się celem inżynierii wstecznej w pierwszym etapie tego projektu.

Jest to zdalnie sterowana kurtyna LED RGB. Cechą szczególną tego modelu jest to, że ma ona grupy diod LED z indywidualną kontrolą koloru, co pozwala nie tylko na globalne ustawienie koloru, ale także obsługuje animowane efekty kolorystyczne. Grupy są losowo rozmieszczone na kurtynie. Wydaje się, że ten sam rodzaj diod LED jest również używany w różnych innych produktach, takich jak oświetlenie zewnętrzne czy inne rodzaje lampek choinkowych itp. Częstym wskazaniem do zastosowania tego typu diod LED wydaje się rodzaj używanego pilota, który ma zarówno opcje kolorów, jak i animacji.

W omawianym systemie wszystkie 100 (do nawet 300 w większych wersjach) diod LED jest podłączonych do tych samych dwóch linii, które służą jako linie zasilania. Tego typu diody LED instalowane są bezpośrednio na miedzianych przewodach, co oznacza, że prościej nie da się zbudować tego rodzaju systemu. We wnętrzu takiej diody znajduje się struktura scalona o wymiarach około 0,4×0,6 mm. W rzeczywistości jest to mniej więcej rozmiar bardziej złożonego kontrolera takiego jak WS2812.

Podłączenie diod LED bezpośrednio do zasilacza spowodowało, że zaświeciły się na biało. Co ciekawe, w diodach LED nie ma żadnego źródła prądowego – prąd pobierany przez układ zmienia się bezpośrednio proporcjonalnie do przyłożonego napięcia. Rezystancja wewnętrzna wynosi około 35 Ω. To oczywiście upraszcza sterowanie, ponieważ układ musi zapewnić tylko klucz do sterowania zasilaniem. Wydaje się również, że pozwala to zmieniać całkowity pobór prądu łańcucha diod LED ze sterownika ciągu poprzez zmianę napięcia zasilania. Całkowity pobór prądu kurtyny z 100 diod wynosi od 300...450 mA.

Najciekawszym elementem systemu jest sposób kontrolowania diod. Celem debugowania podłączono do zasilania oscyloskop. Jako że w systemie są tylko dwie linie, inżynieria wsteczna układu była bardzo prosta. Autor po prostu podłączył jeden kanał oscyloskopu do ciągu LED i zarejestrował, co się stało, gdy zmieniał ustawienia kolorów za pomocą pilota. Oscylogramy te pokazane są na stronie projektu, zawierają sekwencje sygnału sterującego podczas ustawiania wszystkich diod LED na różne kolory. Sterowanie polega na przyciągnięciu całego napięcia struny do masy na krótki czas. Jest to bardzo proste w implementacji, ale wymaga od kontrolera LED zachowania informacji bez zewnętrznego zasilania przez krótki czas. Z napięcia łańcucha możemy bezpośrednio odczytać, czy diody LED są włączone, czy wyłączone. Pierwsza połowa sekwencji wyłącza wszystkie diody LED (w rzeczywistości ciąg migocze podczas zmiany ustawień kolorów), podczas gdy druga połowa sekwencji włącza wszystkie diody LED z zadanym ustawieniem koloru.

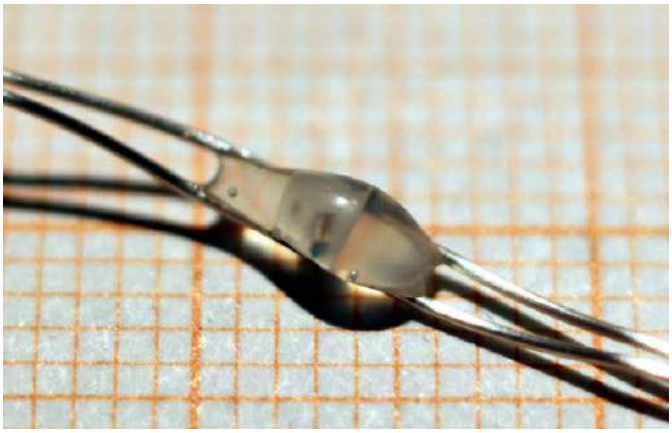
Komunikacja bazuje na komunikatach składających się z pola adresu i pola danych. Transmisja danych inicjowana jest pojedynczym impulsem. Liczba kolejnych impulsów wskazuje wartość, która jest przesyłana za pomocą prostego kodowania. Nie jest używane kodowanie binarne. Adres i pole danych są oddzielone krótką przerwą. Dłuższa przerwa oznacza, że komunikat jest kompletny, a zmiany w ustawieniach diody LED zostają zablokowane po upływie pewnego czasu.

Taktowanie sygnału wydaje się pochodzić z taktowania kwarcem 32,768 kHz używanym z mikrokontrolerem w układzie, ponieważ jeden cykl zegara to około 31 μs. Możliwe, że taktowanie

REKLAMA

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

eprasa.pl d7ac45c7ab



można nieco przyspieszyć, ale trzeba też wziąć pod uwagę, że ciąg diod LED to w zasadzie ogromna antena.

Drugim celem projektu jest zbudowanie urządzenia z dwoma terminalami z diodą LED, które odbierają zarówno informacje o zasilaniu, jak i informacje sterujące za pośrednictwem jednej linii.

Moja konfiguracja testowa zawiera ATmega328P i konwerter USB na port szeregowy – czyli tak jak klon Arduino Nano. Druga płytka zawiera układ docelowy z ATtiny10, kondensatorem, diodą LED i rezystorem szeregowym. Połączenia pomiędzy płytkami są tylko dwa: VLED (podłączone do PB0/D8 ATMega328) i GND. Jak to zatem działa? ATtiny10 ma wewnętrzną diodę łączącą PB2 z VCC. Zadaniem tej diody jest zwieranie wyładowań ESD do szyny zasilającej. Jest to również powód, dla którego nie powinno się przykładać do wejścia napięć wyższych niż VCC+0,5 V. Zasilanie mikrokontrolera w ten sposób może mieć nieprzyjemne skutki uboczne i raczej producent nie rekomenduje zasilania systemu w taki sposób.

Gdy VLED > VCC plus spadek napięcia na diodzie ładuje kondensator zasilania. Gdy VLED jest w stanie niskim, dioda będzie spolaryzowana w odwrotnym kierunku, a mikrokontroler może być zasilany z kondensatora. Oprócz nadużywania PB2 do zasilania, będzie on również używany do wykrywania sygnału VLED. PB1 jest używany jako wyjście do sterowania diodą LED. Dioda LED jest zasilana z VLED, a nie z kondensatora, a zatem będzie świecić tylko wtedy, gdy VLED jest podane.

Oprogramowanie systemu jest obecnie ograniczone do włączania i wyłączania diody LED. Podczas normalnej pracy VLED będzie w stanie wysokim, a ściągnięcie go do masy przez krótki czas spowoduje przełączenie diody. Oprogramowanie dla ATtiny10 i ATMega328 dostępne jest na stronie projektu.

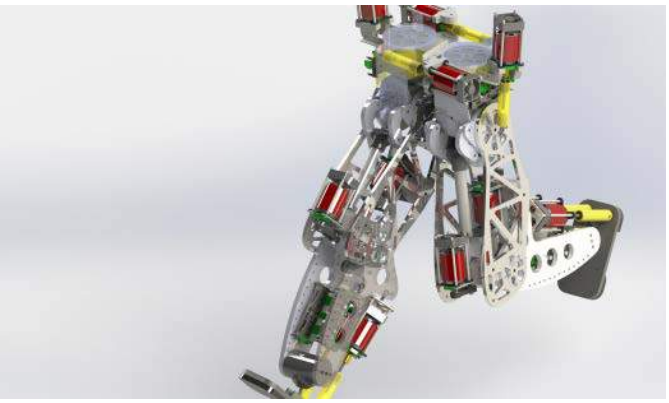
https://bit.ly/3JKPerZ
https://bit.ly/3qF3POd

BeeBoard – klawiatura MIDI DIY

Tworzona w tym projekcie klawiatura MIDI ma unikatowy heksagonalny układ klawiszy. Moduł ma zawierać aż 140 przycisków optomechanicznych – bez styków elektrycznych i okablowania. Pod przyciskami klawiatury znajdują się pałeczki ze sprężynkami, których końcówki są w kontrastowym kolorze. W zamkniętym pudełku umieszczono kamerę USB. W jej obiektywie czubki tych elementów wyglądają jak białe kropki na czarnym tle. Po naciśnięciu przycisku kropka przesuwa się ze swojego miejsca. Specjalny program konwertuje obraz na sygnał MIDI.

Autor opracował dotychczas kilka wersji BeeBoarda, ostatnia jest w całości wykonana za pomocą drukarki 3D. Oprogramowanie układowe BeeBoard korzysta z biblioteki widzenia maszynowego OpenCV. System łączy się z DAW (oprogramowanie do obróbki dźwięku) za pomocą połączenia wirtualnego. Ten nowatorski rodzaj klawiatury otwiera nowe możliwości tworzenia technik muzycznych. Przyciski można nie tylko naciskać, ale także przesuwać, jedną ręką można objąć 3 oktawy naraz. Przyciski mogą być wykonane z różną siłą nacisku i są w pełni wrażliwe na dotyk.

https://bit.ly/3tD69Y2

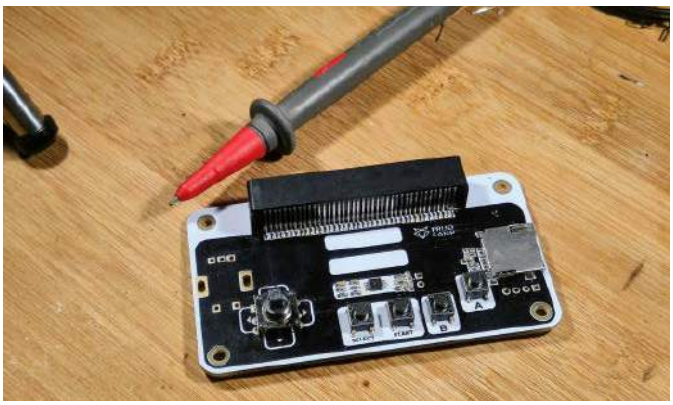


Dwunożny robot kroczący

To pierwsza próba autora w budowaniu dwunożnego robota kroczącego. Pracuje on już nad jej unowocześnieniem i opracowuje jeszcze lepszego robota, który może chodzić samodzielnie na dwóch nogach. To zadziwiające osiągnięcie jak na projekt DIY – jeszcze niedawno dwunożne roboty kroczące powstawały tylko w najbardziej zaawansowanych laboratoriach, budujących tego rodzaju urządzenia. Obecnie autorowi udało się skonstruować w pełni działającego robota. Sterowana serwomotorami i silnikami krokowymi para nóg samodzielnie się porusza, ale jest jeszcze sporo do zrobienia.

Autor publikuje na swoim koncie na YouTube filmy oraz szersze opisy działania systemu, więc warto także tam zajrzeć, aby prześledzić jego postępy.

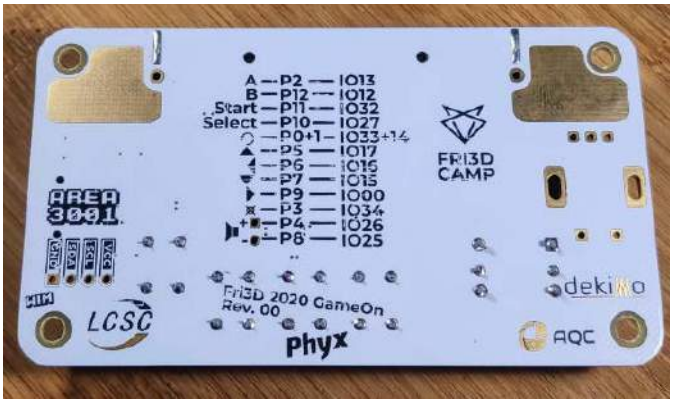
https://bit.ly/3qCvpfa
https://bit.ly/3tFLXEK



GameOn – kontroler przeznaczony do identyfikatora FRi3D Camp 2022

Fri3d Camp to mieszanka festiwalu z technologią zamiast muzyki, przyjaznej kempingowej atmosfery oraz zjazdu amatorów DIY i ich przyjaciół. Inspiracją do zorganizowania tego wydarzenia były największe europejskie obozy DIY organizowane co dwa lata, takie jak CCC Camp czy SHA. Na Fri3d Camp rozróżnienie między uczestnikami

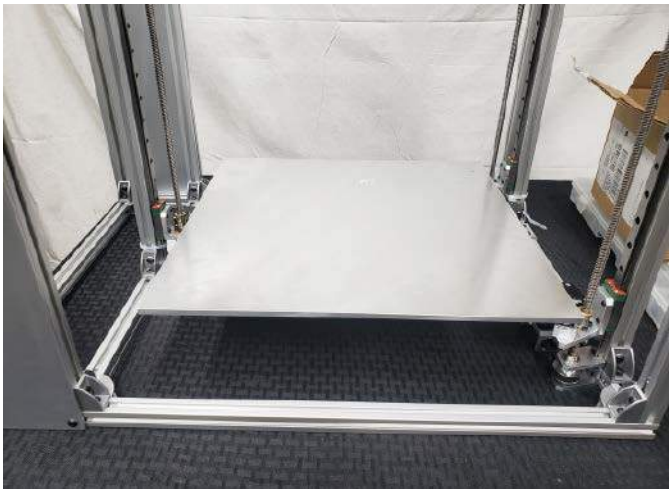
eprasa.pl d7ac45c7ab



a organizatorami jest bardziej zatarte niż na wielu innych imprezach. Większy stopień integracji zakłada, że uczestnicy będą także pomagali przy wielu pracach w ramach festiwalu. To sami uczestnicy również zapewniają zajęcia. W poprzednich edycjach realizowano aluminiowe odlewy, wypuszczano balon meteorologiczny, realizowano nowoczesne gry leśne itp. Fri3d Camp to plac zabaw dla wszystkich, którzy kochają naukę oraz technologię i wyraźnie koncentruje się na rodzinach. Około jednej trzeciej uczestników to dzieci. Postrzegane są one jako pełnoprawni uczestnicy wydarzenia i mają być adresatami ambitnych zajęć związanych z nauką i technologią.

Ciekawe plakietki dla uczestników są tradycją tego wydarzenia. Co roku projekt plakietki jest inny i na ogół jest to małe urządzenie elektroniczne jako prosta płytka deweloperska. Wim Van Gool Zaprojektował prosty pad do podłączenia do takiej plakietki. Podłączenie kontrolera do mikrokontrolera w plakietce pozwala na zmianę modułu w prostą konsolę do gier. W systemie, oprócz przycisków, zintegrowano również gniazdo dla karty microSD oraz niewielki głośnik wraz z zintegrowanym wzmacniaczem.

https://bit.ly/3ushR6V



Kinematyczne łoże do drukarki 3D

Autor zaprezentował swój projekt, pomimo, że same badania do projektu nadal są w toku. W ogólnym założeniu ma pozwolić na zbudowanie kinematycznego łoża do drukarki 3D, które pozwoli na jego bardzo precyzyjne poziomowanie. O tym, jaką precyzją będzie charakteryzował się system, niech powie fakt, że obecnie autor opracowuje mechanizmy kompensacji wpływu rozszerzalności cieplnej poszczególnych elementów systemu.

W projekcie znajdziemy udokumentowane szczegóły tego, jak powinien działać kinematyczny system mocowania łoża, wraz z całym matematycznym opisem tego układu. Opis jest nadal w toku, ponieważ autor cały czas bada różne aspekty mocowania kinematycznego i matematykę używaną do znalezienia kąta, który odpowiednio ogranicza łoże drukarki, aby umożliwić kompensację różnych efektów. Wyrównanie kątów kołków ustalających ma na celu zablokowanie lub ograniczenie wszystkich kierunków ruchu, zapobiegając przesuwaniu się łoża w górę i w dół. Niektórzy uważają, że dokładny kąt nie jest krytyczny i że błąd nawet na poziomie ±10° może nadal zapewniać wystarczające ograniczenie montażowe dla tego elementu.

Stalowe kulki powinny być zamontowane w każdym punkcie styku łoża z podstawą drukarki, aby jej kierunek ruchu rozdzielał różnicę między pozostałymi dwoma punktami mocowania i zapewniał stałą rozszerzalność cieplną w kierunkach X i Y. Na pierwszy rzut oka wielu może założyć, że złącza kinematyczne wskazują na przecięcie 120 stopni, ale kąt musi przecinać kąty utworzone przez 3 punkty, w przeciwnym razie system nie osiągnie równowagi, powodując kołysanie się łoża w górę i w dół lub nawet jego odmontowanie pod wpływem nacisku. Projekt jest częścią większego opracowania zaawansowanej drukarki 3D SolidCore.

https://bit.ly/3tGd0zV
https://bit.ly/3iAR7f2

Przeróbka uszkodzonego drona DJI Inspire 2 na gimbal do kamery

Autor miał drona DJI Inspire 2, który uległ uszkodzeniu i został spisany na straty, ponieważ taniej byłoby kupić nowy, niż naprawić uszkodzony. Ponieważ większość uszkodzeń dotyczyła ramy, silników i mechaniki lotu, autor pomyślał, że może zmienić przeznaczenie systemu, aby zbudować system naziemny, który pozwoliłby używać gimbali DJI X5s i X7 na ziemi, a nie na dronie.

REKLAMA

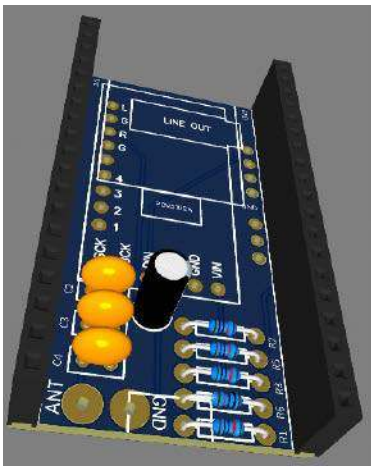
eprasa.pl d7ac45c7ab

Zaprezentowany projekt obejmuje inżynierię wsteczną drona i konieczne modyfikacje, aby zastosować go w nowej roli. Autor z chęcią przyjmuje też porady w zakresie tej modyfikacji. Może to być bardzo ciekawe, gdyż drony często ulegają różnym wypadkom i możliwość wykorzystania pozostałości po takiej kraksie ma sporo sensu. Obecnie autorowi udało się uruchomić system drona z podłączonym X5s i pojedynczym TB50 – można go uruchomić, kalibrują się zarówno X5s, jak i system FPV, a kontroler łączy się i wyświetla obraz na żywo z obu kamer. Następnym etapem, który właśnie decyduje o tym, czy jest to tylko ciekawe, czy faktycznie użyteczne, jest nagranie sygnału wideo. Nagrywanie wideo jest bardziej problematyczne. Przełączanie w tryb wideo sprawia, że pojawia się ekran ładowania z napisem „Przełączanie trybu SD" i po około 15 sekundach ponownie wraca do trybu obrazu. Dysk SSD nie zawsze pojawia się w systemie, a kiedy się pojawia, nigdy nie kończy formatowania. Próby wskazują, że problem musi dotyczyć jednego lub więcej komponentów, a nie samego oprogramowania.

Kontroler, gimbal, karta, bateria i monitor (na którym działa aplikacja) po podłączeniu do w pełni działającego Inspire 2 działają absolutnie dobrze. Oznacza to, że nie ma to nic wspólnego z aplikacją, tylko z odbieraną telemetrią. Najpewniej coś nie zostało poprawnie podłączone albo jest uszkodzone, w wyniku czego aplikacja otrzymuje nieprawidłowe informacje. W raporcie z projektu znajduje się mnóstwo ciekawych zdjęć pokazujących wewnętrzne komponenty drona, wraz z wyszczególnionymi różnymi elementami systemu.

https://bit.ly/37Sww3E

Nadajnik AM z ESP32



Projekt został podyktowany praktyczną potrzebą – słuchaniem muzyki w starszym samochodzie, który nie ma współczesnego systemu audio. „Czy masz starszy samochód? Radio odbiera tylko AM? Mieszkasz może w Europie? Nie ma żadnej stacji tylko szum?", pyta na wstępie autor projektu. „To jest projekt dla Ciebie i Twojego samochodu!". Autor zbudował bardzo minimalistyczny nadajnik AM z obsługą Bluetooth, który działa bez cewek i innych trudnych do zdobycia dla amatora nieobeznanego z technikami radiowymi elementów. System działa na mikrokontrolerze ESP32.

Nie ma potrzeby wprowadzania modyfikacji w starym radiu – wystarczy podłączyć kabel do złącza antenowego, sparować urządzenie ze smartfonem, dostroić częstotliwość i już można słuchać muzyki.

Zainspirowany dwoma projektami – bitlunis oraz Kainkas – autor przygotował dwa prototypy. Jeden z nich odtwarza dźwięk przez DAC ESP32... ale to tylko z rozdzielczością 8-bitową, co przekłada się na kiepską jakość. Drugi, który jest obecnie testowany, jest bardziej obiecujący. Używa on wyprowadzenia wyjściowego w konfiguracji otwarty dren do generowania zmodulowanego sygnału (AM).

https://bit.ly/3DaSMS4

HUD do samochodu

Zaprezentowany projekt jest niemal na samym początku rozwoju, dzięki czemu szczególnie warto się nim zainteresować. Można w ten sposób prześledzić kompletną ścieżkę – od potrzeby/pomysłu, poprzez projekt, aż do jego fizycznej realizacji i implementacji w docelowym środowisku. „W 2020 roku testowałem Opla Insignię GS (który tutaj

w USA funkcjonuje jako Buick Regal GS). Coś, co naprawdę podobało mi się w tym samochodzie, to wyświetlacz przezierny wyświetlany na przyciemnionym kawałku szkła na desce rozdzielczej", pisze autor we wstępie do projektu. Celem omawianego projektu jest zbudowanie HUD-a dla posiadanego przez autora samochodu – starszego modelu niż wspomniana Insignia, Volkswagena Jetta Mk4. Projekt tego rodzaju ma kilka zastosowań – przede wszystkim autor chce skonstruować wyświetlacz przezierny (HUD), który zintegruje ze swoim pojazdem. Drugim celem jest poszerzenie swojej wiedzy na temat elektroniki, a w szczególności o komunikacji przez CANBus. Jest to podstawowy interfejs, jaki używany jest w systemach motoryzacyjnych do wymiany informacji pomiędzy różnymi komponentami pojazdu.

https://bit.ly/3DlVh48

Włącznik nożny jako klawiatura Bluetooth

Jest to przełącznik nożny do automatyzacji niektórych powtarzalnych zadań na komputerze. Działa bezprzewodowo z użyciem technologii Bluetooth i łączy się z komputerem jak zwykła bezprzewodowa klawiatura. Można przypisać dowolny klawisz do krótkiego naciśnięcia i inny klawisz do długiego naciśnięcia pedału.

Moduł bazuje na ESP32 WROOM firmy ESPRESSIF Systems. Urządzenie współpracuje z akumulatorkiem 18650 i zawiera układ jego ładowania. Poziom naładowania ogniwa można w czasie rzeczywistym sprawdzać na podłączonym komputerze. Obudowa przeznaczona jest do druku 3D. Sprężyna, która automatycznie cofa włącznik nożny do bazowej pozycji po zdjęciu stopy, jest zaprojektowana jako część drukowanej obudowy. Projekt tego włącznika nożnego jest częścią większego opracowania autora – PnPAssist, czyli maszyny do układania elementów elektronicznych. Więcej informacji na ten temat można zasięgnąć na stronie tego projektu.

https://bit.ly/36OamyY
https://bit.ly/3iEjCII
https://bit.ly/3wANJZT

QUBIDE – klon Sinclair QL z 640 k lub 704 k pamięci RAM

Ten dział nie byłby kompletny, gdyby nie zawierał co najmniej jednego projektu związanego z komputerami retro. W tym miesiącu prezentujemy wykonany przez Leona z Grecji klon komputera Sinclair QL. Maszyna taka była jego trzecim komputerem w życiu, po TI-99/4 i Spectrum, więc wybór tego komputera do zaprojektowania klona był całkiem oczywisty.

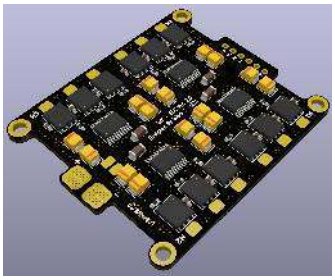
eprasa.pl d7ac45c7ab

Oryginalny Sinclair QL trafił do sklepów w 1984 roku jako następca modelu ZX Spectrum. Maszyna bazowała na układzie Motorola 68008 taktowanym zegarem 7,5 MHz z 8-bitową szyną danych. Dzięki temu procesor mógł być tańszy niż 68000. Komputer miał 128 kB pamięci RAM, które można było rozszerzyć nawet do 640 kB. Dodatkowo komputer miał 32 kB wewnętrznej pamięci ROM, w której znajdował się system operacyjny oraz 16 kB zewnętrznego ROM w modułach z oprogramowaniem.

Klon maszyny – karta QUBIDE wyposażona jest w 1 MB pamięci RAM, ale używa tylko do 704 kB. Możliwe jest takie skonfigurowanie, aby system mógł pracować z 832 kB pamięci RAM. Klon ma złącze rozszerzeń w celu podłączenia dodatkowej karty (np. posiadanego przez autora oryginalnego kontrolera portu dyskietek). Zasilany jest za pomocą przetwornicy impulsowej typu step-down bazującej na układzie LM2575, dzięki czemu nagrzewa się mniej niż klasycznie używany stabilizator napięcia 7805.

https://bit.ly/3iDHjB1

Poczwórny sterownik silników bezszczotkowych DIY do dronów



Autor tego sterownika pracuje obecnie nad wykonaniem własnego bezzałogowego quadrokoptera. Istotnym elementem tego systemu jest kontroler silników elektrycznych, które sterują tym bezzałogowcem. Poniższy opis obejmuje właśnie ten element systemu – kontroler silników bezszczotkowych (BLDC) do drona. Jest to druga próba budowy tego rodzaju kontrolera, jaką podejmuje autor. Obecna wersja ma poprawiać pewne wady projektowe i problemy poprzedniej wersji. Obecny układ został zaprojektowany z myślą o łatwych do pozyskania komponentach. Jednocześnie w projekcie starano się zastosować proste do ręcznego lutowania elementy, aby każdy mógł we własnym zakresie zbudować ten kontroler. Podstawowe parametry sterownika:

- do 30 A prądu wyjściowego,
- zasilanie z 3 lub 4 szeregowo połączonych ogniw litowo-jonowych,
- kompatybilny z BLHeli / SimonK,
- kompatybilny z OneShot125,
- flashowanie pamięci mikrokontrolera przez UART (jedną linią – RX) lub poprzez SPI.

Autor właśnie otrzymał pierwszą partię płytek PCB kontrolera i testuje obecny prototyp.

https://bit.ly/3qF50x7

Adapter wideo do generowania sygnału PAL do komputera Apple IIc

Wersja PAL komputera Apple IIc ma tylko kompozytowe monochromatyczne wyjście wideo. Zaprezentowane w tym projekcie urządzenie pozwala zapewnić komputerowi kolorowe wyjścia wideo. Używa ono układu CPLD do dekodowania szeregowego wyjścia wideo z Apple IIc. Istnieje kilka trybów wideo. Autor użył wielu sygnałów z 15-stykowego złącza wideo, aby określić, jaki w danym momencie używany jest tryb wideo, a także pobrał stamtąd sygnały do synchronizacji i dekodowania skomplikowanego sposobu kodowania kolorów w Apple Iic.

Adapter zapewnia wyjście RGBS, które działa we wszystkich monitorach/telewizorach, które obsługują RGBS lub wyposażone są w wejście SCART. Moduł ma także wyjście composite video, które, jak stwierdził autor, działa z większością monitorów, ale niektóre mogą początkowo mieć problem z wykryciem sygnału koloru. Aby usprawnić działanie sygnału composite, w systemie dodano zmienny kondensator do precyzyjnego dostrajania częstotliwości sygnału kolorów w adapterze.

Autor konstrukcji jest bardzo zadowolony z wyniku, a zwłaszcza z tego, jak wygląda tryb przy podwójnej, wysokiej rozdzielczości na monitorze CRT, sterowanym przez wyjście kompozytowe. To prawda, że grafika IIc miała być wyświetlana na monitorze i tam wygląda najlepiej. W systemie zastosowano układ CPLD XC9572 firmy Xilinx, ponieważ jest łatwy do lutowania, toleruje wejścia na 5 V, a poza tym jest tani i łatwo dostępny. Do realizacji kompozytowego wyjścia wideo autor użył układu AD724. Na płytce znajduje się złącze JTAG do programowania CPLD. Do zbudowania tego projektu potrzebne jest oprogramowanie dla Xilinx CPLD. Źródło oprogramowania dostępne jest na stronie z projektem.

System pobiera energię z komputera Aplle IIc, więc nie ma potrzeby korzystania z zewnętrznego źródła zasilania. Autor przetestował opublikowaną na stronie projektu wersję z najnowszą PCB i wszystko działa dobrze.

https://bit.ly/3NoriNp

Konkurs dla debiutantów na portalu Instructables

„Nowy rok, nowy konkurs". Tym hasłem Instructables wita nowych członków swojej społeczności, którzy dotychczasowo nie mieli okazji wykazać się swoją kreatywnością i nie prezentowali swoich projektów.

Konkurs adresowany jest do tych osób, które nie umieszczały jeszcze projektów i instrukcji na portalu *Instructables.com*. Jest

eprasa.pl d7ac45c7ab

to w zasadzie jedyne wymaganie bycie nowym użytkownikiem portalu i zaprezentowanie dotychczas niepokazywanego projektu.

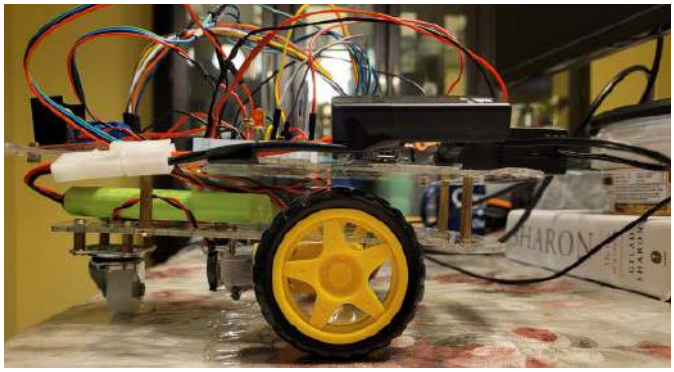
Do wygrania są aż 24 różne nagrody. Główna nagroda to wart 500 dolarów kupon podarunkowy. Za dalsze miejsca otrzymać można, odpowiednio, kupon na 250 dolarów (trzy kupony do rozdania), na 150 dolarów (pięć kuponów do rozdania), na 50 dolarów (15 kuponów do rozdania). Konkurs trwa do 28 marca bieżącego roku, więc czytelnicy tego numeru najpewniej będą mieli okazję obejrzeć już zebrane i ocenione projekty. Na moment pisania tego artykułu zgłoszonych do konkursu było aż 105 projektów.

https://bit.ly/3IIkneg

Konkurs na świecące projekty

Konkurs ten jest adresowany do hobbystów, którzy chcą zaprezentować swój świecący projekt na portalu *Instructables.com*. Regulamin nie specyfikuje, o jaki rodzaj świecenia chodzi – projekt otwarty jest na wszystkie urządzenia, które w jakiś sposób mają do czynienia ze światłem. Na moment pisania artykułu do końca przyjmowania projektów pozostało 6 dni. Zgłoszono 81 projektów, które obejmują urządzenia takie jak sterowane lampy w różnym stylu, kontrolery RGB, wyświetlacze LED itp. W omawianym konkursie do wygrania jest 20 nagród. Główna nagroda to wart 500 dolarów kupon podarunkowy, kolejne progi wyceniono na 300 dolarów (×3), 100 dolarów (×5) i 50 dolarów (×10). Dodatkowo przewidziana jest warta 300 dolarów nagroda jury.

https://bit.ly/3DhFGTc



Zdalnie sterowany robot dwukołowy z cyfrowo sterowanym napędem różnicowym

Samochód robotyczny z tego projektu to dwukołowy robot mobilny z napędem różnicowym. Koła są napędzane przez dwa silniki TTL DC, których prędkość i kierunek są mierzone za pomocą zintegrowanych enkoderów kwadraturowych. Prędkości liniowe i kątowe samochodu można przesyłać przez USB z komputera lub przez Bluetooth za pomocą powiązanej aplikacji na telefon. W celu kontrolowania i utrzymania żądanych prędkości liniowych i kątowych pojazdu wdrożono system regulacji PID. Jako mikrokontroler do samochodu używany jest Arduino Mega. Główne parametry robota:

- przełącznik sprzętowy do zmiany źródła poleceń prędkości z powiązanej aplikacji telefonu i komputera ze wskaźnikami świetlnymi;
- maksymalna prędkość obrotowa silników ustawiona na 130 obr./min, przy danym promieniu koła daje to prędkość liniową równą 44,24 cm/s;
- maksymalna prędkość kątowa silników ustawiona na 200°/s;
- w aplikacji prezentowana jest rzeczywista prędkość liniowa i kątowa robota w czasie rzeczywistym;
- aplikacja wysyła polecenia prędkości z bitami startu i stopu, dzięki czemu błędne polecenia są ignorowane.

https://bit.ly/3wBJJbp
https://bit.ly/3uCeJpo

Sprzęgnięty z Home Assistant tracker solarny do domowej instalacji fotowoltaicznej

Rodzice autora konstrukcji mają od lat na dachu swojego domu panele fotowoltaiczne. Dotychczasowo nie były one monitorowane. Odwiedzając ich dom w jego rodzinnej Brazylii, postanowił zwiększyć liczbę paneli, aby zapewnić zapas mocy dla falownika. Dodatkowo, aby zwiększyć ilość produkowanej w ciągu dnia energii, ogniwa zainstalowane zostały na trackerze. Jest to urządzenie, które przekręca w ciągu dnia ogniwa tak, aby śledzić ruch słońca po nieboskłonie ze wschodu na zachód.

Aby kontrolować system, wybrano moduł ESP32. Zintegrowano go z oprogramowaniem wspierającym Home Assistant, co zapewniło pełną automatyzację procesu sterowania. Home Assistant zbiera dane z trackera oraz informacje o dacie i godzinie, jest to ważne, ponieważ obliczanie pozycji słońca odbywa się na podstawie lokalizacji geograficznej oraz daty i godziny. ESP32 działa autonomicznie, zawiera moduł zegara czasu rzeczywistego, który utrzymuje datę i godzinę, a po połączeniu przez Wi-Fi z Home Assistant dodatkowo synchronizuje swój czas z serwerem czasu.

Do pomiaru kąta położenia panelu używany jest akcelerometr – taki, jak w kątomierzach cyfrowych. Dane dotyczące przyspieszenia w 3 osiach są następnie przekształcane na kąt położenia danego panelu i używane jako położenie bezwzględne dla kontrolera ruchu. Aby uzyskać ruch w prosty sposób, autor zastosował siłownik liniowy, przeznaczony do poruszania bramą. Zamiast starego bezprzewodowego kontrolera otwierania bramy podłączył bezpośrednio przekaźniki kontrolowane przez ESP32. Jeden przekaźnik służy do włączania silnika, a drugi do odwracania kierunku ruchu. Dwa

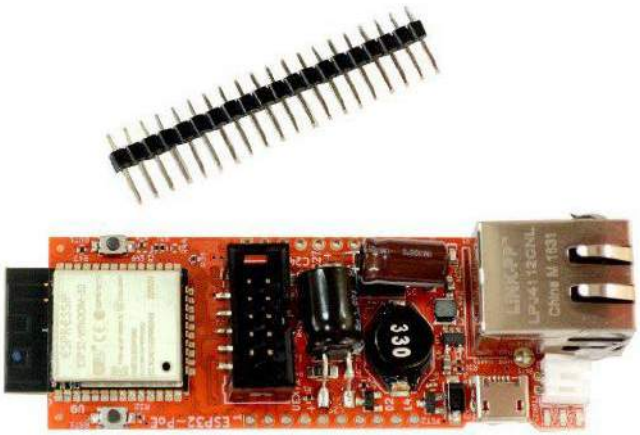
eprasa.pl d7ac45c7ab

dodatkowe przekaźniki pełnią funkcję bezpieczeństwa – wykrywają koniec ruchu i odcinają moc silnika w kierunku, w którym zadziałał limit.

Ponieważ w Brazylii występują silne wiatry, do sterownika dodano anemometr, dzięki czemu w przypadku silnych wiatrów panele są ustawione poziomo, aby zmniejszyć ich opór i zredukować szansę uszkodzenia. W systemie zainstalowano także sensor DHT22 do pomiaru temperatury i wilgotności, więc brakuje tylko miernika deszczu i kierunku wiatru, aby być również stacją pogodową.

Całość systemu jest obsługiwana z poziomu Home Assistant, który pozwala także na monitorowanie pracy systemu w czasie rzeczywistym. Autor planuje dalsze rozwijanie konstrukcji. Obecnie myśli o wprowadzeniu prostej funkcjonalności, która po wykryciu opadów deszczu ustawi panele tak, aby deszcz mógł je umyć.

https://bit.ly/3IHeQ81



ESP32 i Power over Ethernet – wysyłanie e-maili z platformy Tasmota

Niektóre płytki, kompatybilne z ekosystemem Tasmota, nie są w pełni standardowe, szczególnie jeżeli zawierają Ethernet. Dodatkowo, jeżeli chcemy wysyłać z poziomu systemu wiadomości e-mail, to wymaga to specjalnego skryptu… wszystko to sprawia, że lądujemy na *terra incognita*. Jak zauważa sam autor konstrukcji, konieczne było samodzielne skonfigurowanie i skompilowanie oprogramowania układowego dla modułu z ESP32, aby możliwe było działanie w sieci przewodowej. Zastosowano następujące pakiety Tasmota:

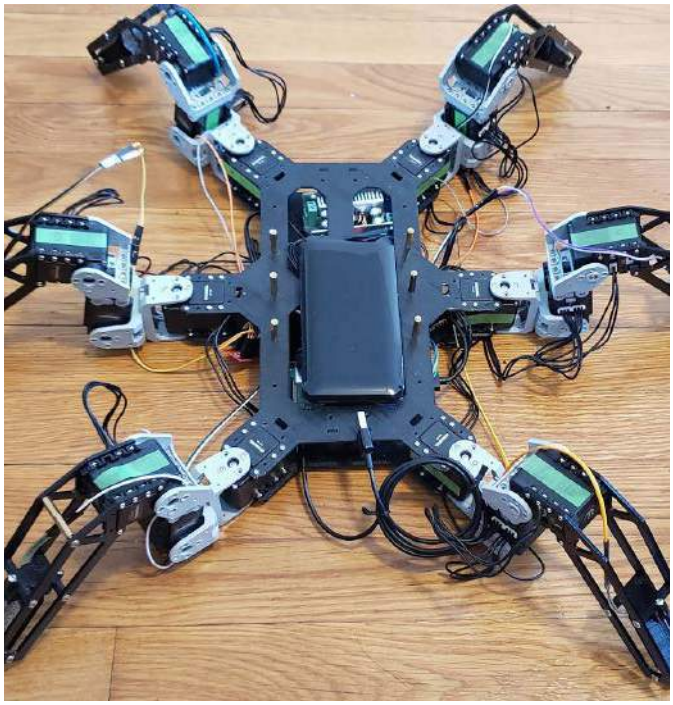
- ESP32 Generic,
- Berry scripting,
- MQTT over TLS,
- Web Interface.

A poza tym włączono konfigurację i debugowanie usługi e-mail w *tasmota32-ethernet-wEmailDebugging.bin*. To kluczowe dla kogoś, kto musi debugować skrypt wysyłania e-maili. Z kolei w *tasmota32--ethernet-email.bin* nie użyto debugowania dla poczty e-mail, ale dodano kilka dodatkowych modułów:

- sensory do monitorowania jakości powietrza i obecności gazów,
- moduł Bluetooth,
- integracja z Home Assistant,
- integracja z sensorami podczerwieni,
- czujniki światła,
- zastosowanie MQTT przez TLS,
- możliwość skryptowania,
- sensory do pomiary temperatury i wilgotności,
- timery,
- interfejs sieciowy,
- obsługa diody WS2812.

W opisie projektu (patrz link poniżej) zawarto wszelkie niestandardowe parametry kompilacji używane w TasmoCompiler.

https://bit.ly/3wFBWcF



Sześcionożny robot kroczący

Ten sześcionóg to długoterminowy projekt. Autor planuje rozwijać go przez co najmniej kilka lat. Planuje również aktualizować opis postępów tak często, jak tylko będzie to możliwe. Powodem, dla którego wybrał heksapoda, jest to, że bardziej chciał pracować z robotem na nogach niż robotem na kółkach, chociaż jest to o wiele bardziej złożone. Opisana w projekcie pierwsza wersja robota zawiera bardzo wiele ciekawych informacji, dlatego warto obserwować ten projekt.

„Postaram się zastosować w tym projekcie każdą nową rzecz, której mógłbym się nauczyć o robotyce. Mam nadzieję, że rozwinie się wraz z moją karierą robotyczną", pisze autor. Pierwsza wersja robota jest kontrolowana przez laptop za pomocą klawiatury przez ROS. Sześcionóg będzie miał 6 wejść / stopni swobody i jednocześnie za pomocą wbudowanego LIDAR-a będzie rysował mapę 2D.

Największym problemem w sterowaniu heksapodem jest sterowanie każdą nogą. Sprawia to, że wybór silników jest najtrudniejszym zadaniem tej części składowej projektu. Autor docelowo chce sterować dynamicznie momentem obrotowym silnika, a także chce zamontować enkodery w silnikach, aby zapewnić sprzężenie zwrotne o ich położeniu kątowym. W związku z tym wybrał silnik, który może być sterowany za pomocą momentu obrotowego i ma wbudowany enkoder sprzężenia zwrotnego. Silnik prądu stałego BLDC z enkoderem może być dobrym wyborem. Silnik krokowy również może być akceptowalną opcją, a ich cena jest niższa.

Finalnie autor sięgnął po serwomotory Dynamixel AX-12A. Są one droższe niż inne serwa na rynku, ale może dawać sprzężenie zwrotne kąta z rozdzielczością aż 0,29 stopnia, a co ważniejsze, może być również sterowany za pomocą momentów obrotowych i prędkości, co wyróżnia go na tle innych serwomechanizmów na rynku. Problem jednak z serwem Dynamixel polega na tym, że jest on sterowany sygnałem TTL, a nie sygnałem PWM. Dlatego potrzebny był układ do konwersji sygnału PWM lub analogowego na sygnał TTL. Na stronie projektu autor opisał tego rodzaju urządzenie, które pozwala na sterowanie sześcioma serwomotorami Dynamixel AX-12 A z Raspberry Pi. Okazało się jednak, że łatwiej jest zastosować zintegrowany kontroler Dynamixel U2D2 do sterowania za pomocą portu USB w Raspberry Pi.

Jak wspomniano powyżej, głównym kontrolerem robota jest komputer jednopłytkowy Raspberry Pi. Wynika to z wielkości zewnętrznej biblioteki używanej w kodzie systemu.

https://bit.ly/36IUkqd
https://bit.ly/3tGirij

eprasa.pl d7ac45c7ab

Podstawowe parametry:

- zakres regulacji napięcia: 0...30 V,
- zakres regulacji prądu 0...2 A,
- sterowanie za pomocą wyświetlacza dotykowego,
- dostępny projekt obudowy do wykonania metodą druku 3D.

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

AVT5915	Zasilacz 5 V/1 A z szerokim zakresem napięć wejściowych (EP 1/2022)
AVT5908	Beztransformatorowy impulsowy zasilacz sieciowy (EP 12/2021)
AVT5872	Regulowany zamiennik stabilizatora 78xx (EP 7/2021)
AVT1990	Regulowany zasilacz do płytek stykowych (EP 8/2018)
----	Precyzyjny regulowany zasilacz stabilizowany (EP 2/2018)
AVT5585	Zasilacz laboratoryjny 0...30 V/5 A ze sterowaniem mikroprocesorowym (EP 12/2017-1/2018)
----	Multizasilacz (EP 10/2017)
AVT1976	Precyzyjny, regulowany zasilacz uniwersalny 1,5-32 V/3 A (EP 8/2017)
AVT3172	Praktyczny zasilacz warsztatowy (EP 5/2017)
AVT1946	Zasilacz napięcia symetrycznego z LM27762 (EP 2/2017)
AVT1895	Uniwersalny moduł zasilający (EP 10/2016)
AVT1913	Moduł miniaturowego zasilacza (EP 8/2016)
AVT1857	Zasilacz modułowy (EP 7/2015)
AVT3072	Zasilacz płytek stykowych (EP 9/2013)
AVT1667	Stabilizator impulsowy 3 A z układem LM2576 (EP 3/2012)
AVT1731	Regulowany zasilacz uniwersalny 1,5... 32 V/3 A (EP 8/2011)
AVT1572	Symetryczny zasilacz warsztatowy ±1,25 V...±25 V 1,5/5 A (EP 6/2010)
AVT1461	Uniwersalny zasilacz laboratoryjny 5 i 12 VDC/1 A (EP 1/2008)
AVT727	Uniwersalny moduł zasilający (EdW 8/2004)
AVT5083	Mikroprocesorowy zasilacz laboratoryjny (EP 10/2002)
AVT2462	Zasilacz 10 A 10...20 V (EdW 1/2001)
AVT1253	Zasilacz symetryczny (EP 11/1999)
AVT1066	Miniaturowy zasilacz uniwersalny (EP 8/1995)

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

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

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

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

Regulowany zasilacz warsztatowy – RPS-02

z kolorowym wyświetlaczem i sterowaniem dotykowym

Zasilacz warsztatowy to niezwykle przydatne urządzenie w pracowni każdego elektronika i zazwyczaj potrzebne są dwa albo nawet trzy takie urządzenia. Dlatego warto spróbować budowy własnego zasilacza, który będzie doskonałym uzupełnieniem każdego stanowiska. Tym bardziej że opisana w artykule konstrukcja wyróżnia się na tle innych rozwiązań wysoką sprawnością oraz łatwym sterowaniem za pomocą wyświetlacza dotykowego.

Ogólna zasada działania zasilacza jest taka, że napięcie wyjściowe z transformatora 230 V/24 V, po wyprostowaniu w mostku prostowniczym, jest obniżane za pomocą przetwornicy typu BUCK do określonej wartości, ale nieco wyższej niż pożądane napięcie na wyjściu. Dokładna regulacja wartości napięcia wyjściowego przetwornicy do napięcia zadanego na wyjściu zasilacza odbywa się za pomocą tranzystora w układzie Darlingtona. Takie połączenie odznacza się wysoką dokładnością regulacji oraz dobrą sprawnością.

Budowa i działanie

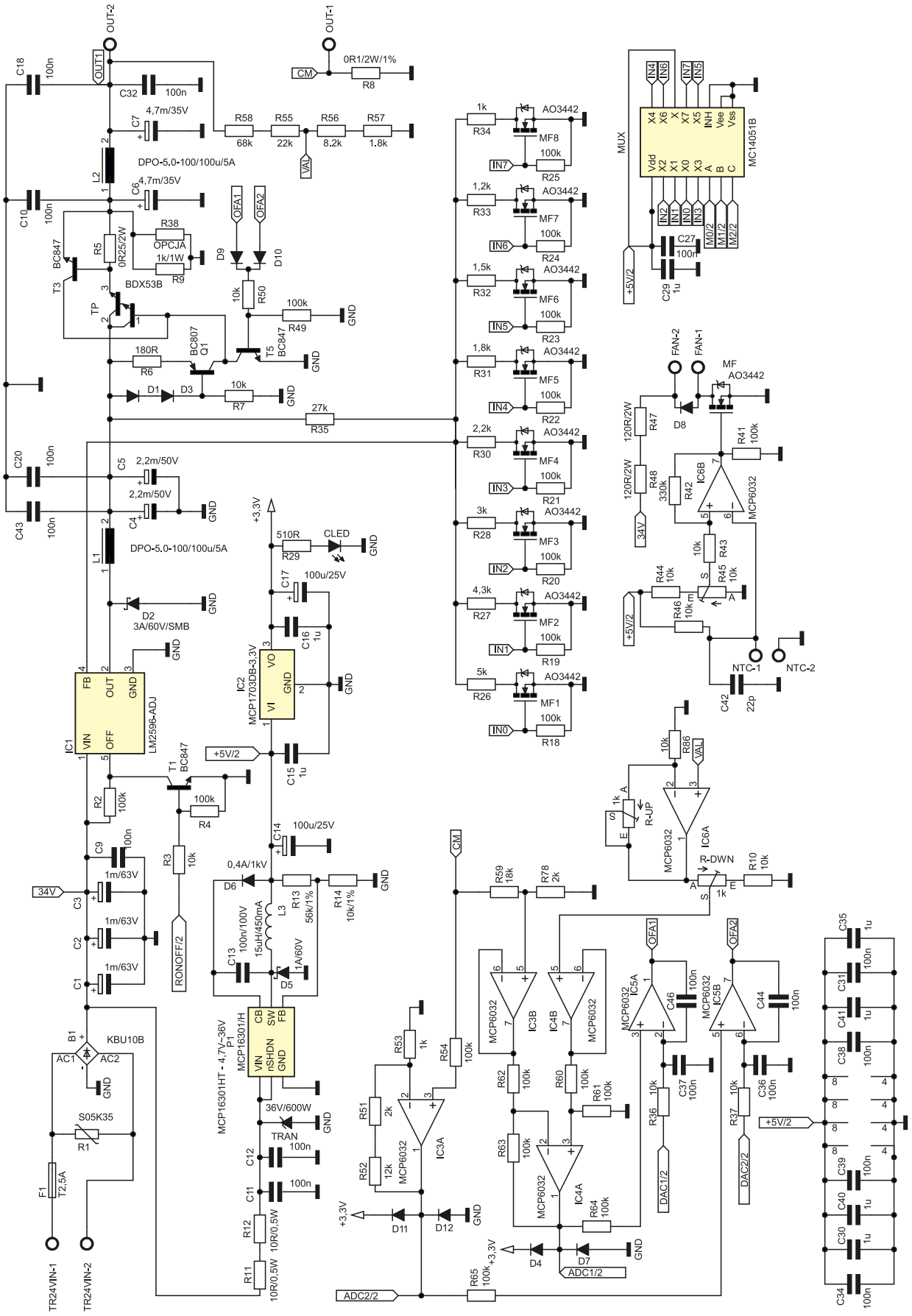
Schemat części sprzętowej zasilacza został pokazany na **rysunku 1** oraz **rysunku 2**. Na wejście płytki PCB do złącza TR24 VIN należy podłączyć napięcie z transformatora 230/24 V o mocy minimum 100 W. Wejście to jest zabezpieczone bezpiecznikiem zwłocznym o prądzie znamionowym 2,5 A. Za bezpiecznikiem a przed mostkiem prostowniczym B1 znajduje się warystor zabezpieczający układ przed możliwymi przepięciami.

Bezpośrednio za mostkiem znajdują się trzy kondensatory filtrujące napięcie o wartości 1000 µF/63 V. Wyprostowane i odfiltrowane napięcie trafia na wejście przetwornicy IC1 typu LM2596S, która pozwala regulować wartość napięcia wyjściowego. Przetwornica jest załączana sygnałem z mikrokontrolera poprzez

eprasa.pl d7ac45c7ab

układ z tranzystorem T1 oraz rezystorami R2, R3, R4. Zwarcie wejścia ON/OFF przetwornicy do masy poprzez tranzystor T1 powoduje załączenie przetwornicy. Przetwornica IC1 wraz z diodą Schottky'ego D2, dławikiem L1 oraz dwoma kondensatorami elektrolitycznymi C4, C5, tworzy typowy układ nieseparowanej przetwornicy obniżającej. Kondensatory C43, C20 poprawiają filtrowanie napięcia wyjściowego z przetwornicy.

Wartość napięcia wyjściowego z przetwornicy jest ustawiana przez mikrokontroler

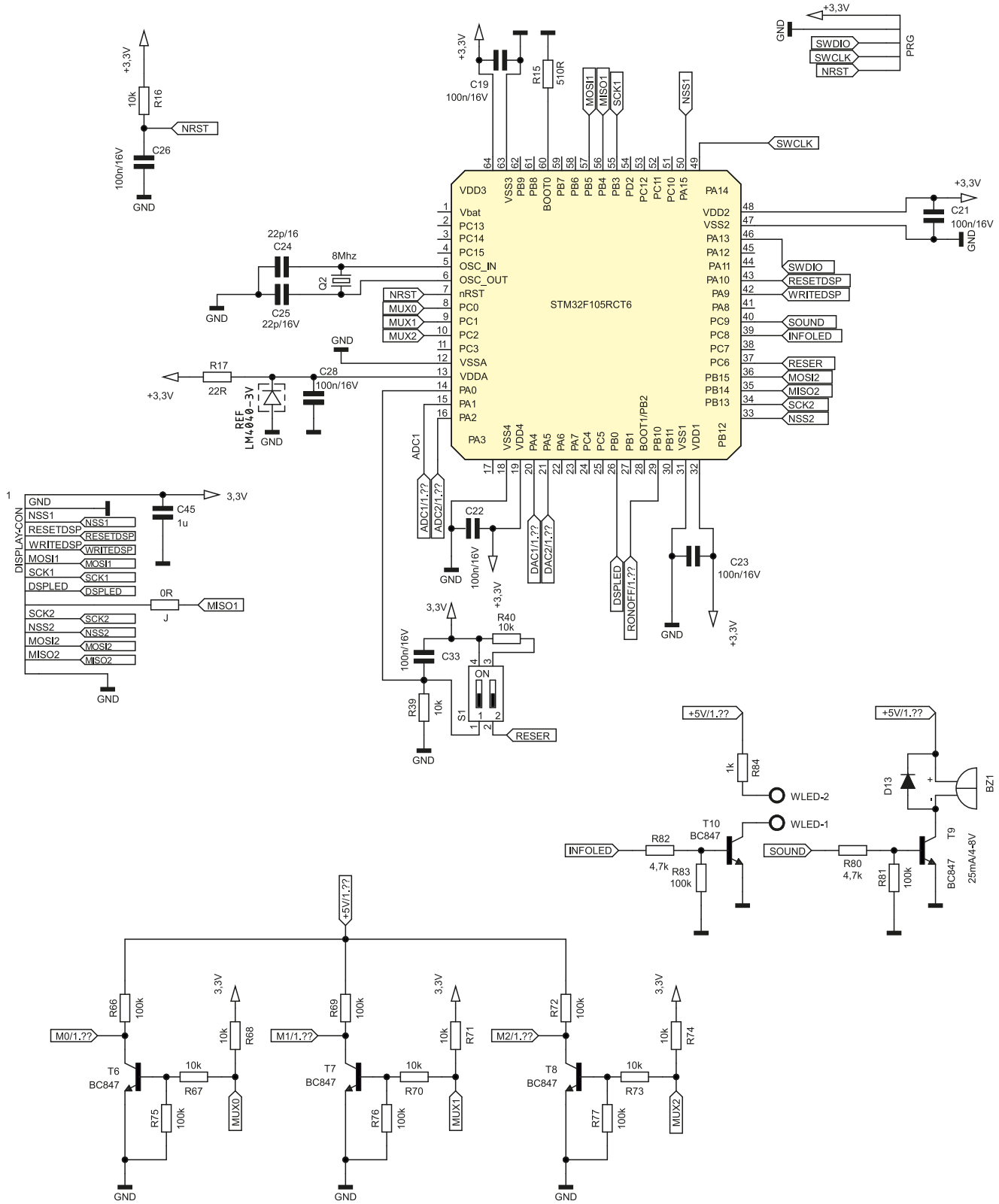


Rysunek 1. Schemat zasilacza – blok regulacji napięcia i prądu

eprasa.pl d7ac45c7ab

spośród ośmiu zdefiniowanych wartości. Napięcie w tym punkcie układu zawsze jest większe niż zadane przez użytkownika na wyjściu zasilacza. Zmieniając wartość dzielnika rezystancyjnego w obwodzie sprzężenia zwrotnego przetwornicy (wyprowadzenie FB), zmienione zostaje napięcie wyjściowe przetwornicy. Zmiana dzielnika rezystancyjnego jest realizowana poprzez wysterowanie odpowiedniego tranzystora MOSFET: MF1...MF8. Rezystor R35 może tworzyć dzielnik rezystancyjny wraz z rezystorami R26...R34. Wysterowanie odpowiedniego tranzystora odbywa się za pomocą analogowego multipleksera MUX. Wejścia sterujące multipleksera są kontrolowane przez mikrokontroler poprzez układy zawierające tranzystory T6, T7, T8 oraz rezystory R66... R77. Rezystory R18...R25 mają za zadanie odprowadzenie ładunku z bramki tranzystorów unipolarnych, oraz zabezpieczają tranzystory przed zakłóceniami.

Napięcie wyjściowe z przetwornicy jest regulowane do wartości napięcia zadanego przez użytkownika za pomocą tranzystora Darlingtona TP – BDX53B. Prąd płynący do bazy tranzystora TP płynie ze źródła prądowego, które tworzy tranzystor Q1 wraz z diodami D1, D3 oraz rezystorami R6, R7. W momencie, gdy napięcie wyjściowe jest



Rysunek 2. Schemat zasilacza – blok sterowania

eprasa.pl d7ac45c7ab

większe niż napięcie zadane lub gdy do odbiornika płynie zbyt duży prąd, większy od prądu zadanego poprzez ograniczenie prądowe, wtedy za pomocą układu wzmacniaczy operacyjnych wspomniane wyżej źródło prądowe, a tym samym baza tranzystora TP jest zwierana do masy za pomocą tranzystora T5. Rezystor R50 ogranicza prąd płynący przez bazę tranzystora T5, natomiast R49 zabezpiecza ten tranzystor przed zakłóceniami. Diody D9, D10 tworzą sumator diodowy.

Tranzystor T3 wraz z rezystorem R5 tworzy zabezpieczenie zwarciowe. W momencie zwarcia wyjścia zasilacza tranzystor ten otwiera się i prąd sterujący płynący do bazy tranzystora TP, zamiast płynąć do bazy tranzystora, odpływa do odbiornika. Za tranzystorem TP znajduje się filtr Pi, który tworzą dławik L2 oraz kondensatory C6, C7, C32, C10, C18. Rezystor R9 i R38 obciążają wyjście, powodując szybsze rozładowanie elektrolitycznych kondensatorów wyjściowych w momencie zmiany napięcia z wyższego na niższe, gdy nie ma podłączonego obciążenia do wyjścia zasilacza.

Rezystory R55...R58 tworzą dzielnik napięciowy dla napięcia wyjściowego. Napięcie z dzielnika jest podawane na układ wzmacniaczy. Rezystor R8 jest bocznikiem, za jego pomocą jest realizowany pomiar płynącego prądu. Napięcie wyjściowe zasilacza poprzez wspomniany wyżej dzielnik jest podawane na wejście wzmacniacza operacyjnego IC6A w układzie nieodwracającym. Za pomocą rezystorów R-UP oraz R-DWN można doregulować wartość napięcia zmierzonego na wyjściu. Napięcie z wyjścia wzmacniacza IC6 A jest podawane na wejście wtórnika napięciowego IC4B. Z wyjścia wtórnika napięciowego napięcie jest podawane na wzmacniacz różnicowy, który tworzą rezystory R60...R63 oraz IC4 A. We wzmacniaczu różnicowym od napięcia zmierzonego oraz odpowiednio dopasowanego z wyjścia zasilacza jest odejmowany spadek napięcia na boczniku R8, który wcześniej jest podzielony na dzielniku R59, R78 i podany poprzez wtórnik napięciowy IC3 B na wejście tego wzmacniacza.

Jako wzmacniacze operacyjne muszą być zastosowane wzmacniacze typu rail-to-rail. Z wyjścia wzmacniacz różnicowego IC4A napięcie jest podawane na przetwornik ADC mikrokontrolera a także na komparator IC5A, który porównuje napięcie zadane z przetwornika DAC mikrokontrolera z napięciem zmierzonym. Elementy R36 oraz C37 stanowią filtr dla sygnału DAC z mikrokontrolera. Zmieniając wartość sygnału stałego DAC, możemy zmieniać zadane napięcie wyjściowe mikrokontrolera. Zmierzony spadek napięcia na boczniku jest także wzmacniany we wzmacniaczu IC3A w układzie nieodwracającym, którego wzmocnienie ustalają rezystory R51, R52, R53. Wyjście wzmacniacza jest połączone z przetwornikiem ADC mikrokontrolera, ale także poprzez rezystor R65 wchodzi na wejście komparatora IC5B, który jest odpowiedzialny za ograniczenie prądowe zasilacza. Komparator porównuje napięcie zmierzone na boczniku, odpowiednio wzmocnione, z napięciem odniesienia, które jest generowane z przetwornika DAC mikrokontrolera. Rezystor R37 oraz kondensator C36 stanowią filtr dla sygnału z przetwornika DAC. Kondensatory C34, C30, C40, C39, C38, C41, C31, C35 filtrują zasilanie do wzmacniaczy operacyjnych.

Wzmacniacz IC6 B jest przerzutnikiem Schmitta z odpowiednio dobraną histerezą. Histereza układu jest dobrana za pomocą rezystorów R42 oraz R43. Za pomocą potencjometru R45 można regulować próg zadziałania przerzutnika. Przerzutnik w projekcie stanowi dwustanowy regulator z histerezą, który załącza wentylator w zależności od temperatury termistora 10 kΩ podłączonego do złącza NTC.

Jako mikrokontroler został wybrany STM32F105CT6, który jest taktowany zewnętrznym rezonatorem kwarcowym 8 MHz. Procesor komunikuje się za pomocą interfejsu SPI z kontrolerem wyświetlacza oraz z kontrolerem panelu dotykowego XPT2046. Złącze DISPLAY-CON służy do podłączenia wyświetlacza 3,2" TFT wyposażonego w kontroler ILI9341. Zworki J (0 Ω) nie należy wlutowywać, ponieważ komunikacja z wyświetlaczem w projekcie odbywa się tylko w jednym kierunku. Kondensator C45 filtruje zasilanie do wyświetlacza.

Dioda REF stanowi precyzyjne źródło napięcia odniesienia 3 V, współpracuje ono z rezystorem R17. Z napięcia referencyjnego jest zasilana analogowa część peryferiów mikrokontrolera. Kondensator C28 pomaga w filtrowaniu tego napięcia.

Kondensatory C19, C21, C22, C23 filtrują napięcie zasilania mikrokontrolera. Układ całkujący tworzony przez R16 oraz C26 zapewnia prawidłowy sygnał resetu po załączeniu zasilania. Rezystor R15 zapewnia prawidłowe bootowanie mikrokontrolera w momencie jego startu. Złącze PRG służy do programowania oraz debugowania mikrokontrolera za pomocą interfejsu SWD. Tranzystor T9 wraz z rezystorami R82, R83, R84 tworzy układ, który może sterować zewnętrzną diodą LED, która może sygnalizować o zbyt długim przeciążeniu zasilacza. Podobnie tranzystor T10 wraz z rezystorami R80, R81 tworzy układ, który może sterować wlutowanym buzzerem. Buzzer także załącza się przy zbyt długim przeciążeniu zasilacza. Wlutowanie układu sterującego zewnętrzną diodą sygnalizacyjną oraz układu sterującego buzzerem jest opcjonalne.

Dipswitch S1 uruchamia tryb kalibracji. Aby wejść w tryb kalibracji, pierwszy przełącznik należy załączyć, a następnie uruchomić zasilanie zasilacza. Po tej czynności na wyświetlaczu zostanie uruchomiony tryb

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

Rezystory:
R2, R4, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R41, R49, R54, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R69, R72, R75, R76, R77, R81, R83: 100 kΩ (SMD0805)
R3, R7, R10, R16, R36, R37, R39, R40, R43, R44, R45, R46, R50, R67, R68, R70, R71, R73, R74, R86: 10 kΩ (SMD0805)
R5: 0,25/2 W Ω (SMD2512)
R6: 180 Ω (SMD0805)
R8: 0,1/2 W/1% Ω (SMD2512)
R9: 1 kΩ/1 W (R2512)
R11, R12: 10 Ω/0,5 W (SMD1206)
R13: 56 kΩ/1% (SMD0805)
R14: 10 kΩ/1% (SMD0805)
R15, R29: 510 Ω (SMD0805)
R17: 22 Ω (SMD0805)
R26: 5 kΩ (SMD0805)
R27: 4,3 kΩ (SMD0805)
R28: 3 kΩ (SMD0805)
R30: 2,2 kΩ (SMD0805)
R31: 1,8 kΩ (SMD0805)
R32: 1,5 kΩ (SMD0805)
R33: 1,2 kΩ (SMD0805)
R34, R53, R84: 1 kΩ (SMD0805)
R35: 27 kΩ (SMD0805)
R42: 330 kΩ (SMD0805)
R47, R48: 120 Ω/2 W (R2512)
R51, R78: 2 kΩ (SMD0805)
R52: 12 kΩ (SMD0805)
R55: 22 kΩ (SMD0805)
R56: 8,2 kΩ (SMD0805)
R57: 1,8 kΩ (SMD0805)
R58: 68 kΩ (SMD0805)
R59: 18 kΩ (SMD0805)
R80, R82: 4,7 kΩ (SMD0805)

Kondensatory:
C1...C3: 1000 μF/63 V
C4, C5: 2200 μF/50 V
C6, C7: 4700 μF/35 V
C9...C12, C18, C20, C32, C43: 100 nF (SMD1206)
C13: 100 nF/100 V (SMD0805)
C14, C17: 100 μF/25 V
C15, C16, C29, C30, C35, C40, C41, C45: 1 μF (SMD0805)
C19, C21...C23, C26, C28, C33: 100 nF (SMD0805)
C24, C25, C42: 22 pF (SMD0805)
C27, C31, C34, C36...C39, C44, C46: 100 nF (SMD0805)

Półprzewodniki:
D1, D3, D4, D7...D13: dioda prostownicza (MINIMELF)
D2: dioda prostownicza 3 A/60 V (SMB)
D5: dioda prostownicza 1 A/60 V (SMB)
D6: dioda prostownicza 0,4 A/1 kV (MINIMELF)
MF, MF1...MF8: AO3442
Q1: BC807 (SOT23)
T1, T3, T5...T10: BC847 (SOT23)
TP: BDX53B (TO220)
REF: LM4040-3V (SOT23)
MUX: MC14051B (SOIC-16)
P1: MCP16301
U3: STM32F105RCT6 (LQFP64)
IC1: LM2596-ADJ (TO220-5)
IC2: MCP1703DB-3,3V (SOT223)
IC3: MCP6032 (SO08)
IC4: MCP6032 (SO08)
IC5: MCP6032 (SO08)
IC6: MCP6032 (SO08)

Pozostałe:
J: 0R (SMD0805)
S1: dipswitch×2
R1: warystor S05K35
TRAN: transil 36 V/600 W (DO214AC)
Q2: 8 MHz (HC49/S)
L1: dławik 100 μH/5A
L2: dławik 100 μH/5A
L3: dławik 15 μH/450 mA
FAN, NTC, OUT, TR24VIN, WLED: ARK500/2
DISPLAY-CON: goldpin 1×14 (2,54 mm)
PRG: goldpin 1×5 (2,54 mm)
F1: bezpiecznik T 2,5 A (5×20 mm)
B1: bezpiecznik KBU10B
BZ1: buzzer 25 mA/4...8 V
R-DWN, R-UP: 1k (helitrim)

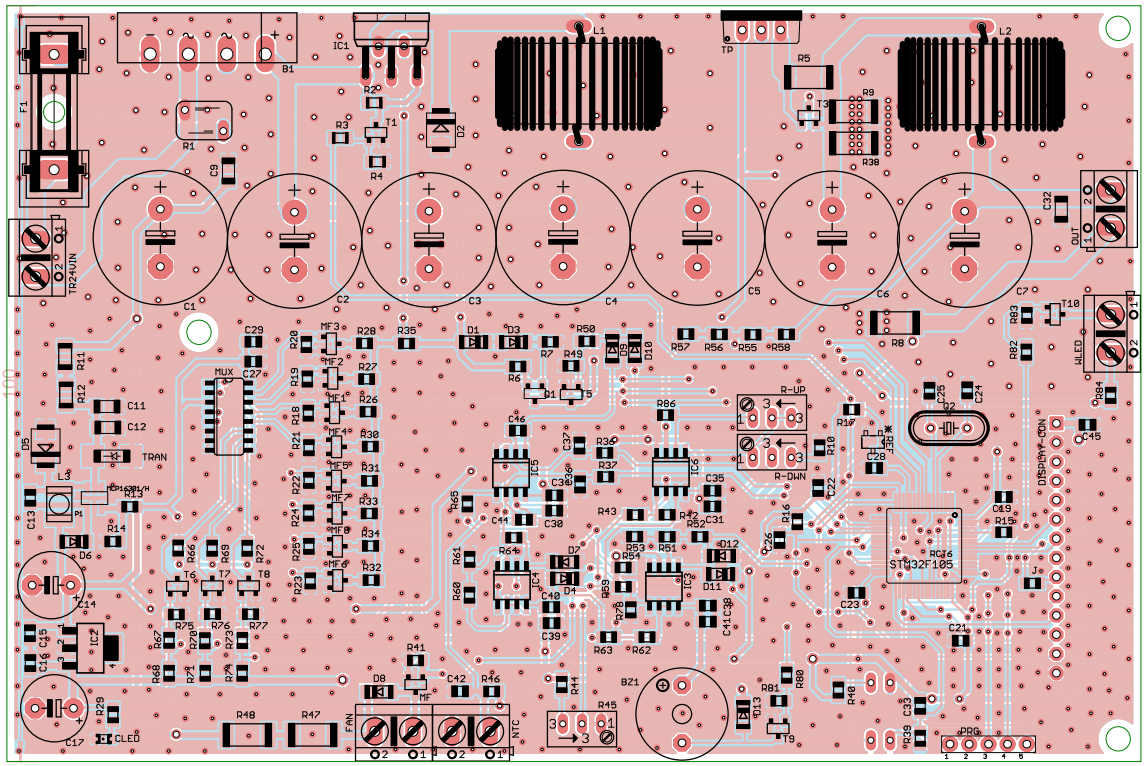
eprasa.pl d7ac45c7ab

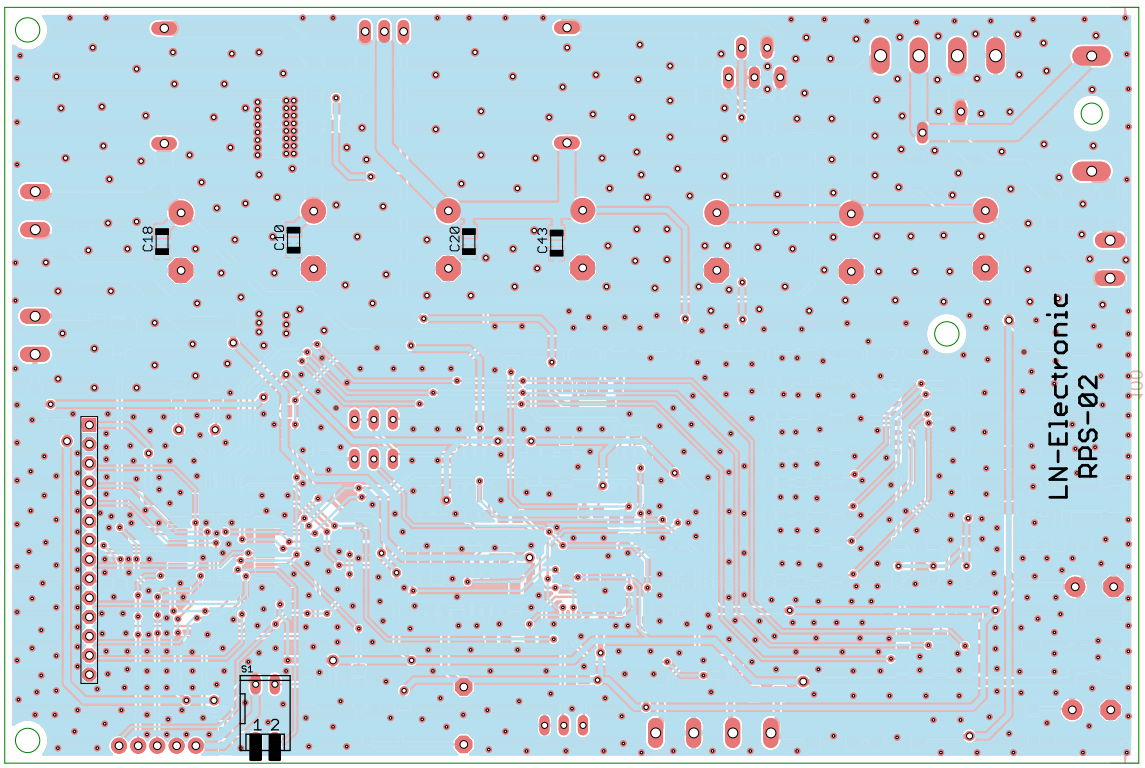
kalibracji panelu dotykowego. Drugi przełącznik S1 należy pozostawić wyłączony, służy on do załączenia automatycznej regulacji. Funkcja ta została umieszczona w celu poprawienia stabilizacji napięcia wyjściowego przy gwałtownych zmianach obciążenia, domyślnie nie należy jej używać. W przypadku, gdy funkcja jest załączona, a układ dokonuje doregulowywania, zewnętrzna dioda sygnalizacyjna zaczyna migać z częstotliwością około 2 Hz.

Mikrokontroler oraz wyświetlacz są zasilane z osobnej przetwornicy. Przetwornica obniżająca P1 z układem scalonym MCP16301/H jest zasilana poprzez filtr R11, R12, C11, C12 z wyjścia mostka prostowniczego B1. Przetwornica ta wraz z dławikiem L3, diodą Schottky'ego D5, kondensatorem C14 oraz dzielnikiem rezystancyjnym R13, R14, tworzy typowy układ obniżający napięcie. Przetwornica obniża wyprostowane napięcie zasilające z transformatora do 5 V. Z napięcia tego, poprzez stabilizator LDO IC2, jest uzyskiwane napięcie 3,3 V do zasilania mikrokontrolera oraz wyświetlacza. Rezystor R29 wraz z dioda CLED tworzą układ sygnalizujący pojawienie się napięcia 3,3 V.

Montaż i uruchomienie

Płytka PCB została zaprojektowana w taki sposób, że prawie wszystkie jej elementy znajdują się na stronie TOP, natomiast na stronie BOTTOM należy podłączyć wyświetlacz. Płytka ma dwa otwory montażowe.





Rysunek 3. Schemat płytki PCB

eprasa.pl d7ac45c7ab

Główne elementy mocy, kluczowe w procesie regulacji napięcia wejściowego do wartości zadanej, zostały rozmieszczone w górnej części płytki, natomiast elementy sterujące oraz pomiarowe (mikrokontroler, wzmacniacze operacyjnej) zostały rozmieszczone na pozostałym obszarze płytki PCB. Na stronie TOP oraz BOTTOM niewykorzystane powierzchnie płytki wypełnia pole masy. Na całej płytce znajdują się przelotki łączące jedną stronę masy z drugą, aby zapewnić jak najlepsze warunki dla prądów powrotnych (a tym samym, aby wyeliminować dodatkową emisję pola do otoczenia) oraz wyrównać potencjały. Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 3**.

Montaż płytki należy rozpocząć od przylutowania przetwornicy oraz stabilizatora zasilających mikrokontroler. Następnie wlutować elementy, które doprowadzają zasilanie to tej przetwornicy (mostek, bezpiecznik). Po tych czynnościach należy podłączyć zasilanie 30 V z innego zasilacza i sprawdzić napięcie na wyjściu przetwornicy oraz na wyjściu stabilizatora. Jeśli wartości wynoszą 5 V oraz 3,3 V, to można przystąpić do lutowania pozostałych elementów SMD, zaczynając od przylutowania procesora.

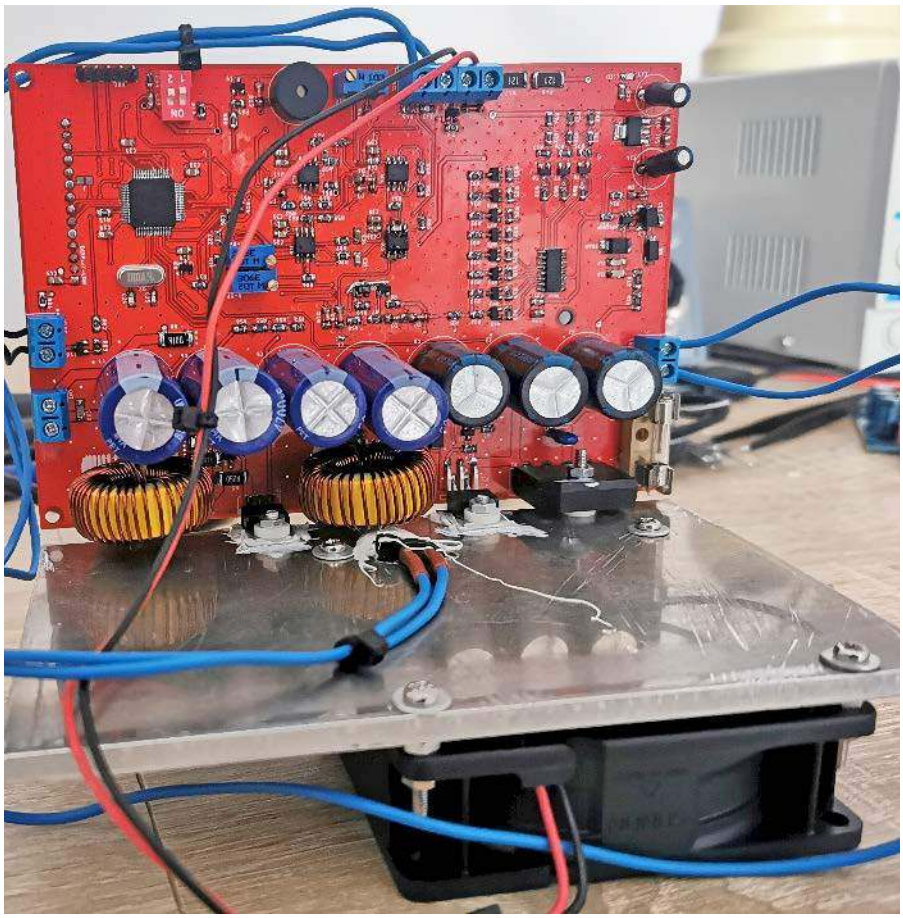
Po przylutowaniu elementów SMD można rozpocząć lutowanie elementów THT. Wyświetlacz powinien być wlutowany do wyświetlacza od strony bottom płytki PCB. Gdy wszystko będzie złożone, należy zaprogramować mikrokontroler np. za pomocą ST LINK V2 oraz programu STM32 ST-LINK Utility.

Od razu po wgraniu programu do pamięci flash mikrokontrolera zostaje uruchomiona procedura kalibracyjna wyświetlacza dotykowego. W celu prawidłowego skalibrowania wyświetlacza należy dotknąć i trzymać za pomocą rysika pojawiające się na wyświetlaczu trzy kropki. W pierwszej kolejności pojawi się kropka w górnym lewym rogu, w kolejnym w dolnej części wyświetlacza na jego środku, a na samym końcu pojawi się w prawym górnym rogu wyświetlacza. Jeśli kalibracja przebiegła prawidłowo, jest możliwość zmian wartości ustawionych tzn. napięcia wyjściowego oraz ograniczenia prądowego. Zasilacz pamięta zawsze ostatnio ustawioną wartość na wyświetlaczu.

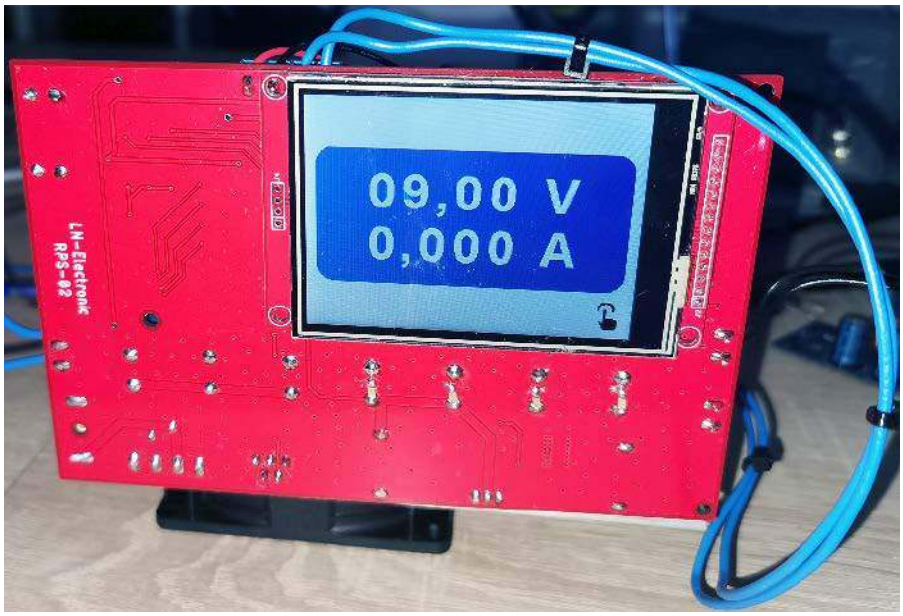
Po tych czynnościach można podłączyć do płytki PCB napięcie z transformatora oraz sprawdzić bez obciążania zasilacza (aby nie uszkodzić tranzystora TP bez przymocowanego radiatora) czy napięcie na wyjściu zasilacza mierzone za pomocą multimetru zmienia się zgodnie ze zmianami wprowadzonymi na wyświetlaczu. Jeżeli tak, to następnie za pomocą potencjometrów R-UP, R-DWN należy wyregulować mierzoną wartość napięcia wyświetlaną na wyświetlaczu zasilacza tak, aby zgadzała się z wartością pokazywaną przez multimetr. Kalibracji należy dokonać w kilku punktach całego zakresu zasilacza, sprawdzając tym samym przy okazji, czy przetwornica IC1, pracuje prawidłowo w każdym swoim zakresie.

Jeżeli wszystko działa prawidłowo, to należy przymocować aluminiowy radiator do przetwornicy IC1, mostka B1 oraz tranzystora TP, używając do tego podkładek izolacyjnych, tulejek izolacyjnych oraz pasty termoprzewodzącej. Po tej czynności można przystąpić do sztucznego obciążania zasilacza. Najlepiej w tym celu podłączyć na wejście płytki PCB napięcie 30 V z zasilacza laboratoryjnego o odpowiedniej wydajności prądowej, a następnie przetestować układ, zmieniając obciążenie na wyjściu budowanego zasilacza.

Kolejną czynnością jest podłączenie termistora 10 kΩ oraz ustawienie progu załączenia wentylatora 12 V za pomocą potencjometru R45. Po skalibrowaniu układu załączającego wentylator, termistor należy przymocować do powierzchni radiatora.



Fotografia 1. Zmontowana płytka zasilacza – widok od strony wnętrza obudowy



Fotografia 2. Zmontowana płytka zasilacza – widok od strony panelu frontowego

eprasa.pl d7ac45c7ab

Następnie można przystąpić do podłączenia transformatora oraz sprawdzenia, czy wszystko działa prawidłowo przy zasilaniu z sieci. **Uwaga, jako że przy podłączaniu transformatora mamy do czynienia z wartością napięcia niebezpiecznego dla człowieka (230 V AC), należy zachować szczególną ostrożność, dodatkowo czynności te powinny być przeprowadzone przez osoby mające odpowiednią wiedzę, umiejętności oraz doświadczenie**. Jeśli wszystko działa prawidłowo, można przystąpić do zamontowania całego układu w obudowie. Zmontowany układ bez obudowy został pokazany na **fotografii 1** oraz **fotografii 2**.

Obudowa

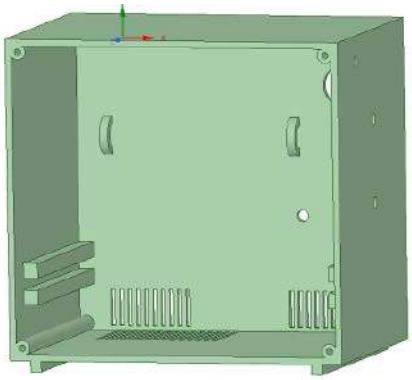
Obudowa zasilacza została wykonana za pomocą drukarki 3D. Składa się z dwóch części – głównej, w której umieszczony jest cały układ oraz panelu frontowego zawierającego otwór na wyświetlacz. Wewnątrz głównej częsci obudowy znajdują się prowadnice na aluminiową płytkę radiatora o grubości 5 mm – w projekcie zastosowano właśnie takie rozwiązanie. Prowadnice w obudowie stanową główną część mocującą cały układ do obudowy. W tylnej części obudowy znajduje się otwór służący do przymocowania włącznika zasilania. Na tylnej ścianie obudowy wewnątrz niej znajdują się także obejmy, które mogą posłużyć do przymocowania transformatora toroidalnego. W bocznej części obudowy znajdują się otwory służące do przymocowania gniazd bananowych.

Część główną obudowy oraz część frontową należy skręcić śrubkami 3 mm. Projekt obudowy został pokazany na **rysunku 4** oraz **rysunku 5**.

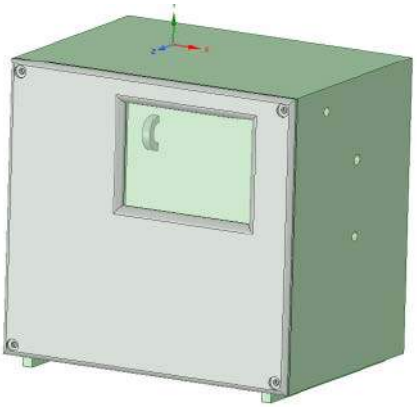
Program sterujący

Źródło programu sterującego jest udostępnione w materiałach dodatkowych do projektu. Dla użytkownika zasilacza, który zdecyduje się na niewielkie modyfikacje, istotne są definicje umieszczone na początku pliku *main.c*:

```
#define mfvoltage 3000
#define mfcurrent 2000
```



Rysunek 4. Projekt obudowy – część główna



Rysunek 5. Projekt obudowy – część główna oraz panel frontowy

```
#define dacfvoltage 3000
#define dacfcurrent 2000
```

Za pomocą tych definicji możemy dokonać doregulowania sterowania napięciem wyjściowym, ograniczeniem prądowym oraz możemy skalibrować woltomierz i amperomierz zasilacza. Wartości tych nie należy zmieniać, jeśli nie występuje taka potrzeba.

Aby zmienić wyświetlaną wartość napięcia oraz prądu, należy zmienić definicję *mfvoltage* oraz *mfcurrent*, natomiast aby zwiększyć wartość generowanego sygnału stałego z przetwornicy DAC dla napięcia lub ograniczenia prądowego, należy zmniejszyć wartości *dacfvoltage* oraz *dacfcurrent*.

Obsługa zasilacza

Po uruchomieniu zasilacza na wyświetlaczu zostaje wyświetlone jego logo. Jeśli w czasie wyświetlania logo dotkniemy go i przytrzymamy, to po chwili zostaniemy przeniesieni do podmenu, w którym możemy zmienić moc podświetlenia wyświetlacza. Na **fotografii 3** pokazano właśnie to podmenu. Po wybraniu odpowiedniej jasności oraz dotknięciu przycisku OK na wyświetlaczu program mikrokontrolera przechodzi do wyświetlania aktualnej wartości napięcia na wyjściu zasilacza oraz aktualnie pobieranego przez obciążenie podłączone do tego wyjścia prądu.

Wygląd głównego okna zasilacza został pokazany na **fotografii 4**. W celu zmiany wartości napięcia na wyjściu lub zmiany wartości ograniczenia prądowego należy dotknąć ikonki obrazującej dłoń z palcem, która znajduje się w prawym dolnym rogu wyświetlacza. Po dotknięciu ikonki zostaniemy przeniesieni do podmenu zmiany wartości. Na wyświetlaczu pojawią się aktualne ustawione wartości oraz jedna z cyfr będzie zaznaczona za pomocą białego tła. Gdy chcemy zmienić wartość owej cyfry, należy użyć strzałek znajdujących się z prawej strony wyświetlacza – czarna strzała wskazująca górę lub dół (**fotografia 5**). Gdy chcemy zmienić inną cyfrę, należy ją po prostu dotknąć, a zostanie podświetlona białym

Fotografia 3. Podmenu zmiany wartości podświetlenia

Fotografia 4. Wygląd głównego okna zasilacza – wyświetlane jest aktualne napięcie i pobór prądu

Fotografia 5. Podmenu zmiany wartości napięcia wyjściowego oraz ograniczenia prądowego

tłem, wtedy tak jak poprzednio należy użyć wspomnianych strzałek, aby zmienić jej wartość. W celu zatwierdzenia zmian oraz po to, żeby zasilacz był w stanie zmienić wartości, należy dotknąć aktualnie zaznaczonej cyfry. Po dotknięciu cyfry jej podświetlenie zniknie oraz strzałki z prawej strony wyświetlacza także znikną. Jest to dla mikrokontrolera znak, że zatwierdzamy wprowadzone zmiany.

Aby zmiany na wyjściu zasilacza zostały wprowadzone oraz aby wyjść do głównego okna, w którym jest widoczny woltomierz oraz amperomierz na wyświetlaczu, należy dotknąć krzyżyka w prawym dolnym rogu wyświetlacza (fotografia 4).

Film pokazujący działanie i obsługę zasilacza jest dostępny pod adresem: https://youtu.be/zgmkd09lmd8

Krzysztof Miękus
lordwest1989@tlen.pl

eprasa.pl d7ac45c7ab

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5922

Podstawowe parametry:

- maksymalna moc wyjściowa: około 15 W,
- znamionowa impedancja obciążenia: 8 Ω,
- jeden kanał (monoblok),
- wejście sygnału: asymetryczne,
- wykonany w całości na elementach dyskretnych, bez układów scalonych,
- stopień końcowy pracujący w klasie AB z wysokim prądem spoczynkowym (przeważa praca w klasie A),
- zasilacz transformatorowy ze stabilizacją napięcia,
- chłodzenie wyłącznie pasywne, za pomocą masywnych radiatorów.

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

AVT5836	Cyfrowy wzmacniacz mocy stereo z interfejsem I²S (EP 1/2021)	AVT1934	Miniaturowy wzmacniacz mocy 2×1 W/8 Ω (EP 9/2016)
AVT5756	Cyfrowy wzmacniacz mocy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2020)	AVT1923	Końcówka o mocy 2×60...100 W (EP 8/2016)
AVT5717	Opóźniacz dołączenia głośników zasilany 230 V (EP 9/2019)	AVT5528	Wzmacniacz audio klasy D o mocy do 2×50 W (EP 2/2016)
AVT5669	Wzmacniacz mocy audio 4×48 W/4 Ω (EP 4/2019)	AVT5499	Zabezpieczenie głośników i słuchawek do urządzeń audio (EP 4/2015)
–––	Wzmacniacz z kanałem basowym 2.1 (EP 1/2019)	AVT1843	PAmp_TDA7388 Wzmacniacz mocy audio 4×20 W/4 Ω (EP 2/2015)
AVT1982	Uniwersalny, stereofoniczny wzmacniacz mocy 2×10 W/8 V z regulacją barwy dźwięku (EP 2/2018)	AVT1833	Pamp_LM4766 – wzmacniacz mocy audio 2×20 W/8 Ω (EP 12/2014)
AVT1973	Miniaturowy, stereofoniczny wzmacniacz mocy (EP 10/2017)	AVT1758	Wzmacniacz z układem TPA3110 (EP 8/2013)
AVT5602	Stereofoniczny wzmacniacz klasy D o mocy 2×50 W (EP 8/2017)	AVT1746	Wzmacniacz o mocy 20 W z układem LM1875 (EP 7/2013)
AVT5547	4-kanałowy wzmacniacz mocy audio (EP 10/2016)	AVT5345	Wzmacniacz audio o mocy 2×300 W (EP 5/2012)

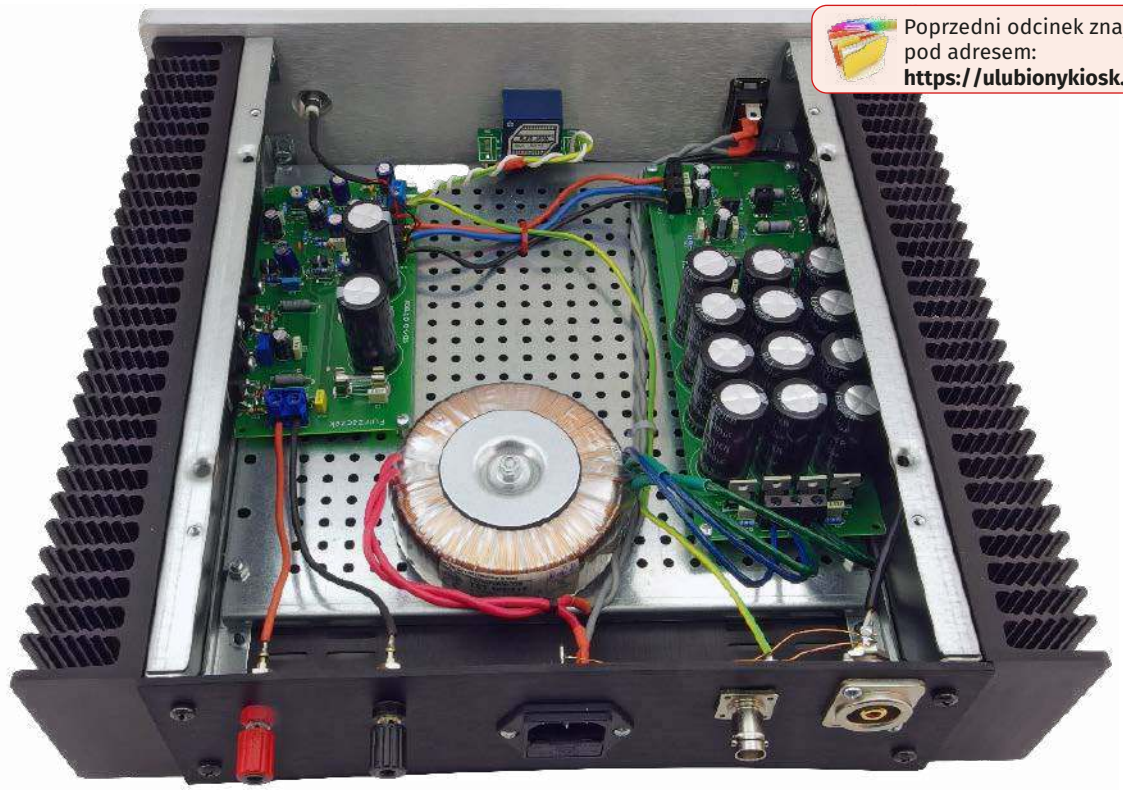
* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować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

Poprzedni odcinek znajduje się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**



Wzmacniacz audio dla wymagających (2)

W dzisiejszych czasach prym w technice audio wiodą wzmacniacze „cyfrowe", które mogą pochwalić się naprawdę imponującymi parametrami. Pomimo to, duża grupa fanów dobrego brzmienia zdecydowanie wybiera rozwiązania czysto analogowe, zaprojektowane i wykonane w taki sposób, jak odbywało się od kilkudziesięciu lat. Druga część artykułu zawiera opis montażu i przygotowania obudowy wzmacniacza oraz pokazuje proces pierwszego uruchomienia gotowej konstrukcji.

Obudowa

Układ modelowy został zmontowany w obudowie MINI DISSIPANTE 2U o symbolu 1MNPDA02/33/300B, która została zakupiona w firmie EX-OR modushop.pl z Wrocławia. Przedni panel jest wykonany z płyty aluminiowej o grubości 10 mm w kolorze naturalnym (srebrnym), jest on anodowany dla zabezpieczenia przed brudzeniem. Do obudowy została dokupiona płyta montażowa, Mini PD 33/250 244×240 mm perforowana, na której osadzono płytki oraz transformator sieciowy.

Układ podzespołów wewnątrz obudowy został pokazany na **rysunku 6** wraz z wymiarowaniem. Takie rozmieszczenie elementów na panelu przednim i tylnym jest ergonomiczne, a zarazem umożliwia redukcję długości najważniejszych połączeń. Transformator sieciowy jest odsunięty od czułych obwodów wejściowych wzmacniacza,

eprasa.pl d7ac45c7ab

co zmniejsza przenikanie przydźwięku sieciowego. Obudowa została spersonalizowana przez firmę EX-OR (usługa dodatkowo płatna) poprzez jej wycięcie, wyfrezowanie i nawiercenie w odpowiednich miejscach.

W płycie tylnej zostały wycięte otwory pod złącza sygnałowe, złącze zasilające IEC i dwa zaciski głośnikowe (**rysunek 7**). Użyte w prototypie gniazdo RCA zostało przykręcone dwiema śrubkami M3, z kolei gniazdo BNC ma cztery gwintowane otwory w rogach, idealnie pasujące pod śruby z gwintem M2,5.

Natomiast gruba płyta przednia musiała zostać nie tylko powiercona, lecz również miejscowo pocieniona (podfrezowana), aby możliwe było przykręcenie do niej oprawki diody LED, potencjometru regulacji głośności oraz wyłącznika sieciowego. Szczegóły zostały pokazane na **rysunku 8**. Wszystkie trzy elementy znajdują się w połowie wysokości płyty czołowej. Kreski na panelu przednim ułatwiają precyzyjne ustawienie pokrętła regulacji głośności, a jest ich więcej niż jedna na wypadek, gdyby któraś się starła w trakcie eksploatacji. Podłużne frezowanie od strony wnętrza obudowy służy zabezpieczeniu potencjometru regulacji głośności przed przekręcaniem się.

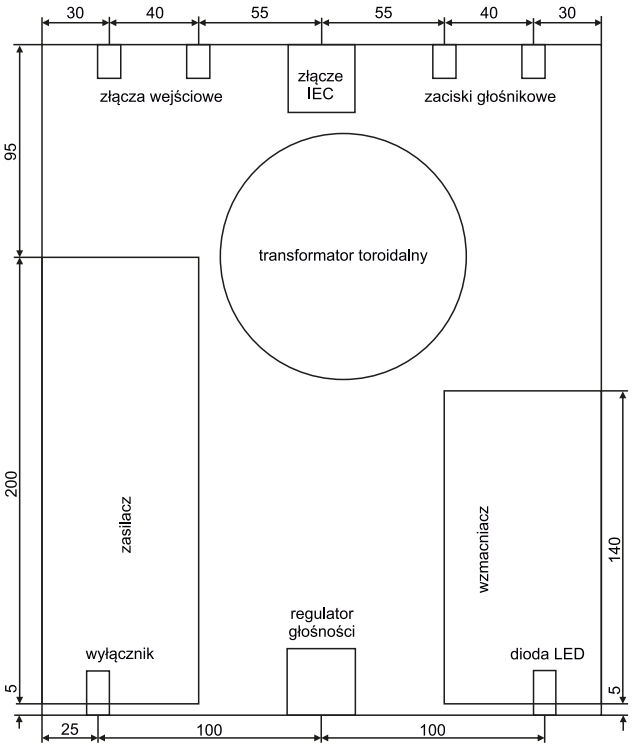
Boki obudowy są jednocześnie czernionymi radiatorami, które doskonale odprowadzają ciepło z tranzystorów. Zostało w nich wykonane łącznie siedem otworów z gwintem M3, które służą przykręceniu tych elementów półprzewodnikowych. Szczegółowe wymiary znajdują się na **rysunku 9**. Radiatory są na tyle duże, że chłodzenie pasywne jest całkowicie wystarczające.

Omówione tutaj rysunki znajdują się w materiałach dodatkowych. Każdy z nich występuje zarówno w formacie DXF, jak i PDF, co ułatwia ich przeglądanie, zmodyfikowanie oraz przesłanie do firmy wykonującej wycięcia.

Montaż

Płytki zasilacza i wzmacniacza należy przytwierdzić do płyty montażowej obudowy za pośrednictwem izolujących tulei dystansowych o długości 8 mm, najlepiej wykonanych z poliamidu. Najlepiej przykręcić je krótkimi śrubami M3 do płytek, a dopiero potem włożyć w wykonane w płycie montażowej otwory. Wtedy można przykręcić gwinty tulei dystansowych nakrętkami od spodu. Płytę montażową trzeba nawiercić samodzielnie – zwykła wiertarka i ostre wiertło do metalu pozwolą wykonać to zadanie w kilkanaście minut.

Po takiej przymiarce można włożyć tranzystory mocy w przeznaczone dla nich otwory na płytkach drukowanych, przykręcić do radiatorów (ich nóżki trzeba będzie lekko dogiąć dla zachowania dobrego styku z powierzchnią radiatora) i przylutować, choćby prowizorycznie. Potem tranzystory należy odkręcić, płytki wyjąć z obudowy, po czym poprawić lutowanie tranzystorów: wyprowadzenia skrócić i zalać pola lutownicze spoiwem. W ten sposób uzyskamy pewność, że tranzystory znajdą się dokładnie na swoich miejscach po przykręceniu płytek do obudowy, bez żadnych przesunięć które będą później trudne do zlikwidowania.

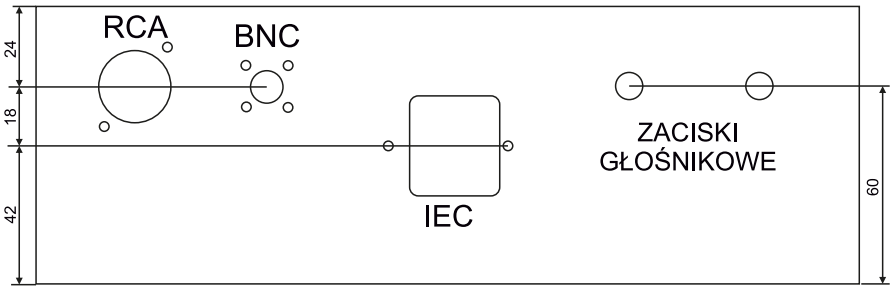


Rysunek 6. Rozmieszczenie podzespołów w obudowie (widok z góry)

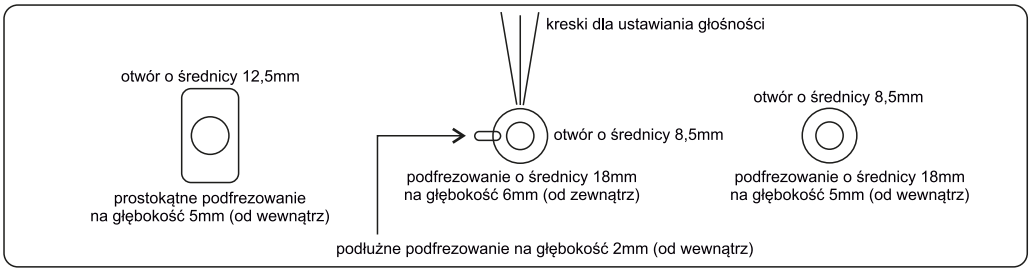
Na **fotografii 4** zostały pokazane płytki z przylutowanymi tranzystorami, osadzone na stałe w obudowie. Pod tranzystory należy zastosować podkładki izolacyjne, zaś pod łebki śrub tulejki izolacyjne dla galwanicznego odseparowania ich od radiatorów. Warto pamiętać również o cienkiej warstwie pasty termoprzewodzącej dla poprawy przewodnictwa cieplnego.

Transformator sieciowy można przykręcić do płyty montażowej, używając do tego jednego z otworów jej perforacji – mają wystarczającą średnicę. Połączenia prowadzące napięcie sieciowe powinny być, w miarę możliwości, skręcone ze sobą dla zmniejszenia natężenia emitowanego przez nie pola o częstotliwości 50 Hz. Ta sama uwaga powinna dotyczyć przewodów uzwojenia wtórnego, które prowadzą do płytki zasilacza, lecz są one dosyć twarde i zachodzi obawa ich złamania. Szczegóły można zobaczyć na **fotografii 5**.

Na tej samej fotografii są widoczne również szczegóły montażu złączy na tylnej płycie oraz połączeń między nimi. Pod jedną ze śrubek mocujących gniazdo BNC do ścianki zostało podłożone oczko lutownicze, a do niego został

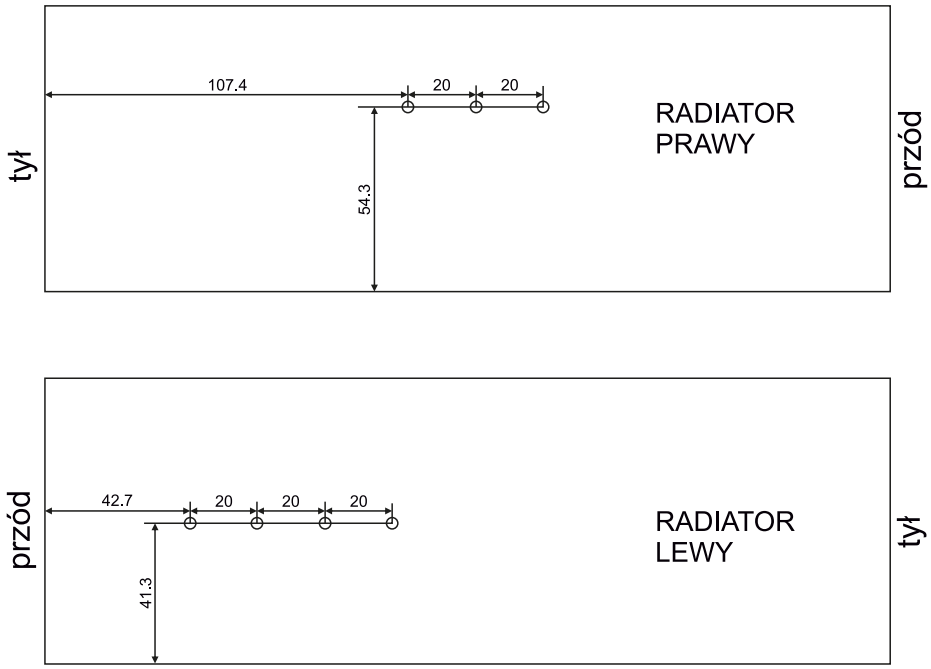


Rysunek 7. Szczegóły rozmieszczenia otworów na płycie tylnej (widok od wnętrza obudowy)



Rysunek 8. Szczegóły rozmieszczenia otworów i podfrezowanych obszarów na płycie przedniej (widok od przodu)

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 9. Rozmieszczenie gwintowanych otworów w obu radiatorach (widok od wnętrza obudowy)

dolutowany odcinek drutu łączący je z masą złącza RCA oraz bolcem PE złącza IEC. Obudowa jest połączona z masą układu tylko przy gniazdach sygnału wejściowego.

Od tego samego oczka lutowniczego został poprowadzony przewód łączący je z zaciskiem GND złącza J2 na płytce wzmacniacza. Z kolei przewód ekranowany, który łączy gniazda sygnałowe z potencjometrem, ma ekran połączony z masą tylko przy gniazdach – przez ekran nie płynie prąd. Taki sposób prowadzenia masy gwarantuje brak pętli masy. Sygnał wyjściowy z potencjometru oraz jego masa są podłączone do zacisków złącza J2. Ponieważ odcinek pomiędzy potencjometrem a płytką wzmacniacza jest relatywnie krótki, nie użyto przewodu ekranowanego, lecz opleciono przewód sygnałowy wokół przewodu masy. Można to zobaczyć na **fotografii 6**, a układ połączeń jest zgodny z rysunkiem 3. W układzie prototypowym użyto gałki na potencjometr z precyzyjną podziałką, aby móc dokładnie ustawiać żądany poziom głośności.

Potencjometr regulacji głośności ma wyprowadzenia przystosowane do wlutowania ich w płytkę drukowaną. W układzie prototypowym zastosowano odpowiednia płytkę-przejściówkę, która ułatwia montaż, choć nie jest ona konieczna. Użyto jednej sekcji potencjometru, druga jest niepołączona.

Kontrolka LED ma przylutowany szeregowo rezystor. Jej połączenia zostały zaizolowane odcinkiem rurki termokurczliwej, z której wychodzą dwa cienkie przewody. Łączą się z zaciskami V+ i V– złącza J1 płytki wzmacniacza.

Pola przekroju poprzecznego użytych przewodów są następujące:

- między płytkami zasilacza i wzmacniacza oraz do zacisków głośnikowych: 2,5 mm^2;
- do zasilania sieciowego, połączenie masy i sygnał z potencjometru: 1,5 mm^2;
- dioda LED: 0,22 mm^2.

Przewód ekranowany łączący gniazda wejściowe z potencjometrem regulacji głośności powinien mieć możliwie gruby ekran. Wystarczy, aby miał jedną żyłę środkową. Przewody zostały pospinane ze sobą i/lub przytwierdzone do płyty montażowej opaskami zaciskowymi.

Fotografia 4. Szczegóły montażu zmontowanych płytek w obudowie płytki wzmacniacza

Uruchomienie

Pierwsze uruchomienie nowo zbudowanego sprzętu zawsze wzbudza wiele emocji, ponieważ może wydarzyć się dużo rzeczy, trudnych do przewidzenia wcześniej, dlatego warto podzielić tę czynność na etapy. W ten sposób będziemy mieli gwarancję, że uruchamiając następny stopień, poprzedni mamy w pełni sprawny.

Na początek proponowałbym odłączyć przewody V+ i V– od modułu wzmacniacza, dioda LED może pozostać podłączona do zasilacza. Włączamy napięcie sieciowe i sprawdzamy woltomierzem, czy napięcia między V+ i GND oraz GND i V– w złączu J2 zasilacza wynoszą około 25 V. Żaden element na płytce zasilacza nie powinien się w tym momencie silnie nagrzewać, jedynymi wyjątkami mogą być tranzystory T1 i T4 oraz T6 i T9, które osiągają temperaturę obudowy nie wyższą niż około 80°C.

Jeżeli test został zaliczony pomyślnie, należy wyłączyć zasilanie sieciowe i **rozładować kondensatory elektrolityczne zasilacza (na przykład rezystorem 1 kΩ o mocy 5 W podłączonym między V+ i V–)**, po czym wkręcić w złącza przewody łączące zasilacz z płytką wzmacniacza. Zaciski głośnikowe powinny być pozostawione bez obciążenia, zalecam też brak sygnału wejściowego. Potencjometry P1 i P2 warto ustawić w połowie, zaś P3 skręcić na minimum rezystancji

eprasa.pl d7ac45c7ab

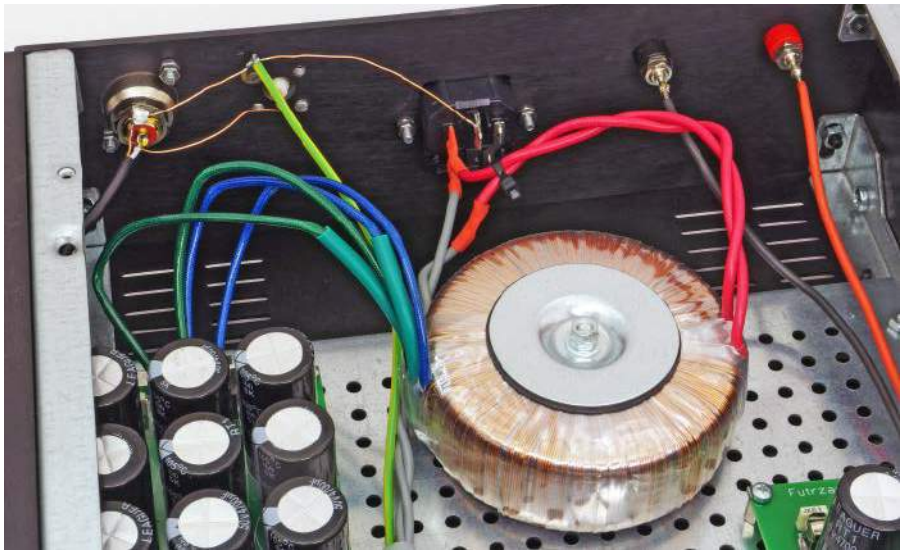
lub chociaż na kilkaset omów. Można to skontrolować omomierzem, którego końcówki zostaną przyciśnięte do wyprowadzeń bazy i kolektora tranzystora T8, znajdującego się pomiędzy tranzystorami MOSFET. Zapewni to zerowy prąd spoczynkowy tranzystorów mocy po włączeniu zasilania.

Tym razem woltomierz włączamy równolegle do wyprowadzeń rezystora R25 lub R26. Polecam przyczepić te przewody krokodylkami, ponieważ operacja ustawiania prądu spoczynkowego zajmie kilkanaście minut. Włączamy zasilanie i powoli zwiększamy rezystancję P3 (obracając jego główkę w stronę przeciwną niż poprzednio), aż na R25 lub R26 pojawi się spadek napięcia rzędu kilkunastu miliwoltów. Od tej pory polecam powoli manipulować P3, próbując uzyskać odczyt z woltomierza na poziomie 110 mV, co będzie odpowiadało prądowi spoczynkowemu 0,5 A (0,22 Ω·0,5 A=110 mV). W miarę rozgrzewania się radiatora wokół tranzystorów mocy to napięcie będzie lekko spadało, wówczas należy ponownie doregulować położenie ślizgacza P3 – ta zabawa „w kotka i myszkę" potrwa około kwadransa. Docelowa temperatura radiatora chłodzącego tranzystory modułu wzmacniacza wynosi około 40°C. Tranzystory T4 i T5 oraz T6 i T7 będą wyraźnie ciepłe, ale w dopuszczalnych granicach.

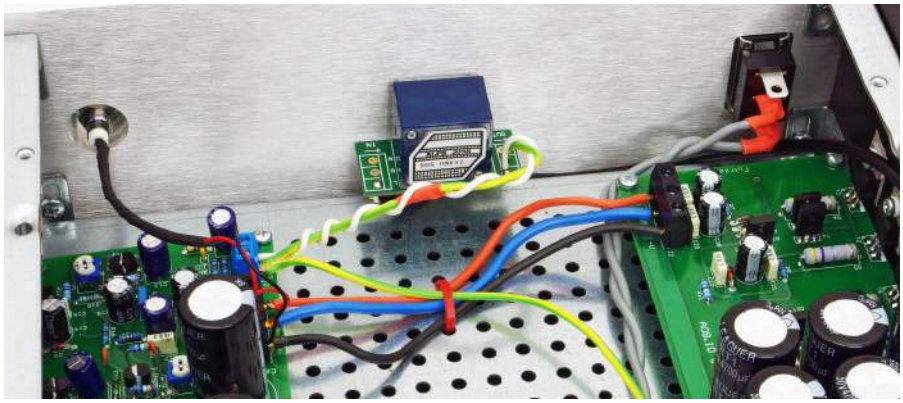
Po ustabilizowaniu się punktu pracy tranzystorów mocy można odłączyć woltomierz od rezystora R25 (lub R26) i sprawdzić napięcia zasilające V+ i V–, czy nie uległy one wyraźnemu obniżeniu, co wskazywałoby na nieprawidłowe działanie zasilacza. W układzie modelowym te napięcia wynosiły odpowiednio 25,1 V oraz –24,5 V względem masy. Z kolei między bramkami tranzystorów MOSFET było napięcie o wartości 8,1 V (po nagrzaniu).

Pozostawiając włączone zasilanie, mając jednocześnie rozgrzany już układ, można przejść do ustawienia zerowej składowej stałej napięcia wyjściowego. Woltomierz podłączamy do zacisków głośnikowych i regulujemy P1 w ten sposób, aby uzyskać napięcie jak najbliższe wartości 0 mV.

Jeżeli i to się powiodło, układ jest w pełni gotowy do działania. Można wyłączyć jego zasilanie, zamknąć obudowę, podłączyć kolumnę głośnikową oraz źródło sygnału i cieszyć się z czystego brzmienia ulubionej muzyki.



Fotografia 5. Szczegóły montażu transformatora sieciowego i podzespołów na płycie tylnej

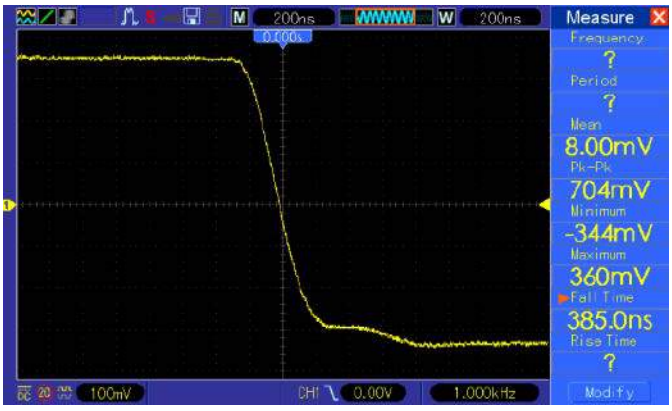


Fotografia 6. Szczegóły montażu elementów na płycie przedniej

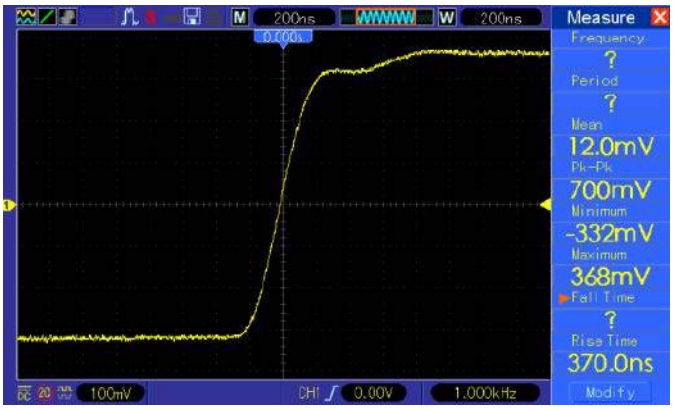
Nie omówiłem dotychczas roli potencjometru P2. Za pomocą można ustawić symetrię przenoszenia, czyli wyrównać wzmocnienie dla dolnej i górnej połówki sygnału. Najłatwiej ewentualne zaburzenie w tej materii można zweryfikować oscyloskopem podłączonym do zacisków wyjścia głośnikowego i generatorem sygnału sinusoidalnego, o częstotliwości na przykład 1 kHz i amplitudzie 500 mV, podłączonym do wejścia. Jeżeli wartość minimalna i maksymalna sygnału wyjściowego nie są sobie przeciwstawne, należy lekko doregulować P2. Jednak w praktyce ta regulacja jest zbędna, bowiem wypadkowa rezystancja „widziana" przez emitery T4 i T5 jest na tyle duża, że niewielkie różnice w napięciach kolektor-emiter nie mają praktycznego znaczenia i symetria „ustawia się sama".

Pomiary

Czym byłby wzmacniacz audio, gdyby nie zmierzyć chociażby jego podstawowych parametrów? W pierwszej kolejności sprawdzono czas narastania i opadania sygnału na wyjściu, co odbyło się przy użyciu sygnału



Rysunek 10. Oscylogram pokazujący zbocze opadające sygnału wyjściowego



Rysunek 11. Oscylogram pokazujący zbocze narastające sygnału wyjściowego

eprasa.pl d7ac45c7ab

prostokątnego o częstotliwości 1 kHz i wartości międzyszczytowej 50 mV dla zachowania pracy małosygnałowej tranzystorów stopnia wejściowego. Obciążenie rezystancyjne 8 Ω, regulator głośności ustawiony na maksimum.

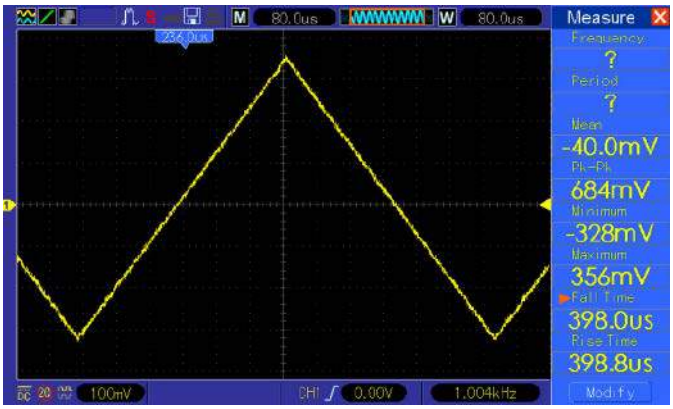
Oscylogramy są widoczne na **rysunku 10** i **rysunku 11**. Czas narastania, zmierzony automatycznie oscyloskopem, wyniósł 370 ns, a opadania 385 ns – są więc praktycznie takie same. Co istotne, zbocza nie są opatrzone charakterystycznymi „dzwonieniami", które zdradzają nieprawidłową pracę pętli sprzężenia zwrotnego.

W kwestii jakości pracy wzmacniacza, a zwłaszcza zachowania fazy sygnału, dużo może powiedzieć przepuszczenie przezeń sygnału trójkątnego. **Rysunek 12** to oscylogram sygnału wyjściowego przy parametrach takich samych, jak użyte były wcześniej – tyle że zmieniono kształt z prostokątnego na trójkątny. Zbocza są symetryczne i proste, a wierzchołki ostre, co świadczy o zgodności fazy wielu kolejnych harmonicznych sygnału.

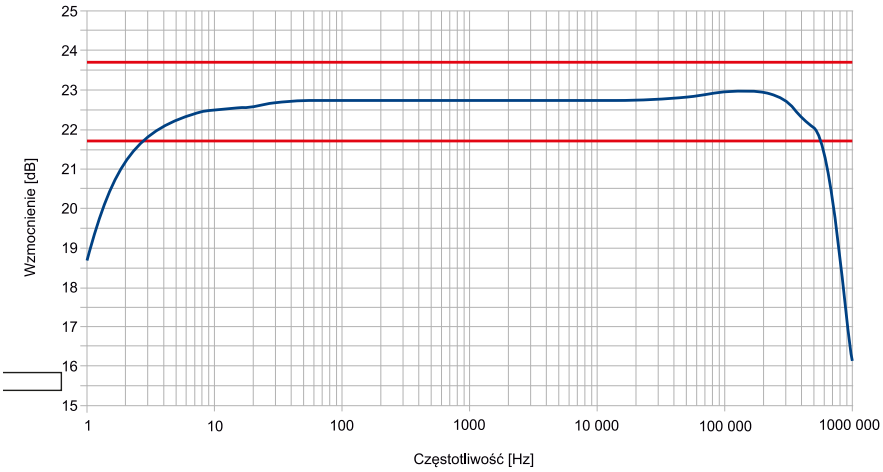
Wstępne pozytywne wnioski na temat pracy wzmacniacza można rozwinąć poprzez ocenę jego charakterystyki amplitudowej, znajdującej się na **rysunku 13**. Za odniesienie (0 dB) przyjęto taką amplitudę sinusoidalnego sygnału wejściowego, przy której moc wyjściowa wynosi 1 W dla częstotliwości 1 kHz. W układzie prototypowym było to 585 mVpp.

Pasmo przenoszenia, rozumiane jako punkty, w których charakterystyka amplitudowa spada o 3 dB poniżej wartości referencyjnej, jest najczęściej stosowane do urządzeń audio. Ale sprzęt z najwyższej półki jest oceniany według surowszego kryterium – spadku o 1 dB. Na rysunku dodano linie pomocnicze, wyznaczające granice pasma 1 dB. Według nich ten wzmacniacz przenosi sygnał o częstotliwości od około 3 Hz do około 55 kHz, czym zadowoli nawet najlepiej wytrenowany słuch.

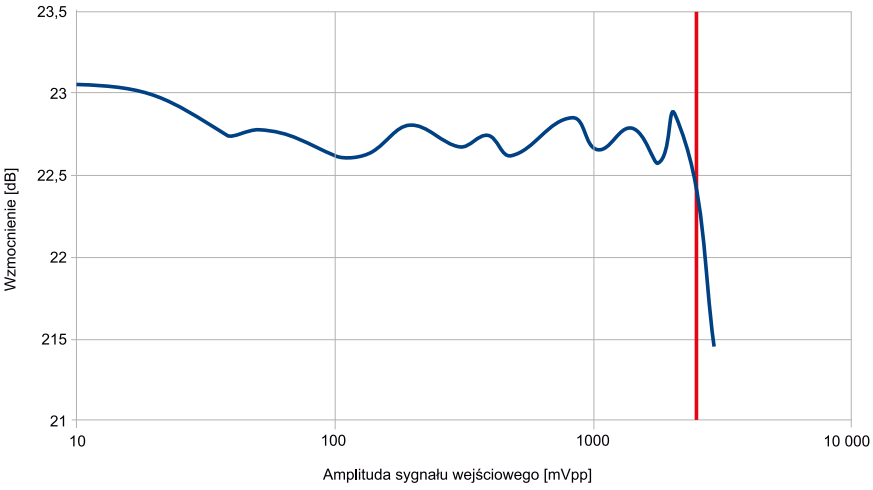
Następnie oceniono liniowość wzmacniacza, czyli stałość wzmocnienia w funkcji amplitudy sygnału wejściowego. To badanie przeprowadzono przy użyciu sygnału sinusoidalnego o częstotliwości 1 kHz. **Rysunek 14** dowodzi, że w całym użytecznym zakresie amplitudy sygnału wejściowego fluktuacje wzmocnienia mieszczą się w paśmie o szerokości 0,5 dB. Czerwoną linią zaznaczono moment, w którym wzmacniacz zaczyna zniekształcać. Powyżej tego punktu wzmocnienie w naturalny sposób spada, gdyż amplituda sygnału wyjściowego już nie wzrasta, a wejściowego owszem.



Rysunek 12. Oscylogram pokazujący wyjściowy sygnał trójkątny



Rysunek 13. Charakterystyka amplitudowa wzmacniacza z zaznaczonymi krawędziami pasma ±1 dB



Rysunek 14. Zależność wzmocnienia w funkcji amplitudy sygnału wejściowego

Eksploatacja

Omówiony w tym artykule wzmacniacz jest przystosowany do pracy z obciążeniem o nominalnej impedancji 8 Ω. Kolumny głośnikowe o mniejszej wartości tego parametru, na przykład 4 Ω, mogą przeciążyć końcówkę mocy oraz zasilacz, zwłaszcza przy silnym wysterowaniu.

Maksymalna, niezniekształcona moc wyjściowa wynosi około 15 W. Końcówka mocy pracuje ze znacznym prądem spoczynkowym (0,5 A po nagrzaniu, około 0,75 A przy zimnych tranzystorach), więc w cichszych partiach dźwięku pozostaje w klasie A – przechodzi w klasę B dopiero przy silnym wysterowaniu. Układ bezgłośnie załącza się oraz wyłącza, bez jakichkolwiek dźwięków, które dochodziłyby w tych momentach z głośnika.

Temperatura radiatorów podczas pracy niemal nie zależy od wysterowania i sięga 40°C w warunkach domowych i ze swobodnym opływem powietrza wokół ich żeberek. Nie zalecam zakrywania radiatorów ani otworów chłodzących obudowy, może dojść do przegrzania układu.

W układzie nie ma elektronicznego zabezpieczenia przed przeciążeniem ani przed zwarciem zacisków wyjściowych. Z tego powodu zalecam ostrożność przy podłączaniu głośników. Natomiast układ nie uszkodzi się, jeżeli obciążenie odłączy się w trakcie pracy, nawet przy wysokiej amplitudzie sygnału wejściowego.

Układ wzmacniacza jest podatny na modyfikacje, zwłaszcza na zwiększenie dopuszczalnej mocy wyjściowej. Trzeba w tym celu, przede wszystkim, zwiększyć napięcie zasilające końcówkę mocy, co wiąże się z wymianą transformatora sieciowego oraz rezystorów R7 i R13 w zasilaczu. Kondensatory elektrolityczne mają spory zapas dopuszczalnego napięcia.

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl d7ac45c7ab

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5926

Podstawowe parametry:

- liczba obsługiwanych kart Mifare/znaczników NFC: 64,
- zbliżenie karty, która wcześniej została zarejestrowana w pamięci urządzenia powoduje załączenie przekaźnika na czas 1,5 s,
- parametry wyjścia (parametry styków przekaźnika): AC: 250 V, 10 A; DC: 125 V, 8 A (szczegóły w dokumentacji przekaźnika),
- napięcie zasilania: 8...10 V, maksymalny prąd 115 mA.

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

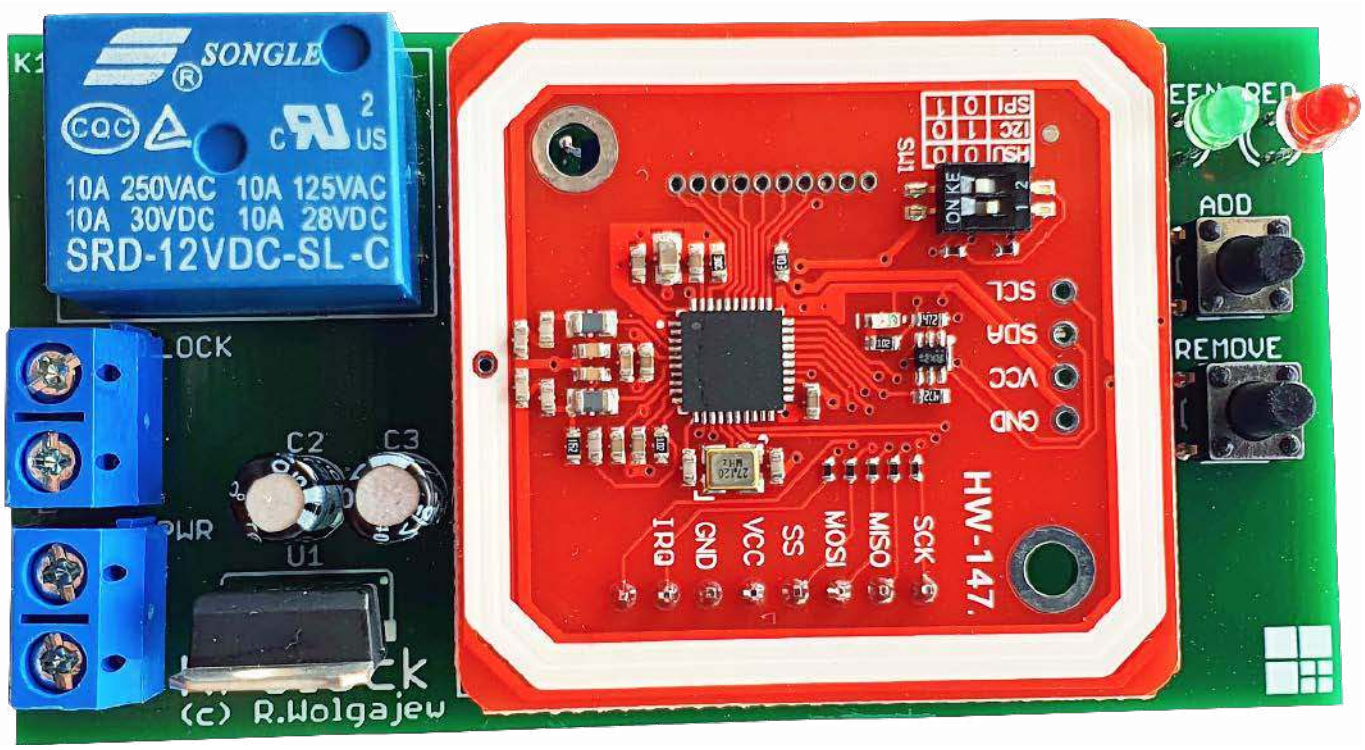
AVT5186	Bezstykowy zamek RFID
AVT969	Bezstykowy zamek RFID
AVT3129	Zamek elektroniczny/immobilizer
AVT886	System bezstykowej kontroli dostępu (EP 10/2000)

* 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.



NFC Lock

Zaprezentowany projekt to jeden z tych, które od dawna znajdowały się na mojej liście rzeczy do zrobienia. Przyznam szczerze, że podchodziłem do tego zagadnienia trochę jak przysłowiowy „pies do jeża", głównie dlatego, że tematyka jest dość skomplikowana a i zakres dostępnego hardware'u bywał dość ograniczony. Wszystko do czasu… gdy natknąłem się na wygodny moduł czytnika RFID/NFC firmy NXP pod postacią peryferium oznaczonego symbolem PN532, który integruje w sobie specjalizowany układ o tej samej nazwie (mikrokontroler z rdzeniem 80C51 wyposażony w 40 kB pamięci ROM i 1 kB pamięci RAM) oraz cały interfejs RF.

Moduł PN532 to peryferium pozwalające na wymianę danych (jednokierunkową lub dwukierunkową) z kartami i urządzeniami w standardzie RFID i NFC. Obsługiwane rodzaje kart to: Mifare1k, 4k, Ultralight, DesFire, ISO/IED 14443-4, Innovision Jewel (IRT5001) oraz FeliCa (RCS_860, RCS_854). Oprócz obsługi kart lub tagów RFID, moduł pozwala również na dwukierunkową komunikację z urządzeniami NFC – np. z telefonem komórkowym, a także wymianę danych między dwoma modułami w trybie P2P.

Wspomniany moduł wyposażono dodatkowo w wygodne interfejsy komunikacyjne, dzięki którym możliwa jest jego konfiguracja i wymiana danych z procesorem hosta. Interfejsy te to: I²C, SPI lub HSU (*High Speed Uart*). Wybór aktywnego interfejsu komunikacyjnego dokonywany jest za pomocą dedykowanych switchy SMD zintegrowanych na obwodzie drukowanym PCB. Aby przygotować moduł do pracy z interfejsem SPI, przełączamy przełącznik oznaczony jako ON w pozycję On (blisko znacznika „1"), zaś przełącznik oznaczony, jako KE w pozycję Off (blisko znacznika „KE"). Na tym samym obwodzie drukowanym zintegrowano również antenę poprowadzoną na brzegach płytki, dzięki czemu dostajemy urządzenie gotowe do pracy. Tyle w kwestii samego modułu.

RFID/NFC

Kilka słów uwagi należy w tym miejscu poświęcić samej metodologii przesyłania danych RFID/NFC. Obie technologie to dwie bardzo zbliżone do siebie technologie bezprzewodowej komunikacji, które używane są praktycznie na każdym kroku w różnych dziedzinach naszego życia – od weryfikacji tożsamości poprzez kontrolę dostępu aż do systemów bezprzewodowych płatności zbliżeniowych. Jakie są główne różnice pomiędzy

eprasa.pl d7ac45c7ab

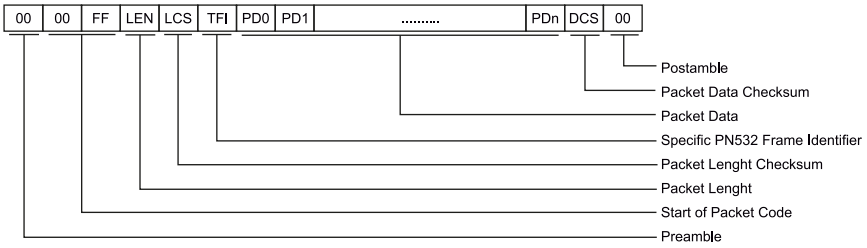
RFID a NFC? RFID pozwala na jednokierunkową (w sensie inicjowania transferu), bezprzewodową komunikację pomiędzy niezasilonym znacznikiem a zasilonym czytnikiem RFID, przy czym odległość między tym czytnikiem a znacznikiem może dochodzić nawet do 200 m (w wybranych implementacjach) i zależy w dużej mierze od zastosowanych zakresów częstotliwości radiowych oraz protokołów komunikacji.

W odróżnieniu od RFID, technologia NFC pozwala natomiast na dwustronną komunikację pomiędzy dwoma urządzeniami NFC, realizując obsługę bardziej złożonych mechanizmów, a także wymianę danych. Wynika to głównie z idei powstania tej technologii, która w zamierzeniu miała umożliwiać komunikację na małe, bezpieczne odległości (poniżej 20 cm), przez co idealnie nadaje się do zastosowania w telefonach komórkowych do przeprowadzania bezpiecznych transakcji bezgotówkowych lub wymiany danych pomiędzy tymi urządzeniami. W zaprezentowanym urządzeniu skupię się wyłącznie na obsłudze kart Mifare 1k oraz urządzeń NFC zgodnych z tym standardem, gdyż naszym zadaniem będzie wyłącznie odczytanie unikalnego numeru seryjnego karty/urządzenia RFID/NFC (tzw. UID).

Należy mieć jednak świadomość, że karty tego rodzaju udostępniają dużo większą funkcjonalność. Dla przykładu wyposażono je w 1024 bajty pamięci EEPROM (16 sektorów po 4 bloki o rozmiarze 16 B), która może być zabezpieczona przed zapisem/odczytem za pomocą zdefiniowanego klucza dostępowego (i to indywidualnie dla każdego z tych sektorów). Tyle w kwestiach technologii bezprzewodowej transmisji danych RFID/NFC.

Program sterujący

Moduł PN532 może współpracować z mikrokontrolerem sterującym na kilka sposobów. Ja zdecydowałem się na zastosowanie interfejsu SPI jako najszybszego, najprostszego w obsłudze i łatwego w programowej realizacji. Interfejs ten, co oczywiste, angażuje w celu transmisji aż 4 wyprowadzenia sterujące: MISO, MOSI, SCK oraz CS (inaczej SS). Co więcej, moduł PN532 używa dodatkowych wyprowadzeń sterujących, z których po części korzysta nasz program aplikacji: RST (resetowanie modułu PN532) oraz IRQ (wyprowadzenie przerwań modułu). Widać z tego, że aby w pełni obsłużyć moduł PN532, należy użyć aż 6 wyprowadzeń mikrokontrolera hosta. To dużo, ale z drugiej strony w ten sposób obsługujemy moduł RFID w najszybszy możliwy sposób i tego właśnie rozwiązania będziemy się trzymać.



Rysunek 1. Konstrukcja ramki danych modułu PN532

Listing 2. Funkcja umożliwiająca konfigurację sygnałów sterujących magistrali SPI

```
void SPIinit(void){
        //Setup SPI ports: MISO to INPUT (default, pulled up to VCC),
        //others to OUTPUT (default 0)
        SPI_DDR |= (1<<MOSI_PIN)|(1<<SCK_PIN)|(1<<CS_PIN);
        SPI_PORT |= (1<<MISO_PIN);
}
```

Przejdźmy zatem do zagadnień programowych. Celowo pomijam tutaj szczegóły dotyczące metodologii wymiany danych i sterowania modułem PN532, gdyż dokumentacja w tym zakresie jest bardzo obszerna, więc jej przytaczanie w treści naszego krótkiego artykułu wydaje się bezcelowe. Już zupełnie inną sprawą jest, iż w mojej ocenie dokumentacja ta pozostawia wiele do życzenia, jeśli chodzi o szczegółowość omawianych zagadnień. Na szczęście w sieci można znaleźć wiele przykładów bibliotek obsługi modułu PN532, których lektura w połączeniu z dostępnym datasheetem rozjaśnia nieco to zagadnienie. Co ciekawe, większość z tych rozwiązań bazuje na dość dobrze udokumentowanej bibliotece firmy Adafruit, która i dla mnie stała się podstawą do opracowania własnych implementacji. A więc do dzieła!

Pora rozpocząć od zagadnień związanych z obsługą interfejsu SPI, która w ramach naszej aplikacji realizowana jest programowo. Dlaczego? Z prostej przyczyny, zastosowany mikrokontroler ATtiny44 dysponuje co prawda uniwersalnym interfejsem szeregowej transmisji danych nazywanym tutaj USI, który może pracować zarówno w trybie I²C, jak i SPI, jednak jego użyteczność jest mocno ograniczona. Po pierwsze, w trybie SPI nie pozwala na wysyłanie poszczególnych bitów danych, począwszy od bitu LSB (czego wymaga nasz moduł RFID), a po drugie, wymaga programowej obsługi sygnału zegarowego SCK, co niweczy właściwie sens jego stosowania. Postanowiłem w takim razie zrealizować całą obsługę interfejsu SPI programowo, co jest zadaniem nader łatwym.

Zacznijmy od pliku nagłówkowego, którego ciało pokazano na **listingu 1**. Następnie, na **listingu 2** pokazano funkcję umożliwiającą konfigurację sygnałów sterujących magistrali SPI. Dalej, na **listingu 3** pokazano funkcję realizującą transmisję na magistrali SPI. Prawda, że proste? Przejdźmy zatem do szczegółów obsługi modułu PN532 z zastosowaniem magistrali SPI.

Na początku warto naświetlić mechanizm wymiany danych pomiędzy modułem RFID a mikrokontrolerem, który skonstruowano w taki sposób, aby zminimalizować prawdopodobieństwo ewentualnych błędów. Każda ramka danych wysyłana do/odbierana z modułu PN532 zawiera dodatkowe bajty sterujące, a jej konstrukcję pokazano na **rysunku 1**. Kolejno wysyłane są następujące bajty danych:

- PREAMBLE: to bajt preambuły o wartości 0×00,
- START CODE: to 2 bajty startowe o wartościach odpowiednio 0×00 i 0xxFF,
- LEN: to bajt informujący o liczbie przesyłanych danych użytecznych (suma bajtów TFI i PD0…PDn),
- LCS: to suma kontrolna bajta LEN liczona według zależności: LCS = ~LEN+1,
- TFI: to identyfikator typu ramki danych: 0xD4 oznacza ramkę wysyłaną

Listing 1. Plik nagłówkowy modułu obsługi interfejsu SPI

```
#define SPI_PORT PORTA
#define SPI_DDR DDRA
#define SPI_PIN PINA
#define MOSI_PIN PA2
#define MISO_PIN PA1
#define SCK_PIN PA0
#define CS_PIN PA3

#define RESET_MOSI SPI_PORT &= ~(1<<MOSI_PIN)
#define SET_MOSI SPI_PORT |= (1<<MOSI_PIN)
#define RESET_SCK SPI_PORT &= ~(1<<SCK_PIN)
#define SET_SCK SPI_PORT |= (1<<SCK_PIN)
#define RESET_CS SPI_PORT &= ~(1<<CS_PIN)
#define SET_CS SPI_PORT |= (1<<CS_PIN)
#define READ_MISO (SPI_PIN & (1<<MISO_PIN))
```

Listing 3. Funkcja realizująca transmisję na magistrali SPI

```
uint8_t SPItransmit(uint8_t Byte){
    for(uint8_t i = 0; i < 8; i++){
        //Send one bit of Byte (LSB first)
        if(Byte & 0x01) SET_MOSI; else RESET_MOSI;
        SET_SCK;
        Byte >>= 1;
        //Receive one bit of Byte (LSB first)
        if(READ_MISO) Byte |= (1<<7);
        RESET_SCK;
    }
    return Byte;
}
```


eprasa.pl d7ac45c7ab

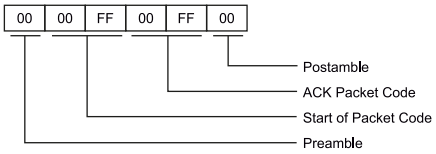
z hosta do modułu PN532, zaś 0xD5 oznacza ramkę wysyłaną z modułu PN532 do hosta,
- PD0...PDn: to dane użyteczne,
- DCS: to suma kontrolna całej ramki danych,
- POSTAMBLE: to bajt postambuły o wartości 0×00.

Z kolei każda transakcja w ramach wymiany danych z modułem RFID składa się z następujących kroków:
- wysłanie ramki danych do modułu PN532,
- odczyt bajta statusu modułu PN532 (wartość 0×01 oznacza gotowość modułu do przesłania danych),
- wysłanie ramki potwierdzenia (ACK) przez moduł PN532,
- odczyt bajta statusu modułu PN532 (wartość 0×01 oznacza gotowość modułu do przesłania danych),
- odczyt ramki odpowiedzi modułu PN532,
- wysłanie opcjonalnej ramki potwierdzenia (ACK) przez układ hosta.

W tym miejscu przejdźmy od teorii do praktyki. Pora zacząć od pliku nagłówkowego modułu obsługi układu PN532, którego ciało pokazano na **listingu 4**. Dalej, w ramach modułu obsługi układu PN532, wprowadzono 3 zmienne tablicowe, których definicje pokazano na **listingu 5**.

Listing 4. Plik nagłówkowy modułu obsługi układu PN532

```
//PN532 ports
#define PN532_PORT_REG PORTA
#define PN532_DDR_REG DDRA
#define PN532_PIN_REG PINA
#define PN532_IRQ PA4
#define PN532_RES PA5

#define SET_RES PN532_PORT_REG |= (1<<PN532_RES)
#define RESET_RES PN532_PORT_REG &= ~(1<<PN532_RES)
#define RES_AS_OUTPUT PN532_DDR_REG |= (1<<PN532_RES)
#define PULL_UP_IRQ_TO_VCC PN532_PORT_REG |= (1<<PN532_IRQ)
#define READ_IRQ_PIN (PN532_PIN_REG & (1<<PN532_IRQ))

//PN532 frame parts
#define PN532_PREAMBLE 0x00
#define PN532_STARTCODE1 0x00
#define PN532_STARTCODE2 0xFF
#define PN532_POSTAMBLE 0x00
#define PN532_HOSTTOPN532 0xD4

//PN532 Commands
#define PN532_FIRMWAREVERSION 0x02
#define PN532_GETGENERALSTATUS 0x04
#define PN532_SAMCONFIGURATION  0x14
#define PN532_INLISTPASSIVETARGET 0x4A
#define PN532_INDATAEXCHANGE 0x40
#define PN532_MIFARE_READ 0x30
#define PN532_MIFARE_WRITE 0xA0
#define PN532_AUTH_WITH_KEYA 0x60
#define PN532_AUTH_WITH_KEYB 0x61
#define PN532_WAKEUP 0x55
#define PN532_RFCONFIGURATION 0x32

//SPI commands
#define  PN532_SPI_DATAWRITE 0x01
#define  PN532_SPI_STATUSREAD 0x02
#define  PN532_SPI_DATAREAD 0x03
#define  PN532_SPI_READY 0x01
#define PN532_MIFARE_ISO14443A 0x00

//Errors
#define NO_ERROR 0x00
#define ACKNOWLEDGE_FRAME_ERROR 0x01
#define STATUS_TIMEOUT 0x02
#define FIRMWARE_HEADER_ERROR 0x03
#define RFCONFIGURATION_ERROR 0x04
#define SAMCONFIGURATION_ERROR 0x05
#define NO_TAGS_FOUND 0x06

//Miscellaneous
#define DUMMY_BYTE 0x00
```



Rysunek 2. Konstrukcja ramki potwierdzenia (ACK) modułu PN532

Pierwsza ze zmiennych to w zasadzie stała zdefiniowana w ten sposób, będąca de facto wzorcem ramki ACK, której konstrukcję pokazano na **rysunku 2**. Druga ze zmiennych to podobny wzorzec, ale tym razem ramki danych zawierającej nagłówek wersji oprogramowania modułu PN532 (sam nagłówek, nie zaś wersję oprogramowania). Z kolei trzecia zmienna to bufor danych używany podczas wysyłania/odbierania danych w trakcie współpracy hosta z modułem PN532. Przejdźmy zatem do konkretów.

Na pierwszy ogień funkcja umożliwiająca odczyt danych z modułu PN532, której ciało pokazano na **listingu 6**. Jak widać, sam odczyt danych poprzedzony jest wysłaniem bajta PN532_SPI_DATAREAD, który informuje moduł o żądaniu odczytania danych. Dalej, na **listingu 7**, funkcja umożliwiająca odczyt bajta statusu modułu PN532, o czym była mowa powyżej. Kolejna funkcja to funkcja umożliwiająca odczyt ramki potwierdzenia (ACK) modułu PN532, której ciało pokazano na **listingu 8**. Kolejna funkcja jest kluczowa. To funkcja pozwalająca na wysłanie ramki danych do modułu PN532 (według specyfikacji z rysunku 1), której ciało pokazano na **listingu 9**. Rozwinięciem funkcji z listingu 9 jest funkcja odpowiedzialna za przeprowadzenie transakcji wymiany danych z modułem PN532 (z kontrolą poszczególnych jej etapów), której ciało pokazano na **listingu 10**.

Dalej zaprezentuję różne funkcje konfiguracyjne za pomocą których możemy

Listing 5. Zmienne modułu obsługi układu PN532

```
uint8_t pn532AckPattern[] = {0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0xFF, 0x00};
uint8_t pn532FirmwarePattern[] = {0x00, 0xFF, 0x06, 0xFA, 0xD5, 0x03};
uint8_t pn532PacketBuffer[64];
```

Listing 6. Funkcja umożliwiająca odczyt danych z modułu PN532

```
void pn532ReadData(uint8_t *Buffer, uint8_t Bytes){
        RESET_CS;
        _delay_ms(2);
        SPItransmit(PN532_SPI_DATAREAD);

        while(Bytes--){
            *Buffer++ = SPItransmit(DUMMY_BYTE);
            _delay_ms(1);
        }
        SET_CS;
        _delay_ms(1);
}
```

Ustawienia Fusebitów:
CKSEL3...0: 0010
SUT1...0: 10
CKDIV8: 0
EESAVE: 0

Listing 7. Funkcja umożliwiająca odczyt bajta statusu modułu PN532

```
uint8_t pn532ReadStatus(void){
    uint8_t Status;
    RESET_CS;
    _delay_ms(2);
    SPItransmit(PN532_SPI_STATUSREAD);
    Status = SPItransmit(DUMMY_BYTE);
    SET_CS;
    return Status;
}
```

Listing 8. Funkcja umożliwiająca odczyt ramki potwierdzenia (ACK) modułu PN532

```
uint8_t pn532ReadAck(){
    uint8_t ackBuffer[6];

    pn532ReadData(ackBuffer, 6);

    //Check if the answer matches the acknowledge pattern
    if(memcmp((char *)ackBuffer, (char *)pn532AckPattern, 6) == 0)
        return NO_ERROR;
    else
        return ACKNOWLEDGE_FRAME_ERROR;
}
```

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

Rezystory: (obudowa miniaturowa 1/8 W, raster 0,2")
R1: 47 kΩ
R2, R3: 130 Ω
R4: 1 kΩ

Kondensatory:
C1, C4, C5: 100 nF ceramiczny (raster 0,1")
C2, C3:100 μF/16 V elektrolityczny (raster 0,1")

Półprzewodniki:
D1: 1 N4148 (obudowa DO-35)
RED: czerwona dioda LED 3 mm
GREEN: zielona dioda LED 3 mm
T1: BC548 (obudowa TO-92)
U1: LD1117 V33 (obudowa TO-220)
U2: ATtiny44 (obudowa DIP14)
U3: moduł RFID/NFC typu PN532

Pozostałe:
K1: przekaźnik G5 LE-14-9
PWR, LOCK: złącze śrubowe AK500/2 (raster 0,1")
ADD, REMOVE: microswitch TACT

eprasa.pl d7ac45c7ab

Listing 9. Funkcja pozwalająca na wysłanie ramki danych do modułu PN532

```
void pn532WriteCommand(uint8_t *Command, uint8_t commandLength){
    uint8_t checkSum;

    commandLength++;

    RESET_CS;
    _delay_ms(2);

    SPItransmit(PN532_SPI_DATAWRITE);

    checkSum = PN532_PREAMBLE + PN532_PREAMBLE + PN532_STARTCODE2;
    SPItransmit(PN532_PREAMBLE);
    SPItransmit(PN532_STARTCODE1);
    SPItransmit(PN532_STARTCODE2);
    SPItransmit(commandLength);
    SPItransmit(~commandLength+1);

    SPItransmit(PN532_HOSTTOPN532);
    checkSum += PN532_HOSTTOPN532;

    for(uint8_t i=0; i<commandLength-1; i++){
        SPItransmit(Command[i]);
        checkSum += Command[i];
    }

    SPItransmit(~checkSum);
    SPItransmit(PN532_POSTAMBLE);
    SET_CS;
    _delay_ms(1);
}
```

Listing 10. Funkcja odpowiedzialna za przeprowadzenie transakcji wymiany danych z modułem PN532

```
uint8_t pn532SendCommandCheckAck(uint8_t *Command, uint8_t commandLength){
    uint8_t Timer = 0;

    //Write the command
    pn532WriteCommand(Command, commandLength);

    //Wait for the chip to say it's ready or timeout
    while(pn532ReadStatus() != PN532_SPI_READY){
        if(Timer++ > 100) return STATUS_TIMEOUT;
        _delay_ms(10);
    }

    //Read acknowledgement
    if(pn532ReadAck() != NO_ERROR)
        return ACKNOWLEDGE_FRAME_ERROR;

    Timer = 0;
    //Wait for the chip to say it's ready or timeout
    while(pn532ReadStatus() != PN532_SPI_READY){
        if(Timer++ > 100) return STATUS_TIMEOUT;
        _delay_ms(10);
    }

    return NO_ERROR;
}
```

Listing 11. Funkcja pozwalająca na odczyt wersji firmware modułu PN532

```
uint8_t pn532GetFirmwareVersion(uint32_t *firmwareVersion){
    uint8_t Result;

    pn532PacketBuffer[0] = PN532_FIRMWAREVERSION;
    if((Result = pn532SendCommandCheckAck(pn532PacketBuffer, 1)) != NO_ERROR)
        return Result;

    //Read data packet
    pn532ReadData(pn532PacketBuffer, 12);

    //Check firmware version frame header
    if(memcmp((char *)pn532PacketBuffer, (char *)pn532FirmwarePattern, 6) != 0)
        return FIRMWARE_HEADER_ERROR;

    *firmwareVersion = 0;
    //Version of the IC. For PN532, the contain of this byte is 0x32
    *firmwareVersion = pn532PacketBuffer[6];
    *firmwareVersion <<= 8;
    //Version of the firmware
    *firmwareVersion |= pn532PacketBuffer[7];
    *firmwareVersion <<= 8;
    //Revision of the firmware
    *firmwareVersion |= pn532PacketBuffer[8];
    *firmwareVersion <<= 8;
    //Indicates which are the functionalities supported by the firmware
    *firmwareVersion |= pn532PacketBuffer[9];e

    return NO_ERROR;
}
```

Listing 12. Funkcja pozwalająca na ustawienie liczby prób nawiązania komunikacji, jakie podejmuje moduł PN532 w procesie odczytu karty RFID/NFC

```
uint8_t pn532SetPassiveActivationRetries(uint8_t Retries){
    uint8_t Result;

    pn532PacketBuffer[0] = PN532_RFCONFIGURATION;
    pn532PacketBuffer[1] = 5;    // Config item 5 (MaxRetries)
    pn532PacketBuffer[2] = 0xFF; // MxRtyATR (default = 0xFF)
    pn532PacketBuffer[3] = 0x01; // MxRtyPSL (default = 0x01)
    //Number of times that the PN532 will retry to activate a target
    pn532PacketBuffer[4] = Retries;

    if((Result = pn532SendCommandCheckAck(pn532PacketBuffer, 5)) != NO_ERROR)
        return Result;

    //Read data packet
    pn532ReadData(pn532PacketBuffer, 9);
    if(pn532PacketBuffer[5] == PN532_RFCONFIGURATION + 1)
        return NO_ERROR;
    else
        return RFCONFIGURATION_ERROR;
}
```

ustawić lub odczytać wybrane grupy parametrów modułu PN532. Na pierwszy ogień pójdzie funkcja pozwalająca na odczyt wersji firmware'u modułu PN532, której ciało pokazano na **listingu 11**. Dalej funkcja, której zadaniem jest ustawienie liczby prób nawiązania komunikacji, jakie podejmuje moduł PN532 w procesie odczytu karty RFID/NFC. Ciało tej funkcji pokazano na **listingu 12**. Dalej, na **listingu 13**, funkcja konfigurująca podsystem SAM (*Security Access Module*) układu PN532. W zasadzie przeprowadzamy taki rodzaj konfiguracji, w ramach której układ PN532 nie korzysta z rozszerzenia modułu SAM i jest to jego ustawienie domyślne, ale dla porządku wywołanie tej funkcji znajdzie się w treści funkcji inicjalizacyjnej.

Zmierzamy powoli do końca, w związku z czym pora na funkcję pozwalającą na odczyt numeru seryjnego UID peryferium RFID/NFC, której ciało pokazano na **listingu 14**. Jak widać, funkcja powyższa powoduje odczytanie numeru seryjnego i upchanie go w 32-bitowym argumencie wywołania **UID*. Niby wszystko w porządku, ale numer UID może mieć długość 7 bajtów (oprócz standardowych 4 bajtów), zaś jego rzeczywisty rozmiar przechowywany jest w buforze odbiorczym pod adresem *pn532PacketBuffer[12]*. Co wtedy? Wtedy zapamiętujemy ostatnie 4 bajty tegoż numeru w zmiennej **UID*. To pewne uproszczenie, a wynika wyłącznie z niewielkiej pamięci EEPROM mikrokontrolera i chęci zapisania jak największej liczby aktywnych kart/tagów RFID/NFC. Nie powinno to budzić większych wątpliwości, gdyż nawet dla 4 bajtów mamy dostępnych 23^2 kombinacji. Uważny Czytelnik bez problemu poradzi sobie z modyfikacją przedstawionej funkcji w przypadku, gdy będzie chciał zapamiętywać kompletny numer seryjny w wersji 7-bajtowej.

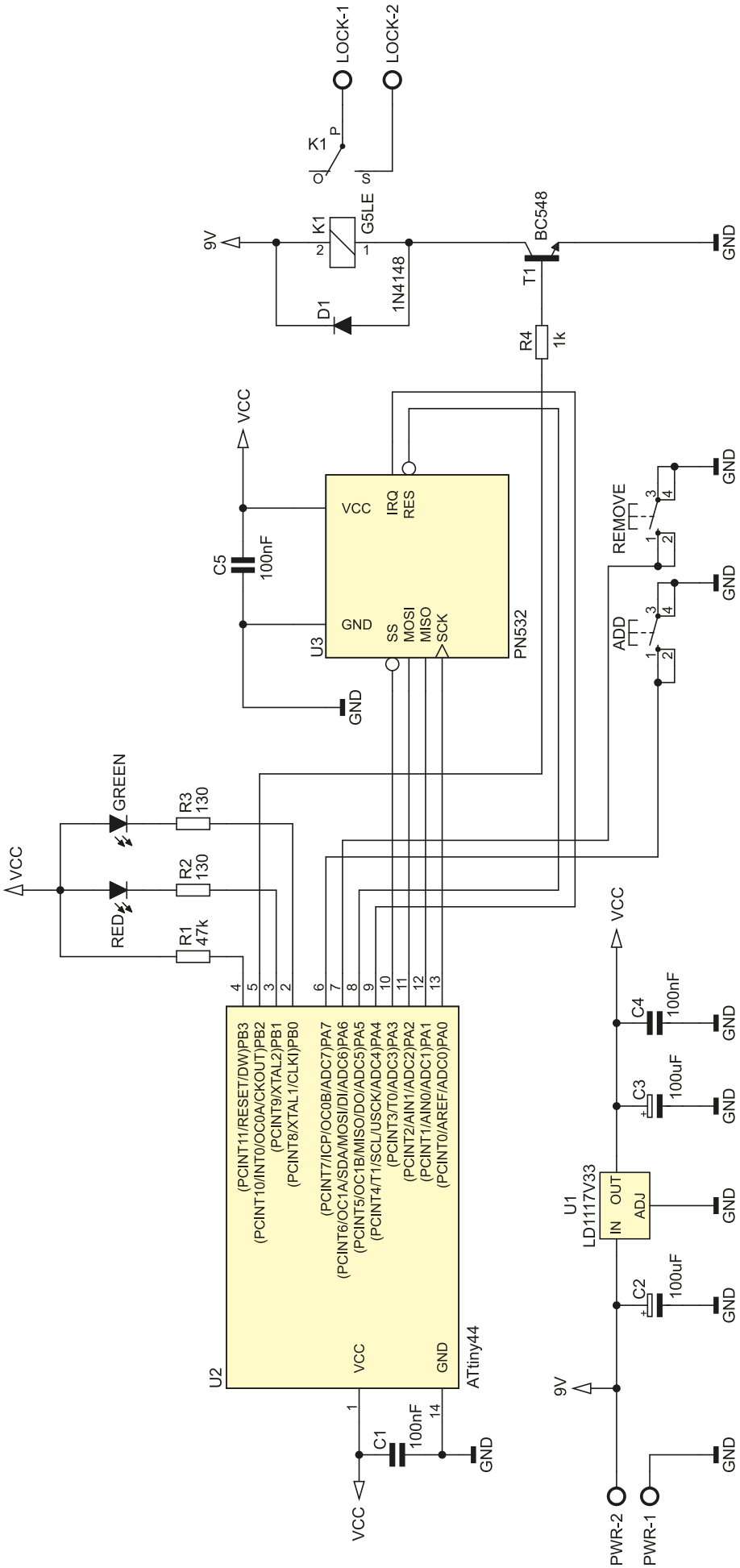
Pora na funkcję inicjalizacyjną, której zadaniem jest przeprowadzenie pełnej konfiguracji modułu PN532. Ciało tej funkcji pokazano na **listingu 15**.

Przebrnęliśmy przez część aplikacyjną. Warto zauważyć, że większość funkcji zwraca wartość informującą o potencjalnych błędach. Pora na omówienie sprzętowej części naszego urządzenia NFC Lock.

Budowa i działanie

Schemat urządzenia pokazano na **rysunku 3**. Jak widać, zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy, którego sercem jest niewielki mikrokontroler firmy Microchip (dawniej Atmel) o oznaczeniu ATtiny44 taktowany wewnętrznym, wysokostabilnym generatorem RC o częstotliwości 1 MHz. Mikrokontroler ten odpowiedzialny jest za programową obsługę interfejsu SPI (w ramach współpracy z modułem PN532), obsługę interfejsu użytkownika w postaci dwóch diod LED (GREEN i RED) oraz dwóch

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 3. Schemat ideowy urządzenia NFC Lock

przycisków funkcyjnych (ADD i REMOVE) oraz sterowanie pracą wbudowanego przekaźnika K1. Zadań nie jest zbyt wiele, w związku z czym wbudowana pamięć Flash o wielkości 4 kB spokojnie wystarcza do realizacji zamierzonych funkcjonalności (w zasadzie wykorzystana jest niespełna w połowie). Przejdźmy zatem do opisu sposobu działania urządzenia NFC Lock.

Diody sygnalizacyjne GREEN i RED służą standardowo do sygnalizowania stanu pracy urządzenia (w tym ewentualnych błędów), zaś przyciski ADD i REMOVE służą do obsługi urządzenia. Zacznijmy od początku. Tuż po włączeniu zasilania następuje włączenie diod RED i GREEN w celu kontroli ich sprawności. To jedyny moment w trakcie pracy urządzenia, gdy obie diody zapalają się jednocześnie. Po upływie ok. 1000 ms testu przeprowadzana jest konfiguracja modułu PN532. W przypadku pojawienia się jakichkolwiek błędów sytuacja taka zostanie zasygnalizowana poprzez mrugnięcia czerwonej diody LED (RED), przy czym liczba tych mrugnięć zależy od typu błędów, jakie pojawiły się podczas inicjalizacji modułu i pokazano je w **tabeli 1**.

Dalej urządzenie przechodzi do trybu nasłuchiwania ewentualnych tagów RFID/NFC. W przypadku wykrycia tego rodzaju karty/urządzenia NFC w pobliżu modułu czytnika, system podejmuje próbę odczytania numeru UID. W przypadku niepowodzenia odczytu urządzenie sygnalizuje ten stan poprzez pojedyncze mignięcie czerwoną diodą LED (RED). W przypadku odczytania tagu RFID/NFC możliwe są trzy scenariusze w zależności od stanu przycisków funkcyjnych ADD i REMOVE.

Pierwszy scenariusz, przycisk ADD wciśnięty, powoduje podjęcie próby dodania odczytanego numeru UID do obsługiwanych przez urządzenia numerów UID (pozwalających na otwarcie zamka). W przypadku powodzenia poniższej operacji zostanie to zasygnalizowane poprzez pojedyncze mignięcie zieloną diodą LED (GREEN), zaś w przypadku niepowodzenia zostanie to zasygnalizowane poprzez pojedyncze mignięcie czerwoną diodą LED (RED). Źródłem niepowodzenia mogą być dwa scenariusze: wprowadzany numer UID już znajduje się na liście obsługiwanych numerów lub osiągnięto maksymalną liczbę zapamiętywanych numerów UID (64 sztuki).

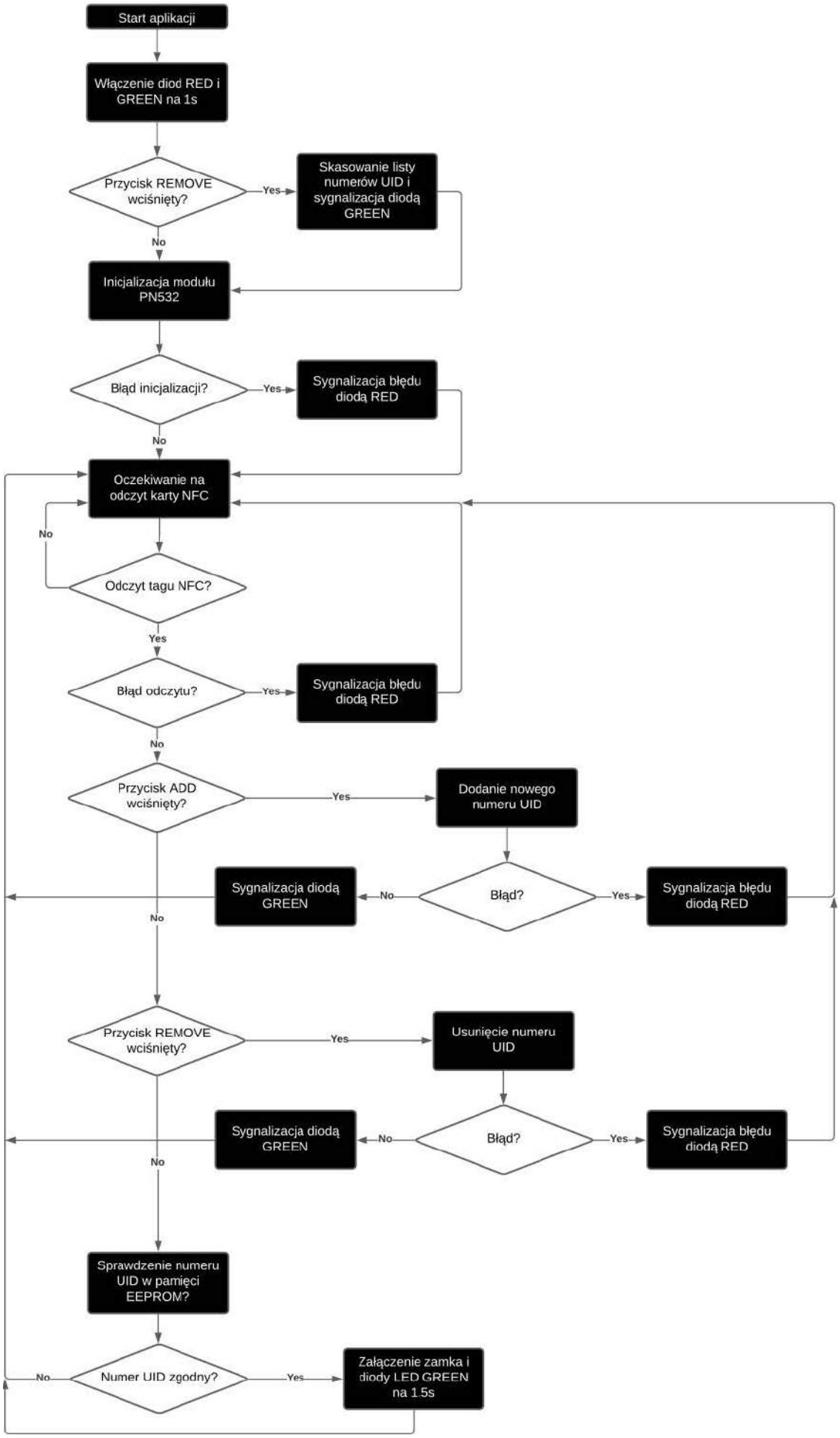
Drugi scenariusz, przycisk REMOVE wciśnięty, powoduje podjęcie próby usunięcia odczytanego numeru UID z obsługiwanych przez urządzenia numerów UID (pozwalających na otwarcie zamka). W przypadku powodzenia poniższej operacji zostanie to zasygnalizowane poprzez pojedyncze mignięcie zieloną diodą LED (GREEN), zaś w przypadku niepowodzenia zostanie to zasygnalizowane poprzez pojedyncze mignięcie

eprasa.pl d7ac45c7ab

czerwoną diodą LED (RED). Źródłem niepowodzenia może być wyłącznie stan, że odczytany numer UID nie znajduje się na liście obsługiwanych przez urządzenia numerów UID, w związku z czym nie można go z tej listy usunąć.

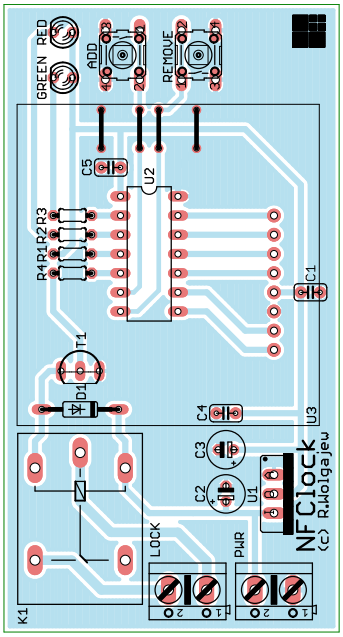
Scenariusz trzeci to stan, gdzie w czasie odczytu numeru UID nie jest wciśnięty żaden przycisk funkcyjny. W tym wypadku urządzenie szuka odczytanego numeru UID na liście obsługiwanych przez urządzenie numerów UID i jeśli operacja taka kończy się powodzeniem, to załączana jest zielona dioda LED (GREEN) oraz przekaźnik K1 na czas 1,5 s. Dokładny graf pokazujący sposób działania urządzenia NFC Lock pokazano na **rysunku 4**.

Kilka słów uwagi należy się potencjalnej możliwości obsługi urządzeń NFC w rodzaju telefonu komórkowego. Jak wiadomo, niektóre z tych urządzeń wyposażono w interfejs NFC umożliwiający wymianę danych lub obsługę płatności zbliżeniowych. Czy nasz prosty system będzie w stanie odczytać numer seryjny takiego urządzenia? Oczywiście, że tak, bo musi ono spełniać standardy protokołu NFC. **Problem jednak w tym, że systemy operacyjne telefonów komórkowych generują losowe numery seryjne (tzw. RID od *Random***



Rysunek 4. Graf pokazujący sposób działania urządzenia NFC Lock

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 5. Schemat montażowy urządzenia NFC Lock

***ID*), w związku z czym ich zapamiętywanie nie ma większego sensu, gdyż podczas kolejnego połączenia z takim urządzeniem wygeneruje ono zupełnie inny numer seryjny.** Zachowanie to można zmienić, ale przynajmniej w Androidzie nie jest to takie proste i wymaga modyfikacji firmware lub użycia specjalnych aplikacji. Ponoć zdarzają się telefony ze statycznym numerem UID (takie informacje odnalazłem na specjalistycznych forach), lecz ja na takie nie natrafiłem, więc należy założyć, iż standardowo generują one losowe numery RID. Tyle w kwestiach obsługi, przejdźmy zatem do zagadnień montażowych.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy urządzenia NFC Lock pokazano na **rysunku 5**. Jak widać, zaprojektowano bardzo prosty, jednostronny obwód drukowany z zastosowaniem wyłącznie elementów THT. Montaż urządzenia rozpoczynamy od przylutowania mikrokontrolera oraz pozostałych elementów półprzewodnikowych (z wyłączeniem modułu PN532), następnie lutujemy elementy bierne, zworki, przyciski, złącza, przekaźnik, a na samym końcu moduł RFID, posiłkując się odpowiedniej długości złączem GOLDPIN, by moduł PN532 zmieścił się nad takimi elementami, jak tranzystor T1 czy mikrokontroler. Przyciski ADD i REMOVE powinny być dość niskie, gdyż służą wyłącznie konfiguracji modułu i powinny znajdować się pod docelową obudową urządzenia. Ostatnim krokiem jest ustawienie aktywnego medium transmisyjnego modułu PN532, co, jak wspomniano na wstępie, dokonujemy za pomocą switcha SMD zamontowanego na obwodzie drukowanym modułu RFID.

Robert Wołgajew, EP

Tabela 1. Rodzaje błędów modułu PN532 i sposób ich sygnalizacji

Liczba mignięć diody LED	Rodzaj błędu
1	Błąd ramki potwierdzenia (ACK) modułu PN532
2	Przekroczenie czasu (1 s) odpowiedzi modułu PN532
3	Błąd nagłówka ramki wersji modułu PN532
4	Błąd konfiguracji RF
5	Błąd konfiguracji modułu SAM (Security Access Module)
6	Błąd odczytu tagu NFC

Listing 13. Funkcja konfigurująca moduł SAM (Security Access Module) układu PN532

```
uint8_t pn532SAMConfig(void){
    uint8_t Result;

    //Configure Security Access Module
    pn532PacketBuffer[0] = PN532_SAMCONFIGURATION;
    pn532PacketBuffer[1] = 0x01;  //Normal mode;
    pn532PacketBuffer[2] = 0x14;  //Timeout 50ms * 20 = 1 second
    pn532PacketBuffer[3] = 0x01;  //Use IRQ pin

    if((Result = pn532SendCommandCheckAck(pn532PacketBuffer, 4)) != NO_ERROR)
        return Result;

    //Read data packet
    pn532ReadData(pn532PacketBuffer, 8);

    if(pn532PacketBuffer[5] == PN532_SAMCONFIGURATION+1)
        return NO_ERROR;
    else
        return SAMCONFIGURATION_ERROR;
}
```

Listing 14. Funkcja pozwalająca na odczyt numeru seryjnego UID peryferium RFID/NFC

```
uint8_t pn532ReadPassiveTargetID(uint32_t *UID){
    uint8_t Result, startByte;

    pn532PacketBuffer[0] = PN532_INLISTPASSIVETARGET;
    pn532PacketBuffer[1] = 1;  //Max 1 card at once
    //106 kbps type A (ISO/IEC14443 Type A)
    pn532PacketBuffer[2] = PN532_MIFARE_ISO14443A;

    if((Result = pn532SendCommandCheckAck(pn532PacketBuffer, 3)) != NO_ERROR)
        return Result;

    //Read data packet
    pn532ReadData(pn532PacketBuffer, 20);
    /* ISO14443A card response should be in the following format:
    byte         Description
    --------------------  ----------------------------------------
    b0...6       Frame header and preamble
    b7       Number of found tags
    b8       Tag Number
    b9...10      SENS_RES
    b11      SEL_RES
    b12      UID Length
    b13…UID Length      UID
    */

    if(pn532PacketBuffer[7] != 1)
        return NO_TAGS_FOUND;

    startByte = pn532PacketBuffer[12] == 4? 13:16;
    *UID = 0;
    for (uint8_t i = 0; i < 4; i++){
        *UID <<= 8;
        *UID |= pn532PacketBuffer[startByte+i];
    }

    return NO_ERROR;
}
```

Listing 15. Funkcja inicjalizacyjna, której zadaniem jest przeprowadzenie pełnej konfiguracji modułu PN532

```
uint8_t pn532Init(void){
    uint8_t Result;
    uint32_t Firmware;

    //Pulling up IRQ to VCC
    PULL_UP_IRQ_TO_VCC;
    //RES as output with 1
    SET_RES;
    RES_AS_OUTPUT;
    _delay_ms(10);
    RESET_RES;
    _delay_ms(400);
    SET_RES;
    _delay_ms(10);

    //SPI initialization
    SPIinit();
    //Check firmware version, needed for data sychronization
    if((Result = pn532GetFirmwareVersion(&Firmware)) != NO_ERROR) return Result;
    //Sets the amount of retries that the PN532 tries to activate a target
    if((Result = pn532SetPassiveActivationRetries(3)) != NO_ERROR) return Result;
    //Configure board to read RFID tags
    if((Result = pn532SAMConfig()) != NO_ERROR) return Result;

    return NO_ERROR;
}
```


eprasa.pl d7ac45c7ab

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5927

Podstawowe parametry:

- wejście w postaci styków przełącznika bistabilnego (ON/OFF),
- wyjście: styki przekaźnika elektromagnetycznego (NO i NC),
- regulacja czasu załączenia przekaźnika od 2 s do 3,5 min,
- możliwość wydłużenia czasu załączenia poprzez wymianę kondensatora,
- zasilanie napięciem stałym 12 V.

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

AVT5867 Wyłącznik zasilania z opóźnieniem (EP 6/2021)
AVT5730 Uniwersalny układ czasowy 230 V (EP 11/2019)
AVT5704 Programowany układ czasowy 230 V (EP 8/2019)
AVT5666 Programowany, 16-kanałowy sterownik 230 V (EP 3/2019)
AVT1998 Karta przekaźników programowana sekwencjami (EP 8/2018)
AVT5588 Sterownik-timer z 8 przekaźnikami (EP 6/2017)
AVT5561 Efektowny sterownik oświetlenia (EP 12/2016)
AVT1916 Konfigurowalny przełącznik 4-kanałowy (EP 8/2016)
AVT1890 Moduł przekaźników z USB (EP 6/2016)
AVT1881 Programowany sterownik LED (EP 8/2015)
AVT5487 PWMLEDz: 10-kanałowy sterownik taśm LED z interfejsem Modbus lub SPPoB (EP 1/2015)
AVT5467 Programowany Timer (EP 9/2014)
AVT1820 Programowany przekaźnik czasowy (EP 8/2014)
AVT5410 Time-ek – sterownik czasowy (EP 10/2013)
AVT5368 Programowalny moduł przekaźników (EP 11/2012)
AVT1679 Moduł wykonawczy z triakami (EP 6/2012)
AVT1656 Uniwersalny moduł wykonawczy (EP 12/2011)
AVT1545 Programowany sterownik świateł (EP 10/2009)

* 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

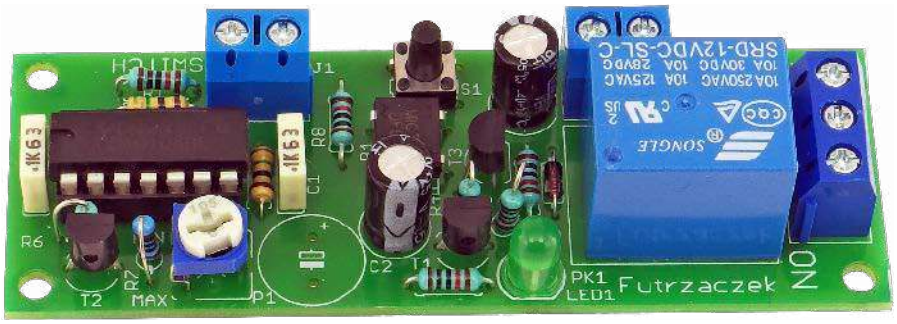
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

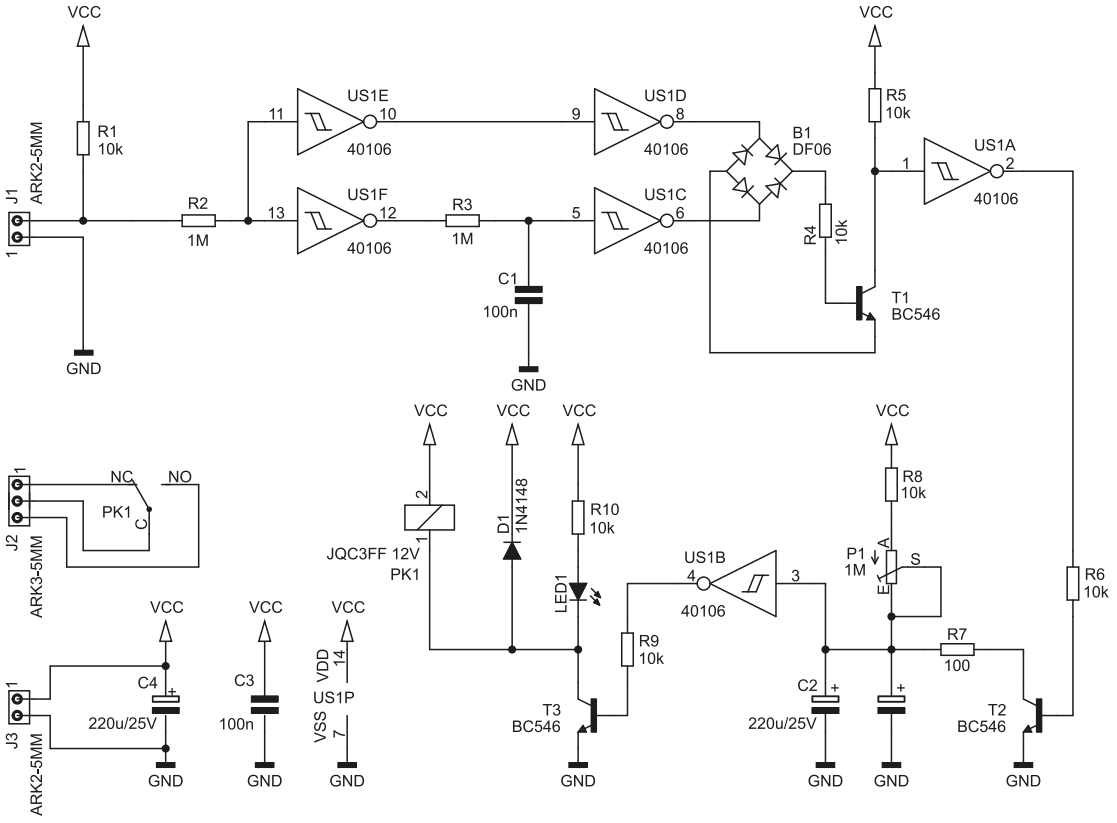
Wyłącznik czasowy z wejściem bistabilnym

Układ AVT3260 służy do zamiany przycisku monostabilnego w dwustanowy przełącznik. Działanie opisanego niżej projektu jest zupełnie odmienne: potrafi zewrzeć styki przekaźnika na zadany czas po wykryciu zmiany położenia styków pracujących bistabilnie.



Gdzie taki układ może znaleźć zastosowanie? Weźmy jako przykład oświetlenie w korytarzu albo na klatce schodowej. Człowiek znajduje się w takim miejscu przez kilkanaście sekund lub niewiele dłużej. Tymczasem wielu domownikom może zdarzyć się zapomnieć wyłączyć oświetlenie, wskutek czego będzie ono świecić przez długie godziny. W tym układzie zadajemy maksymalny czas świecenia.

Co go odróżnia od typowych układów monostabilnych? Wejście. Ten układ reaguje na każdą zmianę stanu styków: zarówno na ich zwarcie, jak i rozwarcie. Jeżeli zatem istniejąca infrastruktura zawiera wyłączniki bistabilne, czyli klasyczne włącz-wyłącz, to nie będzie konieczna ich wymiana. Wystarczy przycisnąć klawisz przełącznika, aby przekaźnik się załączył. To również dobry sposób na wandali, którzy celowo unieruchamiają klawisz przycisku monostabilnego w pozycji załączonej. W tym układzie załączenie następuje tylko z chwilą wykrycia zmiany.



Rysunek 1. Schemat ideowy wyłącznika czasowego

eprasa.pl d7ac45c7ab

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

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1, R4...R6, R8...R10: 10 kΩ
R2, R3: 1 MΩ
R7: 100 Ω
P1: 1 MΩ montażowy leżący

Kondensatory:
C1, C3: 100 nF raster 5 mm MKT
C2: 220 µF 25 V raster 2,5 mm (opis w tekście)
C4: 220 µF 25 V raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
B1: DF06 (DIP4)
D1: 1N4148
LED1: zielona 5 mm
T1...T3: BC546
US1: CD40106 (DIP14)

Pozostałe:
J1, J3: ARK2/500
J2: ARK3/500
J3: goldpin 5 pinów męski 2,54 mm THT
PK1: JQC3FF 12 V SPDT
Jedna podstawka DIP14

Układ pozwala na przedłużenie czasu trwania odmierzanego już impulsu przed jego zakończeniem. To funkcja przydatna właśnie w takich miejscach jak klatki schodowe. Czasami przydaje się nieco wydłużyć czas świecenia lamp. Można przełączyć klawisz, zanim one zgasną – odliczanie rozpocznie się na nowo.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego wyłącznika czasowego znajduje się na **rysunku 1**. Stan styków przełącznika (podłączonego do złącza J1) jest sprawdzany poprzez badanie potencjału węzła z zaciskiem złącza, rezystorem R1 i rezystorem R2. Niski oznacza zwarcie, wysoki rozwarcie. Rezystor R2 ogranicza prąd płynący przez wejścia bramek US1E i US1F. Jego przepływ może być skutkiem zaindukowania się w przewodach zakłóceń elektromagnetycznych.

Z tak uformowanego sygnału należy wychwycić moment zmiany, czyli zbocze narastające lub opadające. Służy do tego dalsza część układu, której najważniejszą częścią jest człon opóźniający, w skład którego wchodzi rezystor R3 i kondensator C1. Gdyby nie on, oba ciągi bramek (US1E + US1D oraz US1F + US1C) dawałyby na swoich wyjściach cały czas taki sam stan logiczny, z dokładnością do minimalnych opóźnień wynikających z różnic konstrukcyjnych pomiędzy poszczególnymi bramkami. Wspomniany blok opóźniający gwarantuje, że dolny ciąg bramek zareaguje ze zwłoką wynoszącą około 100 ms w stosunku do górnego. Nie trzeba się przejmować wolno narastającym napięciem na zaciskach kondensatora C1, bowiem wszystkie bramki w tym układzie mają wejścia Schmitta.

A kiedy będzie to miało znaczenie? Oczywiście w momencie wystąpienia zmiany na wejściach bramek US1E i US1F, czyli po przełączeniu styków. Po upływie tego czasu oba ciągi bramek zaczną znowu dawać ten sam stan logiczny na wyjściach. Zatem informacja o wystąpieniu dowolnego zbocza będzie miała postać różnicy w stanach logicznych między wyjściami bramek US1D i US1C.

Przydałby się teraz funktor logiczny, który będzie sygnalizował, że na jego wejściach są dwa odmienne stany logiczne. Nie trzeba długo szukać: to zwykły operator: suma modulo 2, szerzej znany jako XOR. Aby nie dokładać następnego układu scalonego, postanowiłem zrealizować go na zwykłym... mostku Graetza. Na jego zaciskach wyjściowych napięcie pojawi się tylko wtedy, kiedy zaciski wejściowe będą miały różne potencjały, niezależnie od polaryzacji.

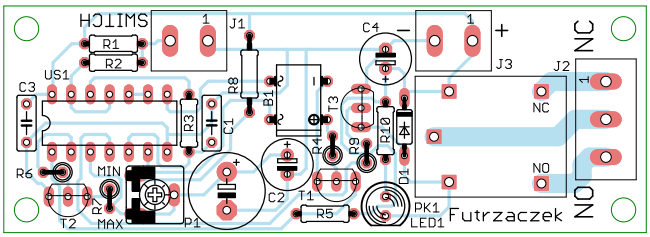
Jednak wyjścia tak utworzonej bramki nie można odnieść wprost do masy układu. Tej niedogodności zapobiega tranzystor T1, którego prąd bazy ogranicza R4. Pojawienie się napięcia na wyjściu mostka spowoduje otwarcie tego tranzystora, a w efekcie nawet nasycenie. I tak się stanie, gdyż obciążeniem jego kolektora jest rezystor R5 o znacznej rezystancji. Otwarcie T1 spowoduje przepływ prądu przez R5 i wywoła na nim spadek napięcia. Bramka US1A regeneruje tak powstały sygnał. Otrzymaliśmy pełnoprawną bramkę XOR bez stosowania dodatkowego układu scalonego, który w większości byłby niewykorzystany.

Wystąpienie zbocza sygnału wejściowego spowoduje wystawienie na wyjściu bramki US1A stanu wysokiego przez około 100 ms. Taki czas wystarczy do tego, aby rozładować kondensator C2, co czyni otwarty w tym czasie tranzystor T2. Rezystor R7 ogranicza prąd płynący przez kolektor T2, aby ten nie uległ uszkodzeniu. Bramka US1B interpretuje to jako niski stan logiczny na swoim wejściu, co z kolei załącza tranzystor T3. Jego zadaniem jest załączenie cewki przekaźnika PK1 i diody LED1.

Kiedy T2 zostanie zatkany, C2 zacznie się powoli ładować. Szybkość tego procesu warunkuje wypadkowa rezystancja R8 i P1. W chwili, gdy na jego okładkach zgromadzi się odpowiednio duży ładunek, wejście bramki US1B odczyta to jako stan wysoki i przełączy stan swojego wyjścia na niski. Ładowanie będzie trwało nadal, ale nie będzie już mało wpływu na działanie układu.

Warto w tym miejscu zauważyć, że impuls rozładowujący C2 może nadejść w dowolnej chwili. Dlatego jest możliwe przedłużenie czasu załączenia przekaźnika przez zmianę położenia klawisza przycisku jeszcze w trakcie załączenia przekaźnika.

Z tej topologii wynika pewna niedogodność: po włączeniu zasilania układu, kiedy C2 jest rozładowany, układ załączy przekaźnik na czas niemal równy nominalnemu. Stanie się to tylko raz, zaś potem układ przejdzie do stanu spoczynku.



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 85×30 mm. Jej schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli niektórych rezystorów i diody D1. Część rezystorów jest montowana w pionie, dlatego warto zostawić je na później. Pod układ US1 polecam zastosować podstawkę, aby uprościć jego wymianę w razie uszkodzenia. Ścieżki łączące styki przekaźnika PK1 ze złączem J2 zostały odsłonięte spod maski lutowniczej, by łatwiej było je pogrubić. Zmontowana płytka jest widoczna na fotografii tytułowej.

Jako zasilanie do złącza J3 należy podłączyć napięcie stałe o wartości 12 V, pamiętając o prawidłowej polaryzacji. Niekoniecznie musi ono być stabilizowane, choć byłoby to wskazane. Pobór prądu w stanie spoczynku wynosi do 1,5 mA (zależnie pod stanu styków podłączonych do J1), zaś po załączeniu przekaźnika wzrasta do około 35 mA.

Jedyną czynnością uruchomieniową jest ustawienie czasu załączenia styków przekaźnika, co odbywa się przy użyciu potencjometru P1. Skręcając go w lewo (w stronę napisu MIN na płytce), skracamy ten czas, a w prawo (w stronę napisu MAX) wydłużamy. Przy zaproponowanych wartościach elementów zmierzono w układzie prototypowym zakres regulacji czasu od 2 s do 3,5 min. Te wartości będą zależały od parametrów poszczególnych elementów – zwłaszcza pojemności C2, która cechuje się sporymi rozrzutami – oraz temperatury.

Można uzyskać jeszcze dłuższy czas zadziałania przekaźnika. Wystarczy w tym celu wymienić C2 na kondensator o większej pojemności, przystosowany do napięcia 25 V lub więcej. Na płytce przewidziano dwa miejsca na ten kondensator: jedno z rastrem wyprowadzeń 2,5 mm i o maksymalnej średnicy obudowy 7 mm, a drugie z rastrem 5 mm i z miejscem na obudowę o średnicy do 10,5 mm. Można bez przeszkód wlutować kondensator 1000 µF, który zaoferuje czas proporcjonalnie dłuższy w stosunku do oryginalnego 220 µF – czyli około 16 minut.

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl d7ac45c7ab

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5930

Podstawowe parametry:

- wykrywanie zbliżenia ręki do anteny ukrytej w urządzeniu,
- zasięg rzędu kilku milimetrów, zależnie od powierzchni anteny,
- wyjście typu otwarty dren,
- regulowany czas zadziałania wyjścia: od 0,8 s do 8 s,
- zasilanie napięciem 3...9 V,
- średni pobór prądu poniżej 5 µA przy zasilaniu napięciem 3 V.

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

AVT5875 Licznik czasu z czujnikiem odbiciowym (EP 8/2021)
AVT5853 Energooszczędny czujnik odbiciowy (EP 4/2021)
Projekt 237 Wyłącznik taśmy LED – bariera podczerwieni (EP 12/2018)
AVT5548 Licznik czasu pracy wyzwalany za pomocą przepływu prądu (EP 9/2016)
AVT1852 Optoelektroniczny czujnik zbliżeniowy (EP 5/2015)
AVT5475 Licznik czasu pracy (EP 11/2014)
AVT1740 Zbliżeniowy włącznik oświetlenia (EP 5/2013)
AVT1711 Włącznik zbliżeniowy (EP 10/2012)
AVT1690 Włącznik zbliżeniowy (EP 8/2012)
AVT1531 Zbliżeniowy włącznik refleksyjny (EP 8/2009)
AVT1396 Czujnik zbliżeniowy (EP 8/2004)
AVT2641 Radar IRED (EdW 9/2002)
AVT1348 Przełącznik zbliżeniowy (EP 8/2002)
AVT3009 Licznik czasu (EdW 10/2001)

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

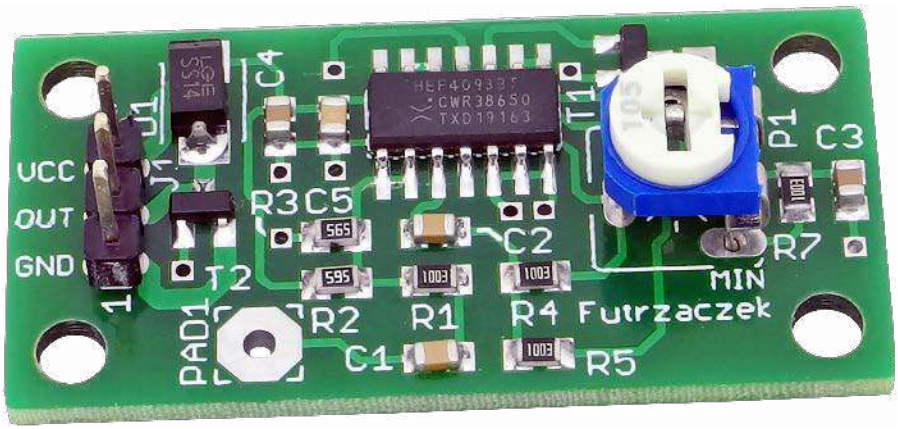
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Energooszczędny włącznik dotykowy

Urządzenia oszczędzające energię elektryczną stają się coraz popularniejsze. I nie ma w tym nic dziwnego, ponieważ możliwość zasilania z baterii lub odnawialnych źródeł energii daje dużo większe możliwości zastosowania. Zaprezentowany włącznik dotykowy można zainstalować w sposób całkowicie niewidoczny dla użytkownika, a do tego pobiera zaledwie kilka mikroamperów!



Włącznik umieszczony na obudowie urządzenia może niekiedy psuć jego walory estetyczne, lecz na pewno wpływa ujemnie na wodoszczelność, pyłoszczelność oraz wytrzymałość mechaniczną całej konstrukcji. Przecież to dodatkowy otwór, który trzeba uszczelnić, a sam wyłącznik odpowiednio odizolować. A gdyby z niego zrezygnować, a jednocześnie zachować jego funkcjonalność?

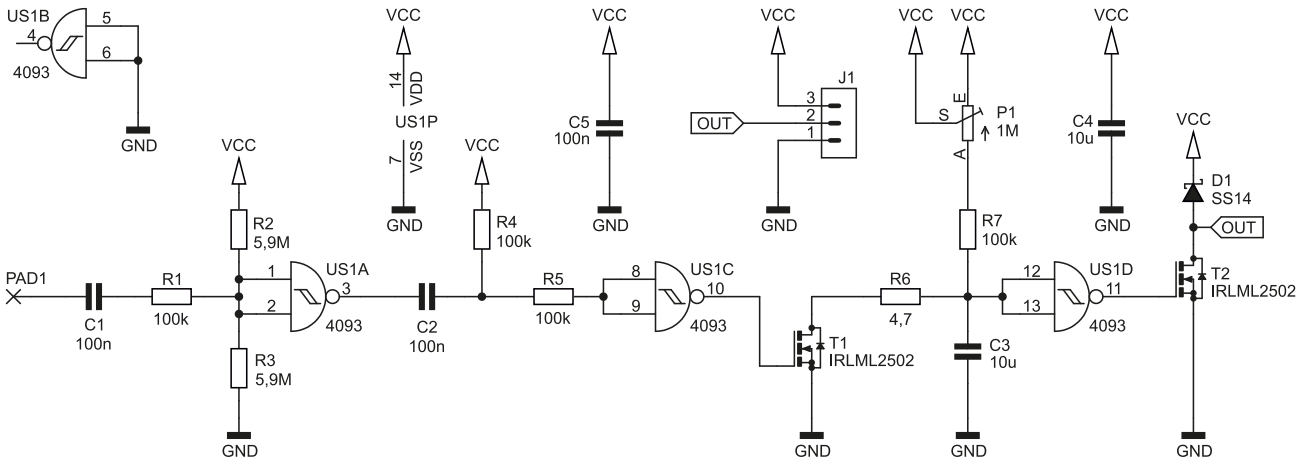
W tej sytuacji może przydać się zaprezentowany układ. Jeśli obudowa nie jest metalowa, to wystarczy, że po jej wewnętrznej stronie, w miejscu przeznaczonym na potencjalny przycisk, zostanie naklejona antena wykonana z przewodu lub metalowej płytki. Dotknięcie tego obszaru palcem lub ręką zostanie wykryte przez układ. Ciągłość powierzchni obudowy nie zostanie naruszona, urządzenie może być nawet szczelnie zalane lepiszczem. Jeżeli jakiś detal na powierzchni obudowy byłby metalowy, również może z powodzeniem służyć za wspomnianą antenę.

Zadaniem układu jest załączenie swojego wyjścia na zadany wcześniej czas po wykryciu dotknięcia. Jeżeli dotyk będzie trwał dłużej, impuls wyjściowy zostanie odpowiednio wydłużony.

Budowa i działanie

Schemat ideowy energooszczędnego włącznika dotykowego znajduje się na **rysunku 1**. Wejściem układu jest metalowa antena, którą podłącza się do pola lutowniczego PAD1. Układ wykrywa zaindukowanie się w antenie napięcia po dotknięciu jej ręką lub nawet zbliżeniu na niewielki dystans. To napięcie pochodzi z naszego ciała, a dokładniej – z fal elektromagnetycznych, którymi jesteśmy z każdej strony otoczeni, a dla których stanowimy antenę odbiorczą. Najsilniejsza składowa pochodzi od sieci energetycznej, której częstotliwość pracy to 50 Hz lub 60 Hz. Właśnie z myślą o niej został zaprojektowany ten układ.

Odpowiednio wysoka amplituda napięcia pochodzącego z anteny jest w stanie przełączyć bramkę US1A. Rezystory R2 i R3 polaryzują jej wejścia potencjałem zbliżonym



Rysunek 1. Schemat ideowy energooszczędnego włącznika dotykowego

eprasa.pl d7ac45c7ab

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

Rezystory:
R1, R4, R5, R7: 100 kΩ SMD0805
R2, R3: 5,6 MΩ SMD0805
R6: 4,7 Ω SMD0805
P1: 1 MΩ montażowy leżący

Kondensatory:
C1, C2, C5: 100 nF SMD0805
C3, C4: 10 μF 16 V SMD0805

Półprzewodniki:
D1: SS14 lub podobna
T1, T2: IRLML2502 (SOT23)
US1: CD4093 (SO14)

Pozostałe:
J1: goldpin 3 piny męski 2,54 mm THT
antena (opis w tekście)

do połowy napięcia zasilającego, aby była potrzebna mniejsza amplituda sygnału. Wejścia opatrzone przerzutnikami Schmitta doskonale radzą sobie w takich warunkach.

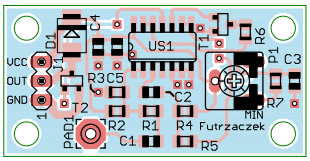
Pomyślano również o kilku prostych zabezpieczeniach. Rezystor R1 ogranicza prąd diod zabezpieczających wejścia tej bramki w razie podania napięcia o zbyt wysokiej amplitudzie. Kondensator C1 odcina składową stałą, która jest w stanie zablokować działanie układu. Mogłaby się pojawić po zawilgoceniu lub zabrudzeniu obudowy, kiedy antena zostałaby trwale spolaryzowana napięciem pochodzącym z baterii lub innego zasilacza.

Układ różniczkujący, w skład którego wchodzą kondensator C2 i rezystor R4, formuje impuls pobudzający wejście następnej bramki. Rezystor R5 ogranicza prąd diod zabezpieczających wejścia bramki US1C w momencie przełączania się wyjścia bramki US1A. Dzięki temu tranzystory sterujące wyjściem bramki US1A nie są poddawane krótkotrwałym przeciążeniom, spowodowanym nagłym otwarciem diod zabezpieczających wejścia US1C.

Podanie stanu niskiego na wejścia bramki US1C powoduje wzrost potencjału jej wyjścia, a to z kolei wprowadza tranzystor T1 w stan przewodzenia. Kondensator C3 zostaje wtedy rozładowany, a prąd płynący w tym momencie przez dren tego tranzystora zostaje ograniczony rezystorem R6.

Jeżeli napięcie na okładkach C3 stało się odpowiednio niskie, bramka US1D zmienia stan wyjścia na wysoki i załącza tranzystor T2, obsługujący wyjście układu. Przerzutnik Schmitta, którym opatrzone jest wejście bramki, daje gwarancję, że ten tranzystor będzie wyłącznie w pełni otwarty lub zatkany, bez długotrwałych stanów przejściowych.

Po ustaniu impulsów rozładowujących C3, ten zaczyna powoli ładować się poprzez połączone szeregowo rezystancje: R7 i P1. Kiedy napięcie wzrośnie na nim w dostatecznie wysokim stopniu, bramka US1D przełącza się, a T2 zostaje zatkany. Dioda D1 zabezpiecza jego strukturę przed uszkodzeniem w tym momencie, gdyby sterował on obciążeniem mającym charakter indukcyjny: elektromagnesem lub silniczkiem prądu stałego.



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 40×20 mm. Jej schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów lutowanych powierzchniowo, które znajdują się tylko na wierzchniej stronie płytki. Po ich przylutowaniu można przejść do potencjometru P1 i złącza J1, które są montowane techniką przewlekaną (THT). Na sam koniec polecam zostawić przylutowanie anteny do pola lutowniczego PAD1.

Prawidłowo zmontowany układ jest gotowy do działania. Wymaga zasilania napięciem stałym, dobrze odfiltrowanym, niekoniecznie stabilizowanym, o wartości z przedziału 3...9 V. Średni pobór prądu wynosi poniżej 5 μA przy zasilaniu napięciem 3 V. Zakładając, że baterie AA mają pojemność 2500 mAh, pozwoli to na, teoretycznie, ponad 50 lat pracy. To znacznie przekracza termin ważności jakichkolwiek ogniw dostępnych na rynku. Przy napięciu 9 V prąd pobierany przez układ wynosi około 0,15 mA.

Jedyną czynnością, jaką należy wykonać podczas uruchamiania układu, jest ustalenie czasu załączenia wyjścia za pomocą potencjometru P1. Przekręcając go w prawą stronę (ślizgacz przesuwa się w stronę napisu MIN), czas ten skracanym. Minimalna wartość tego czasu to ok. 0,84 s, a maksymalna około 8,2 s – zmierzono podczas zasilania układu napięciem o wartości 3 V. Inne napięcie zasilania może wiązać się z nieco innymi wartościami tychże.

Wyjściem układu jest dren tranzystora typu MOSFET z kanałem N. Zwiera on środkowe wyprowadzenie złącza J1 z masą na zadany czas. Jego napięcie progowe wynosi nie więcej niż 1,2 V, zatem po przyłożeniu napięcia bramka-źródło o wartości 3 V (lub więcej) można go uznać za całkowicie otwarty. Zważywszy na szerokość ścieżek na płytce, zalecam, aby przez to wyjście płynął prąd o natężeniu nie większym niż 2 A.

Tranzystor obsługujący wyjście został zabezpieczony przy użyciu diody D1, mający na celu zwieranie impulsów generowanych przez obciążenia indukcyjne, które powstają w momencie ich odłączania. Jeżeli dane obciążenie miałoby być zasilane z napięcia wyższego niż to, które zasila układ, należy wymontować diodę D1 i zamontować drugą diodę zabezpieczającą, antyrównolegle do zacisków tego obciążenia. Maksymalne napięcie dren-źródło tranzystora IRLML2502 wynosi 20 V, co należy traktować jako maksymalne napięcie zasilające podłączone obciążenie.

W przeciwnym razie, gdyby diodę D1 pozostawić, uległaby ona otwarciu dzięki spolaryzowaniu jej anody potencjałem wyższym niż katody. Układ mógłby ulec zniszczeniu przez podniesienie jego napięcia zasilającego.

Maksymalną wartość napięcia zasilającego na poziomie 9 V ustalono na podstawie dokumentacji użytych w projekcie tranzystorów. Nieprzekraczalną wartością jest 12 V, ponieważ tyle wynosi maksymalne napięcie bramka-źródło użytych w projekcie tranzystorów MOSFET. Dlatego przyjęcie górnej granicy na poziomie 9 V daje optymalny margines bezpieczeństwa.

Antena, której układ używa do „obserwacji" swojego otoczenia, powinna być wykonana z materiału przewodzącego. Najlepiej, aby użytkownik mógł dotknąć jej powierzchni bezpośrednio swoim ciałem, lecz testy wykazały, że izolacja z tworzywa sztucznego o grubości kilku milimetrów również nie wpływa negatywnie na działanie układu. Można w tej sytuacji posłużyć się odcinkiem przewodu lub kawałkiem metalu, które byłyby naklejone od wewnętrznej strony obudowy. Jej długość lub, odpowiednio, powierzchnia powinny być możliwie jak największe, zwłaszcza jeżeli w grę wchodzi oddziaływanie czysto pojemnościowe, poprzez dielektryczną obudowę.

Michał Kurzela, EP

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

eprasa.pl d7ac45c7ab

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5928

Podstawowe parametry:

- detekcja przepływu prądu w przewodzie podłączonym do układu,
- możliwość wykrywania zarówno prądu przemiennego (AC), jak i stałego (DC),
- maksymalny prąd: około 6 A,
- minimalny prąd: około 50 mA,
- wywołuje spadek napięcia o wartości 1...2 V w dołączonym obwodzie,
- izolacja galwaniczna zrealizowana za pomocą transoptora.

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

AVT5688 Precyzyjny detektor przejścia napięcia przez zero (EP 7/2019)
AVT5548 Licznik czasu pracy wyzwalany za pomocą przepływu prądu (EP 9/2016)
AVT1429 Miniaturowy wykrywacz przewodów sieciowych

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

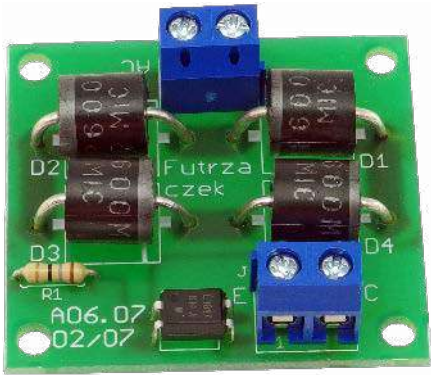
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] - płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Prosty detektor przepływu prądu

Rozbudowane układy (zawierające przekładniki prądowe) służące do wykrycia zjawiska przepływu prądu przez dany przewód są dosyć kosztowne. Można w nich dokładnie ustawić próg detekcji, lecz nie zawsze jest to potrzebne. Zaprezentowany układ to typowe „wash & go" – rozwiązanie proste w budowie i tanie.



Jeżeli musimy wykryć, czy przez dany przewód przepływa prąd elektryczny, najczęściej stosujemy do tego przekładniki prądowe lub czujniki hallotronowe. Takie rozwiązania są dokładne, chociaż dosyć drogie. Możemy uzyskać podobny efekt przy użyciu jedynie kilku podstawowych elementów, jeżeli nie potrzebujemy regulacji progu detekcji ani wysokiej czułości. Dużą zaletą jest możliwość pracy w szerokim zakresie częstotliwości: od składowej stałej aż po wiele setek herców. Dodatkowo, nie wymaga jakiegokolwiek zasilania!

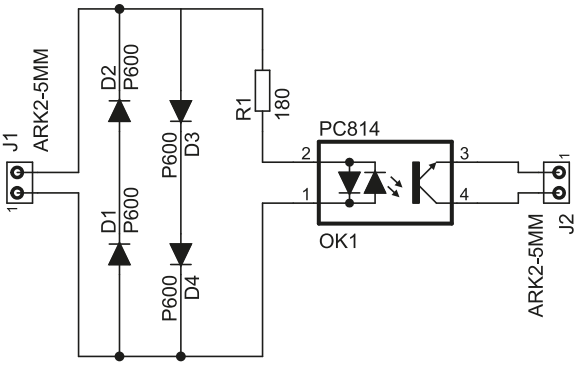
Budowa i działanie

Schemat detektora został pokazany na **rysunku 1**. Przewód, który chcemy monitorować, należy przeciąć i podłączyć do zacisków złącza J1 – aby prąd przepływał przez elementy znajdujące się na płytce. Droga prądu wiedzie przez cztery diody półprzewodnikowe: w jedną stronę przez D1 i D2 połączone szeregowo, a w drugą przez D3 i D4. Nie dochodzi jednak do prostowania owego prądu, gdyż w obie strony są włączone takie same diody. Powstaje jedynie niewielki spadek napięcia, rzędu 1,5 V. Jego dokładna wartość zależy w dużym stopniu od natężenia prądu i temperatury tych diod.

Wartość spadku napięcia jest wystarczająca dla diody nadawczej w transoptorze OK1. Według noty katalogowej PC814 od firmy Sharp wystarczy napięcie około 1 V, aby przepłynął przez tę diodę prąd o natężeniu kilku miliamperów. Świecenie diody wywołuje przepływ prądu między kolektorem a emiterem fototranzystora po stronie odbiorczej transoptora. W strukturze PC814 znajdują się dwie diody nadawcze połączone ze sobą antyrównolegle, więc przepływ prądu w dowolną stronę zostanie zasygnalizowany w identyczny sposób.

Rezystor R1 ogranicza prąd diod nadawczych do niewielkiej wartości. Jego wartość została przyjęta z dużym zapasem, ponieważ obciążenie pobierające wysoki prąd rozruchowy (np. transformator toroidalny) może wywołać impuls napięcia o znacznie większej wartości szczytowej niż późniejsze. Dodatkowo, rozgrzane diody półprzewodnikowe mają wyższe napięcie przewodzenia.

Reasumując, układ wprowadza niewielki spadek napięcia w nadzorowanym obwodzie, zaś jego wyjściem jest przewodzący fototranzystor. Można w ten sposób dostarczyć informację dla mikrokontrolera lub innego układu cyfrowego. CTR transoptora PC814 w takich warunkach jest rzędu 20%, więc jego obciążenie musi pobierać



Rysunek 1. Schemat ideowy detektora

REKLAMA

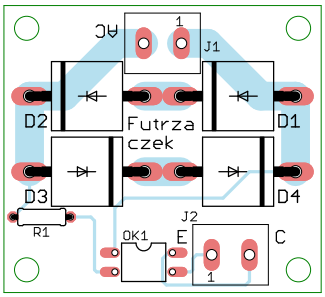
eprasa.pl d7ac45c7ab

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

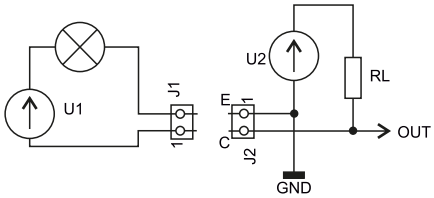
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W, jeżeli nie wskazano inaczej)
R1: 180 Ω

Półprzewodniki:
D1...D4: P600 (opis w tekście)
OK1: transoptor PC814

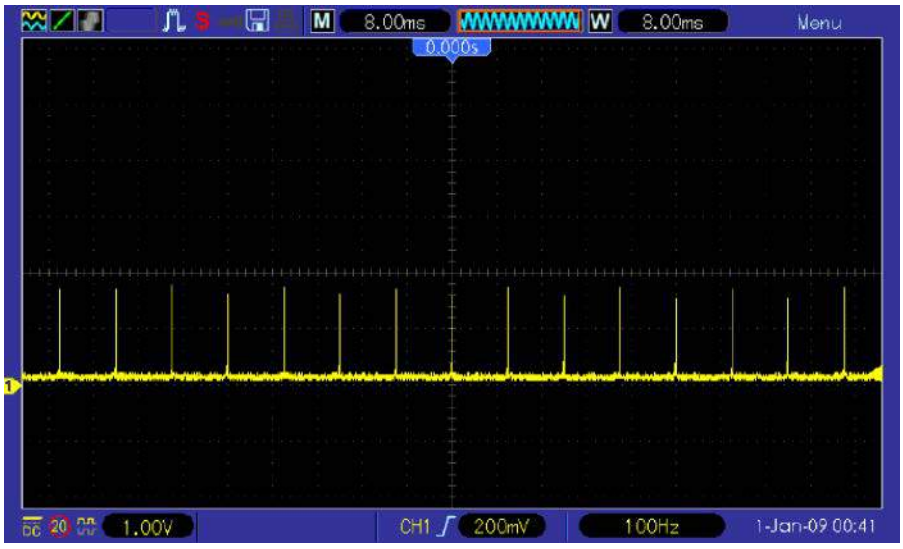
Pozostałe:
J1, J2: ARK2/500



Rysunek 2. Schemat płytki PCB



Rysunek 3. Podłączenie płytki do nadzorowanego obwodu oraz układu cyfrowego po stronie odbiorczej



Rysunek 4. Oscylogram napięcia na zaciskach złącza J2 podczas pracy

znikomo mały prąd – proponowałbym przyjąć około 0,5 mA jako górną granicę. To w zupełności wystarczy wejściom współczesnych układów półprzewodnikowych.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 42×38 mm. Jej schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe o średnicy 3,2 mm. Wszystkie elementy znajdujące się na płytce są przystosowane do montażu przewlekanego. Należy je wlutować, zaczynając od najniższych, a na najwyższych kończąc. Diody D1…D4 polecam wlutować na nieco dłuższych wyprowadzeniach, kilka milimetrów nad powierzchnią laminatu, aby ułatwić ich chłodzenie. Szczegóły montażu można zobaczyć na fotografii tytułowej. Diody P600 mogą być przeznaczone na dowolne napięcie wsteczne, choćby i 50 V (P600A).

Prawidłowo zmontowany układ jest od razu gotowy do działania i nie wymaga jakichkolwiek czynności uruchomieniowych. Przykład jego podłączenia pokazuje **rysunek 3**. Polaryzacja prądu stałego, którego przepływ byłby wykrywany, jest całkowicie obojętna. Tak samo napięcie U1, które zasila obwód nadzorowany – może to być sieć 230 V, jak i akumulator 24 V. W każdym przypadku należy liczyć się ze spadkiem napięcia około 1,5 V lub nieco więcej. Po stronie odbiorczej napięcie U2 i rezystor RL muszą być tak dobrane, aby fototranzystor transoptora OK1 pracował prawidłowo: nie doszło do jego przebicia po zatkaniu (dopuszczalne napięcie kolektor-emiter wynosi 35 V) oraz mógł wchodzić w nasycenie (wspomniany wcześniej prąd maksymalny kolektora rzędu 0,5 mA).

Układ prototypowy został przetestowany przy zasilaniu z sieci 230 V 50 Hz przy obciążeniu żarówką o mocy 40 W. Napięcie zasilające stronę odbiorczą U2=5 V, zaś rezystor obciążający RL=10 kΩ. Układ znajdował się w temperaturze pokojowej. Oscylogram napięcia na zaciskach złącza J2 w tej sytuacji znajduje się na **rysunku 4**.

Krótkie, pionowe szpilki o częstotliwości 100 Hz, które znajdują się na tym wykresie, to momenty przejścia prądu przez zero. Układ cyfrowy sprzęgnięty z tym detektorem musi być przystosowany do ich obecności. Można też uśrednić je przy użyciu kondensatora o niewielkiej pojemności, podłączonego równolegle do zacisków złącza J2.

Układ może się nadawać jako detektor przejścia prądu przez zero, ale należy do tego podejść z rezerwą. Przy wysokim natężeniu płynącego prądu momenty, w których dioda przestaje przewodzić, stają się bardzo krótkie. Czasem na tyle krótkie, że fototranzystor nie zdąży wyjść z nasycenia. Objawia się to ciągłą linią na oscylogramie o wartości średniej około 0 V.

Maksymalny prąd średni płynący przez diody typu P600 może, teoretycznie, wynosić 6 A. W tym układzie diody pracują naprzemiennie, więc wartość średnia prądu płynącego przez każdą z diod jest dwukrotnie mniejsza. Proponowałbym jednak pozostać przy tej wartości jako górnym limicie, ponieważ mogą występować problemy z chłodzeniem tych elementów.

Wyznaczona doświadczalnie dolna granica detekcji, przy której nie dochodziło do prawidłowego nasycania się fototranzystora, wynosiła 50 mA wartości skutecznej prądu przemiennego. Może się różnić w zależności od temperatury otoczenia i rozrzutów produkcyjnych poszczególnych elementów.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

Kursy w Ulubionym Kiosku
IT i Hi-tech • Muzyka i Dźwięk
Pełna oferta na stronie www.ulubionykiosk.pl

eprasa.pl d7ac45c7ab

Podstawowe parametry:

- podwójny interfejs Ethernet,
- zawiera typowe układy kontrolerów sieciowych RTL8152B obsługiwanych przez system Linux i Windows,
- komunikacja poprzez port USB.

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

----	Moduł multiIO dla RPI Zero (EP 3/2022)
----	Interfejs użytkownika z wyświetlaczem OLED dla Pi Pico (EP 3/2022)
----	Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico (EP 2/2022)
----	Vintage audio DAC na TDA1387 (EP 2/2022)
AVT5914	Zasilacz buforowy dla RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5913	Cyfrowy wzmacniacz audio 2×10 W w formacie RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5909	Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero (EP 12/2021)
AVT5896	Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero (EP 10/2021)
AVT5890	Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero (EP 9/2021)
AVT5882	Podwójny klucz zasilania High Side (EP 8/2021)
----	Zasilacz PoE do Raspberry Pi (EP 7/2021)
----	Cyfrowy wzmacniacz audio w formacie RPi Zero (EP 7/2021)
----	Moduł DSP Audio do Raspberry Pi (EP 6/2021)
AVT5858	Płytka bazowa dla Raspberry Pi Pico (EP 5/2021)
AVT5851	Dwukanałowy port szeregowy dla Raspberry (EP 3/2021)
AVT5847	Interfejs wyświetlacza TFT-RGB dla RPi Zero (EP 3/2021)
-	Sterownik 18 LED dla Pi Zero (EP 2/2021)
AVT5837	Moduł do pomiaru napięcia i prądu z interfejsem I²C (EP 1/2021)

* 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

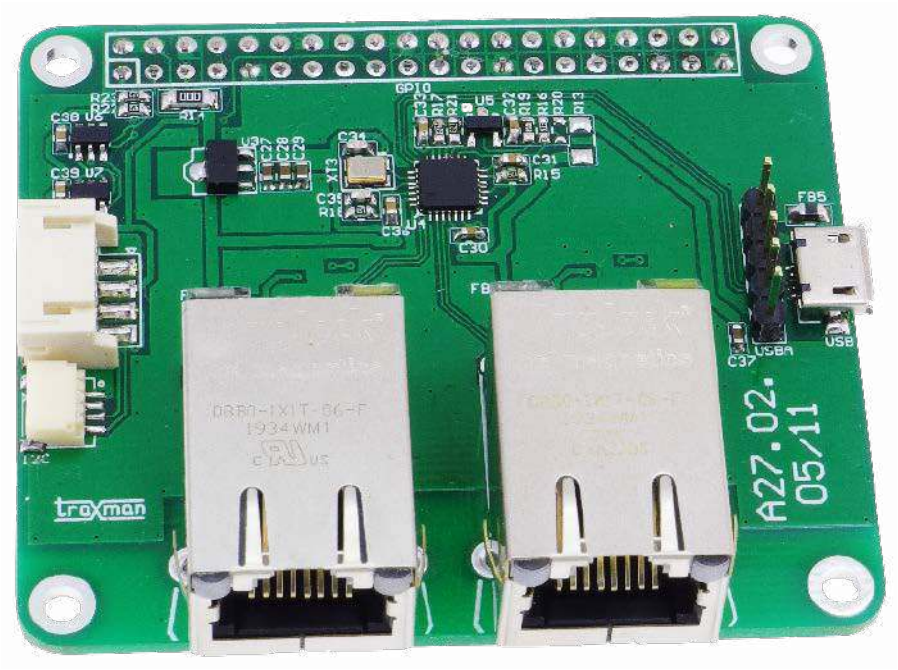
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Podwójny interfejs Ethernet dla RPi

Podwójny interfejs Ethernet przyda się w aplikacjach, które monitorują i muszą mieć wpływ na ruch sieciowy np. w systemie automatyki domowej, firewallu lub blokerze reklam na stronach www. Zaprezentowane rozwiązanie odznacza się względnie niskim kosztem elementów, a jednocześnie znacznie większą przepustowością od rozwiązań bazujących na ENC28J60. Dzięki zastosowaniu typowych układów kontrolerów sieciowych obsługiwanych przez system Linux i Windows nie wymaga żadnych nakładów programistycznych do zapewnienia działania sprzętu.



Moduł jest zgodny z Raspberry Pi+ (HAT 40 PIN) i mechanicznie ma rozmiary Pi 3A+. Jednak nic nie stoi na przeszkodzie, aby stosować go także z innymi SBC wyposażonymi w port USB.

Budowa i działanie

Schemat układu został pokazany na **rysunku 1**. Najważniejszym elementem jest układ dwuportowego huba USB typu USB2412 (U4). Hub podłączany jest do Raspberry poprzez złącze USB typu micro USB lub USBA typu SIP5. Układ skonfigurowany jest do pracy z urządzeniami USB nieodłączalnymi (*non-removable*), co określone jest stanem wysokim wyprowadzeń NR0/NR1. Może być zasilany z magistrali USB (tryb Bus Powered) lub napięcia 5 V z GPIO Raspberry (tryb Self Powered). Należy zwrócić uwagę na wydajność portu USB, gdyż pobór prądu może wynosić do 500 mA, polecam więc zasilanie 5 V z GPIO Raspberry. Źródło zasilania wybierane jest wlutowaniem odpowiednio rezystora R13 (Bus) lub R14 (Self).

Napięcia 3,3 V niezbędnego do zasilania U4 dostarcza układ U3 typu MCP1700-3.3. Prawidłowy reset po włączeniu zasilania zapewnia układ U5 typu MCP100T-3.15. Do wyprowadzenia VBUS U4-18 doprowadzone jest napięcie informujące o detekcji USB. W przypadku trybu Bus-Power wlutowany musi być rezystor R20, który razem z R19 tworzy dzielnik napięcia VBUS z portu Upstream. W trybie Self-Power oraz gdy moduł nie będzie rozłączany z Raspberry, wlutowany jest rezystor R21 łączący wyprowadzenie VBUS do napięcia 3,3 V.

Układ U4 taktowany jest rezonatorem kwarcowym XT3 o częstotliwości 24 MHz. Do portów downstream podłączone są dwa identyczne konwertery USB/Ethernet

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

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1, R2, R7, R8, R21: 820 Ω
R3, R9: 4,7 M Ω
R4, R10: 2,49 kΩ
R5, R6, R11, R12: 10 kΩ
R13, R14: 0 Ω (Opis)
R15...R17, R19, R20: 47 kΩ (Opis)
R18: 12 kΩ
R22, R23: 4,7 kΩ

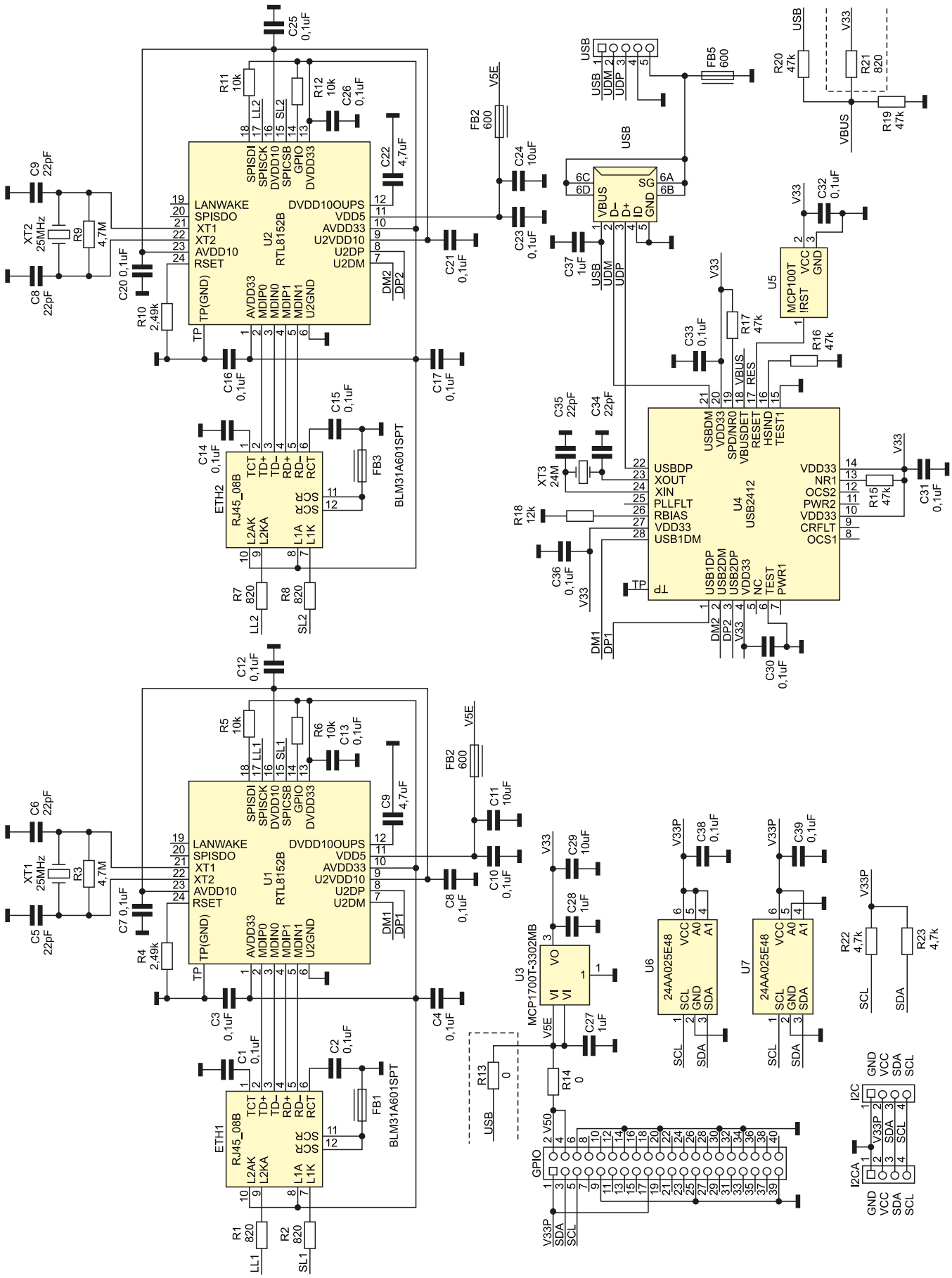
Kondensatory: (SMD0603)
C1...C4, C7, C8, C10, C12...C17, C20, C21, C23, C25, C26, C30...C33, C36, C38, C39, : 0,1 μF
C5, C6, C18, C19, C34, C35: 22 pF
C9, C22: 4,7 μF/10 V
C11, C24, C29: 10 μF/10 V
C27, C28, C37: 1 μF/10 V

Półprzewodniki:
U1, U2: RTL8152B (QFN24)
U3: MCP1700T-3302MB (SOT-89)
U4: USB2412 (QFN28)
U5: MCP100T/3,15 (SOT-23)
U6, U7: 24 A A025E48 (SOT-23-6)

Pozostałe:
ETH1, ETH2: gniazdo RJ45 Belfuse 08B0-1X1T-06
FB1, FB3: koralik ferrytowy BLM31A601SPT (SMD1206)
FB2, FB4: koralik ferrytowy BLM18AG601SN1D (SMD0603)
FB5: koralik ferrytowy BLM21A601SN1D (SMD0805)
GPIO: złącze żeńskie DS1023-2*20S21
I2C: gniazdo JST 4 piny 1 mm
I2CA: gniazdo JST 4 piny 2 mm
USB: gniazdo USB Micro
USBA: złącze SIP 5, 2,54 mm
XT1, XT2: kwarc CFPX180-25 MHz (3,2×2,5)
XT3: kwarc CFPX180-24 MHz (3,2×2,5)

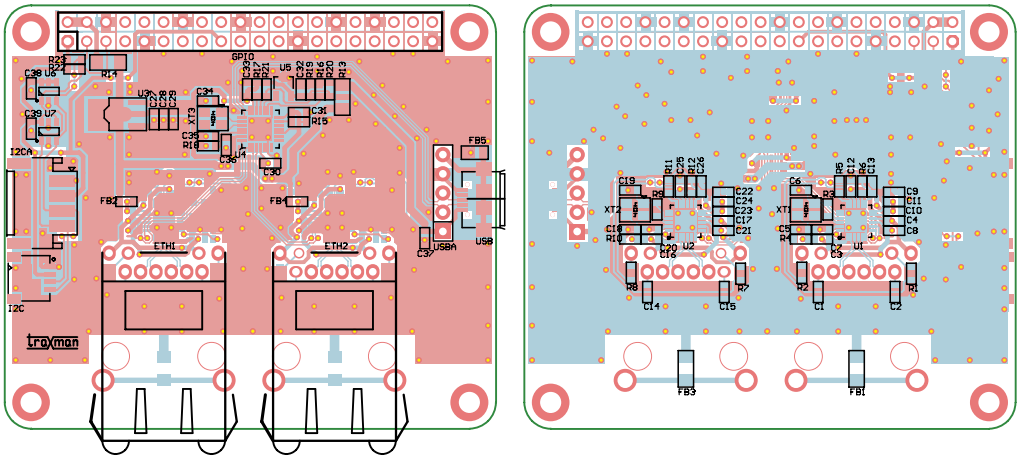
eprasa.pl d7ac45c7ab

U1, U2 typu RTL8152B (QFN24). Są one dosyć popularne w niewielkich kartach sieciowych USB oraz w komputerkach Linux/Android np. NanoPi R1. Układ RTL8152B wyróżnia się prostą aplikacją, niezawodnym działaniem i dostępnością sterowników dla różnych systemów operacyjnych. W ilościach jednostkowych dostępny jest w serwisach aukcyjnych.



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Wbudowane w złącza ETH1, ETH2 diody LED sygnalizują stan interfejsu (Link + Activity). Układ uzupełniają dwie pamięci szeregowe I²C U6, U7, przechowujące na ostatnich sześciu bajtach adres MAC w formacie EUI48. Nakładkę uzupełniają dwa złącza wyprowadzające magistralę I²C, typu JST 2 mm i 1 mm.

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu. Zmontowany moduł od strony bottom pokazuje **fotografia 1**.

Prawidłowo zmontowany moduł nie wymaga uruchamiania. Domyślnie moduł przeznaczony jest do zasilania z Raspberry i powinien mieć wlutowane rezystory R14, R21 (nie lutować R13, R20). Po uruchomieniu systemu i sprawdzeniu poleceniem *lsusb* powinien być widoczny hub (ID 0424:2412) i oba konwertery RTL8152B (ID 0BDA:8152), tak jak pokazano na **rysunku 3**. Kolejno sprawdzamy poleceniem *i2cdetect -y 1* obecność pamięci EEPROM na magistrali I²C (**rysunek 4**).

Zawartość EUI-48 pamięci można odczytać skryptem *dualmac.py*, którego treść pokazuje **listing 1**. Wynik działania skryptu jest widoczny na **rysunku 5**, (część adresu jest celowo zamazana). Dolna część pamięci 0x00...0x7F może zostać wykorzystana dowolnie przez użytkownika, górna jest zabezpieczona przed zapisem.

Adam Tatuś, EP

```
pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:~ $ lsusb
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0003 Linux Foundation 3.0 root hub
Bus 001 Device 005: ID 0bda:8152 Realtek Semiconductor Corp. RTL8152 Fast Ethernet Adapter
Bus 001 Device 004: ID 0bda:8152 Realtek Semiconductor Corp. RTL8152 Fast Ethernet Adapter
Bus 001 Device 003: ID 0424:2412 Standard Microsystems Corp.
Bus 001 Device 002: ID 2109:3431 VIA Labs, Inc. Hub
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
pi@raspberrypi:~ $
```

Rysunek 3. Sprawdzenie urządzeń USB

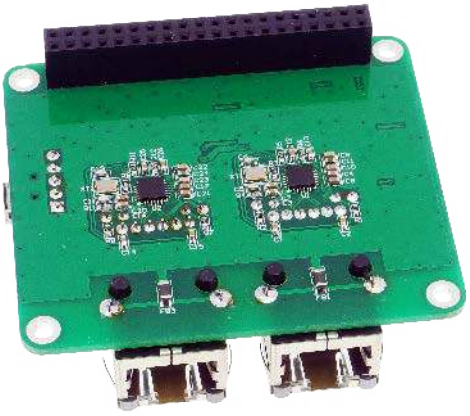
```
pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:~ $ i2cdetect -y 1
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          -- 04 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50: -- -- 52 53 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: -- -- -- -- -- -- -- --
pi@raspberrypi:~ $
```

Rysunek 4. Sprawdzenie magistrali I²C

```
pi@raspberrypi: ~
pi@raspberrypi:~ $ python dualmac.py

24AA02E64 Dual MAC Dump

MAC (hex):
['ff', 'ff',      , '1 ', ' 2', '  ', '6 ', 'c ']
MAC (hex):
['ff', 'ff',      , '1 ', ' 2', '  ', ' 5', ' 5']

Quit

pi@raspberrypi:~ $
```

Rysunek 5. Odczyt zawartości EUI-48 z pamięci EEPROM

```
Listing 1. Skrypt dualmac.py

import smbus
print "\n24AA02E64 Dual MAC Dump\n"
# Get I2C bus
bus = smbus.SMBus(1)
# 24AA02E64 0x52+0x53 read last (0xF8 offset) 8-bytes MAC ROM
macblock = bus.read_i2c_block_data(0x52, 0xF8, 0x08)
print"MAC (hex): "
print([‘{:02x}’.format(x) for x in macblock])
macblock = bus.read_i2c_block_data(0x53, 0xF8, 0x08)
print"MAC (hex): "
print([‘{:02x}’.format(x) for x in macblock])
bus.close()
print "\nQuit\n"
```



Fotografia 1. Zmontowany moduł widoczny od strony bottom

REKLAMA

EP.com.pl

eprasa.pl d7ac45c7ab

Podstawowe parametry:

- osiem wyprowadzeń IO,
- wyjścia uzupełnione o układ sterowania diodą sygnalizacyjną LED,
- możliwość ustawienia dwóch niezależnych częstotliwości sprzętowego migania w zakresie od 0,59 do 152 Hz,
- sterowanie poprzez interfejs I²C,
- możliwość zastosowania do 8 układów na jednej magistrali.

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

–––––	Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 2/2022)
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)
–––––	Izolator magistrali I²C (EP 3/2021)
AVT5786	Translator adresu magistrali I²C (EP 8/2020)
–––––	Expander IO z interfejsem I²C (EP 6/2020)
AVT5769	Podwójny potencjometr z interfejsem I²C (EP 5/2020)
–––––	Moduł wyjść dużej mocy z kontrolą poprzez I²C (EP 5/2020)
AVT5751	I²C Extender – przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C (EP 3/2020)
AVT5708	Przedłużacz magistrali I²C (EP 8/2019)
AVT5687	Konwerter poziomów magistrali I²C (EP 7/2019)
AVT5154	Wyświetlacz LCD sterowany magistralą I²C (EP 10/2008)
AVT5147	Moduł wyświetlacza LED sterowany magistralą I²C (EP 9/2008)
AVT1439	Sprzętowy konwerter RS232<–>I²C (EP 8/2006)
AVT816	Uniwersalne moduły I²C (EP 5/1999)
AVT480	Mikroprocesorowy interfejs I²C (EP 12/1998)

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

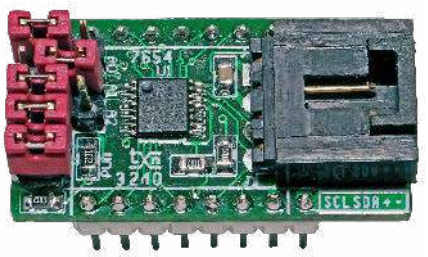
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Ekspander IO z układem PCA9531

Ekspander z układem PCA9531 wyróżnia się wśród innych rozwiązań tego typu. Każde z ośmiu wyprowadzeń IO uzupełnione jest o układ sterowania diodą sygnalizacyjną LED, z możliwością sprzętowego ustawienia dwóch niezależnych częstotliwości migania. Sterowanie stanem IO odbywa się poprzez zmianę stanu tylko jednego rejestru, co upraszcza sterowanie. Układ znakomicie ułatwia projektowanie prostych interfejsów użytkownika, w których konieczna jest jednoczesna obsługa przycisków, GPIO i LED.

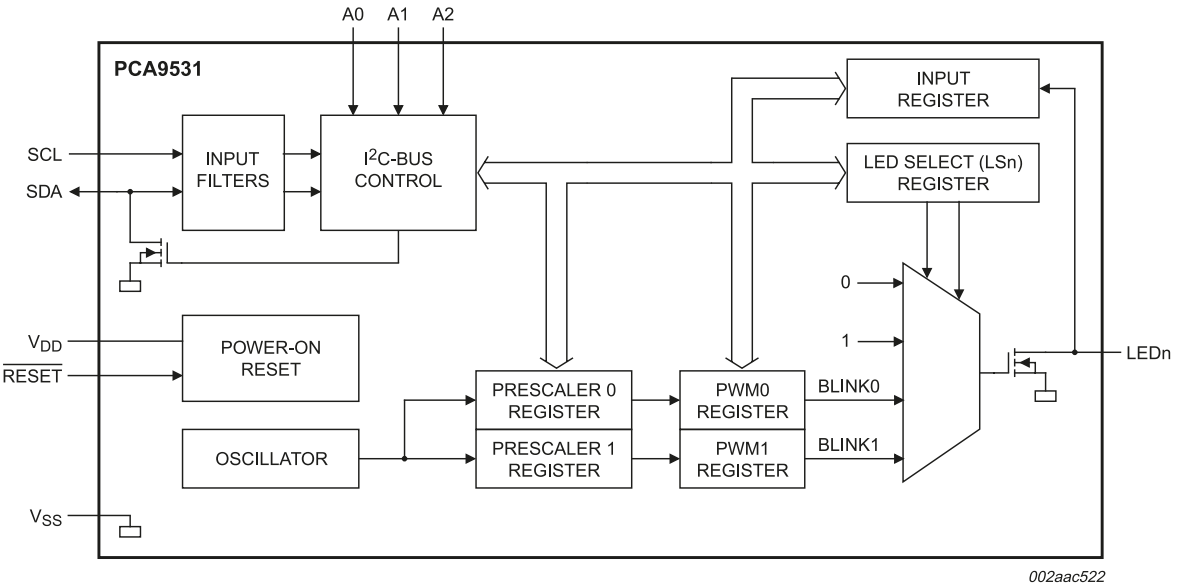


Schemat wewnętrzny układu PCA9531 został pokazany na **rysunku 1**. Wyjścia IO układu są typu otwarty dren i mogą być obciążone prądem do 25 mA w stanie niskim. To umożliwia bezpośrednie sterowanie diodą LED, oczywiście z odpowiednio dobranym rezystorem szeregowym. Całkowity prąd wyprowadzeń nie może przekraczać 100 mA. Układ może być zasilany napięciami z zakresu 2,3...5,5 V. Po włączeniu zasilania wszystkie IO ustawione są w stan wysokiej impedancji. Wyprowadzenia niewykorzystane do sterowania LED, po odpowiedniej konfiguracji układu, mogą zostać użyte jako uniwersalne linie IO.

Budowa i działanie

Schemat ekspandera IO został pokazany na **rysunku 2**. Zawiera układ U1 typu PCA9531 połączony z trzema zworkami A0...A2 umożliwiającymi ustalenie adresu, zgodnie z **tabelą 1**. Dzięki temu możliwe jest zastosowanie do 8 układów na jednej magistrali. Zwora PU umożliwia aktywację rezystorów podciągających magistralę I²C.

Sygnały portów GPIO wraz z zasilaniem i magistralą I²C doprowadzone są do złączy J1 i J2. Na złączu J2 dostępny jest też sygnał sprzętowego resetu układu U1. Magistrala I²C wyprowadzona jest dodatkowo na złącza I²C (EH4), I2C1 (JST 1 mm).



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu PCA9531

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

Rezystory:
R1, R2, R4: 10 kΩ 5% (SMD0805)
R3: 2,2 kΩ 5% (SMD0805)

Kondensatory:
C1: 0,1 μF ceramiczny (SMD0805)

Półprzewodniki:
LD: dioda LED (SMD0805)
U1: PCA9531PW (SSOP16)

Pozostałe:
A0, A1, A2: listwa 1×3, 2,54 mm + zwory
I2C1: złącze JST 1 mm
I2C: złącze EH kątowe
J1: listwa 1×8, 2,54 mm
J2: listwa 1×9, 2,54 mm
PU: listwa 2×2, 2,54 mm + zwory

eprasa.pl d7ac45c7ab

Tabela 1. Adresowanie układu PCA9531

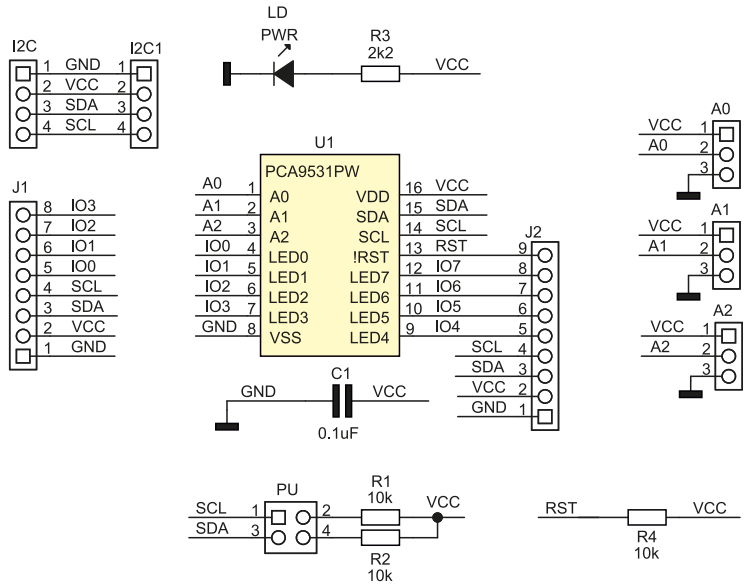
AD2	AD1	AD0	Adres
GND	GND	GND	0x60 (1100 000X)
GND	GND	VCC	0x61 (1100 001X)
GND	VCC	GND	0x62 (1100 010X)
GND	VCC	VCC	0x63 (1100 011X)
VCC	GND	GND	0x64 (1100 100X)
VCC	GND	VCC	0x65 (1100 101X)
VCC	VCC	GND	0x66 (1100 110X)
VCC	VCC	VCC	0x67 (1100 111X)

Tabela 2. Rejestry sterujące układu PCA9531

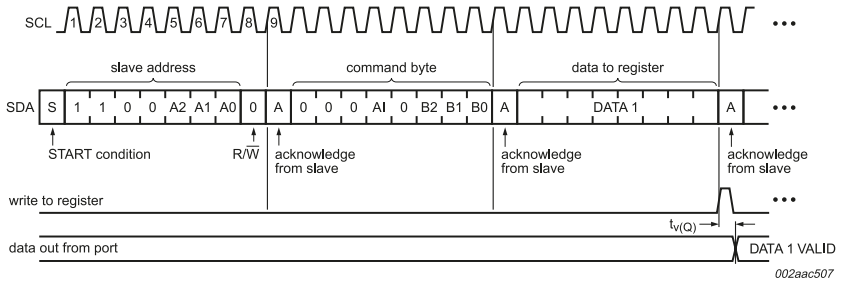
B2	B1	B0	Adres	Typ	Opis
0	0	0	INPUT	R	Rejestr wejściowy IO
0	0	1	PSC0	RW	Preskaler 0
0	1	0	PWM0	RW	PWM 0
0	1	1	PSC1	RW	Prescaler 1
1	0	0	PWM1	RW	PWM1
1	0	1	LS0	RW	Rejestr sterujący LED0...3
1	1	0	LS1	RW	Rejestr sterujący LED4...7

Tabela 3. Tryb konfiguracji wyjść LED

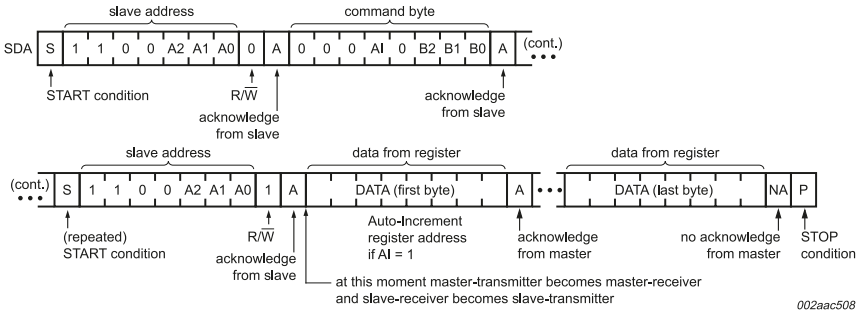
LSx	LSx	Funkcja LED
0	0	Wysoka impedancja LEDx = OFF w trybie IO wymaga rezystora podciągającego do zasilania
0	1	LED = ON, w trybie IO stan niski
1	0	Miganie z ustawioną częstotliwością PWM0 (BLINK0)
1	1	Miganie z ustawioną częstotliwością PWM1 (BLINK1)



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu



Rysunek 3. Procedura zapisu do układu PCA9531



Rysunek 4. Procedura odczytu z układu PCA9531

Układ PCA9531 ma siedem rejestrów sterujących – **tabela 2**. Procedurę zapisu do układu PCA9531 ilustruje **rysunek 3**. Po adresie slave zapisywany jest bajt sterujący, adresujący rejestr do zapisu (B2, B1, B0) oraz określający tryb autoinkrementacji adresu AI (AI=1). Procedura odczytu z układu PCA9531 została pokazana na **rysunku 4**.

Montaż i uruchomienie

Ekspander IO jest zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 5**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga szczegółowego opisu.

Dla sprawdzenia modułu można użyć Raspberry Pi. Po podłączeniu modułu do zasilania 3,3 V i magistrali I²C sprawdzamy obecność układu na magistrali poleceniem: i2cdetect -y 1. W modelu ustawiony jest adres 0x67 – wszystkie zwory A2, A1, A0 =1 i pod takim adresem powinien być widoczny. Dla odczytu stanu wejść konieczny jest zapis do rejestrów 0x05/0x06 wartości 0x00, odpowiadającej ustawieniu wyjść w stan wysokiej impedancji. Wpisujemy polecenia:

```
i2cset -y 1 0x67 0x05 0x00
i2cset -y 1 0x67 0x05 0x00
```

Następnie należy odczytać rejestr wejściowy INPUT (0x00) po uprzednim ustaleniu stanów 0/1 wyprowadzeń IO:

```
i2cget -y 1 0x67 0x00
```

Dla prostego sterowania wyjść wystarczająca jest ich odpowiednia konfiguracja w rejestrach LS0/LS1, zgodnie z **tabelą 3**. Przypisanie LED do rejestrów LS jest następujące:

```
LS0 [0x05, B7..0] :
LED3|LED2|LED1|LED0
LS1 [0x06, B7..0] :
LED7|LED6|LED5|LED4
```

Po podłączeniu diod LED dla sprawdzenia ustawiamy wyjścia w stan niski (załączenie LED):

```
i2cset -y 1 0x67 0x05 0x55
i2cset -y 1 0x67 0x06 0x55
```

Następnie ustawiamy stan wysoki (wyłączenie LED), konieczne są zewnętrzne rezystory podciągające linie IO:

```
i2cset -y 1 0x67 0x05 0x00
i2cset -y 1 0x67 0x06 0x00
```

w celu konfiguracji migania konieczne jest ustawienie rejestrów PSCx, PWMx, okres migania określony jest wzorem:

eprasa.pl d7ac45c7ab

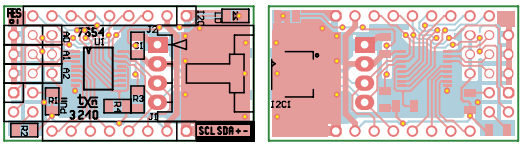
```
BLINK0 = (PSC0 + 1) / 152
BLINK1 = (PSC1 + 1) / 152
```

a wypełnienie:

```
BLINK0 = PWM0 / 256
BLINK1 = PWM1 / 256
```

Dla przykładu ustalamy okres BLINK0 na 1,5 Hz (0xE3), BLINK1 na 0,75 Hz (0x71) oraz wypełnienie na 50% (0x80). Dla sprawdzenia podłączamy diody LED do wyprowadzeń IO0, IO4 i konfigurujemy układ:

```
i2cset -y 1 0x67 0x01 0xE3
i2cset -y 1 0x67 0x02 0x80
i2cset -y 1 0x67 0x03 0x71
i2cset -y 1 0x67 0x04 0x80
```



Rysunek 5. Schemat płytki PCB

Wyjście IO0 ustawiamy na sterowanie z BLINK0, a IO4 na BLINK1:

```
i2cset -y 1 0x67 0x05 0x02
i2cset -y 1 0x67 0x06 0x03
```

Diody powinny migać z określonymi parametrami. Bez zmiany parametrów PSC/PWM diody można wyłączyć (LSx=00), załączyć (LSx=01) lub zmienić częstotliwość migania (LSx=10/11) tylko przez zapis rejestrów LS0/LS1, bez potrzeby ponownej konfiguracji układu. Jeżeli wszystko działa, można układ zastosować we własnych projektach.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5929

Podstawowe parametry:

- umożliwia podłączenie do RPi Pico do dwóch modułów rozszerzających,
- dodatkowe wejście zasilania,
- opcjonalny układ napięcia odniesienia typu LM4040 umożliwia zwiększenie dokładności przetwarzania wbudowanego w RPi Pico przetwornika ADC.

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

----	Moduł multiIO dla RPI Zero (EP 3/2022)
----	Interfejs użytkownika z wyświetlaczem OLED dla Pi Pico (EP 3/2022)
----	Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico (EP 2/2022)
----	Vintage audio DAC na TDA1387 (EP 2/2022)
AVT5914	Zasilacz buforowy dla RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5913	Cyfrowy wzmacniacz audio 2×10 W w formacie RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5909	Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero (EP 12/2021)
AVT5896	Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero (EP 10/2021)
AVT5890	Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero (EP 9/2021)
AVT5882	Podwójny klucz zasilania High Side (EP 8/2021)
----	Zasilacz PoE do Raspberry Pi (EP 7/2021)
----	Cyfrowy wzmacniacz audio w formacie RPi Zero (EP 7/2021)
----	Moduł DSP Audio do Raspberry Pi (EP 6/2021)
AVT5858	Płytka bazowa dla Raspberry Pi Pico (EP 5/2021)
AVT5851	Dwukanałowy port szeregowy dla Raspberry (EP 3/2021)
AVT5847	Interfejs wyświetlacza TFT-RGB dla RPi Zero (EP 3/2021)
-	Sterownik 18 LED dla Pi Zero (EP 2/2021)
AVT5837	Moduł do pomiaru napięcia i prądu z interfejsem I²C (EP 1/2021)

* 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

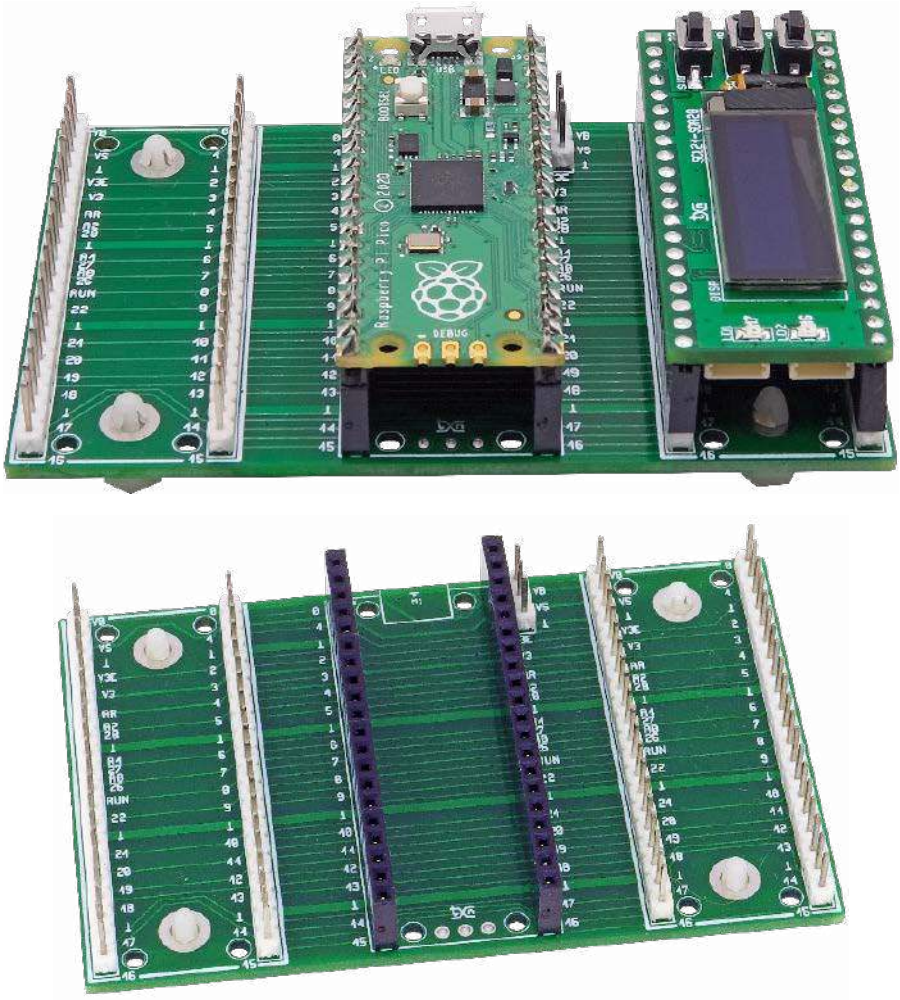
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

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

Ekspander modułów dla RPi Pico

Raspberry Pi Pico powoli zyskuje popularność i pojawiają się nakładki rozszerzające funkcjonalność tej niewielkiej płytki. Aby w prosty i wygodny sposób łączyć je z RPi Pico, nie używając trudnodostępnych złączy kanapkowych, można użyć opisanego w artykule ekspandera.

Moduł Raspberry Pi Pico jest wykonany w formie płytki z wyprowadzeniami 2×20 o rozstawie 700 milsów. Funkcje wyprowadzeń zostały pokazane na **rysunku 1**. Dzięki typowemu rastrowi 100 milsów możliwe jest bezpośrednie zastosowanie Pico m.in. w płytkach stykowych lub używanie go z modułami rozszerzeń ułożonych w piętrową kanapkę. Nie zawsze jest to jednak wygodne m.in. poprzez ograniczony dostęp do punków pomiarowych. Podczas uruchamiania łatwiej moduły umieścić obok siebie. Zaprezentowana płytka umożliwia podłączenie do RPi Pico do dwóch modułów rozszerzających.

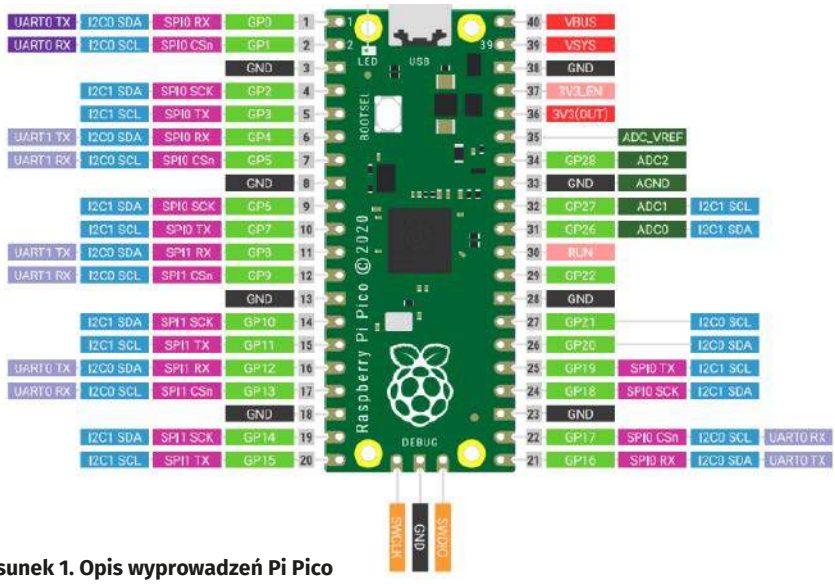


Fotografia 1. Zmontowana płytka ekspandera

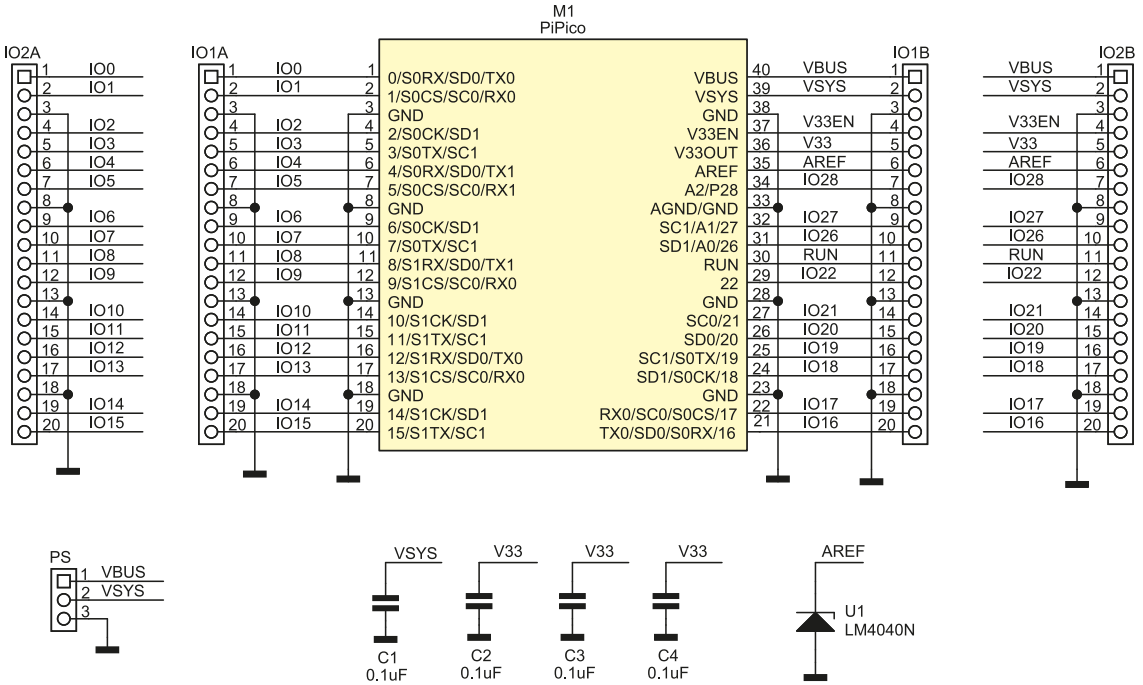
Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. RPi Pico umieszczone jest w gnieździe M1 (2×listwa żeńska SIP20), moduły rozszerzeń podłączone są do złączy IO1, IO2 (4×listwa męska SIP20). Złącze PS dubluje zasilanie VBUS (bezpośrednio z gniazda USB) oraz VSYS (z wbudowanych przetwornic).

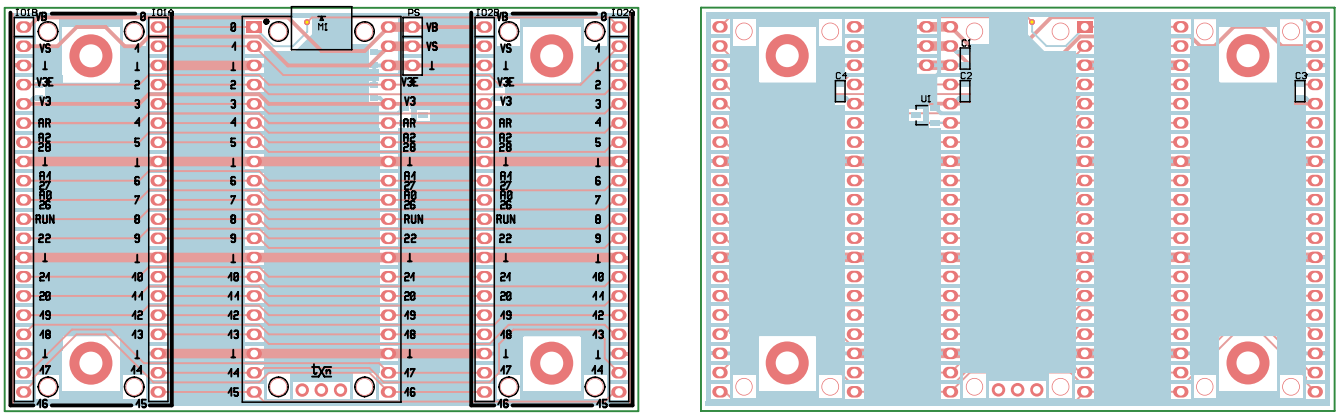
eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 1. Opis wyprowadzeń Pi Pico



Rysunek 2. Schemat ekspandera



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

Jeżeli używamy tylko i wyłącznie zasilania z USB, możliwe jest zwarcie wbudowanej diody poprzez założenie zwory na wyprowadzenia VBUS/VSYS złącza PS, co podniesie nieco sprawność układu zasilania RPi Pico. Dopuszczalne jest także zasilanie bateryjne (napięcie 1,8...5,5 V) po doprowadzeniu napięcia baterii do wyprowadzeń VSYS/GND złącza PS.

Opcjonalny układ napięcia odniesienia U1 typu LM4040, umożliwia zwiększenie dokładności przetwarzania wbudowanego przetwornika ADC.

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż przebiega zgodnie z ogólnymi zasadami, gotowa płytka wygląda tak, jak na **fotografii 1**. Moduł nie wymaga uruchamiania.

Jeżeli zamontujemy tylko jeden moduł, pozostałe złącza można zastosować do wyprowadzenia sygnałów typowymi przewodami SIP. Podczas używania modułów, szczególnie tych, które nie wykorzystują złącza Debug, należy zwrócić uwagę na położenie wyprowadzenia VBUS, odwrotne włożenie modułu może zakończyć się awarią zarówno modułu, jak i RPi Pico.

Adam Tatuś, EP

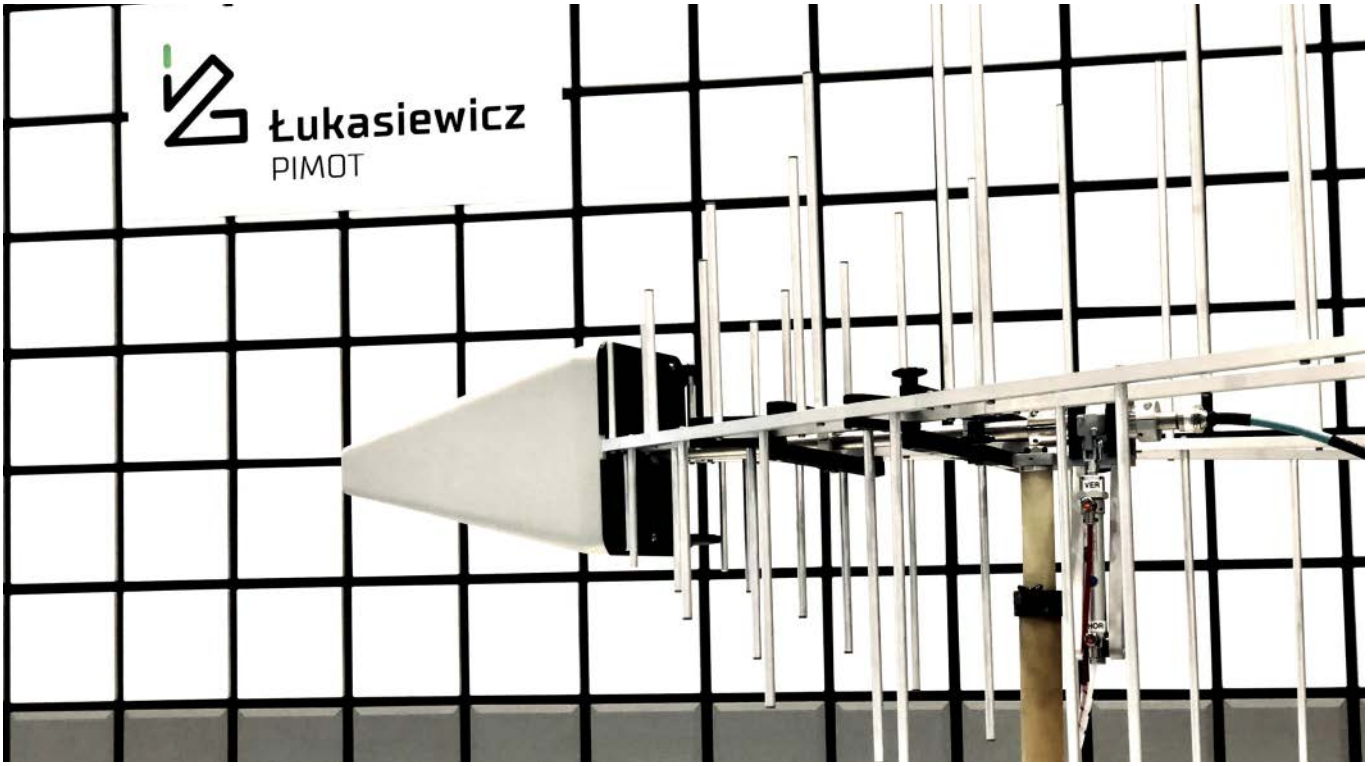
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Kondensatory:
C1...C4: 0,1 µF (SMD0603)

Półprzewodniki:
U1: LM4040BIM3-3,0 (SOT-23) (opcja)

Pozostałe:
IO1A, IO1B, IO2A, IO2B: złącze szpilkowe SIP20 2,54 mm
M1: złącze żeńskie SIP20 2,54 mm
PS: złącze szpilkowe SIP3 2,54 mm

eprasa.pl d7ac45c7ab



Kompatybilność elektromagnetyczna w przemyśle motoryzacyjnym

Wszelkie urządzenia, które wymagają zasilania energią elektryczną, emitują zaburzenia elektromagnetyczne w wyniku płynącego w ich obwodach prądu. Zestaw kilku urządzeń tego typu wraz z ich przewodami i źródłem zasilania tworzą środowisko elektromagnetyczne, które może zakłócać ich prawidłowe funkcjonowanie. Przykładem charakterystycznego środowiska elektromagnetycznego są pojazdy, które w dzisiejszych czasach są rozbudowywane o kolejne moduły elektroniczne, realizujące coraz bardziej zaawansowane funkcje wspomagające kierowcę lub mające poprawić komfort użytkowania i jazdy. Taki system musi spełniać wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej.

Więcej informacji:
Sieć Badawcza Łukasiewicz
– Przemysłowy Instytut Motoryzacji
03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 55
tel. +48 22 7777-101
instytut@pimot.lukasiewicz.gov.pl
https://pimot.lukasiewicz.gov.pl

Problemami związanymi z wpływem środowiska elektromagnetycznego na urządzenia zajmuje się dziedzina zwana kompatybilnością elektromagnetyczną (EMC). Każdy pojazd oraz podzespół elektryczny/elektroniczny pojazdu musi mieć homologację. Istnieje jasne wymaganie prawne dotyczące procesu homologacji pojazdów i ich podzespołów. W przypadku kompatybilności elektromagnetycznej wymagana jest zgodność produktów z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 10 (lub równorzędnymi dyrektywami).

Zakres badań

W trakcie badań wykonywanych na rzecz homologacji sprawdza się, czy urządzenie może zaburzać pracę innych oraz czy samo nie jest podatne na takie zaburzenia. Jest to szczególnie istotne w przypadku urządzeń mających tzw. „funkcje związane z odpornością" przywoływane przez Regulamin EKG ONZ nr 10 jako:

- funkcje związane z bezpośrednim kierowaniem pojazdem;
- funkcje związane z ochroną kierowcy, pasażera oraz innych użytkowników drogi;
- funkcje, których zakłócenie powoduje dezorientację kierowcy lub innych użytkowników drogi;
- funkcje związane z działaniem magistrali danych w pojeździe;
- funkcje, których zakłócenie wpływa na wymaganą przepisami rejestrację danych dotyczących jazdy: tachograf, drogomierz;
- funkcje związane z trybem ładowania przy podłączeniu do sieci elektroenergetycznej.

W zakresie EMC

Obszar badawczy EMC dzieli się na cztery główne grupy:

- pomiar emisji zaburzeń promieniowanych;
- pomiar odporności na zaburzenia promieniowane;
- pomiar emisji zaburzeń przewodzonych;
- pomiar odporności na zaburzenia przewodzone.

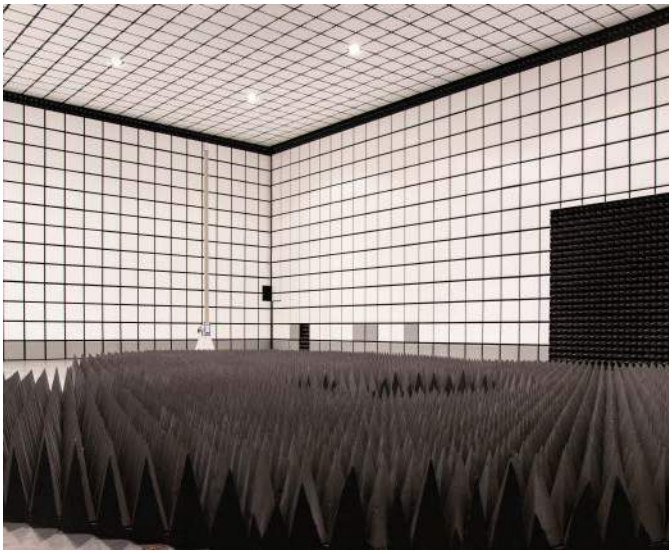
eprasa.pl d7ac45c7ab

Badania emisji zaburzeń promieniowanych (szeroko- i wąskopasmowych) wykonuje się na zgodność z normami z serii CISPR. Najczęstszymi powodami ich występowania są: szum indukowany w przewodach, nieskuteczne odsprzęganie obwodów drukowanych, wadliwe zakończenie przewodu, urządzenia peryferyjne niespełniające wymagań, wybór zasilacza niewłaściwej klasy, rozmieszczenie komponentów (w tym kondensatorów odsprzęgających i ich ścieżek), duże pętle prądowe.

Odporność promieniowana badana jest wg serii norm ISO 11451 (odporność pojazdów) oraz ISO 11452 (odporność podzespołów). Obiekt badany poddawany jest działaniu pola elektromagnetycznego o określonej normami modulacji i natężeniu, co ma symulować pracę urządzenia w charakterystycznym środowisku elektromagnetycznym. Służy to weryfikacji poprawności jego działania pod wpływem zaburzeń. Tak jak w przypadku emisji, duże znaczenie ma tutaj odpowiednie ekranowanie okablowania oraz obwodu drukowanego, a także odpowiednie filtrowanie sygnałów.

Badania zaburzeń przewodzonych przeprowadza się zgodnie z serią norm ISO 7637, jak również serią norm EN 61000. W skład tych badań wchodzą:

- Pomiary emisji stanów przejściowych w trakcie włączania i wyłączania urządzeń – niektóre urządzenia w trakcie włączania/wyłączania generują skoki napięcia, które jeśli przekraczają dopuszczalne limity, potrafią uszkodzić elementy instalacji lub inne urządzenia;
- Sprawdzenia odporności na przejściowe stany nieustalone, tzw. impulsy – to badanie symuluje impulsy elektryczne pojawiające się w instalacji pojazdu podczas np. rozruchu pojazdu, załączaniu przekaźników, itp.;
- Emisje zaburzeń radiowych przewodzonych wzdłuż linii zasilania – zaburzenia radiowe o względnie niskich częstotliwościach przewodzone są do sieci energetycznej i mogą powodować jej niepoprawne funkcjonowanie oraz zaburzać pracę innych urządzeń podpiętych do instalacji w niedużej odległości od urządzenia generującego zaburzenia;
- Emisje harmonicznych generowanych z urządzenia do sieci energetycznej – zbyt wysokie wartości prądów harmonicznych mogą powodować przegrzewanie się i spadek wydajności źródła zasilania oraz mają wpływ na jakość energii dostarczanej do innych urządzeń w sieci elektroenergetycznej;
- Emisje zmian napięcia, wahań napięcia i migotania światła w przewodach prądu przemiennego – określany jest wpływ na źródła światła podłączone do tej samej sieci elektroenergetycznej;
- Odporność na szybkie elektryczne zaburzenia przejściowe/impulsowe przewodzone wzdłuż linii zasilania AC (tzw. BURST) – niskoenergetyczne, ale wysokonapięciowe impulsy generowane m.in. przez: przełączanie przełączników elektrycznych w pobliżu, pojemnościowe sprzężenia zakłóceń w wiązce z przełączanych obciążeń, silniki i przekaźniki elektromechaniczne, stateczniki do lamp fluorescencyjnych;
- Odporność na udary przewodzone wzdłuż linii zasilania AC (tzw. SURGE) – wysokoprądowe, względnie długotrwałe impulsy generowane m.in. przez: przełączanie zasilania, uszkodzenia izolacji w sieci energetycznej, przełączanie obciążeń biernych (np. silniki) w pobliżu, przepalanie bezpieczników, pobliskie (pośrednie) wyładowanie atmosferyczne.



W praktyce

Dla przeciętnego użytkownika pojazdu pojęcie kompatybilności elektromagnetycznej jest czymś kompletnie nieznanym, a niewielka część użytkowników, która o tej dziedzinie słyszała, utożsamia ją z tzw. sianiem, czyli emisją zaburzeń promieniowanych. Powszechne jest stwierdzenie, że urządzenia/pojazdy nie powinny siać, a zgodnie z powyższym należy mieć świadomość, że poprawnie rozumianą kompatybilność elektromagnetyczną stanowi seria pomiarów różnych wartości fizycznych oraz sprawdzeń odporności na różnego rodzaju anomalie. Niestety w kanałach nowoczesnej sprzedaży wciąż można zakupić m.in. gadżety, alarmy, systemy wspomagania parkowania i inne urządzenia, które nie zostały przebadane pod kątem EMC. Zachowanie czujności podczas zakupu tego typu urządzeń jest podstawą do zachowania pełni bezpieczeństwa i funkcjonalności pojazdu.

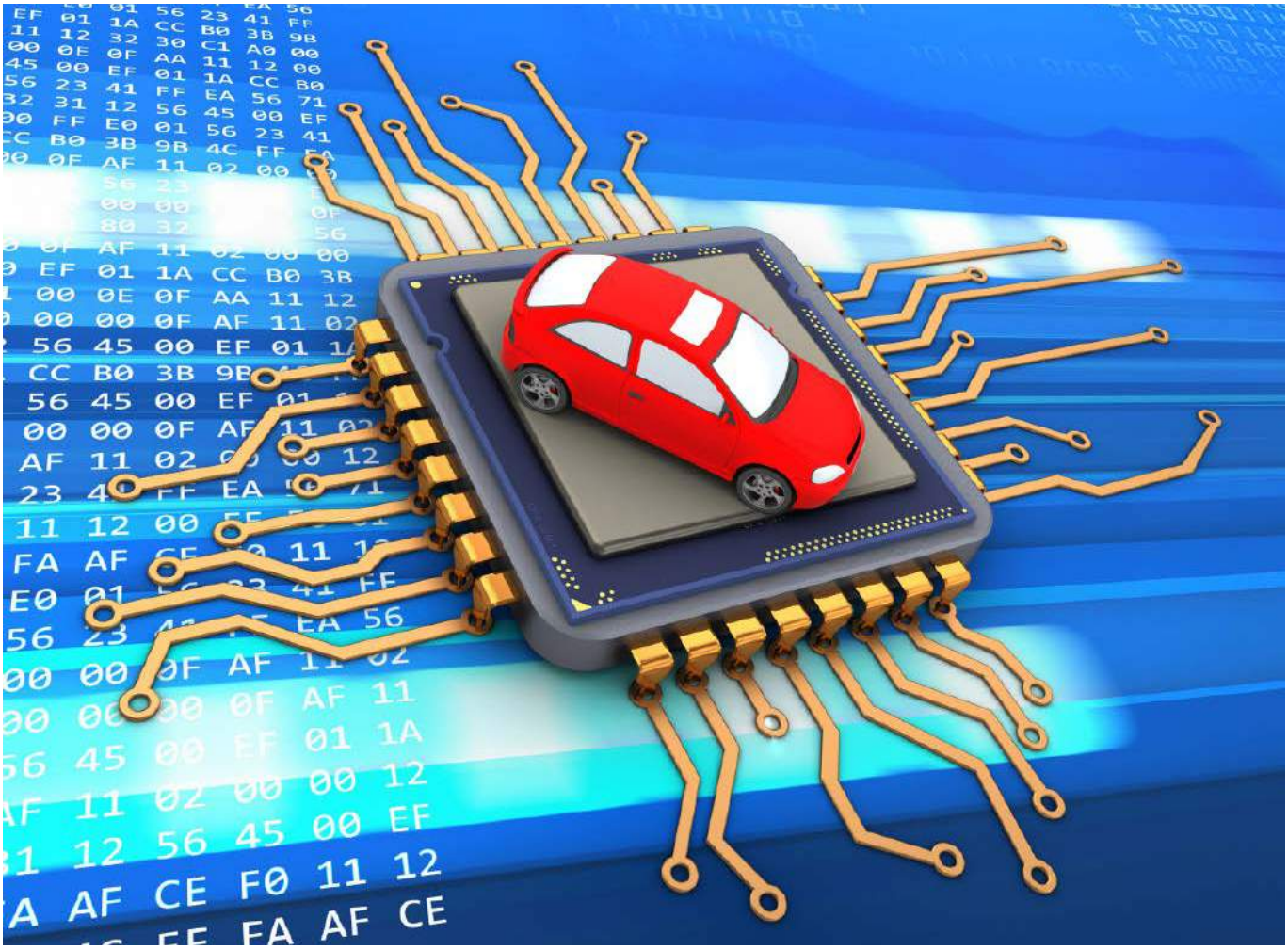
Laboratorium badawcze

Nadzieję przynosi fakt, że w ostatnim czasie można zaobserwować wzrost świadomości oraz zainteresowania tematyką EMC w środowisku producentów elektroniki, jak również konsumentów. Względnie droga aparatura do badań powodowała do niedawna trudności ze znalezieniem laboratoriów oferujących kompleksowe możliwości badawcze.

Obecnie w Polsce już istnieją laboratoria tego typu, które wspierają producentów na etapie projektu, prototypu, badań inżynierskich oraz wdrożeniowych, w tym na rzecz homologacji. Jedną z takich jednostek jest Łukasiewicz – PIMOT, w którego strukturze znajduje się Laboratorium Elektroniki i Akustyki oraz jedna z największych komór EMC w Europie. Infrastruktura badawcza laboratorium umożliwia wykonanie wszystkich ww. badań dla obiektów od drobnej elektroniki (np. lokalizatory GPS, alarmy oraz oświetlenie) poprzez duże podzespoły elektryczne/elektroniczne (np. systemy informacji pasażerskiej, baterie do pojazdów elektrycznych) po kompletne pojazdy (spalinowe, hybrydowe, wodorowe, elektryczne) osiągające wymiary do 12 m oraz masę do 50 t.

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Motoryzacji

eprasa.pl d7ac45c7ab



Elektronika w motoryzacji

W klasycznym, nowym aucie osobowym znajduje się ok. 1000...1400 układów półprzewodnikowych, zaś koszt całego osprzętu elektronicznego przekracza 40% wartości takiego auta. W autach elektrycznych liczba układów jest niemal dwukrotnie większa. Podsumowując wszystkie funkcje, które są realizowane przez taką wielosystemową instalację, liczby te wcale nie dziwią. W artykule omówmy, jakie elementy są stosowane w tych systemach oraz jak realizowana jest komunikacja w tak złożonej instalacji. Wskażemy także narzędzia, które są niezbędne do diagnostyki i napraw podzespołów elektronicznych przeznaczonych do motoryzacji.

Systemy elektroniczne w pojazdach realizują szereg różnych funkcji – od tych, które mają poprawić komfort podróżujących, przez systemy umożliwiające prawidłowe działanie jednostki napędowej i zespołu jezdnego, do systemów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo w czasie jazdy oraz w sytuacjach krytycznych – kolizjach. Warunki eksploatacji, jakim muszą sprostać, należą do najtrudniejszych. Przyczyniają się do tego:

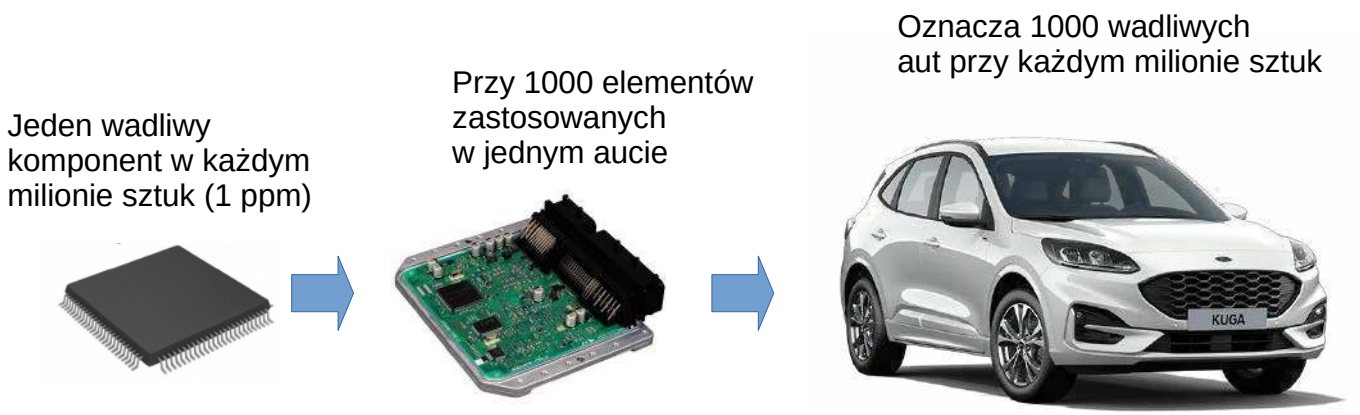
- duża zmienność temperatur pracy (zarówno w cyklu praca-postój, jak i dobowa oraz roczna),
- wszystkie niekorzystne warunki środowiskowe (wilgoć, mróz, śnieg, zanieczyszczenia),
- działanie różnych substancji chemicznych (sól, oleje, paliwa, płyny hydrauliczne)
- takie oddziaływania jak przeciążenia i wibracje.

Do tego wymagana jest wysoka niezawodność na przestrzeni co najmniej kilku lat. Zatem jak radzą sobie z tymi wszystkimi wymaganiami producenci aut?

AEC

Organizacja AEC (Automotive Electronics Council) została założona w latach 90. przez firmy Chrysler, Ford i GM w celu ustanowienia wspólnych standardów kwalifikacji części i systemów jakości dla branży motoryzacyjnej. Dokumenty opracowane przez AEC zawierają wymagania kwalifikacyjne, opisują unikalne metody testowania i określają ogólne standardy, które muszą być spełnione, aby zagwarantować określony poziom jakości i niezawodności komponentów elektronicznych. Celem

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 1. Zobrazowanie tzw. efektu kuli śnieżnej – jeden wadliwy układ scalony w każdej partii produkcyjnej może przełożyć się na tysiące wadliwych aut

Tabela 1a. Mikrokontrolery firmy Microchip przeznaczone dla branży automotive

Typ układu	Pamięć, taktowanie	Zasilanie i warunki pracy	Ważne cechy i funkcje	Funkcje ważne dla kategorii automotive
PIC16F183xx, PIC16F184xx, PIC16F188xx, PIC16F153xx PIC16F152xx (8-bitowe)	Flash: do 56 kB, Sram: do 4 kB, Taktowanie: do 32 MHz	Nap. zasilania: 1,8...3,6 V (PIC16LF), 2,3...5,5 V (PIC16F) Temperatura pracy: –40...85°C (wer. Industrial), –40...125°C (wer. Extended)	Core Independent Peripherals (CIP), eXtreme Low-Power (XLP)	Windowed Watchdog Timer (WWDT), CRC, Scans memory for NVM integrity, Fail-Safe Clock Monitor, Memory Access Partition (MAP), Device Information Area (DIA)
PIC18FxxQ84 8-bitowy	Flash: do 128 kB, Sram: do 12 kB, Taktowanie: do 64 MHz	Nap. zasilania: 1,8...5,5 V (PIC18F) Temperatura pracy: –40...85°C (wer. Industrial), –40...125°C (wer. Extended)	Core Independent Peripherals (CIP), eXtreme Low-Power (XLP), DMA, JTAG	Windowed Watchdog Timer (WWDT), CRC/memory scan, CAN FD/CAN 2.0B
ATmega808/809/1608/1609, ATmega4808/4809 8-bitowe	Flash: do 48 kB, Sram: do 6 kB, Taktowanie: do 20 MHz	Nap. zasilania i taktowanie 2,7...5,5 V – 0...8 MHz 4,5...5,5 V – 0...16 MHz Temperatura pracy: –40...125°C (Automotive Range Parts -VAO)	Peripheral Touch Controller (PTC), Event System channels, Hardware multiplier	Windowed Watchdog Timer (WWDT), CRC/memory scan
DsPIC33EP 16-bitowe	Flash: do 512 kB, Sram: do 53 kB, Taktowanie: do 70 MIPS	Nap. zasilania i taktowanie 3,0...3,6 V, –40...125°C, do 60 MIPS, 3,0...3,6 V, –40...150°C, do 40 MIPS	Sprzętowe bloki wspomagające działania matematyczne, szybki przetwornik ADC z elastycznym systemem wyzwalania, JTAG	CRC, CAN 2.0B, High-Speed PWM wspierający realizację DC/DC, BLDC, PMSM itp., Quadrature Encoder Interface (QEI)
DsPIC33EV 16-bitowe	Flash: do 256 kB, Sram: do 16 kB, Taktowanie: do 70 MIPS	Nap. zasilania i taktowanie 4,5...5,5 V, –40...125°C, do 60 MIPS, 4,5...5,5 V, –40...150°C, do 40 MIPS	Sprzętowe bloki wspomagające działania matematyczne, szybki przetwornik ADC z elastycznym systemem wyzwalania, Error Code Correction (ECC) for Flash, JTAG	CRC, CAN module (32 buffers, 16 filters and 3 masks), High-Speed PWM wspierający realizację DC/DC, BLDC, PMSM itp.
DsPIC33CK 16-bitowe	Flash: do 256 kB, Sram: do 24 kB, Taktowanie: do 100 MIPS	Nap. zasilania i taktowanie 3,0...3,6 V, –40...125°C, do 100 MIPS, 3,0...3,6 V, –40...150°C, do 70 MIPS	Sprzętowe bloki wspomagające działania matematyczne, Error Code Correction (ECC) for Flash	CRC, CAN FD/CAN 2.0B, High-Speed PWM wspierający realizację DC/DC, BLDC, PMSM itp.
PIC32MZ 32-bitowe	Flash: do 2 MB, Sram: do 512 kB, Taktowanie: do 252 MHz	Nap. zasilania i taktowanie 2,1...3,6 V, –40...85°C, do 252 MHz, 2,1...3,6 V, –40...125°C, do 180 MHz	Floating Point Unit (FPU), przeznaczony dla systemów RTOS, USB, Ethernet	Dwa interfejsy CAN z przeznaczonymi kanałami DMA, Crypto Engine (RNG, AES, 3DES, SHA, MD5, HMAC)

tych opracowań było wyeliminowanie nieporozumień między producentami a nabywcami oraz usprawnienie łańcuchów dostaw. W skład AEC wchodzi obecnie co najmniej 18 firm.

Dokumenty techniczne opracowane przez Komitet Techniczny Komponentów AEC są dostępne na stronie internetowej AEC [1]. Najczęściej przywoływane dokumenty AEC to:

eprasa.pl d7ac45c7ab

Tabela 1b. Mikrokontrolery firmy NXP przeznaczone dla branży automotive

Typ układu, architektura	Pamięć, taktowanie	Zasilanie i warunki pracy	Ważne cechy i funkcje	Funkcje ważne dla kategorii automotive
MPC560xP Power Architecture 32-bitowy	Flash: do 512 kB, Sram: do 40 kB, Taktowanie: do 64 MHz	Nap. zasilania: 3,3 lub 5 V Temperatura pracy: –40...105°C, –40...125°C	Pamięć Flash oraz SRAM z korekcją błędów ECC, Emulacja EEPROM w pamięci Flash, Interfejsy debugujące JTAG oraz Nexus	Interfejsy LINFlex Master/Slave, CAN 2.0B, CAN FD, FlexRay, CAN bootloader
S32K1 ARM Cortex M 32-bitowy	Flash: do 2 MB, Sram: do 356 kB, Taktowanie: do 112 MHz	Nap. zasilania: 2,7...5,5 V (PIC18F) Temperatura pracy: –40...105°C (HSRUN mode), –40...150°C (RUN mode)	Zintegrowany rdzeń DSP, Kontroler przerwań NVIC, Zintegrowana jednostka FPU, Zintegrowany moduł kryptograficzny	LPUART/LIN, CAN FD, CRC
i.MX RT1170 dwa rdzenie 32-bitowy	Flash: zewnętrzna, Sram: do 2 MB Taktowanie: M7 – 1 GHz M4 – 400 MHz	Nap. zasilania: 3,3 V Temperatura pracy: –40...105°C, –40...125°C	Dwa zdzenie Cortex M4 i M7, MPU, Zintegrowana jednostka FPU, Zintegrowany silnik graficznyCAN FD	CAN FD, Gigabit Ethernet, Quadrature decoder
Kinetis KE1xZ Arm Cortex M0+ 32-bitowy	Flash: do 256 MB, Sram: do 48 kB, Taktowanie: do 72 MHz	Nap. zasilania: 2,7...5,5 V Temperatura pracy: –40...105°C	Unikalny ID, Boot ROM, EEPROM, 16-kanałowy 12-bitowy ADC 1 Msps	CAN 2.0A/2.0B, CRC

Tabela 1c. Mikrokontrolery firmy ST przeznaczone dla branży automotive

Typ układu, architektura	Pamięć, taktowanie	Zasilanie i warunki pracy	Ważne cechy i funkcje	Funkcje ważne dla kategorii automotive
SPC56 Power PC Architecture 32-bitowy dwa rdzenie	Flash: do 3 MB, Sram: do 256 kB, Taktowanie: do 120 MHz	Nap. zasilania: 5 V Temperatura pracy: –40...125°C	255 źródeł przerwań z 16 poziomami priorytetów, 64 kanały PWM 62 kanały ADC, Secured boot mode, Interfejs Nexus 3+ (tylko LBGA256) lub Nexus 1	do 6×CAN FD do 10×LINFlex/UART FlexRay
ST10F272 16-bitowy	Flash: do 256 kB, Sram: do 2 kB, Ext. Ram: do 18 kB Taktowanie: do 64 MHz	Nap. zasilania: 5 V Temperatura pracy: –40...125°C	Zintegrowany rdzeń DSP, Zintegrowane jednostki przyspieszające obliczenia	CAN 2.0B

- AEC-Q100 – kwalifikacja do testów naprężeń bazujących na mechanizmie awarii dla układów scalonych;
- AEC-Q101 – kwalifikacja testów naprężeń bazujących na mechanizmie awarii dla dyskretnych półprzewodników;
- AEC-Q200 – kwalifikacja do testów obciążeniowych dla komponentów pasywnych.

Z kwalifikacją AEC-Q100, dotyczącą układów scalonych, można się zetknąć w dokumentacjach takich producentów jak Renesas czy Infineon. Kwalifikacja przewiduje cztery zakresy temperatur określone klasami 0, 1, 2 i 3. Określają one zakres temperatury otoczenia podczas pracy układów scalonych:

- 0: –40°C do +150°C,
- 1: –40°C do +125°C,
- 2: –40°C do +105°C,
- 3: –40°C do +85°C.

Zadaniem kwalifikacji AEC jest zagwarantowanie niezawodności elementów i uniknięcie zjawiska tzw. kuli śnieżnej – jeden wadliwy układ scalony w każdej partii produkcyjnej może przełożyć się na tysiące wadliwych aut (**rysunek 1**).

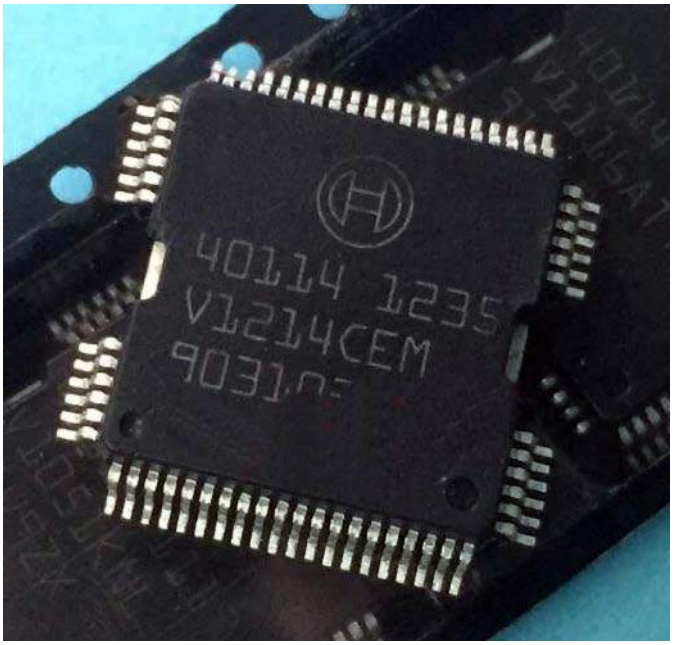
Mikrokontrolery dla branży Automotive

Układy z kwalifikacją motoryzacyjną dostępne są w ofertach wielu kluczowych producentów. Nawet jeśli nie projektujemy elektroniki do zastosowań typowo motoryzacyjnych, będą one doskonałym wyborem

Tabela 1d. Mikrokontrolery firmy Infineon przeznaczone dla branży automotive

Typ układu, architektura	Pamięć, taktowanie	Zasilanie i warunki pracy	Ważne cechy i funkcje	Funkcje ważne dla kategorii automotive
TC2xx 1...3 rdzenie, AURIX TriCore, 32-bitowy	Flash: 512 kB...8 MB, Sram: 48 kB... 2,7 MB, Taktowanie: 133...300 MHz	Nap. zasilania: 3,3 lub 5 V Temperatura pracy: –40...150°C	Kompatybilny z ISO 26262, Sprzętowy blok zabezpieczeń HSM, Zintegrowany rdzeń DSP MPU	CAN FD LIN, FlexRay, SENT, CRC
TC32xLP AURIX 32-bitowy	Flash: do 1 MB, Sram: do 152 kB, Taktowanie: do 160 MHz	Nap. zasilania: 3,3 lub 5 V Temperatura pracy: –40...150°C	Zintegrowana jednostka FPU Sprzętowy blok zabezpieczeń HSM, Kompatybilny z ISO 26262, Wsparcie dla AUTOSAR 4.2	CAN FD ASC LIN, FlexRay, SENT, CRC

eprasa.pl d7ac45c7ab



Fotografia 1. Układ scalony zaprojektowany i wykonany specjalnie do zastosowań motoryzacyjnych

do wszelkich aplikacji narażonych na trudne warunki pracy i wymagających wysokiej niezawodności. W **tabeli 1** prezentujemy zestawienie wybranych, pod wieloma względami interesujących układów przeznaczonych do takich aplikacji. To tylko niektóre propozycje niektórych producentów, ale trafiły do zestawienia ze względu na bogate i dobrze zorganizowane wsparcie ze strony producentów.

Jednak trzeba wiedzieć, że przemysł samochodowy był mocno zaopatrywany w elementy specyficzne, a więc takie, które zostały przygotowane dokładnie pod wymagania klientów lub przynajmniej zostały zmodyfikowane w stosunku do elementów katalogowych. Mogą być w innych obudowach i o parametrach różnych od elementów standardowych (**fotografia 1**). Taka firma jak np. Bosch – bardzo aktywna w motoryzacji, ma oddziały projektowo-produkcyjne skupione wyłącznie na wytwarzaniu półprzewodników dla motoryzacji. Jest to znak, że elektronika w pojazdach może znacznie różnić się od konsumenckiej czy nawet przemysłowej i jest dostępna tylko dla wąskiego grona odbiorców.

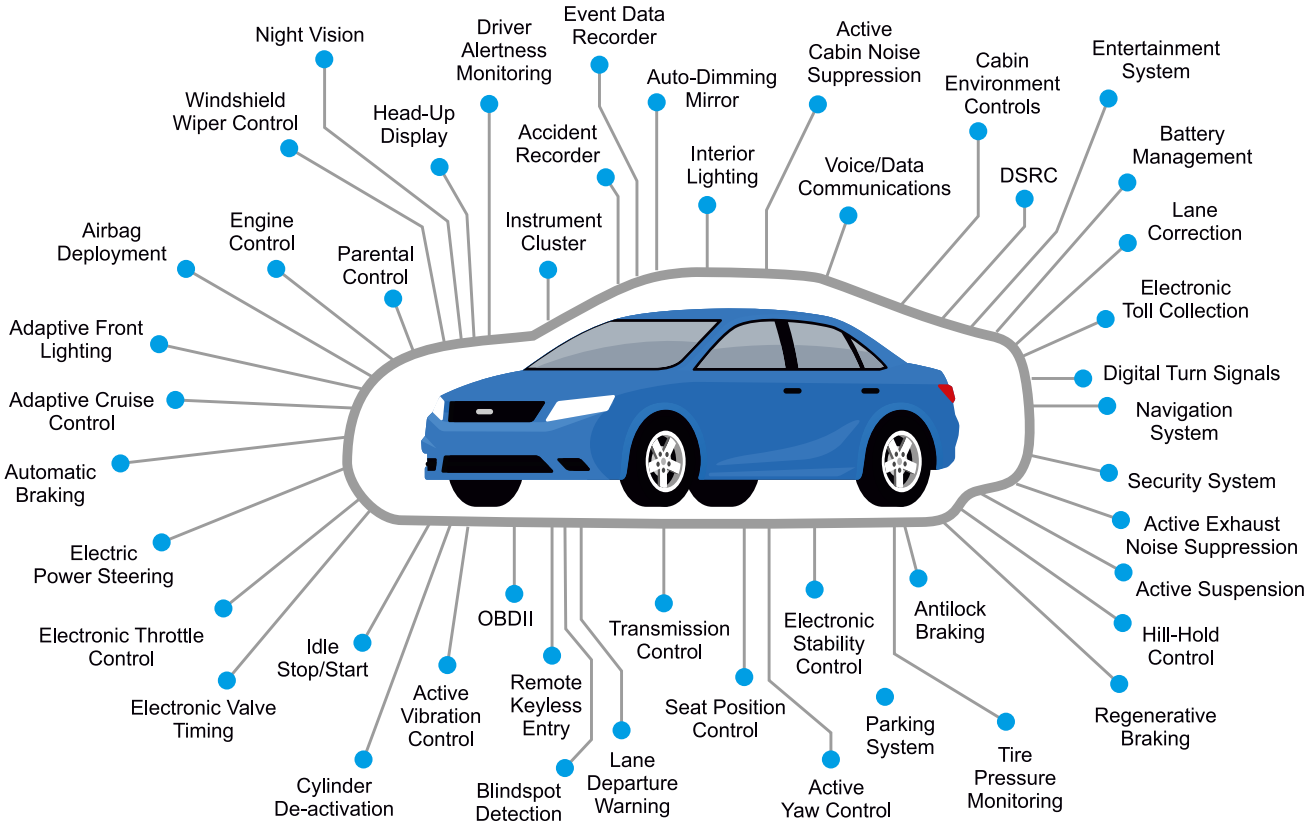
Komunikacja

Elektronika w aucie podzielona jest kilka systemów, a każdy z nich składa się z kilku mniejszych modułów – ich ilość tylko częściowo pokazuje **rysunek 2**. Moduły oraz systemy połączone są ze sobą magistralami komunikacyjnymi. Wraz ze wzrostem skali elektryfikacji pojazdów zmieniały się wymagania stawiane tym magistralom i szybko okazało się, że nie wystarczy jeden standard. Obecnie zrealizowane są jako pojedynczy przewód, para przewodów w postaci skrętki lub jako światłowód. Każde z tych rozwiązań ma optymalny dla siebie obszar zastosowań i każdy z nich omówimy nieco dokładniej.

Magistrala CAN

Jest to pierwszy typ magistrali, który wszedł do masowej produkcji w branży motoryzacyjnej. Obecnie jest stosowana w różnych branżach, m.in. w urządzeniach medycznych i w automatyce przemysłowej. Główne cechy magistrali CAN (*Controller Area Network*) to realizacja komunikacji krytycznych pod względem czasowym oraz niezawodność. Wszystkie węzły są połączone ze sobą standardową dwuprzewodową skrętką, która umożliwia przesyłanie cyfrowego sygnału różnicowego. Linie magistrali oznaczone są jako CANH (*CAN High*) i CANL (*CAN Low*). Stan dominujący występuje, gdy napięcie na liniach spełnia warunek CANH > CANL i odpowiada logicznemu stanowi niskiemu – „0”, natomiast gdy CANH ≤ CANL, to występuje stan recesywny, odpowiadający stanowi logicznemu wysokiemu – „1”. Z tej cechy wynika, że urządzenia o niższych numerach identyfikacyjnych mają wyższy priorytet na magistrali.

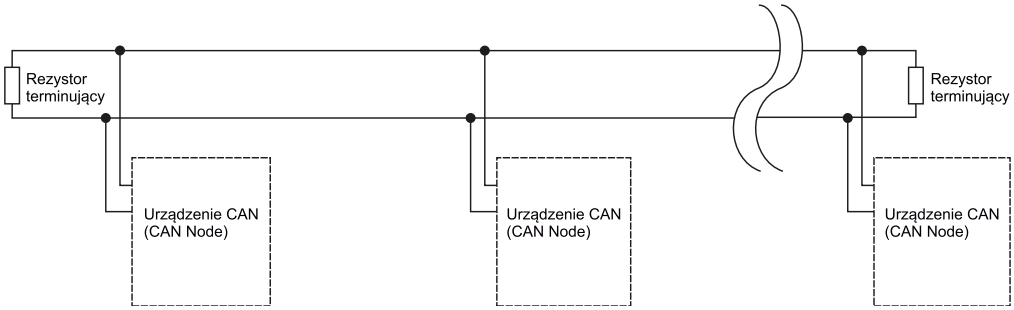
Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO – International Organization for Standardization) wydała zbiór norm CAN ISO 11898, które m.in. określają warstwy fizyczne dla dwóch typów magistrali CAN. Pierwsza to tzw. szybka magistrala CAN (*High-speed CAN*), której topologia została pokazana na **rysunku 3**, a stany występujące



Rysunek 2. Systemy elektroniczne stosowane w autach

eprasa.pl d7ac45c7ab

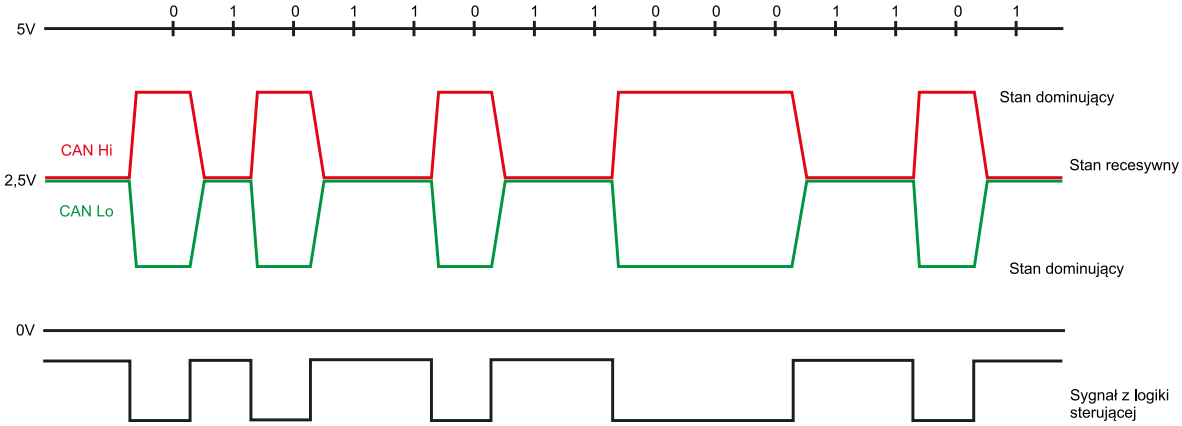
na magistrali pokazuje **rysunek 4**. Osiągane prędkości bitowe do 1 Mb/s oraz 5 Mb/s dla CAN-FD. Wymaga liniowej topologii zakończonej na każdym końcu rezystorami 120 Ω. Drugim typem jest tzw. magistrala CAN niskiej prędkości, odporna na błędy (*Low-speed, fault-tolerant CAN*), której topologia została pokazana na **rysunku 5**, a stany na magistrali obrazuje **rysunek 6**. Osiąga prędkości do 125 kb/s, wykorzystuje topologię liniową lub gwiazdową albo wiele magistral gwiazdowych połączonych magistralą liniową i jest zakończona w każdym węźle rezystorami ustalającymi stan recesywny. Całkowita rezystancja każdej linii nie może być mniejsza niż 100 Ω. Obie linie magistrali muszą być w stanie wytrzymać napięcie od −27 do +40 V bez uszkodzeń.



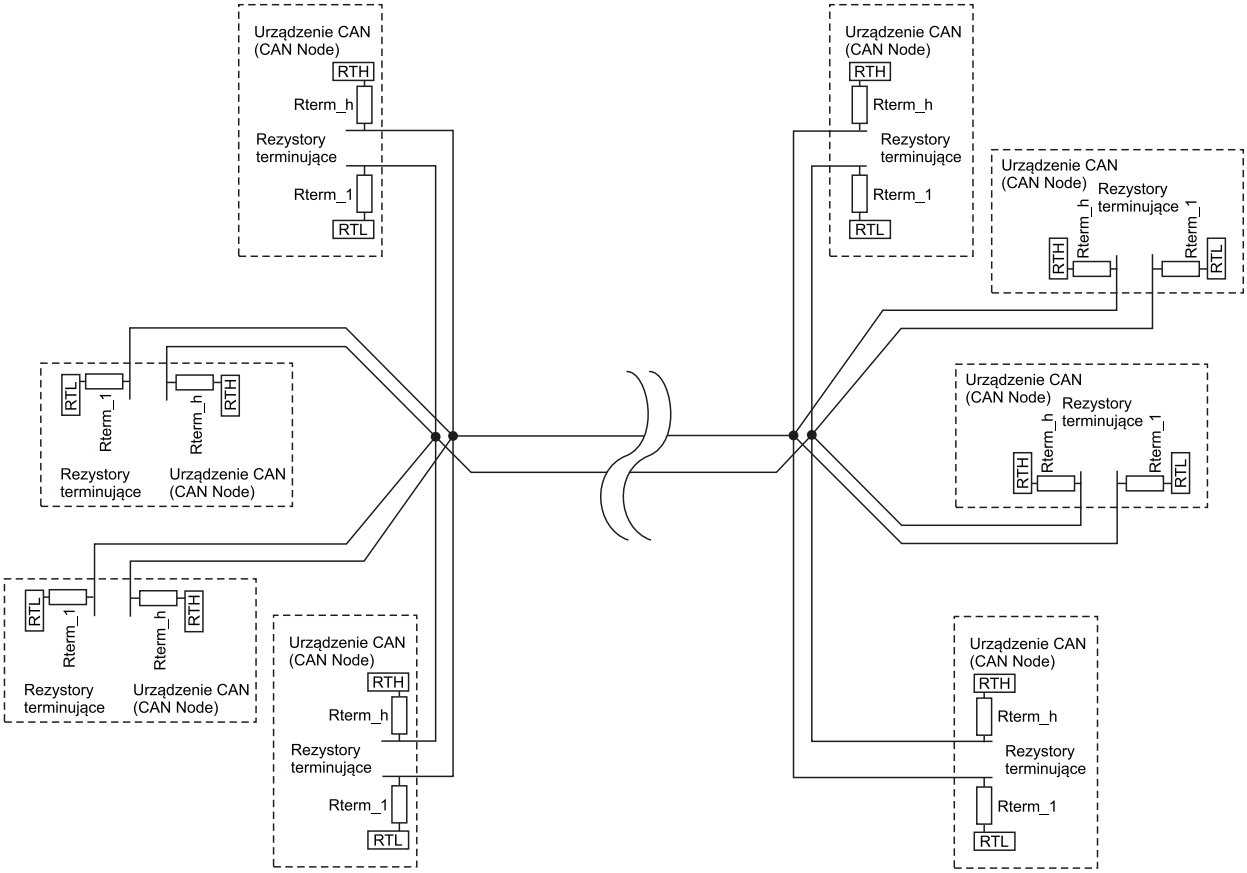
Rysunek 3. Struktura systemu z magistralą CAN

CAN2.0A, CAN 2.0B, CAN-FD

Prace nad magistralą CAN rozpoczęła firma Bosch w 1983 r. Pierwsza wersja magistrali stosowana w pojazdach to CAN 2.0, której specyfikacja została opublikowana dopiero w 1991 r. Każdy węzeł takiej w magistrali może wysyłać i odbierać wiadomości, ale nie jednocześnie. Podstawowa wiadomość – ramka, ma budowę pokazaną na **rysunku 7** składa się z:

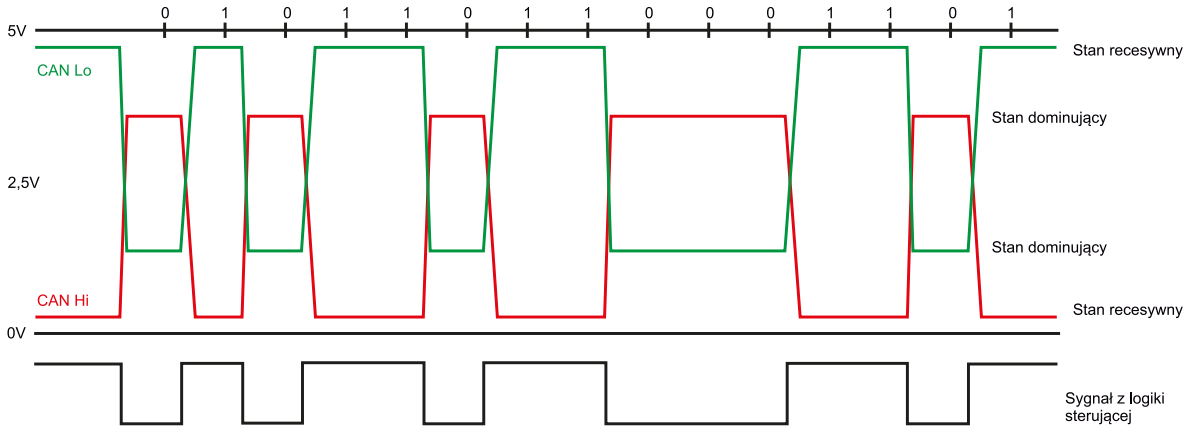


Rysunek 4. Sygnały na magistrali *High-speed* CAN

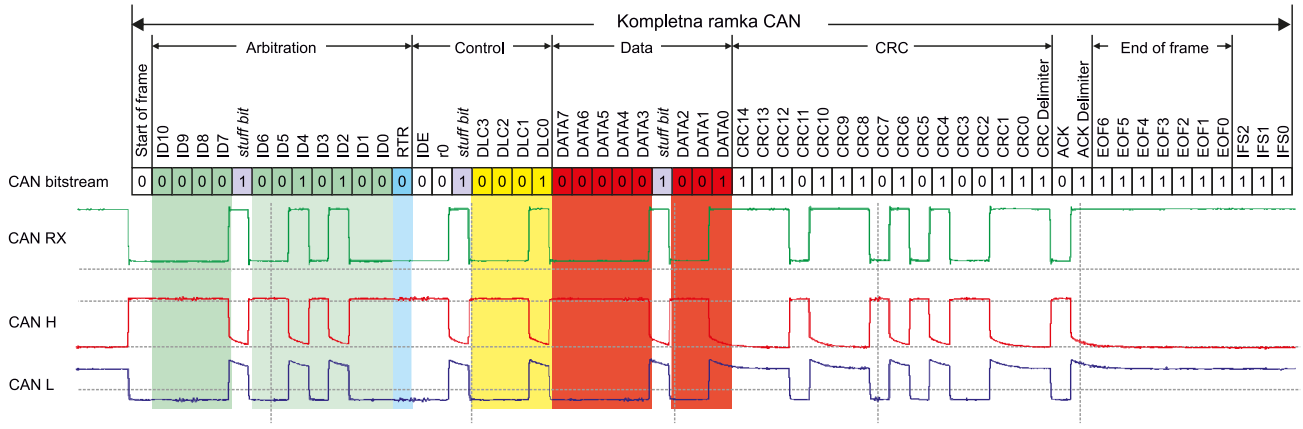


Rysunek 5. Struktura systemu z magistralą *Low-speed* CAN

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 6. Sygnały na magistrali *Low-speed* CAN



Rysunek 7. Budowa ramki w transmisji po magistrali CAN

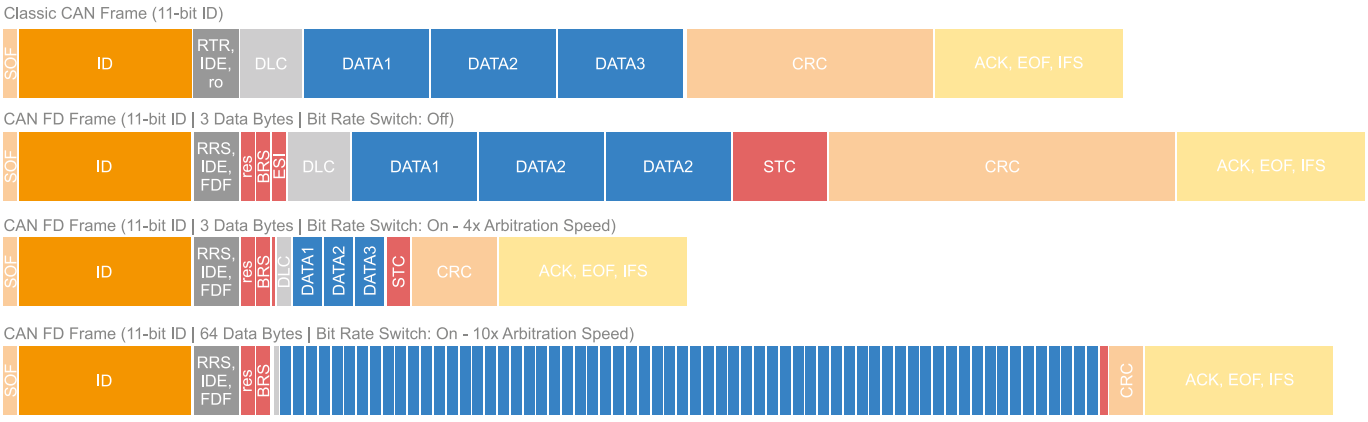
- identyfikatora, który reprezentuje jednocześnie priorytet wiadomości i realizuje mechanizm arbitrażu,
- części kontrolnej zawierającej m.in. informacje o ilości przesyłanych danych,
- danych – 0...8 bajtów,
- sumy kontrolnej CRC,
- części kontrolnej odpowiadającej za zakończenie ramki,
- odstępu międzyramkowego o długości 3 bitów recesywnych.

Dla utrzymania prawidłowej synchronizacji wymagana jest pewna liczba zmiany stanów na magistrali. Aby spełnić ten warunek, po pięciu kolejnych bitach o tej samej polaryzacji, w ramce automatycznie wstawiany jest bit o przeciwnej polaryzacji. Jest to tzw. *bit stuffing*. Nie dotyczy to niektórych pól ramki, np. zakończenia. Oprócz zapewnienia synchronizacji mechanizm ten przyczynia się do wykrywania błędów oraz poprawia parametry transmisji związane z właściwościami fizycznymi linii – skrętki.

Identyfikator o długości 11 bitów jest charakterystyczną cechą standardu CAN 2.0A. W standardzie CAN 2.0B została wprowadzona możliwość stosowania identyfikatora o długości 29 bitów. Składa się on z 11-bitowego identyfikatora bazowego (*Base ID*) oraz 18-bitowego identyfikatora rozszerzającego (*Extended ID*).

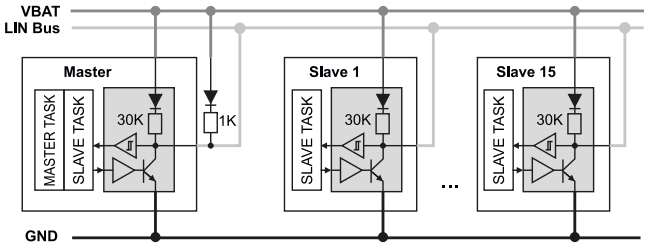
Zasadniczą zaletą, a jednocześnie ograniczeniem standardu CAN 2.0 jest niewielka ilość danych przesyłanych w każdej ramce – maksymalnie 8 bajtów. To powoduje, że ramki są niewielkie, każda transmisja zajmuje niewiele czasu i nie blokuje magistrali. Takie rozwiązanie jest odpowiednie dla systemów, w których czas reakcji (przesłania poleceń, danych itd.) jest krytycznym parametrem. Jednak wraz ze wzrostem stopnia rozbudowania systemów elektronicznych tak niewielka ilość danych stawała się niewystarczająca.

Znaczne zmiany przyniósł standard CAN FD wprowadzony w 2012 r. Długość bloku danych została rozszerzona 8-krotnie – do 64 bajtów, przy jednoczesnym zachowaniu, a nawet skróceniu czasu przesyłania ramek. Jak sama nazwa wskazuje, CAN FD (*CAN Flexible Data-rate*) pozwala na dynamiczną zmianę prędkości komunikacji w trakcie trwania ramki – **rysunek 8**. Identyfikator i część odpowiedzialna za arbitraż przebiega



Rysunek 8. Porównanie ramek magistrali CAN oraz CAN FD

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 9. Struktura systemu z magistralą LIN

ze standardową prędkością, natomiast blok danych może być przesyłany z większą prędkoscią – standard ISO dopuszcza 5 Mb/s, w odpowiednich warunkach możliwa jest transmisja z prędkością 10...12 Mb/s. Ponadto nowy standard gwarantuje kompatybilność wsteczną, a więc urządzenia CAN FD mogą być dołączane do klasycznych urządzeń CAN. Aby uniknąć zgłaszania błędów przez urządzenia CAN, istnieje możliwość wyłączenia urządzeń CAN np. na czas programowania (*flashowania*) urządzenia w trybie CAN FD.

LIN Bus

W instalacji auta znajduje się wiele mniej krytycznych systemów elektronicznych, takich jak klimatyzacja, sterowanie szybami, oświetleniem wewnątrz oraz szereg różnych czujników. Magistrala CAN była zbyt droga do wdrożenia dla każdego podzespołu w samochodzie. Producenci samochodów zaczęli stosować różne technologie komunikacji szeregowej, co doprowadziło do problemów z kompatybilnością. Pojawiła się potrzeba opracowania ujednoliconej taniej sieci szeregowej.

Magistrala LIN (*Local Interconnect Network*) zawiera jeden przewód, na którym realizowana jest komunikacja dwukierunkowa bazująca na uniwersalnym asynchronicznym odbiorniku/nadajniku UART. Na linii występują dwa stany: 0 V oraz 12 V (wymagany jest rezystor podciągający 1 kΩ). Do magistrali dołączone jest jedno urządzenie Master i jedno lub więcej urządzeń Slave (**rysunek 9**). Specyfikacja LIN obejmuje protokół transmisji (warstwa fizyczna i warstwa łącza danych) oraz medium transmisyjne. Maksymalna prędkość komunikacji na magistrali LIN wynosi 19200 bodów przy maksymalnej długości linii 40 metrów. Magistrala LIN umożliwia realizowanie mechanizmu synchronizacji zegara taktującego prędkość komunikacji dla urządzeń Slave (podobnie działa funkcja *autobaud* dla UART) i zwalnia z potrzeby stosowania zewnętrznego rezonatora kwarcowego.

Ruchem na magistrali steruje układ Master – inicjuje zarówno komunikację na żądanie układu Master, jak i komunikację oczekiwaną przez układ Slave. Dane na magistrali (z wyjątkiem pola *Break*) są przesyłane zgodnie ze standardowym formatem UART: *8 data bits, 1 stop bit, LSB first*. Struktura standardowej ramki danych na magistrali LIN została pokazana na **rysunku 10**, w jej skład wchodzi:

- Część nagłówkowa, która składa się z:
  - pola *Break*, które jest sygnałem dla wszystkich urządzeń Slave o rozpoczęciu kolejnej transmisji. Jest to stan niski trwający przez czas co najmniej 13 bitów (które byłyby wysyłane na magistralę), poprzedzony stanem wysokim o czasie co najmniej 1 bitu.
  - pola *Synch* niezbędnego do zsynchronizowania prędkości komunikacji. Jest to bajt o wartości 0x55, czyli na przemian wartości bitowe 0 i 1;
  - identyfikatora *Protected Identifier*, który ma rozmiar jednego bajta, przy czym pierwsze 6 bitów to właściwy identyfikator, a ostatnie dwa bity to bity parzystości. Zatem możliwe są 64 różne identyfikatory na jednej magistrali LIN;
- pole *Response space*, które jest niewielką przerwą w nadawaniu i służy do tego, aby urządzenie Slave przygotowało się do dalszej części komunikacji;
- część *Response*, czyli przesyłane dane z urządzenia Master do Slave lub odwrotnie. Może zawierać do 8 bajtów danych oraz jeden bajt sumy kontrolnej *Checksum*;
- pole kończące ramkę – *Interframe space*.

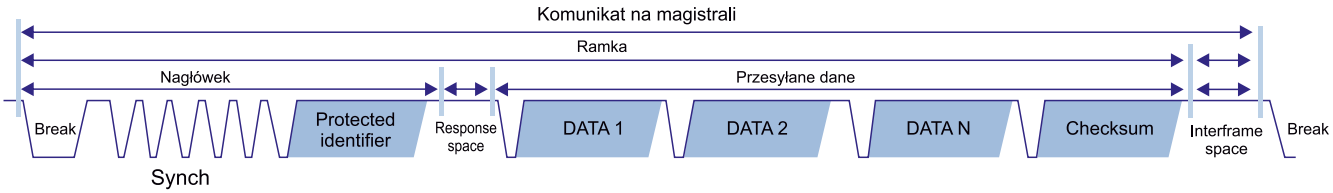
Pierwszym powszechnie stosowanym standardem magistrali była wersja LIN1.3. Kolejne wersje to 2.0, 2.1 oraz 2.2, które m.in. poprawiały sposób obliczania sum kontrolnych oraz definiowały specjalne rodzaje ramek (o określonych identyfikatorach), np. ramka wyzwala zdarzeniem czy ramka diagnostyczna. Dokładne informacje na ten temat można znaleźć na tych stronach: [3], [4].

FlexRay

Rozwój technologiczny motoryzacji podąża w kierunku systemów sterowania pojazdem poprzez magistralę, są to tzw. *drive-by-wire*, *steer-by-wire* oraz *break-by-wire*. Te nowe rozwiązania w niemałym stopniu zwiększają bezpieczeństwo, osiągi i ekonomię, ale są pod wieloma względami krytyczne i jeśli którekolwiek z nich zawiedzie, konsekwencje mogą być katastrofalne. Sieci, takie jak magistrala CAN i magistrala LIN, od dawna z powodzeniem obsługujące komunikację między sterownikami i elektromechanicznymi systemami samochodowymi, nie oferowały zbyt dużej przepustowości, a ponadto wymagany był jeszcze wyższy poziom niezawodności. Konieczna była nowa ulepszona magistrala komunikacyjna. W związku z tym opracowano nowy standard nazwany FlexRay, który zapewnia łączność o wyższej przepustowości, ale przede wszystkim jest wysoce niezawodny (ISO 17458-1...17458-5).

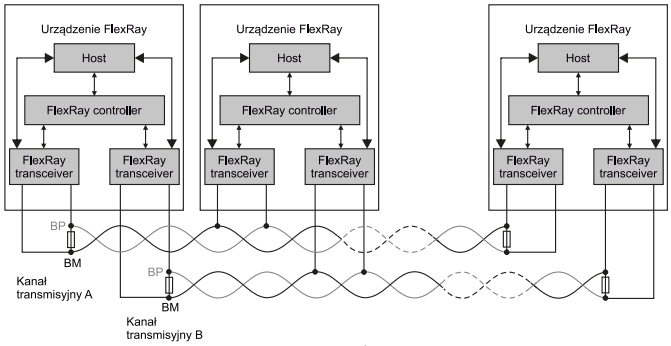
FlexRay nie powinien być interpretowany jako zamiennik magistrali CAN, jego implementacja jest bardziej kosztowna. Charakterystyczną cechą FlexRay jest połączenie wymagające dwóch par przewodów (2 skrętek – 4 żył), które tworzy dwa niezależne kanały danych w celu zapewnienia odporności na awarie (**rysunek 11**). Szybkość transmisji wynosi do 10 Mb/s, jeśli jeden kanał nie działa, to komunikacja może być kontynuowana ze zmniejszoną przepustowością. Połączenia mogą być realizowane zarówno w sprawdzonej topologi łańcucha, jak i topologii gwiazdy, która może być bardziej optymalna dla rozbudowanych systemów i bardziej niezawodna (uszkodzenie jednego ramienia gwiazdy odcina tylko urządzenie znajdujące się na tym ramieniu). Zazwyczaj łączy się topologie liniowe i gwiazdowe, tworząc konfigurację hybrydową. Jest to dobra droga, ponieważ integruje prostotę i niski koszt topologii liniowej z wydajnością i niezawodnością gwiazdy. Podobnie jak w magistrali CAN, wymagane są rezystory terminujące na końcowych węzłach, aby dopasować impedancję charakterystyczną linii. Właściwe zakończenie jest szczególnie ważne, ponieważ FlexRay działa na znacznie wyższych częstotliwościach niż wcześniejsze magistrale.

Problemem, z którym musi się zmierzyć każda magistrala wielopunktowa, jest rywalizacja o zasoby magistrali. Jeśli dwa lub więcej węzłów na magistrali będzie próbowało jednocześnie transmitować, to dane zostaną uszkodzone. W magistrali CAN stosowany jest arbitraż, który gwarantuje, że konkurujące węzły ustąpią temu, którego wiadomość ma najwyższy priorytet. Wadą jest to, że arbitraż działa prawidłowo przy relatywnie małych prędkościach komunikacji. Magistrala FlexRay bazuje na mechanizmie czasowym TDMA

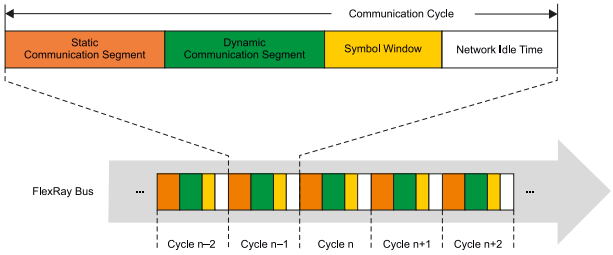


Rysunek 10. Budowa ramki w transmisji po magistrali LIN

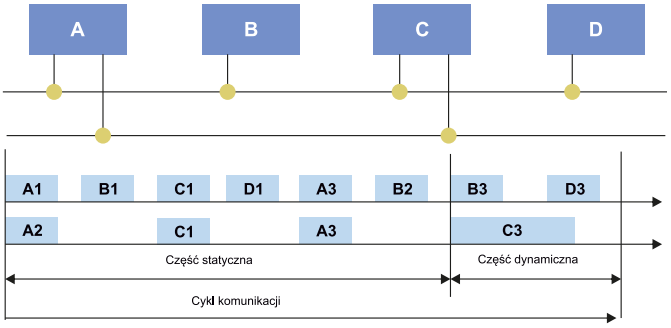
eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 11. Struktura systemu z magistralą FlexRay



Rysunek 12. Struktura komunikacji po magistrali FlexRay



Rysunek 13. Sposób użycia kanałów transmisji w magistrali FlexRay

(*Time Division Multiple Accesss*), który zarządza przepływem danych między węzłami tak, że każdy czeka na swoją kolej dostępu do magistrali. Komunikacja jest podzielona na stałe cykle (**rysunek 12**) o typowym czasie trwania wynoszącym 1 ms, a każdy z nich zawiera:

- segment statyczny (*Static Communication Segment*),
- segment dynamiczny (*Dynamic Communication Segment*),
- blok kontrolny (*Symbol Window*),
- krótką przerwę w zajętości magistrali – NIT (*Network Idle Time*).

Segment statyczny jest wstępnie podzielony na części przyporządkowane poszczególnym węzłom – to zapewnia silniejszy determinizm niż w przypadku CAN. Dane mogą być przesyłane jednocześnie dwoma kanałami transmisyjnymi. Gdy urządzenie jest dołączone tylko do jednego z nich, to drugi nie może być wykorzystany przez inne urządzenie w tym samym czasie. Natomiast segment dynamiczny działa bardziej elastycznie – węzły przejmują kontrolę nad magistralą, jeśli jest dostępna, realizując w ten sposób reakcję na zdarzenia lub transmisję większej ilości danych (**rysunek 13**).

Wiadomości przesyłane w segmentach mają określoną strukturę, której schemat został pokazany na **rysunku 14**. Pola oznaczona A...E to kolejno:

Fotografia 2. Wygląd złącza optycznego MOST

- *Startup Frame Indicator*,
- *Sync Frame Indicator*,
- *Null Frame Induicator*,
- *Payload Preamble Indicator*,
- pole zarezerwowane.

Następnie znajduje się 11-bitowy identyfikator wiadomości (*Frame ID*), 7-bitowe pole informujące o ilości przesyłanych danych (*Payload Length*), nagłówek sumy kontrolnej (*CRC Header*), licznik cykli (*Cycle count*), wreszcie od 0 do 254 bajtów danych, a na końcu suma kontrolna CRC.

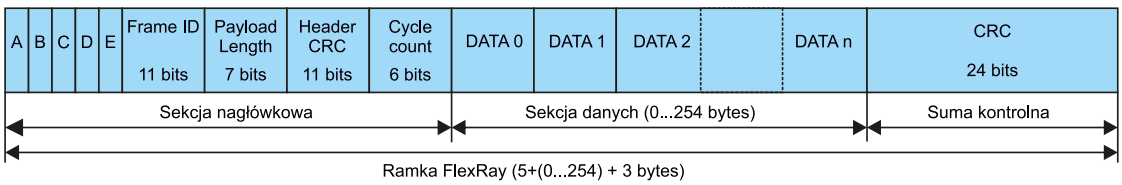
Magistrala FlexRay jest stosowana m.in. w systemach wspomagania prowadzenia, aktywnego zawieszenia czy adaptacyjnego tempomatu.

MOST

W wyposażeniu aut, zwłaszcza w modelach w bogatszej wersji, znajduje się wiele urządzeń multimedialnych. Należą do nich wielokanałowe systemy nagłośnienia, odtwarzacze multimediów, systemy kamer, system nawigacji satelitarnej, zintegrowany system telefoniczny GSM czy lokalna sieć internetowa. Opisane do tej pory magistrale zupełnie nie nadają się do strumieniowego przesyłania obrazu, dźwięku czy innych danych. Natomiast urządzenia tego typu wymagały ujednoliconego standardu wymiany danych o bardzo dużej przepustowości, pozwalającego na przesyłanie wielokanałowego obrazu i dźwięku. Tak powstał nowy system komunikacji – MOST (*Media Oriented Systems Transport*).

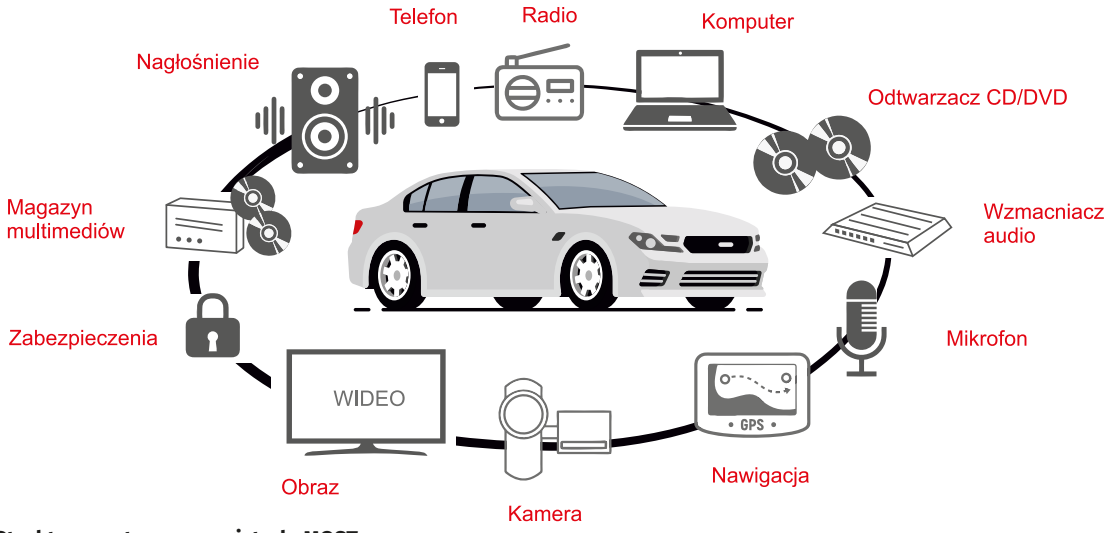
Pierwotnie system był projektowany przez Oasis SiliconSystems AG (obecnie SMSC należący do Microchip Technology), we współpracy z BMW, Becker Radio i DaimlerChrysler, jako sieć do zastosowań multimedialnych w środowisku motoryzacyjnym. Od 1997 roku siedemnastu międzynarodowych producentów samochodów i ponad pięćdziesięciu dostawców kluczowych komponentów, w tym dostawcy sprzętu elektrycznego i audio-wideo, wniosło swój wkład w tę technologię.

Szeregowa magistrala MOST jest realizowana poprzez łącze optyczne z użyciem specjalnych przewodów światłowodowych (**fotografia 2**). Takie podejście niesie ze sobą wiele zalet, do najważniejszych



Rysunek 14. Budowa ramki w transmisji po magistrali FlexRay

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 15. Struktura systemu z magistralą MOST

należą: duża szybkość transmisji danych (najnowsza wersja MOST150 osiąga 150 Mb/s), odporność na zakłócenia elektromagnetyczne oraz relatywnie niewielki koszt instalacji (przewody optyczne z tworzywa sztucznego). System MOST wykorzystuje topologię pierścieniową do przesyłania danych (**rysunek 15**) ale często współgra także z dodatkową standardową magistralą w topologii gwiazdy, która realizuje funkcje kontrolno-diagnostyczne.

Specyfikacja MOST definiuje warstwę fizyczną i warstwę łącza danych, a także wszystkie siedem warstw modelu ISO/OSI komunikacji danych. Znormalizowane interfejsy upraszczają integrację protokołu MOST w urządzeniach multimedialnych. Dla programisty system MOST to przede wszystkim definicja protokołu. Zapewnia użytkownikowi ustandaryzowany interfejs (API) umożliwiający dostęp do funkcji urządzenia.

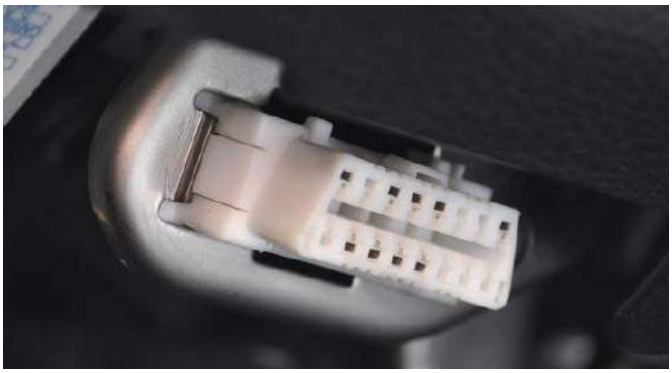
Sieć MOST może zarządzać maksymalnie 64 urządzeniami. Jedno urządzenie jest wyznaczane jako nadrzędne i jego zadaniem jest ciągłe wysyłanie do pierścienia MOST ramek. Na początku przesyłania ramki wysyłana jest preambuła, która umożliwia synchronizowanie wszystkich urządzeń.

Interfejs diagnostyczny i serwisowy

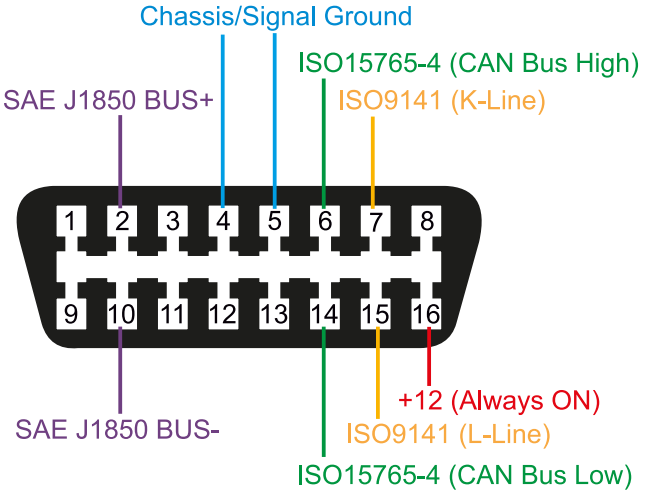
Rozbudowane systemy elektroniczne pojazdów wymagały także standardowego interfejsu diagnostycznego. Obecnie obowiązującym standardem jest OBDII (On-Board Diagnostic level 2), który jest obowiązkowo stosowany w samochodach:

- sprzedawanych po 1 stycznia 1996 w USA,
- sprzedawanych po 1 stycznia 2001 w Unii Europejskiej,
- sprzedawanych po 1 stycznia 2002 w Polsce,
- z silnikiem Diesla, sprzedawanych po 1 stycznia 2003 w Unii Europejskiej.

Określa on rodzaj złącza diagnostycznego i funkcje poszczególnych wyprowadzeń, dostępne protokoły oraz format przesyłania



Fotografia 3. Wygląd złącza OBD II



Rysunek 16. Funkcje wyprowadzeń w złączu OBD II

komunikatów. Zawiera również listę potencjalnych parametrów pojazdu do monitorowania wraz ze sposobem kodowania danych dla każdego z nich. Dostęp do tego systemu można uzyskać za pośrednictwem charakterystycznego, 16-stykowego złącza (**fotografia 3**). Funkcje wyprowadzeń zostały pokazane na **rysunku 16**. Pozostałe, niewykorzystane wyprowadzenia często pełnią funkcję dodatkowych linii diagnostycznych charakterystycznych dla określonych marek, np. linia nr 1 dla dla aut koncernu GM, czy linia 8 dla aut marki BMW. OBDII obsługuje kilka protokołów:

- J1850 PWM,
- J1850 VPW,
- ISO9141,
- ISO14230 (KWP2000),
- ISO14229 (UDS),
- CAN (ISO15765/SAE J2480).

Europejskie przepisy dotyczące diagnostyki pokładowej (EOBD) są odpowiednikiem standardu OBDII. Diagnostyka jest możliwa przy użyciu odpowiedniego urządzenia – tzw. testera diagnostycznego. Urządzenia te mają różną postać, od autonomicznych, przenośnych, podobnych do multimetru (**fotografia 4**), przez przejściówki podłączane do komputera, po urządzenia w postaci tabletu i bezprzewodowego modułu

Fotografia 4. Wygląd prostego testera diagnostycznego OBDII

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 5. Wielofunkcyjny tester diagnostyczny OBDII

Fotografia 7. Sposób dołączenia do interfejsu BDM

Fotografia 6. Wygląd i budowa sterownika ECU

dołączanego do złącza ODBII. Kody usterek EOBD składają się z pięciu znaków: litery i czterech cyfr. Litera odnosi się do badanego systemu, następny znak to 0, jeśli jest zgodny ze standardem EOBD, kolejna cyfra określa podsystem, a ostatnie dwie cyfry określają kod błędu lub parametru. Dla przykładu – litera P odnosi się do układu napędowego, a druga cyfra to:

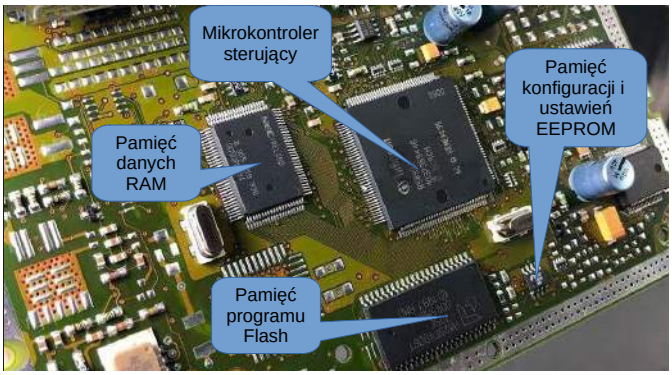
- P00xx – dozowanie paliwa i powietrza oraz pomocnicze elementy sterujące emisją;
- P01xx – pomiar paliwa i powietrza;
- P02xx – pomiar paliwa i powietrza (obwód wtrysku paliwa);
- P03xx – układ zapłonowy;
- P04xx – pomocnicze systemy kontroli emisji;
- P05xx – kontrola prędkości pojazdu i system kontroli biegu jałowego;
- P06xx – obwódy wyjść komputera;
- P07xx – przekładnia;
- P08xx – przekładnia.

Litery oznaczają:

- B – nadwozie (w tym system klimatyzacji i poduszki powietrzne) (1164 kody);
- C – podwozie (w tym ABS) (486 kodów);
- P – układ napędowy (silnik i skrzynia biegów) (1688 kodów);
- U – sieć (magistrala pokładowa) (299 kodów).

Na zakończenie należy jeszcze omówić jeden, mniej znany interfejs. Elektroniczne moduły sterujące stosowane w motoryzacji to tzw. ECU (*Electronic Control Unit*) (**fotografia 6**). Pełnią różne funkcje – odpowiadają za nadzór nad prawidłową pracą silnika samochodu oraz innych jego podzespołów, takich jak ABS, ESP, AirBag czy też elementów wyposażenia, takich jak klimatyzacja. Moduł ECU to płytka z mikroprocesorem i układami wejścia, wyjścia i zasilania. Wiele działań serwisowych i diagnostycznych można wykonać poprzez podłączenie do magistrali, np. CAN, takiego sterownika, ale czasem to nie wystarczy. Najbardziej zaawansowane metody ingerencji w działanie/konfigurację ECU polegają na podłączeniu do złącza serwisowego znajdującego się wewnątrz modułu – **fotografia 7**. Jest to tzw. złącze BDM (*Background Debug Mode*) i umożliwia komunikację bezpośrednio z mikrokontrolerem. Wymaga to odpowiedniego sprzętu – znane urządzenia tego typu to m. in. Galetto, Kess, K-Tag, BDM100. Dostępne powszechnie w Internecie produkty to często niedopracowane i nielegalne klony oryginalnych urządzeń. Należy mieć świadomość tego, że za pomocą takich narzędzi można nieodwracalnie uszkodzić ECU.

Innym podejściem jest działanie bezpośrednio na kościach pamięci. Sterownik ECU zawiera mikrokontroler, który zwykle ma zintegrowaną pamięć programu, ale często na płytce znajdują się dodatkowe układy pamięci Flash i EEPROM (**rysunek 17**). W nich znajdują się dane dotyczące sposobu działania i konfiguracji ECU. Odlutowanie kości pamięci, zmodyfikowanie jej zawartości przy użyciu odpowiedniego programatora oraz ponowne zamontowanie jest skomplikowanym zadaniem ale pozwala na obejście różnych zabezpieczeń ograniczających modyfikacje ECU. Często jest to też jedyny sposób



Rysunek 17. Komponenty zastosowane w sterowniku ECU

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 8. Profesjonalny programator pamięci

naprawy uszkodzonego w wyniku nieudanego programowania ECU. Układy pamięci stosowane w sterownikach ECU często różnią się od standardowych układów. Do ich programowania niezbędne są specjalizowane programatory, np. urządzenia serii VPxxx (**fotografia 8**).

Podsumowanie

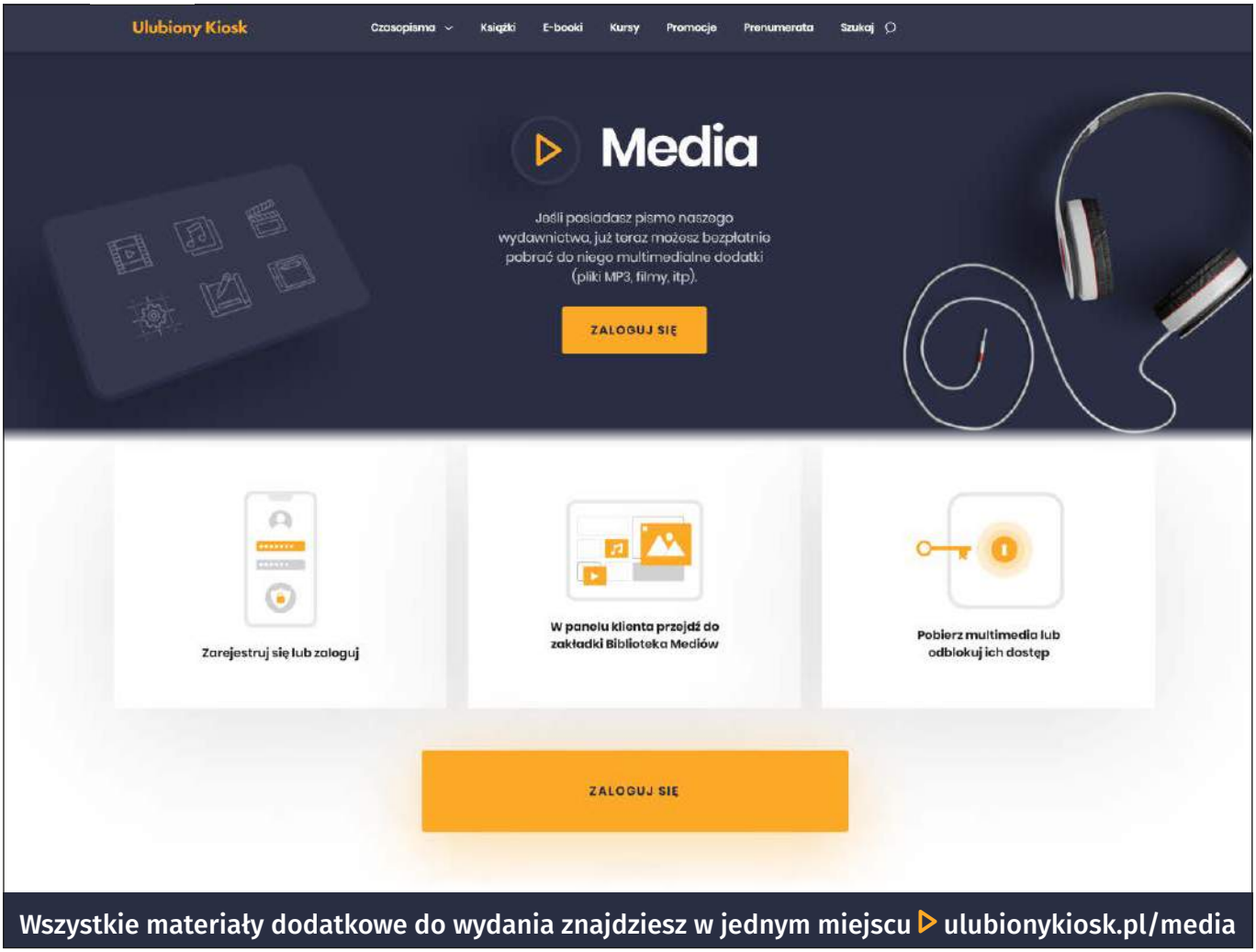
Duży stopień złożoności systemów elektronicznych w najnowocześniejszych pojazdach oraz kryzys na rynku komponentów półprzewodnikowych, spowodowały, zmiany w podejściu do rozwiązań stosowanych w motoryzacji zarówno w zakresie sprzętu, jak i oprogramowania. Będą powstawały elastyczne architektury, pozwalające na stosowanie zamiennych komponentów, a oprogramowanie będzie dostosowywane do alternatywnych układów. Tylko w ten sposób producenci będą mogli lepiej radzić sobie z problemami w łańcuchach dostaw.

Przed branżą motoryzacyjną stoi także ogromne wyzwanie. W zakresie sprzętu zostały wypracowane solidne standardy, ale w najbliższych latach krytyczne stanie się zapewnienie bezpieczeństwa oprogramowania w pojazdach połączonych z siecią – V2I (*Vehicle to Infrastructure*). To relatywnie nowe zagadnienie dla branży motoryzacji, co widać po tym, że rozwój pojazdów autonomicznych nieco zwolnił.

Damian Sosnowski, EP

Źródła:
AEC:
[1] https://bit.ly/36I27Vq
CAN:
[2] https://bit.ly/3NbqOtV, https://bit.ly/36Dh5eZ, https://bit.ly/3twRde6
LIN:
[3] https://bit.ly/3KYRdsU
[4] https://bit.ly/3ttziVm, https://bit.ly/3uhGCTt
FlexRay:
https://bit.ly/3NbBZCY, https://bit.ly/3NdFWqQ, https://bit.ly/3L1TaVF
MOST:
https://bit.ly/3ugOFj9, https://bit.ly/3qluS11
OBD:
https://bit.ly/36EvOq3, https://bit.ly/3wrjxAh

REKLAMA



Wszystkie materiały dodatkowe do wydania znajdziesz w jednym miejscu ▷ ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl d7ac45c7ab

Mikrokontrolery Geehy Semiconductor

– w pełni funkcjonalne i legalne odpowiedniki

Wybierając komponenty elektroniczne, takie jak rezystory, kondensatory czy tranzystory, mamy do wyboru wielu producentów. Tak samo jest w przypadku złączy, diod LED czy wyświetlaczy – ten sam typ elementu, zachowujący wszystkie kluczowe parametry i funkcje, można nabyć u wielu dostawców. Dostępność równoważnych komponentów jest postrzegana na rynku jako ważna zaleta, gdyż ogranicza ryzyko biznesowe, uelastycznia łańcuchy dostaw i zapobiega wzrostowi cen. Niestety, w przypadku zaawansowanych układów cyfrowych – mikrokontrolerów, zakres dostawców jest bardzo ograniczony. Na szczęście, dzięki Geehy Semiconductor, ta sytuacja zaczyna się zmieniać.

Wielu producentów elementów elektronicznych ma w swoich ofertach standardowe scalone układy logiczne, wzmacniacze operacyjne i dziesiątki innych typów podzespołów. W zasadzie odpowiedników jest tak wiele, że łatwiej jest powiedzieć, gdzie ich nie ma lub gdzie oferta jest bardzo ograniczona. Taka sytuacja dotyczy przede wszystkim zaawansowanych układów cyfrowych, takich jak mikrokontrolery, SoC, FPGA oraz własnościowe, specjalizowane rozwiązania kontrolerów (pamięci, zasilania, dysków, silników), MEMS-ów itp.

Im bardziej uniwersalny i popularny chip, tym większa potrzeba rynku w zakresie dostępności odpowiedników. W ostatnich miesiącach ta zasada bardzo zyskała na aktualności, a zainteresowanie kupowaniem alternatywnych rozwiązań się zwiększyło, w tym także tych bardziej złożonych chipów z mikrokontrolerami na czele.

Więcej informacji:
Micros sp.j. W. Kędra i J. Lic
30-198 Kraków, ul. E. Godlewskiego 38
tel.+48 12 636 95 66
e-mail:bok@micros.com.pl, www.micros.com.pl

Odpowiednik, nie klon

Mówiąc o takich produktach, warto znać terminologię. Przedmiotowy, oryginalny (pierwotny) układ scalony, na przykład stabilizator napięcia LDO, może zostać odtworzony przez innego producenta w oparciu o taki sam proces technologiczny, poprzez skopiowanie mozaiki na poszczególnych warstwach i powtórzenie operacji technologicznych. To, co powstanie, będzie wierną kopią oryginału, czyli klonem. W taki sposób dawniej w krajach RWPG powstawały zachodnie chipy, łącznie z popularnymi układami UL1xxx (klony Sanyo) czy mikroprocesorem 8080. Strukturę szlifowano i fotografowano dla zobrazowania coraz głębszych warstw, a powiększone tysiące razy papierowe arkusze obrazujące mozaiki stanowiły bazę do dalszej fotolitografii.

Klon jest alternatywnym, ale identycznym egzemplarzem pierwotnego układu. Gdy wspomniany stabilizator wykonamy nieco bardziej ogólnie, kierując się parametrami, funkcjonalnością i opracujemy strukturę w oparciu o własną technologię – powstanie odpowiednik. Opracowanie rozważanego chipa nie wydaje się trudne. Wiadomo, co ma robić i jakie ma mieć parametry. Nic więc dziwnego, że wielu producentów produkuje układy tego typu i są one doskonałym przykładem rynkowych odpowiedników. **Mają one jedną wspólną cechę – wszystkie są jednakowo dobre, mimo że wewnętrznie się różnią. Stanowią one przykład tego, że do celu można dojść wieloma drogami i przy poszanowaniu własności intelektualnej innych.**

Odpowiedniki mogą być identyczne, pasujące na płytce zamiast układu pierwotnego, a więc zgodne pod względem funkcjonalności

eprasa.pl d7ac45c7ab

Tabela 1. Mikrokontrolery z serii APM32F407 będące odpowiednikami produktów ST z rodziny „Foundation line" STM32F407 dostępne w ofercie firmy Micros

Symbol	Obudowa	Wbudowana pamięć	Częstotliwość	I/O	Interfejsy
APM32F407RGT6	LQFP64	Flash:1 MB, RAM: 192 kB	168 MHz	51	UART/USART, SPI, TWI, CAN, USB
APM32F407VGT6	LQFP100	Flash:1 MB, RAM: 192 kB	168 MHz	82	UART/USART, SPI, TWI, CAN, USB, Ethernet
APM32F407ZGT6	LQFP144	Flash:1 MB, RAM: 192 kB	168 MHz	114	UART/USART, SPI, TWI, CAN, USB, Ethernet

oraz w zakresie obudowy i konfiguracji wyprowadzeń. W przypadku układów programowalnych, takich, które zawierają oprogramowanie firmware zaszyte wewnątrz lub mikrokod definiujący listę rozkazów, odpowiedniki mogą się różnić od oryginałów zgodnością binarną, a ich użycie w krytycznych aplikacjach, np. czasowych, wykorzystujących bezpośrednie odwołania do rejestrów, nieudokumentowane funkcje, wymaga przeprowadzenia ich walidacji.

W przypadku odpowiedników mikrokontrolerów uwagi wymaga użycie układów peryferyjnych, jak np. przetwornika A/C, bo producent rozwiązania alternatywnego może „złożyć" projekt z różnych, gotowych bloków IP. Nierzadko peryferia są lepszej klasy niż oryginalne, na przykład mają krótszy czas konwersji, a jednostka centralna ma poprawione błędy, które były w oryginale i zostały przy okazji skorygowane. To dobrze, ale przez to czasem wymagana jest korekta w oprogramowaniu.

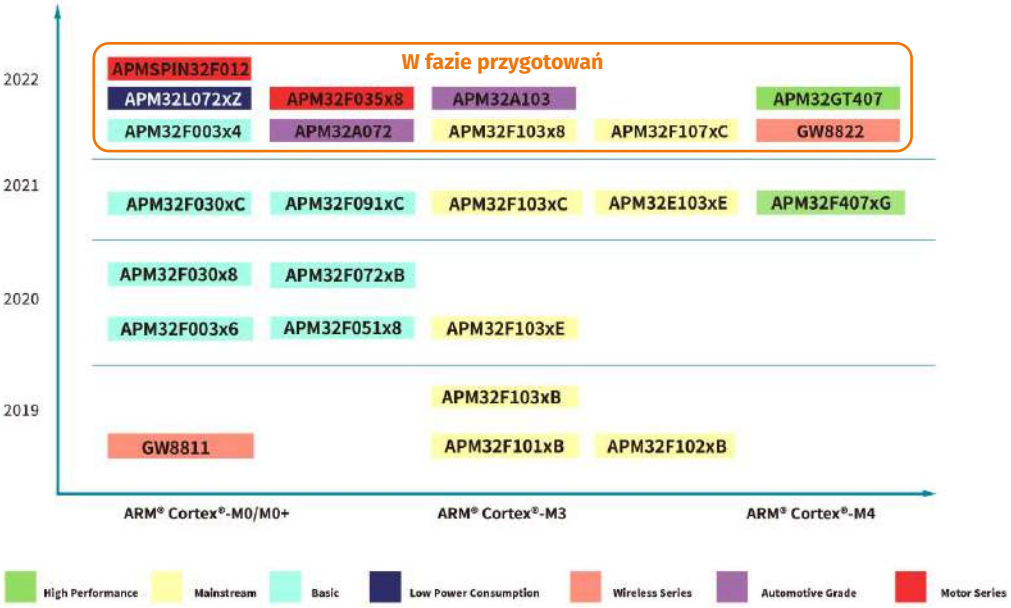
W dzisiejszych czasach tworzenie odpowiednika mikrokontrolera jest łatwiejsze, bo układy Cortex Arm są dostępne jako bloki IP, które się kupuje jako licencję, a nie są własnością przypisaną do producenta pierwotnego. Wiele osób myli te pojęcia i stąd często legalny odpowiednik nazywany jest klonem lub nawet podróbką. W praktyce nielegalnych klonów (identycznych – 1:1) jest na rynku niewiele, bo ochrona prawna własności układu scalonego wygasa po 10 latach, a wykonanie odpowiednika funkcjonalnego często jest łatwiejsze od dokładnego odwzorowania oryginału.

Mikrokontrolery od Geehy Semiconductor

W odpowiedzi na rosnącą popularność rynku w zakresie odpowiedników firma Micros nawiązała oficjalną współpracę z firmą Geehy, od 2019 roku produkującą zamienniki mikrokontrolerów firmy ST Microelectronics. Geehy Semiconductor jest oficjalnym partnerem (licencjonobiorcą) firmy ARM, co oznacza, że zgodność binarna wytwarzanych układów jest duża i nie ma z nimi problemów kompatybilności oprogramowania. Są to produkty przetestowane przez wielu klientów, o bardzo atrakcyjnych cenach. Jest to ważne w dzisiejszych czasach, kiedy ceny takich chipów bardzo się zwiększyły, a mimo to kupić jest je bardzo trudno.

Geehy produkuje alternatywne wersje procesorów STM32F, bazując na własnym „know-how" i procesie technologicznym. Ich układy APM to odpowiedniki na zasadzie FFF (*fit-form-function*), czyli alternatywny projekt o takiej samej funkcjonalności i rozkładzie pinów w obudowach. Można na nich uruchomić oprogramowanie przygotowane na STM32 i z reguły nie są wymagane żadne poprawki w kodzie, gdy nie zawiera on specyficznych dla architektury wstawek i odwołań lub procedur krytycznych czasowo. Warto dodać, że firma Geehy wspiera klientów i pomaga w wykonaniu ew. poprawek w oprogramowaniu, gdyż zna się na tym doskonale i wie, gdzie mogą pojawić się problemy. Dzięki temu klienci nie muszą się obawiać, że nie dadzą rady ich wdrożyć albo stracą na to mnóstwo czasu.

Mikrokontrolery dostępne w ofercie firmy Micros zostały zestawione w **tabeli 1** oraz **tabeli 2**. Pełne zestawienie serii mikrokontrolerów oferowanych przez Geehy Semiconductor zostało pokazane



Rysunek 1. Zestawienie mikrokontrolerów Geehy Semiconductor dostępnych w ofercie oraz będących w fazie przygotowań

Tabela 2. Mikrokontrolery APM32F103 z rdzeniem ARM Cortex-M3 będące odpowiednikami niezwykle popularnych mikrokontrolerów ST z rodziny „Performance line" STM32F103 dostępne w ofercie firmy Micros

Symbol	Obudowa	Wbudowana pamięć	Częstotliwość	I/O	Interfejsy
APM32F103C8T6	LQFP48	Flash: 64 kB, RAM: 20 kB	96 MHz	37	USART, SPI, TWI, CAN, USB
APM32F103CBT6	LQFP48	Flash: 128 kB, RAM: 20 kB	96 MHz	37	USART, SPI, TWI, CAN, USB
APM32F103RBT6	LQFP64	Flash: 128 kB, RAM: 20 kB	96 MHz	51	USART, SPI, TWI, CAN, USB
APM32F103RCT6	LQFP64	Flash: 256 kB, RAM: 64 kB	96 MHz	51	UART/USART, SPI, TWI, CAN, USB
APM32F103RET6	LQFP64	Flash: 512 kB, RAM: 128 kB	96 MHz	51	UART/USART, SPI, TWI, CAN, USB
APM32F103VBT6	LQFP100	Flash: 128 kB, RAM: 20 kB	96 MHz	80	USART, SPI, TWI, CAN, USB
APM32F103VCT6	LQFP100	Flash: 256 kB, RAM: 64 kB	96 MHz	80	UART/USART, SPI, TWI, CAN, USB
APM32F103ZET6	LQFP144	Flash: 512 kB, RAM: 128 kB	96 MHz	112	UART/USART, SPI, TWI, CAN, USB

eprasa.pl d7ac45c7ab

na **rysunku 1**. Znajdują się tam układy dostępne w ofercie, oraz układy będące w fazie przygotowań, jak seria APM32A przeznaczona do zastosowań motoryzacyjnych, od których wymagany jest najwyższy stopień niezawodności. Z kolei układy serii APM32E umożliwiają taktowanie zegarem, aż do 120 MHz i są już dostępne pierwsze egzemplarze.

Profesjonalnie, ambitnie i na dużą skalę

Rodzina APM firmy Geehy to propozycja legalna, jeśli chodzi o własność intelektualną. Są to układy licencjonowane przez Arm, z dokumentacją, sprzedawane na całym świecie, a więc nie takie same jak wiele podróbek o wątpliwej legalności, które sprzedawane są wyłącznie na rynku chińskim. Jest to bardzo istotne, gdyż poważne firmy nie chcą się wikłać w użycie produktów, które kiedyś mogą okazać się przestępstwem.

Geehy Semiconductor nie jest firmą nową na rynku ani też graczem o małym potencjale. Jest częścią firmy Apex Microelectronics zajmującej się wytwarzaniem chipów od ponad 20 lat, należącej do koncernu Ninestar, który jest światowym producentem drukarek laserowych (marki Pantum i Lexmark), notowanym na liście 500 największych przedsiębiorstw w Chinach. Jednocześnie możliwości firmy są stale rozwijane, a plan działań badawczo-rozwojowych został określony już na kilka przyszłych lat i jest bardzo ambitny. Kierownikiem Działu Badań i Rozwoju jest dr Jerry Zhang, który od lat pracuje i mieszka w USA, a pracował w takich firmach jak Cadence czy Qualcomm. Głównym naukowcem jest dr Huang Kai, który jest jednym z największych talentów w chińskim przemyśle półprzewodników, cieszącym się wysoką reputacją w tej branży.

Poza 32-bitowymi mikrokontrolerami Arm Geehy produkuje układy kryptograficzne oraz chipy Bluetooth. Są to produkty skierowane głównie do branży przemysłowej, medycznej oraz motoryzacyjnej, tylko ok. 15% całej produkcji trafia do elektroniki użytkowej. Wśród użytkowników mikrokontrolerów GEEHY można znaleźć znane na całym świecie firmy, takie jak: Philips, IKEA, GM, BMZ, TTI, Nestle, Gibson Guitars itd.

Narzędzia deweloperskie

W ofercie Micros dostępne są także narzędzie deweloperskie do mikrokontrolerów APM32F:

- APM32 PROG – programator z interfejsem JTAG i SWD, zasilany z USB,
- APEX-LINK – emulator/programator z interfejsem JTAG i SWD, zasilany z USB.

Micros jako autoryzowany dystrybutor firmy Geehy oferuje wsparcie techniczne w przypadku migracji z rozwiązań innych producentów.

Micros

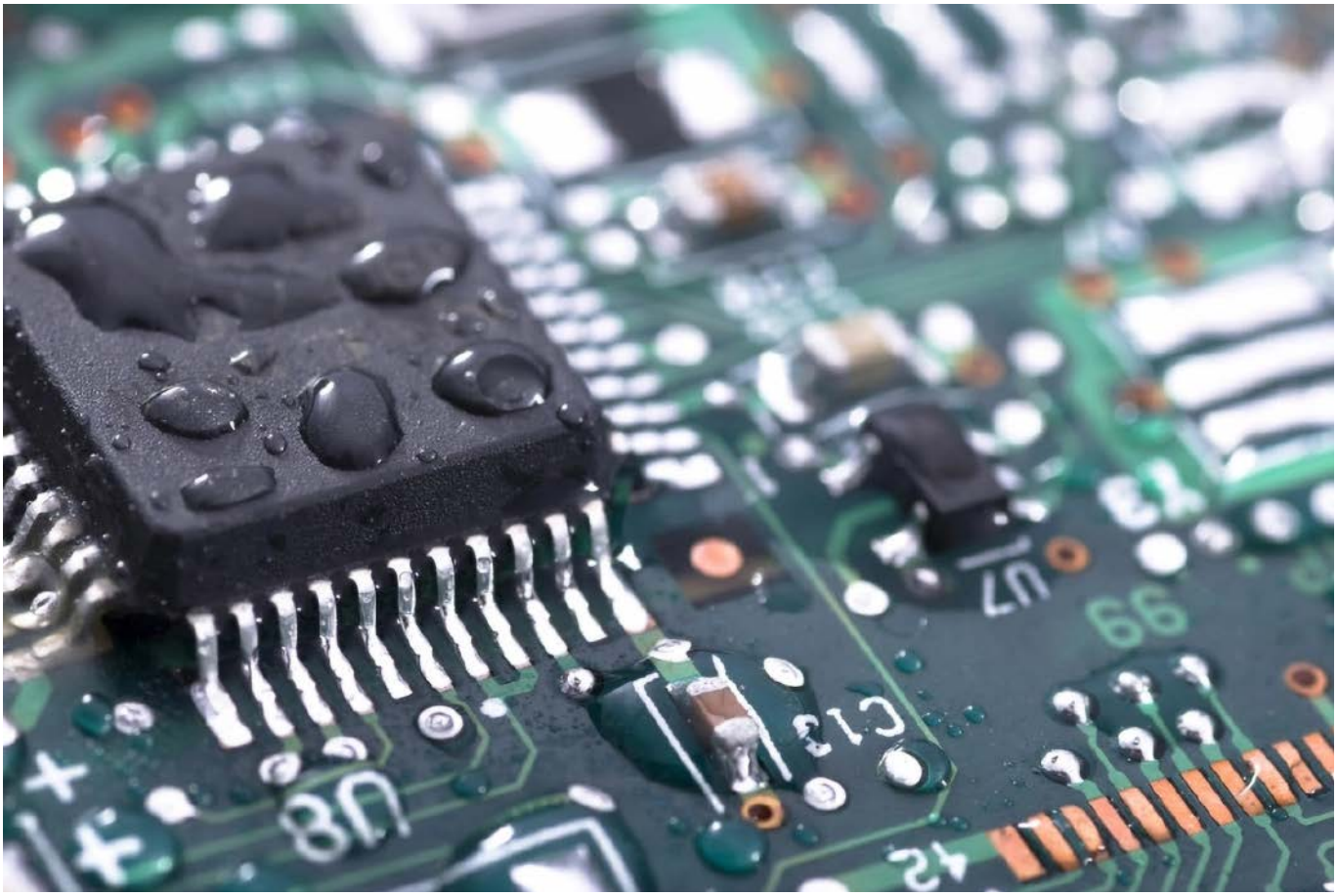
REKLAMA

Świat projektantów i programistów dla elektroniki w nowej odsłonie. Odwiedź nowy

ELPORTAL.pl

Obserwuj nas również na Facebooku: www.facebook.com/Elportalpl

eprasa.pl d7ac45c7ab



Kondensacja

– niedoceniany zabójca elektroniki w motoryzacji

Ilość elektroniki w pojazdach wzrosła wykładniczo w ciągu ostatnich 20 lat i wzrost ten będzie najpewniej kontynuowany dzięki systemom jazdy autonomicznej, próbującym osiągnąć najwyższy, piąty poziom autonomii. Pojazdy autonomiczne integrują w sobie imponującą gamę obwodów analogowych i cyfrowych i niebawem zmienią sposób, w jaki dojeżdżamy do pracy, jeździmy na wakacje czy też w jaki sposób dostarczane są do nas towary. Zapewnienie bezpieczeństwa kierowców, pasażerów i pieszych jest najwyższym priorytetem. Aby zbudować bezpieczne systemy ADAS (zaawansowane systemy wspomagania kierowcy), trzeba wziąć pod uwagę również wszystkie aspekty środowiska, w którym system pracuje, w tym często pomijane zjawisko kondensacji.

Coraz większe nasycenie nowych aut systemami elektronicznymi powoduje, że układy elektroniczne często instalowane są również w mniej optymalnych dla elektroniki miejscach. Narażone są wtedy na wpływ różnych czynników środowiskowych. Analitycy szacują, że wartość systemów elektronicznych we współczesnym pojeździe średniej klasy już może przekraczać 40% całkowitych kosztów pojazdu. Wraz ze wzrostem popularności pojazdów elektrycznych, jak i rozwojem systemów Internetu Rzeczy (IoT) i aut autonomicznych, ewolucja motoryzacji postępuje coraz szybciej.

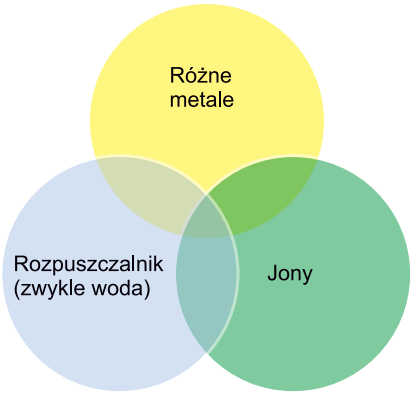
W przypadku wielu krytycznych systemów, odpowiadających za bezpieczeństwo pojazdu i jego pasażerów, jakiekolwiek awarie, spowodowane czynnikami środowiskowymi są niedopuszczalne. Wraz z postępującą automatyzacją pojazdów problem będzie stawał się jeszcze bardziej istotny. Tymczasem auto wyposażone w bardzo wiele sensorów i innej elektroniki będzie narażone na wilgoć, pochodzącą z kondensacji.

Proces kondensacji

Kondensacja to zjawisko polegające na skraplaniu się wody w wilgotnym otoczeniu na chłodnych elementach. Doskonale znanym przykładem występowania tego zjawiska jest skraplanie się wody na chłodnych szybach od środka samochodu. Kondensacja na elektronice pojazdu jest coraz większym problemem w miarę wzrostu gęstości mocy, zwiększania liczby elementów i kolizji mikroklimatów. Kondensacja występuje, gdy wysokie temperatury na poziomie płyty zderzają się z chłodnymi obudowami i/lub systemami chłodzonymi cieczą. Woda nie uwzględnia zamkniętych stref, zaatakuje wszystkie niezabezpieczone komponenty nie dba ani o nadmiarowości sprzętu ani o zabezpieczenia. Gromadzenie się na zespole płytki drukowanej (PCBA – *Printed Circuit Board Assembly*) wody działa jak katalizator korozji, pogarszając sukcesywnie działanie systemu i prowadząc do wielu awarii, w tym także katastrofalnych awarii związanych z powstawaniem zwarć na PCB.

Nie jest niczym niezwykłym, że nowoczesne samochody są dostarczane z 5-letnią czy nawet 7-letnią gwarancją. Stanowi to wyzwanie dla dostawców komponentów w zakresie opracowywania nowych

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 1. Trzy składniki potrzebne do występowania korozji

elementów, które zapewniają długoterminową niezawodność przy akceptowalnych kosztach. Samochodowe systemy elektroniczne są narażone na ekstremalne temperatury, wysoką wilgotność i kondensację oraz są coraz bardziej narażone na działanie gazów korozyjnych. Dodatkowo problem pogłębia rozwój pojazdów elektrycznych, gdzie występują znacznie wyższe napięcia, więc wymagana jest zwiększona ochrona dielektryczna. Do tego projekty muszą być wystarczająco „gęste", aby sprostać ograniczeniom dotyczącym rozmiaru i masy docelowych urządzeń.

Większe zaawansowanie tych układów elektronicznych często oznacza, że są one bardziej wrażliwe na zanieczyszczenia i niekorzystne warunki środowiska zewnętrznego. Co więcej, ponieważ samochodowe systemy elektroniczne w coraz większym stopniu bazują na wzajemnym połączeniu, awaria jednego zespołu może zakłócić działanie wielu innych. W przeciwieństwie do zastosowań lotniczych, w których w te systemy można wbudować dwie lub trzy warstwy nadmiarowości, projekty motoryzacyjne zazwyczaj muszą działać bez redundancji. Ponadto nowoczesne technologie, takie jak radary mikrofalowe, skanery LIDAR czy komunikacja na wysokiej częstotliwości, dodatkowo utrudniają ochronę przed wilgocią, gdyż potrzebne są materiały chroniące przed wilgocią, ale np. przepuszczające promieniowania mikrofalowe lub światło widzialne.

Mechanizmy powstawania korozji w systemach elektronicznych

Korozja jest skomplikowanym procesem elektrochemicznym o różnych potencjalnych mechanizmach i przyczynach. Szczegółowy opis tego zjawiska wykracza poza zakres tego artykułu. Jednak w zdecydowanej większości przypadków istnieją trzy warunki, które muszą być spełnione, aby doszło do korozji (**rysunek 1**):

- konieczna jest obecność metali różniących się od siebie elektrochemicznie (np. złoto/srebro i nikiel/cyna), które tworzą anodę i katodę reakcji elektrochemicznej,
- muszą występować jony, zwykle sole metali, halogenki, wodorotlenki itp.,
- obowiązkowy jest rozpuszczalnik (zwykle tę funkcję pełni woda), w którym rozpuszczają się jony, tworząc roztwór elektrolitu.

Zapobieganie korozji

Aby zapobiec zjawisku korozji, konieczne jest usunięcie jednego z wymienionych składników. Wybór metali w elektronice jest ograniczony do tych używanych do lutowania i wykończenia połączeń, które są odmienne, i zawsze będą istniały obszary różnicy potencjałów ze względu na naturę zespołu elektronicznego. Kluczowe jest jednak unikanie łączenia w systemie metali o skrajnie różnym potencjale elektrochemicznym.

Czyszczenie elektroniki, szczególnie po lutowaniu, może pomóc w usuwaniu jonów z powierzchni modułów elektronicznych, ale nie może zapobiec ponownemu osadzaniu się form jonowych ze środowiska operacyjnego. Dodatkowo warto wybierać materiały do lutowania, które określanie są jako *no clean*, czyli niewymagające czyszczenia po lutowaniu. W przypadku systemów szczególnie narażonych na czynniki otoczenia, jak właśnie elektronika sektora motoryzacyjnego, płytki PCBA są czyszczone po ich lutowaniu, właśnie ze względu na to, że pozostałości topników mogą nie tylko przyspieszać korozję, ale także utrudniać przyleganie powłok ochronnych.

Powłoki konformalne pomagają zapobiegać tworzeniu się roztworów elektrolitycznych, działając jako bariery dla wilgoci. Powłoka taka musi być wytrzymałą barierą dla wilgoci i musi wykazywać wysoką przyczepność do podłoża (w tym przypadku PCBA), aby zapobiegać odwarstwianiu się ochronnego pokrycia. Gdy powłoka konformalna rozwarstwi się, powstaną wnęki pomiędzy elektroniką a pokryciem, co może spowodować powstanie kieszonek, które zostaną spenetrowane przez wodę i wytworzy się roztwór elektrolityczny, a to z kolei przełoży się na powstawanie ognisk korozji. Taka sytuacja nie tylko oznacza utratę ochrony przed korozją, ale także ją przyspiesza, gdyż wilgoć ma utrudnioną drogę ucieczki z wnęki w rozwarstwionym pokryciu. Dlatego też przygotowanie powierzchni (mycie, odtłuszczanie itd.) przed pokryciem jest niezwykle istotne. Równie ważne jest odpowiednie dobranie samego pokrycia do wymagań konkretnej aplikacji.

Powłoki konformalne i inne bariery dla wilgoci

Powłoki konformalne to cienkie, ochronne powłoki, na ogół polimerowe, które są często nakładane na płytki obwodów elektronicznych lub całe zespoły PCBA w celu zapewnienia wymaganej ochrony przed wpływem środowiska bez nadmiernych kosztów lub zwiększania wagi systemu. W przemyśle motoryzacyjnym powłoki konforemne dzieli się w zależności od miejsca aplikacji danego modułu na środki używane w kabinie (układy elektroniczne umieszczone w przedziale pasażerskim) lub pod maską (elektronika w bliskiej odległości od silnika). Wyróżnienie takich dwóch kategorii ułatwia omówienie głównych wymagań każdej z nich. Jednak wraz ze wzrostem wyrafinowania i dążenia do powstawania zespołów wielofunkcyjnych te grupy są łączone, a dodatkowo dążenie do stosowania coraz bardziej kompaktowej i rozproszonej elektroniki o wyższej mocy w samochodach elektrycznych jeszcze bardziej zaciera te granice.

Elektronika kabinowa

Elektroniczne czujniki i systemy umieszczone w kabinie pasażerskiej zasadniczo zajmują tę samą przestrzeń, co pasażerowie pojazdu. Zimą może to oznaczać relatywnie niskie temperatury z tendencją do kondensacji wody z atmosfery, natomiast latem przekłada się to na powstawanie bardzo ciepłej i wilgotnej atmosfery. Zarówno kondensacja, jak i wysoka wilgotność zagrażają w takim środowisku niezawodności elektroniki, ponieważ sprzyjają korozji. Ponadto elektronika może być narażona na zanieczyszczenia atmosferyczne czy roztwory czyszczące, a także rozpryski cieczy itp. Każdy z tych czynników może stanowić sam w sobie potencjalne zagrożenie dla niezawodności, zwłaszcza w połączeniu z podwyższoną wilgotnością powietrza czy też następującą kondensacją.

Biorąc pod uwagę stosunkowo łagodne środowisko pracy, w jakim działa elektronika w kabinie samochodu (w porównaniu do omówionego dalej przedziału silnikowego), akrylowe powłoki konforemne od dawna dominowały w tym segmencie, oferując dobre właściwości w zasadzie w zakresie wszystkich istotnych parametrów tej aplikacji, zwłaszcza w przypadku wysokiej wilgotności otoczenia czy rozprysków cieczy.

Pokrycia pod maską

Elektronika znajdująca się pod maską samochodu – w przedziale silnika, w podwozu, czy innych wyeksponowanych miejscach, ze względu na swoją lokalizację, stawia czoło większym wyzwaniom środowiskowym niż elektronika w kabinie. To środowisko jest znacznie mniej kontrolowane, z wyższymi maksymalnymi temperaturami pracy i znacznie większymi możliwościami zanieczyszczenia paliwami,

eprasa.pl d7ac45c7ab

olejami, płynami czyszczącymi, gazami korozyjnymi, cząstkami metali czy słoną wodą chlapiącą z odladzanych powierzchni dróg. Jasne jest, że podzespoły elektroniczne, które pracować mają w takim środowisku, jak i inne elementy poza kabiną pojazdu podlegają znacznie trudniejszym warunkom środowiskowym, a zatem wymagają wyższego poziomu ochrony zapewnianego przez nowy rodzaj powłoki ochronnej.

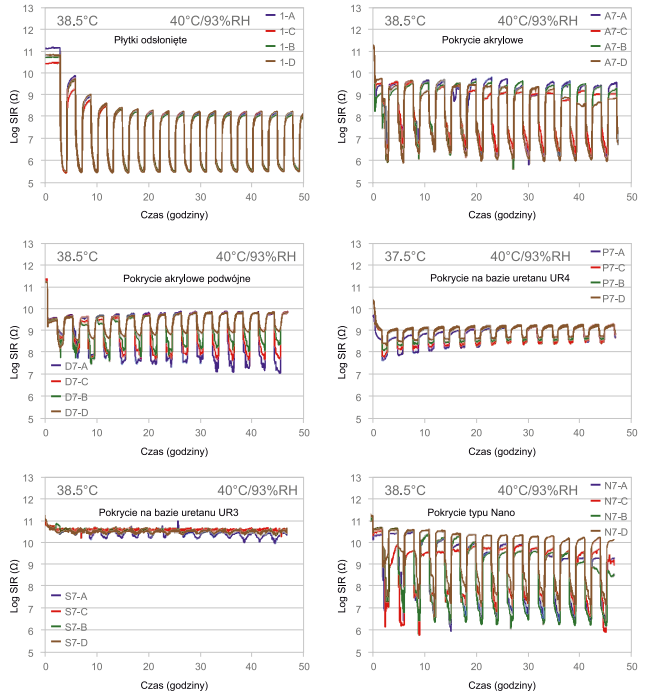
Powłoki na podzespoły elektroniczne przeznaczone do zastosowań pod maską i do innych zastosowań poza kabiną muszą być wyjątkowo odporne na warunki o wysokiej wilgotności, mieć doskonałą odporność chemiczną, być wysoce elastyczne, aby przetrwać skoki temperatury i szok termiczny, a także być w stanie przetrwać znacznie wyższe temperatury otoczenia niż środki przeznaczone do elektroniki kabinowej.

Odporność na wilgoć

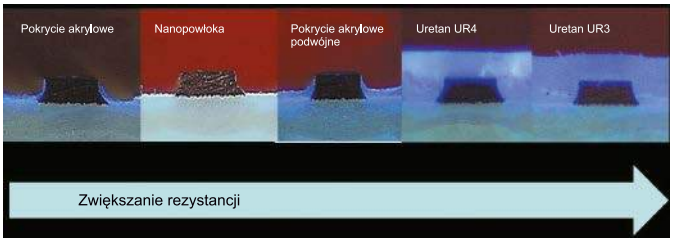
Pokrycie ostrych krawędzi to zdolność powłoki do całkowitego i niezawodnego pokrycia ścieżek urządzeń, połączeń lutowanych i innych powierzchni metalowych, aby zapobiec podatności na korozję – jest to od dawna dobrze znany problem. Został on ostatnio podkreślony w normie IPC5- 22ARR J-STD-001 (Conformal Coating Material & Application Industry Assessment).

Aby zademonstrować znaczenie pokrycia krawędzi i ochrony przed ciekłą wodą w postaci kondensacji, brytyjskie Narodowe Laboratorium Fizyczne (NPL) pracuje obecnie nad opracowaniem kontrolowanego testu kondensacji. Badacze z NPL wykazali, że przy temperaturze 40°C i wilgotności względnej 93% różnica temperatur wynosząca zaledwie 1,5°C może prowadzić do powstania wilgoci wystarczającej do zmniejszenia rezystancji izolacji powierzchniowej (SIR) miedzianej ścieżki z teraomów do megaomów – o trzy rzędy wielkości czy nawet więcej, jak pokazano na **rysunku 2**. Dane zaprezentowane na rysunku 2 wyraźnie pokazują znaczny spadek wartości SIR niepowlekanego zespołu, ograniczoną ochronę oferowaną zarówno przez nanopowłokę, jak i pojedynczą warstwę pokrycia akrylowego, lepszą ochronę, zapewnianą przez dwie warstwy tego pokrycia, a także zalety nowych materiałów pokryć konformalnych, bazujących na uretanie – UR3 oraz UR4.

Doskonałe parametry pokryć uretanowych można częściowo wytłumaczyć ich grubością, chociaż szczególny skład chemiczny tego preparatu również odgrywa istotną rolę, co wyjaśnia znacząca różnica



Rysunek 2. Porównanie odporności na kondensację różnych powłok



Rysunek 3. Przekrój ścieżki na PCB powlekanych różnymi środkami, pokazujący znaczenie zastosowanej grubości i pokrycia w odporności na kondensację

w parametrach między UR4 i UR3, mimo że nakładane grubości (ok. 150 µm) są podobne w obu przypadkach, jak pokazano w przekroju na **rysunku 3**.

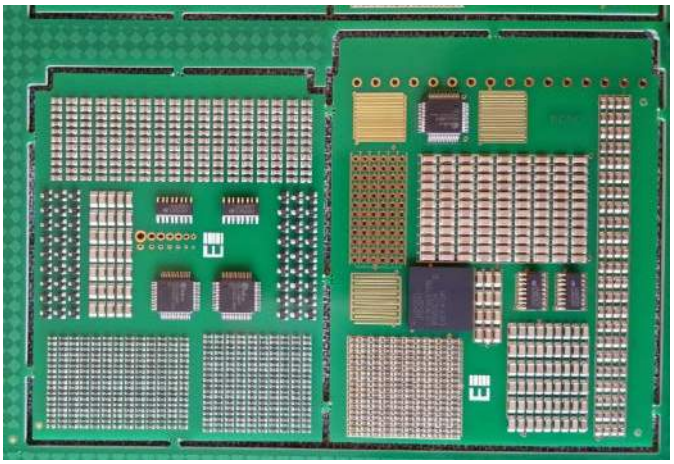
Odporność na szok termiczny

Elektronika samochodowa jest zwykle specyfikowana do pracy w temperaturach od –40°C do 125°C, z szybkimi przejściami między ekstremalnymi temperaturami. Próbka testowa używana przez firmę Electrolube do pomiaru SIR pokazana jest na **fotografii 1**. Została ona zaprojektowana z wieloma komponentami ułożonymi w trudnej konfiguracji, aby lepiej symulować montaż produkcyjny. Moduły takie zostały selektywnie pokryte poliuretanami UR3 i UR4 o docelowej grubości 250 µm i poddane 1000 cyklom szoku termicznego powietrze-powietrze, we wcześniej wskazanych ekstremalnych temperaturach, z szybkością zmian temperatury przekraczającą 40°C/min.

Testowe płytki zostały sprawdzone wizualnie przy powiększeniu 20× pod kątem pęknięć, rozwarstwień oraz uszkodzeń połączeń lutowanych lub komponentów. Po 1000 cyklach UR3 wykazywał pewne oznaki pękania powierzchni i odbarwień, ale nie odsłaniał żadnych powierzchni metalowych, a pęknięcia nie rozprzestrzeniały się na powierzchnię płytki. UR4 nie wykazywał prawie żadnych zmian w wyglądzie.

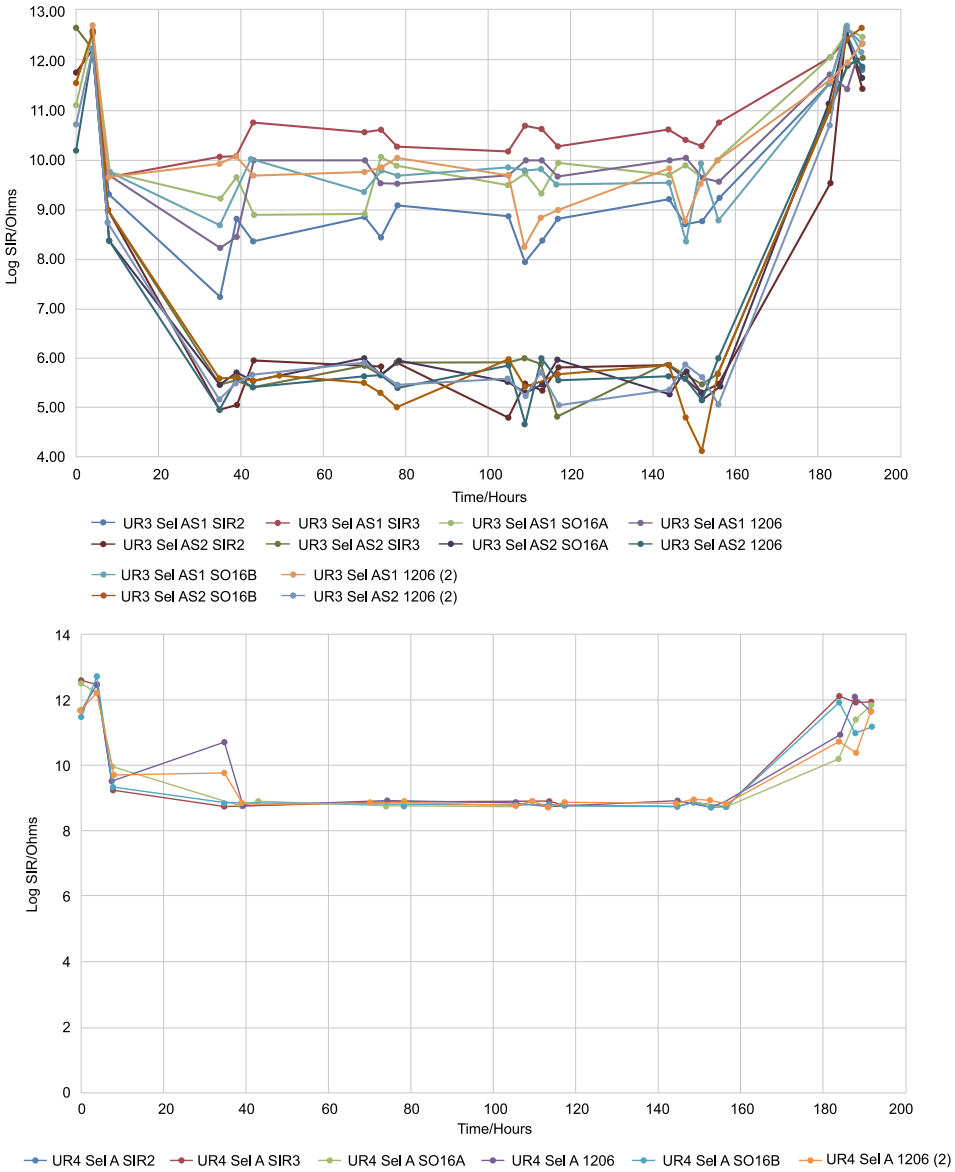
Odporność na mgłę solną

W celu oceny ochrony zapewnionej w warunkach mgły solnej (co ma być symulacją warunków jazdy zimą) próbki testowe pokazane na **fotografii 1**, uprzednio wystawione na 1000 cykli szoku termicznego, zostały poddane 196-godzinnemu testowi w mgle solnej (roztwór 5% NaCl w wodzie). Płytki były stale zasilane napięciem 50 V przez cały czas trwania testu, a rezystancję izolacji mierzono w pewnych odstępach czasu podczas testu. Jak pokazano na **rysunku 4**, oba materiały działały dobrze, zapewniając doskonałą ochronę przed środowiskiem mgły solnej, chociaż UR3 zapewniał wyższy ogólny stopień odporności izolacji, zgodnie z wynikami testu kondensacji NPL.



Fotografia 1. Testowa PCB do oceny odporności pokrycia na szok termiczny

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 4. Wyniki badania odporności powłok na mgłę solną

znaczenie dla biznesowej strony projektowania systemu.

Dobrą wiadomością jest to, że nastąpił znaczny postęp w zakresie powłok PCBA. Projektanci mają teraz szersze możliwości ochrony złączy i anten, a także ochronę dużych komponentów bez negatywnego wpływu na ich termikę, parametry, w tym także parametry RF lub integralność sygnału. Ten postęp w technologii powlekania hydrofobowego pozwala na uzyskanie cieńszych powłok (nawet ok. 25 µm), które zapewniają wysokie rozpraszanie ciepła, jednocześnie pozwalając na poprawę wydajności procesów produkcyjnych.

Kondensacja na płytce drukowanej wymaga 100% ochrony 3D na wszystkich komponentach i połączeniach. Zastosowanie lepkosprężystych powłok ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia, że będą się one rozszerzać i kurczyć w takim samym tempie jak PCB. Gdy stosowane są materiały o wysokiej lepkości, ich właściwości rozszerzalności cieplnej różnią się od materiałów składowych elementów na PCB, takich jak kondensatory ceramiczne, rezystory, obudowy układów scalonych, jak i sam laminat FR4, metalowe przelotki itp. Z upływem czasu, wraz z cyklami temperaturowymi różnice we właściwościach rozszerzalności cieplnej prowadzą do naprężeń mechanicznych, które mogą powodować pękanie powłok lub przemieszczanie się elementów. Stosowanie powłok lepkosprężystych eliminuje problemy związane z naprężeniami mechanicznymi i pozwala projektantom chronić PCBA bez obawy o spowodowanie większej liczby awarii.

Pojazdy autonomiczne przypominają ruchome serwery

Ponieważ samochody zaczynają przypominać ruchome serwery bez komfortu korzystania z kontrolowanych warunków środowiskowych, kondensacja stanowi poważne zagrożenie dla długoterminowej niezawodności tych systemów. Dodatkowym utrudnieniem przy walce z kondensacją jest oczekiwany wzrost wielkości wielu modułów. Inżynierowie projektujący te skomplikowane systemy nieustannie przesuwają granice integracji systemów, łącząc kamery, radar dalekiego zasięgu i bliskiego pola, LIDAR, czujniki zbliżeniowe i wiele innych. Większe systemy mogą prowadzić do powstawania obszarów „mikroklimatu" ze zwiększonymi różnicami temperatur, zwiększając szansę na występowanie kondensacji w całym systemie. Podczas skupiania wysiłków na harmonijnym łączeniu zaawansowanych technologii kluczowe jest również zwracanie uwagi na zaawansowane strategie i technologie ochrony obwodów.

Określając strategię ochrony PCBA, inżynierowie muszą wziąć pod uwagę jej wpływ na czułe szybkie sygnały cyfrowe, sygnały analogowe i wpływ na zarządzanie temperaturą systemu (grzanie i chłodzenie). Dodatkowy koszt i złożoność produkcji w porównaniu z poziomem ochrony to ryzyko związane z projektowaniem aplikacji, które każda firma musi rozważyć. Biorąc pod uwagę docelowy poziom bezpieczeństwa pojazdów autonomicznych, posiadanie dobrze przemyślanej strategii ochrony przed kondensacją ma kluczowe

Nie możemy zaprojektować pojazdów jutra z użyciem wczorajszych technologii

Znacznie większym wyzwaniem jest projektowanie autonomicznych pojazdów jutra z użyciem wczorajszych strategii ochrony PCBA. Przemysł elektroniczny szybko zbliża się do stanu, który możemy nazwać futurystycznym i który przewiduje pasażerów korzystających z pojazdów autonomicznych. Dlatego zaufanie do ochrony elektroniki bezpośrednio odnosi się do bezpieczeństwa pasażerów, co jest wyraźnie kluczowym wymogiem. Długoterminowa niezawodność tych złożonych systemów autonomicznych jest krytyczna, aby firmy mogły osiągnąć zwrot ze swoich inwestycji na poziomie miliardów dolarów, wydanych na rozwój i produkcję nowych, coraz bardziej autonomicznych pojazdów.

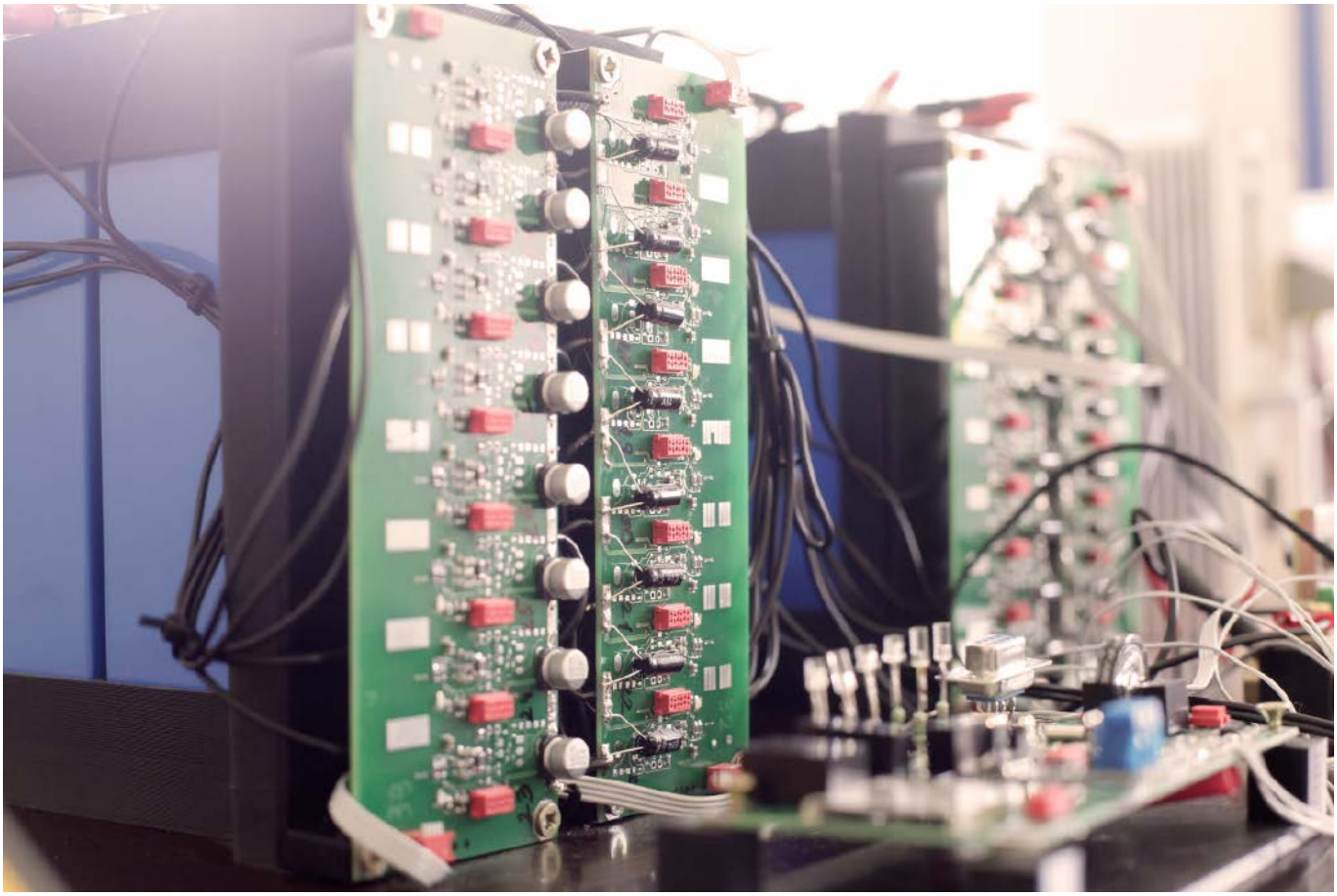
Biorąc pod uwagę przydzielone zasoby, opracowane standardy i połączenie zaawansowanych technologii, warto przy projektowaniu nowoczesnych systemów motoryzacyjnych każdorazowo rozważyć coś tak prostego, jak kondensacja, która może szybko spowodować awarię systemu. Projektanci systemowi, którzy uwzględniają to zjawisko, uzyskają strategiczną przewagę rynkową swoich systemów pod względem żywotności systemu czy jego małej awaryjności.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:

- https://bit.ly/3JX09iq
- https://bit.ly/3uKzjUk
- https://bit.ly/3IUw7KT

eprasa.pl d7ac45c7ab



BDMS – testy układu i realne korzyści

*Prezentujemy Państwu trzeci i ostatni artykuł opisujący możliwości innowacyjnych układów BMS (*Battery Management System*) opracowywanych przez firmę Kon-TEC Sp. z o.o. Kluczowe cechy tych systemów to modułowość oraz możliwość dynamicznego skalowania, dlatego zostały nazwane angielskim skrótem BDMS (*Brick Dynamic Management System*). W artykule omówimy testy przeprowadzone na pierwszej produkcyjnej wersji systemu oraz wskażemy realne korzyści wynikające z stosowania układów BDMS, w szczególności tych wyposażonych w możliwość balansowania aktywnego.*

Więcej informacji:
Kon-TEC sp. z. o.o.
e-mail: info@kon-tec.eu
http://kon-tec.eu

Na początku przypomnijmy, że BDMS jest zaawansowanym układem BMS, różniącym się od układów typowych cechami takimi, jak modułowość, skalowalność i uniwersalność. Dzięki podanym powyżej cechom możemy skonfigurować pakiet bateryjny wyposażony w moduły Slave mające możliwość balansowania pasywnego lub aktywnego. Pozwala to dostosować projektowany układ do naszych potrzeb, biorąc pod uwagę spodziewaną cenę, możliwości techniczne oraz osiągi pakietu bateryjnego. Do głównych korzyści technicznych, które zostaną szczegółowo opisane, należą: zwiększenie ogólnej sprawności ładowania, zwiększenie szybkości balansowania oraz wydłużenie żywotności całego pakietu ogniw zabezpieczonego za pomocą układu BDMS.

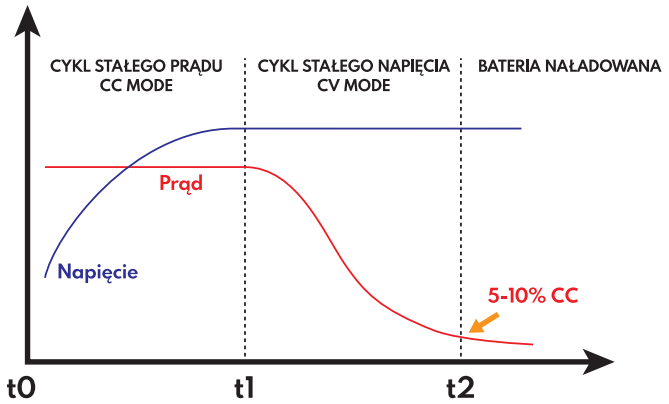
Charakterystyka ładowania

W celu lepszego zrozumienia zagadnień poruszanych w artykule na wstępie warto skrótowo przybliżyć charakterystykę ładowania ogniw i akumulatorów litowo-jonowych, w szczególności litowo-żelazowo-fosforanowych. Proces ładowania akumulatora litowo-jonowego można podzielić na trzy cykle zobrazowane na **rysunku 1**: cykl stałego prądu (CC – *Constant Current*), stałego napięcia (CV – *Constant Voltage*) oraz cykl uruchamiany w przypadku naładowanej baterii.

Cykl CC

W trakcie tego cyklu akumulator jest ładowany stałym prądem, natomiast napięcie wyjściowe ładowarki jest wyższe niż nominalne napięcie ładowania akumulatora. Jest to warunek niezbędny, ponieważ zachodzi

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 1. Proces ładowania akumulatora litowo-jonowego

potrzeba takiej różnicy potencjałów, aby wymusić prąd ładowania o danej wartości natężenia. Kiedy akumulator osiąga maksymalne napięcie bezpieczne, kończy się cykl CC i zaczyna cykl CV.

Cykl CV

W trakcie cyklu CV akumulator jest utrzymywany przy stałym napięciu aż do czasu, gdy wartość prądu ładowania znajdzie się blisko wartości 0 A. W tym cyklu głównie odbywa się balansowanie ogniw akumulatora. Balansowanie może odbywać się na dwa sposoby – aktywnie lub pasywnie. Podczas balansowania pasywnego ogniwa, które osiągnęły zbyt wysoką wartość napięcia, są rozładowywane poprzez specjalny rezystor. W przypadku balansowania aktywnego nadmiarowa energia zgromadzona w danych ogniwach jest aktywnie przekierowywana do ogniw niedoładowanych. Kiedy różnica napięć balansowanych ogniw będzie na tyle mała, że osiągnie wartość dopuszczalną przez ładowarkę i BMS, cykl CV się zakończy i układ przechodzi do cykl naładowanej baterii.

Naładowana bateria

Cykl naładowanej baterii rozpoczyna się zaraz po zakończeniu balansowania i kończy proces ładowania. Podczas tego etapu ładowarka jest odłączona od akumulatora dzięki otwarciu stycznika ładowania.

Realne korzyści

W testach przeprowadzonych na pierwszej produkcyjnej wersji systemu BDMS wykazane zostały realne korzyści techniczne, wynikające z zastosowania balansowania aktywnego. Po pierwsze, obliczono średnią sprawność balansowania aktywnego wynoszącą 86%. Wartość ta oznacza, że 86% ładunku odbieranego z przeładowanych ogniw jest kierowane do ogniw niedoładowanych. Dla porównania, w przypadku balansowania pasywnego cały ładunek nadmiarowy jest tracony na rezystorze (przetwarzany na ciepło). Z danych testowych otrzymanych na podstawie wieloletniego serwisowania akumulatorów litowo-jonowych wynika, że typowo ok. 2,5% energii jest przekazywane do akumulatora w trakcie cyklu CV, w którym najczęściej dochodzi do balansowania. Oznacza to, że sprawność balansowania na poziomie 86% odpowiada zwiększeniu całkowitej sprawności ładowania (oszczędności energii) o ok. 2%.

Drugą z korzyści jest zwiększenie szybkości balansowania o ok. 60...80%. W przypadku akumulatorów o pojemnościach do kilkuset Ah prąd balansowania pasywnego wynosi zazwyczaj od 200...500 mA, a proces balansowania może zajmować do 1 godz. dla każdych 100 Ah pojemności akumulatora. W takich układach typowe różnice w naładowaniu poszczególnych ogniw po cyklu CC wynoszą 0,05%...0,2%. Dzięki zastosowaniu balansowania aktywnego przy prądzie dochodzącym do 1 A można osiągnąć czas balansowania wynoszący poniżej 15 minut dla każdych 100 Ah pojemności akumulatora.

Trzecia korzyść dotyczy zwiększenia żywotności pakietu ogniw przy określonych warunkach użytkowania. Problem skróconej żywotności występuje w przypadku pakietów ogniw, które przez dłuższą liczbę cykli nie są całkowicie naładowane. Typowo, tego rodzaju działanie nie jest zabronione przez producentów akumulatorów litowo-jonowych, jednak może wpłynąć negatywnie na zachowanie całego pakietu.

Jest to spowodowane faktem, że w przypadku balansowania pasywnego proces balansowania trwa przede wszystkim w trakcie cyklu CV. Oznacza to, że jeżeli ogniwa nie są ładowane do pełna, to nie dochodzi do balansowania lub są one balansowane w niewielkim stopniu. Tym samym, w dłuższym okresie ogniwa mogą ulec rozbalansowaniu. W efekcie układ BMS może wcześniej rozłączać możliwość rozładowywania akumulatora, kiedy pierwsze ogniwo osiąga dopuszczalne napięcie minimalne, a inne ogniwa mają jeszcze zgromadzoną energię. Tym samym rzeczywista użytkowa pojemność akumulatora dostępna dla użytkownika spada.

Ponadto rozbalansowane ogniwa są obciążane nierównomiernie, co wpływa na ich zmniejszoną żywotność. W przypadku balansowania aktywnego proces balansowania może zostać uruchomiony w dowolnym momencie, przez co unikamy niedogodności technicznych opisanych dla przypadku balansowania pasywnego. Z opisanych powyżej względów wydłużamy również żywotność całego pakietu ogniw.

Kon-TEC Sp. z o.o.

REKLAMA

eprasa.pl d7ac45c7ab

Sejf z jednorazowymi kodami

Sejf z zamkiem elektronicznym to nic zaskakującego czy odkrywczego, jednak zastosowany w projekcie algorytm generowania jednorazowych haseł zasługuje na szczególną uwagę. Zastosowanie hasła, które przydatne jest tylko raz, ma ogromny sens – nawet jeżeli ktoś podpatrzy nasze hasło podczas wpisywania, to nie może go ponownie użyć. Znacznie podnosi to poziom bezpieczeństwa systemu i pozwala zastosować takie rozwiązanie w wielu aplikacjach, nie tylko do zamykania i otwierania sejfu.

Autor projektu otrzymał stary sejf, którego elektronika uległa uszkodzeniu na skutek uszkodzenia baterii. Po wyczyszczeniu rozlanego elektrolitu sejf ponownie działał. Wewnątrz znajduje się przycisk do resetowania kodu PIN. Jak opisuje autor, pomysł wykonania własnego projektu powstał właśnie w trakcie testowania urządzenia. „Kiedy miałem umieścić sejf gdzieś do praktycznego użytku, zacząłem się zastanawiać, jaki byłby dobry kod PIN do użycia, taki, który będę pamiętał przez lata i który nie jest jednym z typowych kodów PIN, których używamy w domu, żeby moje dzieci nie były w stanie go rozgryźć. To sprawiło, że pomyślałem o użyciu haseł jednorazowych, bazujących na algorytmie uwierzytelniającym" pisze autor.

W poniższym artykule przyjrzymy się, w jaki sposób autorowi udało zintegrować mikrokontroler, który można oprogramować w środowisku Arduino, z elektroniką sejfu, a także algorytmowi uwierzytelniania, który używa jednorazowych haseł, generowanych na podstawie czasu systemowego.

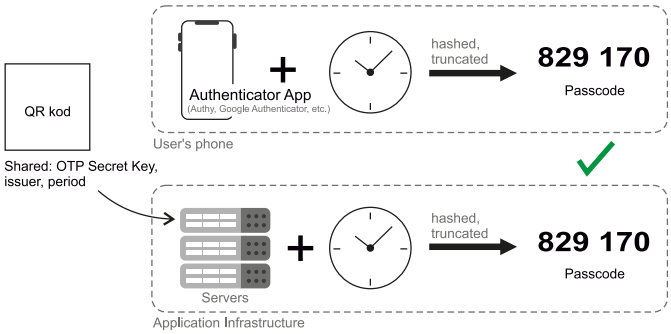
Zasada działania

System używa standardu TOTP (*Time-based One-Time Passwords*), czyli haseł jednorazowych generowanych na podstawie aktualnego czasu. Jest to dosyć szeroko rozpowszechniony mechanizm generowania jednorazowych haseł, stosowany często w systemach uwierzytelniania dwuskładnikowego.

Mówiąc w dużym skrócie – jest to metoda obliczania 6-cyfrowego kodu dostępu z wcześniej określonym kluczem na podstawie bieżącej daty i godziny. Oznacza to, że tak długo, jak sejf może śledzić aktualny czas, będzie można stosować specjalną aplikację, która co 30 sekund generuje nowe hasło pozwalające na otworzenie sejfu.

Algorytm TOTP jest zgodny z otwartym standardem udokumentowanym w RFC 6238. Dane wejściowe obejmują wspólny tajny klucz i czas systemowy. Diagram na **rysunku 1** pokazuje, w jaki sposób obie strony

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 1. Diagram pokazujący obliczanie i weryfikację klucza jednorazowego

mogą osobno obliczyć hasło bez połączenia z Internetem. Algorytm korzysta z pewnej formy kryptografii klucza symetrycznego – ten sam klucz jest używany przez obie strony do generowania i walidacji tokena. TOTP działa w trybie offline, co oznacza, że jedyne dane wejściowe do algorytmu TOTP to czas systemowy i przechowywany tajny klucz. Ani dane wejściowe, ani obliczenia nie wymagają połączenia z Internetem w celu wygenerowania lub zweryfikowania hasła jednorazowego. Dlatego użytkownik może uzyskać dostęp do TOTP za pośrednictwem aplikacji w trybie offline. To doskonałe zastosowanie do aplikacji bazującej na mikrokontrolerze, który nie musi mieć połączenia z siecią. Dodatkowo zastosowanie TOTP jest idealne dla użytkowników, którzy mogą potrzebować dostępu do swojego systemu uwierzytelnienia podczas podróży za granicę, samolotem, na odległym obszarze lub w innym miejscu, gdzie połączenie z Internetem nie może być w żaden sposób zrealizowane.

Mikrokontroler, na którym zaimplementowano opisany powyżej algorytm, zastępuje płytkę sterującą, która oryginalnie znajdowała się w sejfie. Za pomocą przekaźnika mikrokontroler steruje elektromagnesem, który otwiera i zamyka sejf po wpisaniu prawidłowego pinu. Jako wejście, mikrokontroler wykorzystuje oryginalną klawiaturę, dzięki czemu nie było potrzeby wprowadzania zmian w budowie sejfu. Mikrokontroler musi być podłączony do Wi-Fi, aby synchronizować zegar. Jest to wymagane, aby TOTP działał. Prosty kod przyjmuje dane wejściowe z klawiatury i po 6 cyfrach porównuje go z aktualnym TOTP. Jeśli kody są takie same, to układ zamknie przekaźnik na kilka sekund, aby umożliwić otwarcie sejfu.

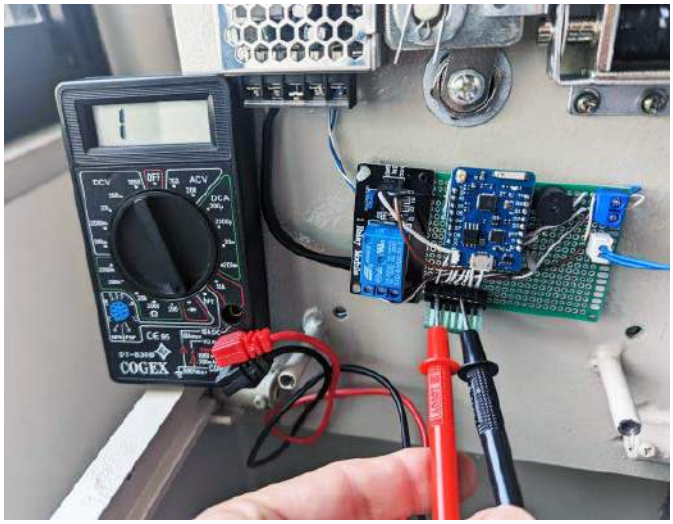
System uzupełnia zasilacz 5 V, 2 A. Tak duży prąd nie jest wymagany i wynika z wykorzystania modułu, który był akurat pod ręką. Dokładne wymagania co do prądu wejściowego zasilacza zależne są od konkretnego sejfu i zapotrzebowania solenoidu na prąd, gdyż to ten element jest głównym obciążeniem w układzie. Mikrokontroler, mimo zastosowania Wi-Fi, ma istotnie mniejsze zapotrzebowanie na prąd.

Potrzebne elementy

Do zestawienia prezentowanego urządzenia potrzebne będą następujące komponenty:

- moduł D1 Mini z mikrokontrolerem ESP8266,
- moduł z przekaźnikami,
- buzzer piezoelektryczny,
- zasilacz 5 V,
- płytka prototypowa.

Dodatkowo urządzenie korzysta z gotowej klawiatury, która jest częścią oryginalnego systemu zabezpieczenia sejfu. Najtrudniejszą częścią było zrozumienie, jak działa klawiatura. Aby połączyć ją z nowym systemem, wymagane były działania z zakresu inżynierii wstecznej. Klawiatura sejfu to klasyczna klawiatura macierzowa w formacie 3×4. Oznacza to, że do układu podłączone jest siedem przewodów, po jednym na każdy wiersz i na każdą kolumnę. Wiersze są podciągane do zasilania, kolumny łączone z masą. Po naciśnięciu klawisza zamyka się obwód i w ten sposób kontroler może dowiedzieć się, który klawisz został naciśnięty. Konieczne było ustalenie kolejności



Fotografia 1. Analiza działania klawiatury

przewodów na taśmie wychodzącej z klawiatury i powiązanie każdego z odpowiednim wierszem i kolumną. Wymagało to przeprowadzenia kilku prób. Autor zastosował multimetr w trybie pomiaru diody, aby sprawdzić każdą parę wyprowadzeń (**fotografia 1**). Naciskając różne klawisze, znalazł zwartą parę dla danego przycisku. Pomiar powtarzany był aż do zidentyfikowania wszystkich kolumn i wierszy. Można było się spodziewać, że wiersze i kolumny będą poukładane w taśmie po kolei. Okazało się, że jest zupełnie inaczej i kolejność poszczególnych linii jest następująca:

- przewód 1 – kolumna 1,
- przewód 2 – rząd 1,
- przewód 3 – rząd 2,
- przewód 4 – kolumna 2,
- przewód 5 – rząd 3,
- przewód 6 – kolumna 3,
- przewód 7 – rząd 4.

Każdy przewód z klawiatury łączy się z innym wyprowadzeniem płytki D1 Mini. Autor zastosował mapowanie pinów tak, jak pokazano na fragmencie kodu z **listingu 1**. Oczywiście, budując ten system, można zastosować zupełnie inne piny, pamiętając jedynie, aby wprowadzić odpowiednie zmiany w programie.

Warto zwrócić uwagę, że linie TX i RX zastosowane zostały jako normalne linie GPIO. Autor podjął taką decyzję, ponieważ do modułu D1 chciał podłączyć także kilka diod LED do sygnalizacji, a nie byłoby to możliwe przy użyciu tylko i wyłącznie samych pinów GPIO. Oznacza to jednak, że nie można zastosować interfejsu szeregowego do komunikacji z komputerem czy debugowania urządzenia. Aby możliwe było użycie linii RX i TX, jako normalnych linii GPIO, należy w bloku *Setup()* wpisać następujące linie pokazane na **listingu 2**.

Listing 1. Kod programu odpowiedzialny za konfiguracje klawiatury

```
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 3;
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
{'1', '2', '3'},
{'4', '5', '6'},
{'7', '8', '9'},
{'A', '0', 'B'}
};
byte rowPins[ROWS] = {TX, RX, D2, D4};
byte colPins[COLS] = {D5, D1, D3};
```

Listing 2. Kod programu zmieniający funkcje wyprowadzeń RX i TX

```
void setup() {
  pinMode(TX, FUNCTION_3);
  pinMode(RX, FUNCTION_3);
  ...
}
```


eprasa.pl d7ac45c7ab

Listing 3. Kod programu sprawdzający dane wejściowe z klawiatury

```
void loop() {
//...
char customKey = customKeypad.getKey();
if (customKey) {
 code[codeIndex] = customKey;
 codeIndex = codeIndex + 1;

 if (codeIndex == 6) {
  if (strcmp(code, $secret$) == 0) {
   // Tutaj otwieramy sejf
  } else {
   // Tutaj informujemy o złym PINie
  }
  codeIndex = 0;
  memset(code, 0, 8);
 }
}

if (codeIndex != 0 && (millis() - lastClickMillis > 5000)) {
 // Tutaj informujemy o złym PINie
 codeIndex = 0;
 memset(code, 0, 8);
}
}
```

Kod odpowiedzialny za kontrolę klawiatury i przyjmowanie danych od użytkownika oraz porównywanie ich z sekretnym kluczem (który zostanie omówiony w dalszej części) pokazuje **listing 3**. Jeśli wprowadzony ciąg jest równy spodziewanemu, to sejf zostanie otwarty, w przeciwnym razie (a także po 5 sekundach bezczynności) blokada ponownie się zamyka i zerowany jest bufor wejściowy.

Podłączenie elektroniki do sejfu

Wszystkie elementy układu połączone są na płytce uniwersalnej, zgodnie ze schematem pokazanym na **rysunku 2**. Może być konieczne wywiercenie w płytce uniwersalnej kilku dodatkowych otworów, aby umieścić wszystkie zastosowane moduły. Na środku płytki uniwersalnej umieszczono złącza dla modułu D1 Mini. Dzięki temu pozostaje dużo miejsca na podłączenie przewodów do wszystkich pinów. W prawym górnym narożniku płytki umieszczono złącze śrubowe do podłączenia zasilacza. Elektromagnes podłączono za pomocą oryginalnego złącza tego elementu. Masa solenoidu podłączona jest bezpośrednio do masy zasilacza, a dodatnie wyprowadzenie podłączono do zasilacza poprzez normalnie otwarte wyprowadzenie przekaźnika, aby możliwe było łatwe sterowanie. Do modułu przekaźników podłączono także zasilanie strony pierwotnej (5 V oraz masę GND). Linia sterująca przekaźnikiem podłączona jest do pinu D0 w module z mikrokontrolerem. Buzzer podłączony jest do masy i do pinu D7 modułu D1 Mini. Finalnie, do mikrokontrolera podłączono siedem linii klawiatury, do pinów TX, RX i D1...D5, zgodnie z wcześniejszym opisem. Na **fotografii 2** pokazano gotowy, zmontowany układ zamontowany w sejfie.

Fotografia 2. Zmontowany i umieszczony w sejfie moduł sterujący

Listing 4. Kod programu odpowiedzialny za konfigurację algorytmu generowania tymczasowego kodu

```
uint8_t hmacKey[] = {
  0x4D, 0x79, 0x20, 0x73, 0x61, 0x66, 0x65
};

TOTP totp = TOTP(
  hmacKey,
  7 // Długość klucza
);
```

Oprogramowanie

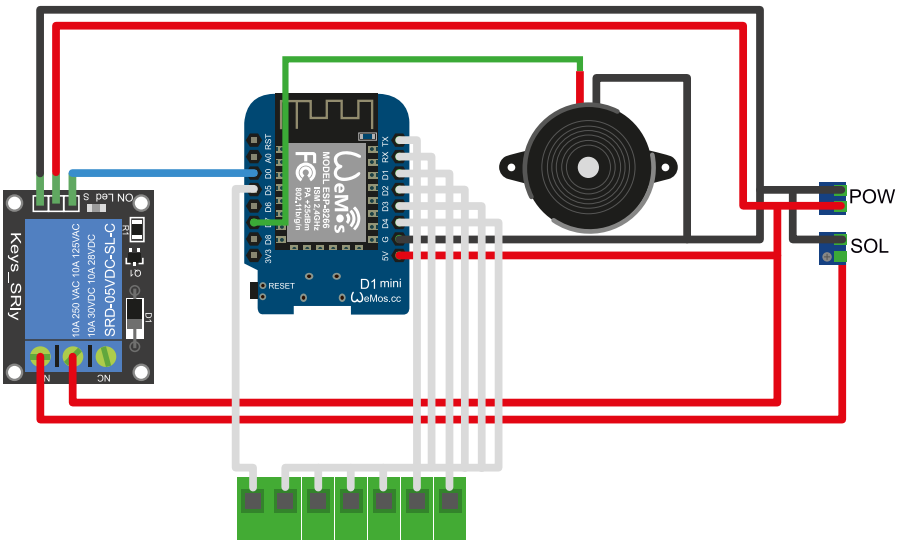
Część kodu została już opisana. Kluczowym elementem oprogramowania jest biblioteka *TOTP.h*, która ma zaimplementowany algorytm generowania tymczasowego jednorazowego kodu PIN. Druga istotna biblioteka, jaką zastosowano, to *ezTime.h*, która pozwala na wygodne użycie zegara czasu rzeczywistego i jego synchronizację z siecią. Obie biblioteki są dołączanie w pierwszych liniach kodu.

Następnie musimy skonfigurować klucz TOTP – słowo, na podstawie którego generowany jest kod PIN. Podane w zmiennej *hmacKey* znaki to kody ASCII naszego klucza – **listing 4**.

```
uint8_t hmacKey[] = {0x4D, 0x79,
0x20, 0x73, 0x61, 0x66, 0x65};
TOTP totp = TOTP(hmacKey, 7);
```

Na tej podstawie generowany jest nowy jednorazowy PIN poprzez obiekt *totp* co 30 sekund.

Następnie system łączy się z siecią Wi-Fi i synchronizuje czas systemowy z aktualnym czasem, pobranym z sieci. Służy temu funkcja *waitForSync()*, która znajduje się w bloku *Setup()* kodu. Aby program działał poprawnie, musimy wcześniej podać także SSID i hasło do sieci bezprzewodowej, w której ma pracować urządzenie.



Rysunek 2. Schemat podłączenia poszczególnych modułów do sejfu

eprasa.pl d7ac45c7ab

Listing 5. Kod programu dla Arduino IDE

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Keypad.h>
#include <TOTP.h>
#include <ezTime.h>

// Konfiguracja Wi-Fi
const char* ssid     = "<SSID>";
const char* password = "<PASSWORD>";
WiFiClient WiFiclient;

// Konfiguracja linii GPIO
#define relayLockPin D0
#define buzzer D7

// Konfifguracja klawiatury
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 3;

char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3'},
  {'4', '5', '6'},
  {'7', '8', '9'},
  {'A', '0', 'B'}
};

byte rowPins[ROWS] = {TX, RX, D2, D4};
byte colPins[COLS] = {D5, D1, D3};

unsigned long lastClickMillis = 0;
char code[6];
int codeIndex = 0;

uint8_t hmacKey[] = {
  // Ten kod tłumaczy się na "My safe"
  // Można zastąpić go dowolnym ciągiem znaków – kodów ASCII
  0x4D, 0x79, 0x20, 0x73, 0x61, 0x66, 0x65
};

TOTP totp = TOTP(
  hmacKey,
  7 // Długość klucza
);

Keypad customKeypad =
  Keypad(makeKeymap(hexaKeys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);

void setup() {
  pinMode(TX, FUNCTION_3);
  pinMode(RX, FUNCTION_3);
  connectWifi(ssid, password);
  pinMode(relayLockPin, OUTPUT);
  digitalWrite(relayLockPin, HIGH);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  waitForSync();
}

void connectWifi(const char* ssid, const char* password) {
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.hostname("mysafe");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
  }
}

void loop() {
  events();  // Do okazjonalnej aktualizacji czasu
  char customKey = customKeypad.getKey();
  if (customKey) {
    lastClickMillis = millis();
    tone(buzzer, 2500, 20);
    code[codeIndex] = customKey;
    codeIndex = codeIndex + 1;
    if (codeIndex == 6) {
      char* tot = totp.getCode(UTC.now());
      if (strcmp(code, tot) == 0) {
        openSafe();
      } else {
        delay(100);
        tone(buzzer, 4500, 150);
        delay(200);
        tone(buzzer, 4500, 150);
        delay(200);
        tone(buzzer, 4500, 300);
      }
      codeIndex = 0;
      memset(code, 0, 8);
    }
  }

  // Jeśli nie wpisano całego PIN
  // po 5 sekundach układ resetuje wpisywanie go
  if (codeIndex != 0 && (millis() - lastClickMillis > 5000)) {
    codeIndex = 0;
    tone(buzzer, 4500, 120);
   }
}

void openSafe() { // Otwarcie sejfu
  tone(buzzer, 3000, 1500);
  digitalWrite(relayLockPin, LOW);
  delay(5000);
  digitalWrite(relayLockPin, HIGH);
}
```

Kod całego programu został pokazany na **listingu 5**. W głównej pętli znajduje się fragment, który po wprowadzeniu sześciu znaków z klawiatury (tj. gdy licznik *codeIndex* osiągnie wartość 6) generuje jednorazowy PIN na podstawie aktualnego czasu – *totp.getCode(UTC.now()* i porównuje go z wprowadzoną wartością. Jeżeli są takie same, to uruchamia funkcję *openSafe()*, a jeżeli nie, to funkcję *incorrectPin()*. Definicje tych funkcji zawierają uruchomienie elektromagnesu sterwanego przekaźnikiem, w momencie, gdy podano poprawny PIN lub załączenie buzzera na określony czas, gdy PIN jest niepoprawny.

Uwagi końcowe

Ten ciekawy projekt prezentuje alternatywną możliwość zabezpieczenia dostępu do sejfu, jednak analogiczne rozwiązanie można zastosować również np. do zamykania drzwi. Projekt jest tylko prototypem i jest w nim jeszcze wiele miejsca na poprawki i udoskonalenia. Nie trzeba chyba dodawać, że ten sejf nie jest zbyt bezpieczny. Istnieje wiele potencjalnych punktów awarii, poza samym sejfem. Jeśli mikrokontroler D1 Mini zawiesi się lub uszkodzi, w ogóle nie będzie możliwości otwarcia sejfu. Ponadto, jeśli utraci on połączenie z Internetem, nie będzie w stanie zsynchronizować swojego zegara, a wtedy hasło będzie nieprawidłowo generowane. Podsumowując – należy być ostrożnym, implementując taki system w jakimkolwiek zastosowaniu.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło
- https://bit.ly/3qD8tfU
- https://bit.ly/3uvA0AR

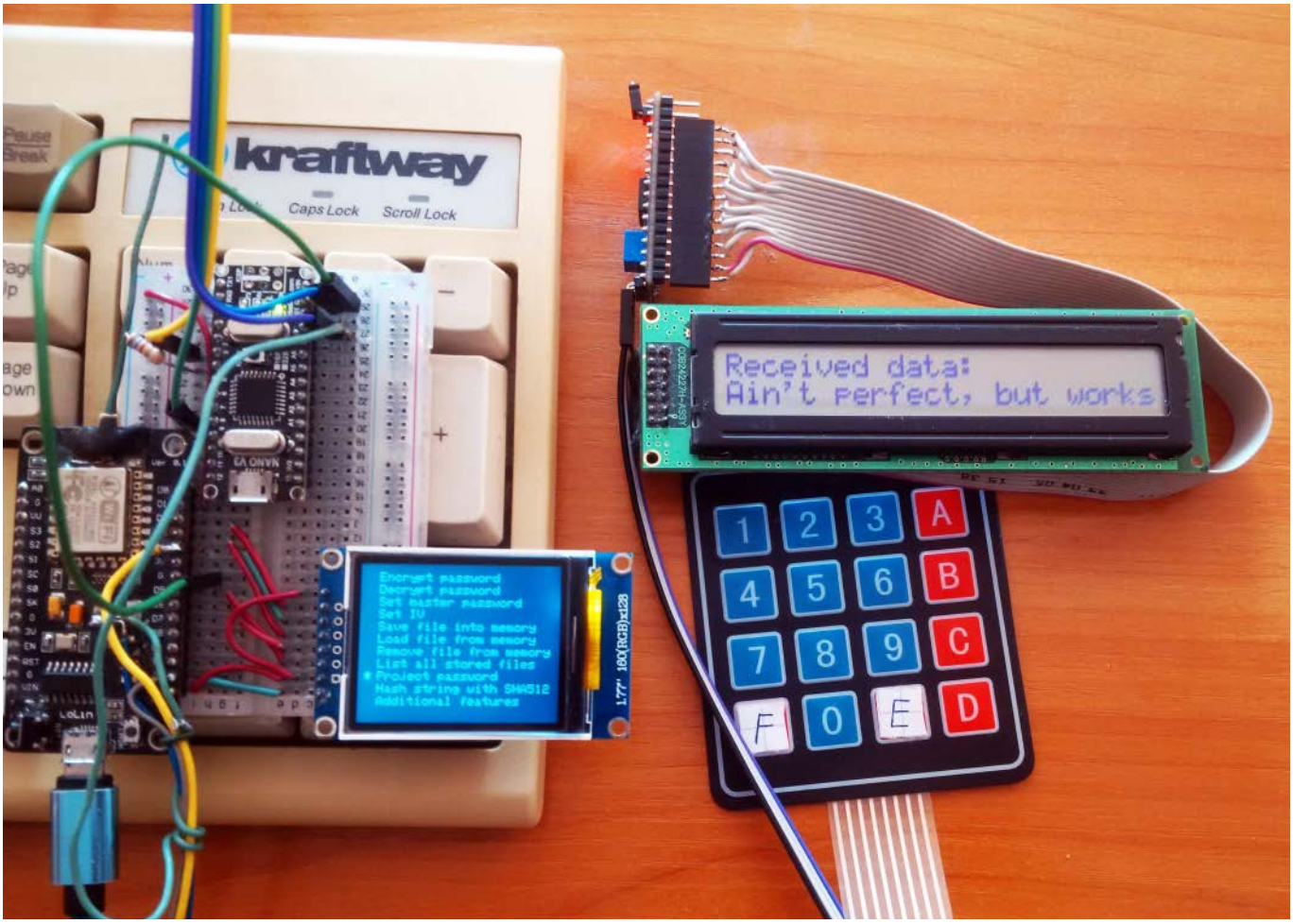
REKLAMA

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?

Zajrzyj na

www.ep.com.pl/EPwtoku

eprasa.pl d7ac45c7ab



Sprzętowy menedżer haseł do komputera PC

Niemal każda usługa w sieci zabezpieczona jest hasłem dostępu. Konto w banku, poczta, fora internetowe itd. Przy ogromnej liczbie haseł, jakie w dzisiejszych czasach trzeba zapamiętać, urządzenia, które nam w tym pomagają, są na wagę złota. Oczywiście należy mieć świadomość tego, że hasło jest tylko tak bezpieczne, jak bezpieczny jest magazyn, w którym jest przetrzymywane.

Artykuł zawiera menedżera haseł. Jest to urządzenie, które przechowuje różne hasła i pozwala na automatyczne wpisywanie ich w komputerze. Sama idea nie różni się od zapisywania ich na kartce. Kluczowym aspektem jest jednak to, jak dobrze ta „kartka" jest zabezpieczona przed niepowołanym dostępem. Jak zaznacza sam twórca urządzenia – przechowywanie haseł w postaci niezaszyfrowanej jest tym samym, co trzymanie klucza do domu pod wycieraczką. Nasz dom może mieć najlepszy zamek na świecie, ale po co, jeśli klucz znajduje się w łatwo dostępnym miejscu?

Zaprezentowane urządzenie ma rozwiązać ten wskazany wyżej problem. Menedżer haseł ma za zadanie umożliwić bezpieczne przechowywanie haseł, kodów, kluczy, pinów itp. w jednym miejscu, które jednocześnie będzie dobrze zabezpieczone przed niepowołanym dostępem. Omawiany magazyn haseł to urządzenie, które ma możliwość szyfrowania zapisywanych w nim haseł, przechowywania ich we wbudowanej pamięci, a następnie bezpiecznego wysyłania haseł do innego urządzenia.

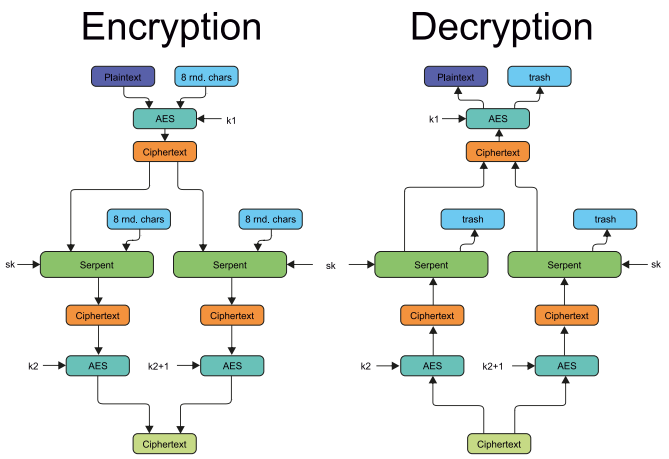
W urządzeniu można skonfigurować również bezpieczne hasło główne i modyfikowalny wektor inicjalizacji (przełączający cyklicznie klucze), aby uniemożliwić atakującemu odszyfrowanie haseł po uzyskaniu fizycznego dostępu do samego urządzenia menedżera.

Potrzebne elementy

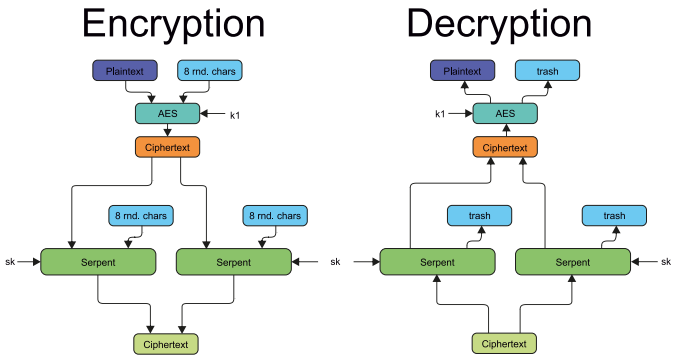
Wszystkie potrzebne do zbudowania systemu elementy pokazano na **fotografii 1**. Do budowy zasadniczego elementu – magazynu haseł, potrzebne są następujące komponenty:

- moduł ESP8266,
- ekran TFT LCD o przekątnej 1,77" z kontrolerem ST7735,
- moduł Arduino Nano, Uno lub inna kompatybilna płytka z mikrokontrolerem,
- klawiatura z interfejsem PS/2,
- złącze PS/2 Port,
- opornik o rezystancji 580 Ω.

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 1. Diagram pokazujący algorytm szyfrowania magazynowanych haseł



Rysunek 2. Diagram przedstawiający algorytm szyfrowania haseł sieci bezprzewodowej

Do zestawienia drugiej części systemu, czyli odbiornika danych (czyli haseł) z ich magazynu, potrzebne będą z kolei:

- moduł ESP32,
- wyświetlacz LCD alfanumeryczny o rozdzielczości 16×2 lub 24×2 znaków,
- adapter I²C dla LCD,
- klawiatura matrycowa 4×4.

Algorytm szyfrowania haseł

Do szyfrowania haseł urządzenie używa algorytmu złożonego z kilku etapów i różnego rodzaju szyfrowania. Hasła szyfrowane są za pomocą AES-256, następnie wynik tego szyfrowania jest szyfrowany za pomocą Serpenta, a następnie ponownie za pomocą AES-256. Analogiczny algorytm używany będzie do dekodowania haseł.

Algorytm szyfrowania potrzebuje jako wejścia ośmiu znaków (64 bitów) i trzech kluczy. Generowane są 192 losowe bity, a wynikiem działania algorytmu jest ciąg sześćdziesięciu czterech znaków, zapisanych w formie heksadecymalnej. Jeśli szyfrowane hasło nie jest wielokrotnością ośmiu, to algorytm dodaje do niego dodatkowe znaki, aby wyrównać bloki kodu do ośmiu. Dokładny algorytm szyfrowania i deszyfrowania haseł pokazano na **rysunku 1**. Realizuje on po kolei następujące kroki:

1. Na wejście algorytmu podawany jest blok znaków.
2. Jeśli długość bloku nie jest równa osiem, to jego długość jest uzupełniana do ośmiu.
3. Uzupełniony blok podawany jest do algorytmu AES, wraz z 64 losowymi bitami.
4. Algorytm AES szyfruje wejściowy blok za pomocą pierwszego klucza. Rezultatem jest 128-bitowy blok danych.
5. Wynik pierwszego szyfrowania dzielony jest na dwa bloki o długości 64 bitów.
6. Do każdego z bloków dodawane są 64 losowe bity.
7. Każdy z uzupełnionych, 128-bitowych bloków jest szyfrowany za pomocą algorytmu Serpent.
8. Każdy z wyników szyfrowania Serpentem jest następnie szyfrowany za pomocą AES z wykorzystaniem drugiego klucza.
9. Wyniki powyższego szyfrowania są konkatenowane, aby algorytm mógł zwrócić pojedynczy ciąg znaków, będący zaszyfrowanym hasłem.

Każdy z kluczy AES zastosowanych do szyfrowania jest inkrementowany po użyciu, dzięki czemu każde kolejne hasło szyfrowane jest innym kluczem. Dodatkowo, to samo hasło, szyfrowane wiele razy, da za każdym razem inny wynik. Własność ta dotyczy wszystkich algorytmów szyfrowania, stosowanych w omawianym urządzeniu.

Algorytm szyfrowania hasła sieci bezprzewodowej

W przeciwieństwie do poprzedniego algorytmu szyfrowania, ten wymaga tylko dwóch kluczy – jeden dla AES i jeden dla Serpenta. Algorytm szyfrowania komunikacji w sieci bezprzewodowej opiera się na AES-256 + Serpent. Na **rysunku 2** pokazano diagram działania szyfrowania i deszyfrowania danych w transmisji bezprzewodowej. Algorytm pobiera osiem znaków (64 bity) jako dane wejściowe (jeśli długość wejściowa nie jest wielokrotnością ośmiu znaków ASCII, stosowane jest dopełnienie), generuje 64 losowe bity (osiem znaków) i przekazuje 128 bitów do szyfru AES. Następnie zaszyfrowany przez AES tekst dzielony jest na połowy, każda po 64 bity. Każda połowa szyfrogramu AES jest następnie przekazywana do szyfrowania przez Serpenta wraz z 64 losowymi bitami. Wreszcie powstały szyfrogram jest generowany jako konkatenacja dwóch szyfrogramów z algorytmu Serpent. Losowe bity generowane podczas procesu szyfrowania są wyrzucane podczas procesu deszyfrowania.

Oprogramowanie

Środowisko Arduino IDE i niezbędne sterowniki

Oprogramowanie systemu napisane jest w Arduino IDE. Konieczna jest jego instalacja, aby skompilować i wgrać do poszczególnych mikrokontrolerów prezentowane tutaj skrypty. Jeśli dopiero zainstalowaliśmy środowisko Arduino lub nigdy wcześniej nie pracowaliśmy z mikrokontrolerami ESP32 czy ESP8266, konieczne jest zainstalowanie odpowiednich sterowników, pozwalających na przesyłanie do nich oprogramowania.

- sterownik dla układu CH340 dla modułów z ESP8266 (https://bit.ly/3tFYSqg),
- sterowniki dla układu CP210x dla modułów z ESP32 (https://bit.ly/35cQPrE).

Oprogramowanie firmware

Po pobraniu i zainstalowaniu środowiska Arduino IDE oraz sterowników do obu wymienionych układów, które są stosowane do komunikacji i programowania ESP8266 oraz ESP32, możemy przystąpić do ich zaprogramowania. Potrzebne firmware dla wszystkich trzech elementów systemu autor umieścił w repozytorium na GitHubie (https://bit.ly/3tEVQCQ). Do pobrania znajdziemy tam trzy foldery ze źródłami dla wszystkich trzech mikrokontrolerów. Z uwagi na ich rozmiar w artykule nie zostaną pokazane kompletne listingi poszczególnych programów.

Wymagane biblioteki

Do uruchomienia i skompilowania oprogramowania projektu potrzebny będzie szereg bibliotek dla Arduino. Należy pobrać i zainstalować następujące biblioteki:

- ESP8266TrueRandom (https://bit.ly/3tGTKCj),
- Adafruit-ST7735-Library (https://bit.ly/3tFYjwG),
- LiquidCrystal_I2C (https://bit.ly/3wBMYjj),
- Keypad (https://bit.ly/3wFZluD),
- PS2Keyboard (https://bit.ly/3IFZDUv).

eprasa.pl d7ac45c7ab

```
Listing 1. Skrypt, który pozwala pozyskać adres MAC modułu ESP32

#include <WiFi.h>
void setup(){
  Serial.begin(115200);
  Serial.println();
  Serial.print("ESP Board MAC Address:  ");
  Serial.println(WiFi.macAddress());
}

void loop(){}
```

Proces pobierania, rozpakowywania i instalowania bibliotek jest dosyć standardowy. Wszystkie umieszczone są w otwartych repozytoriach na GitHubie, co ułatwia ich pobranie lub sklonowanie. Następnie należy rozpakować pobrane pliki do katalogu ...*Arduino**libraries* lub w Arduino IDE kliknąć na przycisk, pozwalający na dodanie biblioteki z pliku ZIP – w takiej sytuacji środowisko programistyczne wykona wszystko za nas.

Generowanie klucza

Aby nieautoryzowane odszyfrowanie haseł stało się niewykonalne obliczeniowo — ważne jest, aby generować własne klucze i nigdy nie używać ich ponownie, chyba że jest to naprawdę konieczne. Najlepszym sposobem na manualne wygenerowanie klucza jest rzucanie 20-ściennymi kostkami.

Sposób postępowania jest bardzo prosty. Musimy rzucić kością tyle razy, ile znaków ma mieć klucz. Jeśli otrzymamy liczbę od 1 do 9, zapisujemy ją. Jeśli otrzymasz liczbę od 10 do 15, zapisujemy literę odpowiadającą tej liczbie w kodzie szesnastkowym: 10=A…15=F. Jeśli otrzymamy 20, zapisujemy do klucza 0. Pozostałe rzuty – z wynikiem od 16 do 19, należy powtórzyć.

Użycie adresu MAC ESP32

Aby pozyskać adres MAC naszego ESP32, musimy załadować i uruchomić na module prosty skrypt, którego kod został pokazany na **listingu 1.** Następnie możemy otworzyć monitor portu szeregowego i odczytać rzeczony adres. Jeśli wszystko uruchomiło się poprawnie, to w monitorze portu szeregowego zostanie pokazany adres MAC. W przypadku płytki autora adres ten to EC:94:CB:67:3A:4C.

Niestety nie wszystkie płytki programują i uruchamiają się bez problemu. Jeśli poprawnie skonfigurowaliśmy IDE, zainstalowaliśmy wszystkie wymagane sterowniki, wybraliśmy odpowiedni port itd. i nadal otrzymujemy krytyczny błąd, mówiący o niemożności połączenia się z modułem (przekroczenie czasu oczekiwania na nagłówek pakietu), to wystarczy do systemu, na czas flashowania, dołączyć kondensator 10 μF pomiędzy pin EN modułu ESP32 a masę.

Uzupełnienie firmware, kompilacja i flashowanie

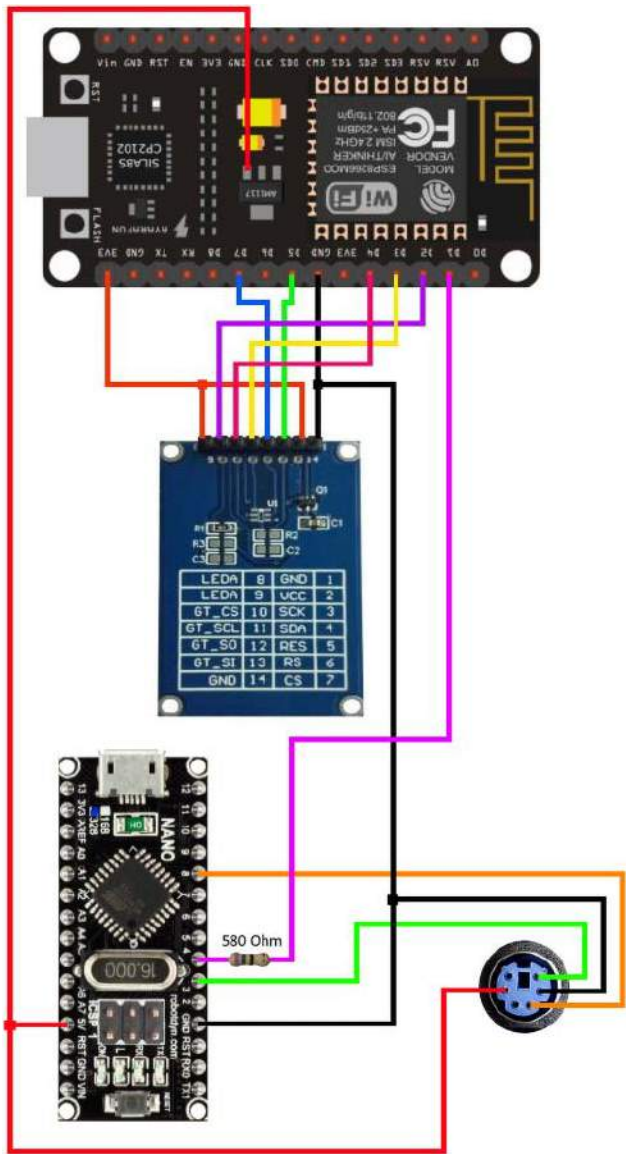
Po pobraniu adresu MAC możemy wpisać go w odpowiednim miejscu w jednym z szkiców programu. W tym celu otwieramy pliki *Firmware_for_ESP8266.ino*, aby wymienić adresu MAC odbiorcy w linii:

```
uint8_t broadcastAddress[] = {0xEC, 0x94, 0xCB, 0x67, 0x3A, 0x4C};
```

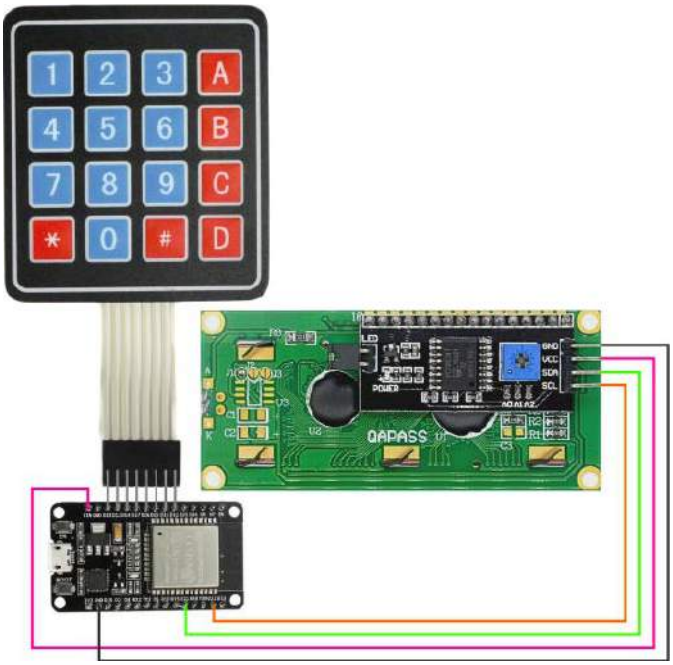
Musimy także zmienić w obu plikach (*Firmware_for_ESP8266.ino* oraz *Firmware_for_ESP32.ino*) klucze na te, które wygenerowaliśmy we wcześniejszym kroku. Magazyn danych wymaga czterech różnych kluczy, a odbiornik potrzebuje dwóch kolejnych. Wpisując w obu szkicach klucze, należy upewnić się, że *skey* i *projector_key* są takie same na obu urządzeniach. Wpisując poszczególne klucze, należy pamiętać, że wszystkie one są w formacie szesnastkowym.

Budowa urządzenia

Przy budowie systemu konieczne jest złożenie dwóch względnie niezależnych od siebie urządzeń. Są one dosyć proste, więc ich montaż nie powinien nastręczyć większej trudności. Pierwszym modułem, jaki należy zmontować, jest magazyn haseł. Na **rysunku 3** został pokazany schemat urządzenia, według którego należy połączyć poszczególne elementy. Jedynym problematycznym elementem, na jaki



Rysunek 3. Schemat ideowy modułu odbiornika



Rysunek 4. Schemat ideowy modułu nadajnika

eprasa.pl d7ac45c7ab

Listing 2. Przykładowe zaszyfrowane hasło

```
Zwykły tekst:
This version of the password vault is a device that has the capability to encrypt your passwords, store the encrypted passwords in its built-in
memory, hash passwords, and securely send passwords to another device.

Zaszyfrowany tekst:
a727fe32fc0a5e9b2e0b71a1ef3d6f3374c2e0fd01f8114db572a5d9d789aea89e0b4a01d172cb8b0d6ec9e13db8e64cf789aa1131048dae19a59f16e7d4f30c637ff263bbc7d6220a3552
455613a2f128389ac5f9a52c005befb23846beb1fe4a2a06bd9a4c410eec106800ca0a5f55ab32504abdf66c74cf1bb60f40d3c56d05442be3ab3358c92c02863e7d0d9a06f78581e02e91
b3ddfbe98d9b948d87c42f113a6522295361360b6237a49a1a64835585a66b354b829fc5ae00daf420f157e23bffa26aaf84bad55ef60c9f1362e3a596d0265d2c6d6911381dff998af994
7a153e2bf1e8093a3098e6c71632be8f15799d681cad8d8bbc58af51b7362877c8e12bcf30daa5b1b29efd70ef7ffeb91f32325cb85028b335de2f5deb052c1a4c901a4873118cee6769f9
0b8c380d64310addf8250b9502a7fe8c8b1c3daffe3638da709973b5b31984e2bbd2dd1748f4be8c90739f3e9bb902179635e95894a81883e785421e9f265e6a182ddbd1daa95cd9383b52
b80cde75330b3ad2e748f65f99b51a70d3a58507544bf2aee154911d723ad0ea09176dc952729d1f3fc62fee18eab7281ef7c4e42588c1a9b624f59369fba4df428a9414fcd4096c5aa910
87029de584054d46bd59e06b4f08acbd622aaca9607f6d5ce101a91972ea3d98e5489caa9ec134809ec5cfac1b7c4c537672e16042361dbf0c87c0f90a0ff7df7f2362651cb5c618c25f4f
99d8ff2fdac7de4bb5d495dc59f9cb2b15694f8a179ff7187a78d50c6258e4cc7b69418a8c4f7361a92eae9ad41744779f41d95e703f7634c79da747a114c0a6c74e5eb6e82927022270af
99589ed3354d3f02bd63d489b56dd715e07206f427debf89ea9ce5dfc657d384ee6ec0822ad2a8ae5c8d3a335329ee9343f778a2be51d358227bc3cf68dc728f2f2ba93aab7fd4e9c932f6
6507b0b3e9354437fc9fa2f48f94ce22df76b0abb463d4847cf743cf0b6b9117532328538674d2b7eb3066111de993e6ca31ec82216edb9673d8eb9e0352f18acd5a0a43ec6843e9abd31e
c40675e5152d6039ad56ff7382e2dca7726116a5684f67a60cdd032fd262991486acb1b583d7d1f234211a7400bfa92e7cad779792365899eec4a3b94b054761c3befff77b12b059af7bb2
5a7f8f8c6440b5667f19243b3f484552e71b2d47abf427c6a9290130ded6a23bcf627b8ccb3cc3
```

Listing 3. Przykładowe odzyskanie hasła

```
Hasło główne:
Your house might have the best lock in the world, but what's the point in it if you keep the key from it in an easily accessible place.

Numer weryfikacyjny: 186
IV: 321654

Zaszyfrowany tekst:
a727fe32fc0a5e9b2e0b71a1ef3d6f3374c2e0fd01f8114db572a5d9d789aea89e0b4a01d172cb8b0d6ec9e13db8e64cf789aa1131048dae19a59f16e7d4f30c637ff263bbc7d6220a3552
455613a2f128389ac5f9a52c005befb23846beb1fe4a2a06bd9a4c410eec106800ca0a5f55ab32504abdf66c74cf1bb60f40d3c56d05442be3ab3358c92c02863e7d0d9a06f78581e02e91
b3ddfbe98d9b948d87c42f113a6522295361360b6237a49a1a64835585a66b354b829fc5ae00daf420f157e23bffa26aaf84bad55ef60c9f1362e3a596d0265d2c6d6911381dff998af994
7a153e2bf1e8093a3098e6c71632be8f15799d681cad8d8bbc58af51b7362877c8e12bcf30daa5b1b29efd70ef7ffeb91f32325cb85028b335de2f5deb052c1a4c901a4873118cee6769f9
0b8c380d64310addf8250b9502a7fe8c8b1c3daffe3638da709973b5b31984e2bbd2dd1748f4be8c90739f3e9bb902179635e95894a81883e785421e9f265e6a182ddbd1daa95cd9383b52
b80cde75330b3ad2e748f65f99b51a70d3a58507544bf2aee154911d723ad0ea09176dc952729d1f3fc62fee18eab7281ef7c4e42588c1a9b624f59369fba4df428a9414fcd4096c5aa910
87029de584054d46bd59e06b4f08acbd622aaca9607f6d5ce101a91972ea3d98e5489caa9ec134809ec5cfac1b7c4c537672e16042361dbf0c87c0f90a0ff7df7f2362651cb5c618c25f4f
99d8ff2fdac7de4bb5d495dc59f9cb2b15694f8a179ff7187a78d50c6258e4cc7b69418a8c4f7361a92eae9ad41744779f41d95e703f7634c79da747a114c0a6c74e5eb6e82927022270af
99589ed3354d3f02bd63d489b56dd715e07206f427debf89ea9ce5dfc657d384ee6ec0822ad2a8ae5c8d3a335329ee9343f778a2be51d358227bc3cf68dc728f2f2ba93aab7fd4e9c932f6
6507b0b3e9354437fc9fa2f48f94ce22df76b0abb463d4847cf743cf0b6b9117532328538674d2b7eb3066111de993e6ca31ec82216edb9673d8eb9e0352f18acd5a0a43ec6843e9abd31e
c40675e5152d6039ad56ff7382e2dca7726116a5684f67a60cdd032fd262991486acb1b583d7d1f234211a7400bfa92e7cad779792365899eec4a3b94b054761c3befff77b12b059af7bb2
5a7f8f8c6440b5667f19243b3f484552e71b2d47abf427c6a9290130ded6a23bcf627b8ccb3cc3

Zwykły tekst:
This version of the password vault is a device that has the capability to encrypt your passwords, store the encrypted passwords in its built-in
memory, hash passwords, and securely send passwords to another device.
```

możemy natknąć się, montując ten układ, jest podłączenie portu PS/2 do płytki. Może to wymagać precyzyjnego lutowania kabli do złączy, jeśli nie uda nam się nabyć gotowego kabla ze złączem tego rodzaju.

Na **rysunku 4** pokazano schemat odbiornika. Montaż tego modułu jest jeszcze prostszy – w zasadzie wymaga tylko podłączenia klawiatury i LCD do płytki z mikrokontrolerem ESP32.

Uruchomienie urządzenia

Uruchomienie i konfiguracja obu układów (zwłaszcza samego magazynu) to wieloetapowy proces. Jeśli chcemy, aby wszystko poszło poprawnie, postępujmy zgodnie z opisem.

Włączenie urządzenia

Po podłączeniu magazynu do zasilania, na wyświetlaczu powinno być widoczne menu. Jego obsługa jest bardzo prosta – gwiazdka oznacza aktualnie wybrany element, naciskając strzałki w górę i w dół, zmieniamy wybrany element. Cała nawigacja w menu urządzenia i jego obsługa realizowane są za pomocą klawiatury.

Ustawienie głównego hasła

Celem hasła głównego jest uniemożliwienie rozszyfrowania notatek poprzez uzyskanie fizycznego dostępu do urządzenia. Hasło główne służy do uzyskania części klucza i nie jest przechowywane w pamięci stałej. Trzeba je wpisać za każdym razem, gdy włączamy urządzenie. Po odłączeniu zasilania od urządzenia każda zmodyfikowana część klucza zostanie utracona, ponieważ jest przechowywana w pamięci ulotnej.

Po wprowadzeniu hasła głównego jest ono szyfrowane SHA-512, następnie wynik przechodzi przez szyfrowanie Serpent 576 razy, a następnie uzyskany wynik jest używany do modyfikacji części dwóch kluczy AES. Jedna z liczb pochodzących z hasła głównego służy jako numer weryfikacyjny. Numer weryfikacyjny musi być zawsze taki sam dla tego samego hasła. Autor użył następującego hasła głównego:

Your house might have the best lock in the world, but what's the point in it if you keep the key from it in an easily accessible place i uzyskał numer weryfikacyjny 186.

Ustawienie wektora inicjalizacji

Cel wektora inicjalizacji (IV) jest taki sam jak hasła głównego. To po prostu inaczej działające zabezpieczenie tych samych danych – zamiast wyprowadzać część klucza z ciągu wejściowego, wektor inicjujący (w tym przypadku) ustawia liczbę iteracji pierwszych szesnastu sekcji klucza. Działa jako licznik. Każda sekcja klucza AES może mieć wartość od 0 do 255. IV dotyczy tylko pierwszych szesnastu sekcji klucza. Działa to w następujący sposób: iteruj bieżącą sekcję, aż osiągnie 255, w następnej iteracji ustaw bieżącą sekcję na zero i zwiększ następną sekcję o jeden. Ta sama zasada dotyczy każdej sekcji. IV musi być liczbą, która służy jako punkt wyjścia dla licznika – jest to punkt startowy, który inkrementuje klucz. Autor użył IV równego 321654.

Zaszyfrowanie i zapisanie hasła

Do szyfrowania i zapisywania haseł potrzebny będzie terminal, łączący się z portem szeregowym, ponieważ zaszyfrowany tekst jest drukowany w monitorze portu szeregowego. Można użyć terminalu zintegrowanego ze środowiskiem Arduino.

Aby zaszyfrować hasło, należy wybrać z menu opcję *Zaszyfruj hasło*, wprowadzić hasło na klawiaturze, a następnie nacisnąć przycisk Enter na klawiaturze. Naciśnięcie przycisku Esc spowoduje przerwanie operacji i powrót do menu głównego. Dotyczy to wszystkich opcji w menu głównym. Autor przetestował, szyfrując fragment tekstu. Wyniki widoczne są na **listingu 2**.

Aby zapisać rekord do pamięci wbudowanej, należy wybrać z menu opcję *zapisz plik w pamięci*, nacisnąć klawisz Enter na klawiaturze, wpisać nazwę pliku w terminalu szeregowym i przesłać informacje do urządzenia. Następnie należy wprowadzić zawartość pliku w polu tekstowym w terminalu szeregowym i ją także wysłać do urządzenia.

Aby załadować zawartość zapisanego pliku, należy otworzyć port szeregowy, wybrać w menu opcję *Załaduj plik* z pamięci, nacisnąć klawisz Enter na klawiaturze, wpisać nazwę pliku w terminalu szeregowym, a następnie wysłać ją do urządzenia.

Aby usunąć zapisany plik, otwórz Monitor szeregowy, wybierz opcję *Usuń plik* z pamięci w menu, naciśnij przycisk Enter na klawiaturze,

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 1. Elementy potrzebne do zbudowania odbiornika i nadajnika menedżera haseł

wprowadź nazwę pliku w polu tekstowym w Monitorze szeregowym, a następnie naciśnij przycisk Wyślij Monitor w Monitorze szeregowym.

Przeglądanie i przywoływanie haseł (deszyfrowanie i projekcja do urządzenia)

Aby wyświetlić listę wszystkich zapisanych plików, należy otworzyć terminal, wybrać opcję *Lista wszystkich przechowywanych plików* w menu i nacisnąć przycisk Enter na klawiaturze. Następnie powinniśmy zobaczyć listę wszystkich zapisanych plików na porcie szeregowym. Jak teraz odzyskać zapisane dane?

Przede wszystkim trzeba ustawić to samo hasło główne i wektor inicjujący, które używane były podczas szyfrowania. Następnie wybieramy opcję *Odszyfruj hasło* w menu, naciskamy przycisk Enter na klawiaturze, a następnie wklejamy zaszyfrowany tekst do Monitora szeregowego. Na **listingu 3** pokazano uzyskane wyniki.

Aby zapobiec nieautoryzowanej modyfikacji zaszyfrowanego hasła lub fałszowaniu hasła przy użyciu już uzyskanych zaszyfrowanych tekstów, należy haszować hasło przed jego zaszyfrowaniem – zaszyfrować hash, a następnie zapisać wynikowy hash w postaci zaszyfrowanej.

Funkcja bezprzewodowego wyświetlania hasła umożliwia bezpieczne przesyłanie hasła z jednego modułu do drugiego. Aby skorzystać z tej funkcji, należy najpierw ustawić klucze w obu modułach. W tym celu należy wybrać w menu opcję *Hasło projektu*, nacisnąć klawisz Enter na klawiaturze, a następnie w odbiorniku wpisać nowo wygenerowany klucz z magazynu haseł na klawiaturze modułu. W obu urządzeniach powinniśmy uzyskać te same numery weryfikacyjne. Jeśli tak nie jest, należy zrestartować odbiornik i ponownie wprowadzić klucz. Aby wygenerować nowy klucz, należy ponownie uruchomić magazyn haseł, a następnie wybrać opcję *Hasło projektu* lub przejść do dodatkowych funkcji, gdzie istnieje możliwość wygenerowania hasła dla komunikacji z modułem bezprzewodowym.

Aby ustawić inny klucz na płytce odbiornika, należy uruchomić go ponownie i wprowadzić nowy klucz na klawiaturze. Po ustawieniu klucza na obu modułach należy nacisnąć dowolny przycisk na klawiaturze, aby przejść do części, w której wpisuje się hasło, a następnie nacisnąć przycisk Enter na klawiaturze, aby wysłać hasło do odbiornika. Autorowi udało się bez problemu wysłać nawet 500-znakowe hasło pomiędzy urządzeniami

Podsumowanie

Używanie wyświetlacza, który wyświetla tylko kilka znaków, nie jest zbyt wygodne, szczególnie przy tak długich hasłach, ale to najlepsze, co udało się autorowi zintegrować z urządzeniem. Alternatywy, takie jak ekrany OLED oparte na sterowniku SSD1306 czy ekran z Nokia 5110, odmówiły współpracy z włączonym protokołem ESP-NOW.

Mimo wszystkich swoich wad i niedogodności to urządzenie jest w stanie szyfrować, bezpiecznie przechowywać, a następnie odszyfrowywać hasła. Pozwala to na jego w pełni praktyczne wykorzystanie. Zastosowane algorytmy gwarantują niemalże pełne bezpieczeństwo zapisanych haseł. Jak pisze autor, urządzenie jest fuzją kilku jego poprzednich projektów, kodu open source, który zaczerpnął z GitHuba, oraz niektórych funkcji dostarczonych przez producenta mikrokontrolera. Pierwsza wersja magazynu haseł stworzona została mniej więcej pół roku przed opracowaniem finalnego układu, jaki tu zaprezentowano.

Układ, oprócz podstawowych funkcji – magazynowania i bezpiecznego szyfrowania haseł tekstowych – umożliwia bezpieczne przesyłanie danych bezprzewodowo za pomocą protokołu ESP-NOW i obliczanie skrótów haseł za pomocą funkcji skrótu SHA-512. Funkcje te można z powodzeniem również wykorzystać w innych projektach, wymagających tego rodzaju zabezpieczeń.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła

- https://www.instructables.com/Password-Vault-V30/
- https://github.com/Northstrix/Password_Vault_V3.0
- https://sparks.gogo.co.nz/ch340.html
- https://www.silabs.com/developers/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers
- https://github.com/marvinroger/ESP8266TrueRandom
- https://github.com/adafruit/Adafruit-ST7735-Library
- https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library
- https://github.com/johnrickman/LiquidCrystal_I2C
- https://github.com/Chris--A/Keypad
- https://github.com/PaulStoffregen/PS2Keyboard

eprasa.pl d7ac45c7ab

Sięgnij po archiwalne wydania
ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ

Przesyłka **GRATIS**

Zamów wygodnie na
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl d7ac45c7ab

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (14)

Front-endy do zastosowań energetycznych (2)

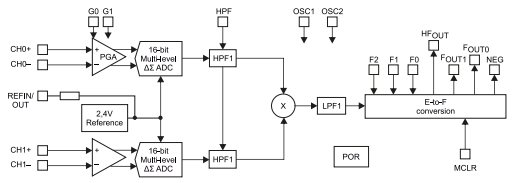
W ramach poprzedniej części Poradnika Implementacji rozpoczęliśmy przegląd układów do pomiaru mocy i energii elektrycznej. Teraz zaprezentujemy zróżnicowaną ofertę firmy Microchip, która wiele układów AFE do aplikacji elektroenergetycznych oferuje już od kilkunastu lat.

Oferta front-endów firmy Microchip, przeznaczonych do zastosowania w woltomierzach i licznikach energii, zawiera w chwili pisania niniejszego artykułu dokładnie dwadzieścia pozycji, których symbole rozpoczynają się wspólnym przedrostkiem MCP39 (**tabela 1**). W naszym opisie zaprezentujemy cztery wybrane przykłady z tej rodziny, które dobrze nakreślają przekrój oferty półprzewodnikowego potentata – pozostałe modele stanowią raczej wariacje na temat tych samych funkcjonalności, przeważnie różniące się liczbą kanałów pomiarowych lub niektórymi dodatkowymi wejściami/wyjściami. Ponadto zaprezentujemy jeden z mikrokontrolerów PIC, przeznaczony do aplikacji mixed-signal oraz integrujący w sobie zarówno wydajny mikroprocesor, jak i wysokiej klasy, 24-bitowy front-end pomiarowy.

MCP3905A/L/06A

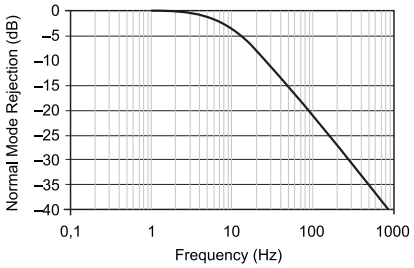
Rodzina układów MCP3905A/L/06A obejmuje trzy zbliżone konstrukcyjnie układy, różniące się jedynie kilkoma parametrami elektrycznymi. Schemat blokowy front-endów pokazano na **rysunku 1**. Układy zostały zoptymalizowane pod kątem użycia w licznikach energii i watomierzach, korzystających z bocznika jako przetwornika prąd → napięcie, stąd kanał „prądowy" (CH0) zrealizowano w postaci wzmacniacza PGA, sterowanego binarnie za pomocą dwóch wyprowadzeń (G0, G1) i połączonego z 16-bitowym przetwornikiem ADC, na wyjściu którego znalazł się sprzętowy filtr górnoprzepustowy (HPF1). W zależności od wersji AFE, zakres wzmocnień wynosi 1-2-8-16 V/V (MCP3905A i MCP3905L) lub 1-8-16-32 V/V (MCP3906A). Kanał pomiaru napięcia ma natomiast stałe wzmocnienie i także zawiera własny przetwornik ADC z cyfrowym filtrem HPF1. Obydwa kanały mają wejścia różnicowe o maksymalnym zakresie napięć bipolarnych (względem masy) równym ±1,0 V. Zakres napięć różnicowych kanału prądowego wynosi ±470/G [mV] (gdzie G oznacza wartość wzmocnienia), zaś dla kanału napięciowego wynosi ±660 mV.

Wyjścia filtrów HPF zostały sprzężone z cyfrowym mnożnikiem, który – poprzez filtr dolnoprzepustowy LPF1 o częstotliwości odcięcia równej 8,9 Hz (**rysunek 2**) – połączony jest z blokiem konwersji E-F (energia → częstotliwość). Wartość częstotliwości wyjściowej F_{OUT}, dostępnej na wyjściu różnicowym tworzonym przez linie F_{OUT0}



Rysunek 1. Schemat blokowy układów z rodziny MCP3905A/L/06A

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



Rysunek 2. Charakterystyka częstotliwościowa filtru LPF układów MCP3905A/L/06A

i F_{OUT1}, jest rzecz jasna zależna nie tyle od całkowitej energii zmierzonej przez układ, co od energii zakumulowanej przez pewien określony czas całkowania:

$$F_{OUT}[Hz] = \frac{8{,}06 \cdot V_0 \cdot V_1 \cdot G \cdot F_C}{\left(V_{REF}\right)^2} \qquad (1)$$

gdzie:
V_0 i V_1 oznaczają napięcia RMS w kanałach CH0 i CH1,
G – wzmocnienie toru prądowego,
V_{REF} – napięcie odniesienia (2,4 V dla wbudowanego źródła),
F_C – wybrana za pomocą cyfrowych linii F0...F2 stała konwersji.

Linie sterujące wpływają ponadto na wyższą 8, 16, 32, 64 lub 2048 razy (w porównaniu do F_C) stałą HF_C, która wykorzystywana jest do generowania przebiegu prostokątnego na wyjściu HF_{OUT} [1].

Wyraźnie krótszy czas całkowania dla sygnału dostępnego na wyjściu HF_{OUT} umożliwia pomiar energii w znacznie mniejszych porcjach, co ma istotne znaczenie dla dokładnej kalibracji liczników energii zbudowanych w oparciu o opisane wyżej układy. Różnicowe wyjście F_{OUT0}/F_{OUT1} może natomiast zostać użyte albo do sterowania elektromechanicznymi licznikami, albo do współpracy z mikrokontrolerem, który zliczanie energii zrealizuje w sposób programowy. Dodatkowe wyjście NEG informuje współpracujące z front-endem obwody zewnętrzne o przekroczeniu przesunięcia fazowego równego 90° (więcej informacji na temat określania kierunku mocy można znaleźć w poprzednim odcinku *Poradnika Implementacji*).

Poszczególne układy z omawianej rodziny front-endów różnią się nie tylko zakresem dynamicznym (MCP3905L/A – 500:1, MCP3906A – 1000:1), ale także parametrami sygnału HF_{OUT} – układy z końcówką „A" oferują ponad 4-krotnie wyższą częstotliwość w czterech zakresach pracy w porównaniu do wersji MCP3905L (która oferuje za to krótsze impulsy w porównaniu do pozostałych członków tej rodziny). Wszystkie front-endy oferują natomiast taki sam poziom dokładności pomiarowej równy 0,1% (dla określonego powyżej zakresu dynamicznego). Warto dodać, że z uwagi na brak kompensacji przesunięcia fazowego układy te nie nadają się do urządzeń realizujących inne metody

eprasa.pl d7ac45c7ab

Tabela 1. Oferta front-endów firmy Microchip, przeznaczonych do zastosowania w woltomierzach i licznikach energii

Produkt	Architektura	Przeznaczenie	Rozdzielczość [bity]	Liczba kanałów wejściowych	Częstotliwość próbkowania (kSPS max.)	Typ wejść	Dokładność pomiaru [%]	Zakres dynamiki	Zakres temperatur [°C]
MCP3901	1-fazowy	AC, DC	24	2	64	pojedyncze, różnicowe	0,1		–40 do 125
MCP3903	wielofazowy	AC, DC	24	6	64	pojedyncze, różnicowe	0,1		–40 do 125
MCP3905A	1-fazowy	AC, DC	16	2	14	różnicowe	0,1	500:1	–40 do 125
MCP3905L	1-fazowy	AC, DC	16	2	14	różnicowe	0,1	500:1	–40 do 125
MCP3906A	1-fazowy	AC, DC	16	2	14	różnicowe	0,1	1000:1	–40 do 125
MCP3909	1-fazowy	AC, DC	16	2	14	pojedyncze, różnicowe	0,1	1000:1	–40 do 125
MCP3910	1-fazowy	AC, DC	24	2	125	pojedyncze, różnicowe	0,1	10000:1	–40 do 125
MCP3911	1-fazowy	AC, DC	24	2	125	pojedyncze, różnicowe	0,1	10000:1	–40 do 125
MCP3912	wielofazowy	AC, DC	24	4	125	pojedyncze, różnicowe	0,1	10000:1	–40 do 125
MCP3913	wielofazowy	AC, DC	24	6	125	pojedyncze, różnicowe	0,1	10000:1	–40 do 125
MCP3914	wielofazowy	AC, DC	24	8	125	pojedyncze, różnicowe	0,1	10000:1	–40 do 125
MCP3918	1-fazowy	AC, DC	24	1	125	pojedyncze, różnicowe	0,1	10000:1	–40 do 125
MCP3919	wielofazowy	AC, DC	24	3	125	pojedyncze, różnicowe	0,1	10000:1	–40 do 125
MCP39F501	1-fazowy	AC	24	2	0,013	pojedyncze, różnicowe	0,1	4000:1	–40 do 125
MCP39F511	1-fazowy	AC	24	2	0,013	pojedyncze, różnicowe	0,1	4000:1	–40 do 125
MCP39F511A	1-fazowy	AC, DC	24	2	0,013	pojedyncze, różnicowe	0,1	4000:1	–40 do 125
MCP39F511N	1-fazowy, wielofazowy	AC	24	3	0,013	pojedyncze, różnicowe	0,5	4000:1	–40 do 125
MCP39F521	1-fazowy	AC, DC	24	2	0,013	pojedyncze, różnicowe	0,1	4000:1	–40 do 125
MCP3905 EOL	1-fazowy	AC, DC	16	2	14	różnicowe	0,1	500:1	–45 do 85
MCP3906 EOL	1-fazowy	AC, DC	16	2	14	różnicowe	0,1	1000:1	–40 do 125

EOL – End of life

Fotografia 1. Aplikacja prostego licznika energii zbudowanego na bazie front-endu MCP3905A (https://t.ly/p50F)

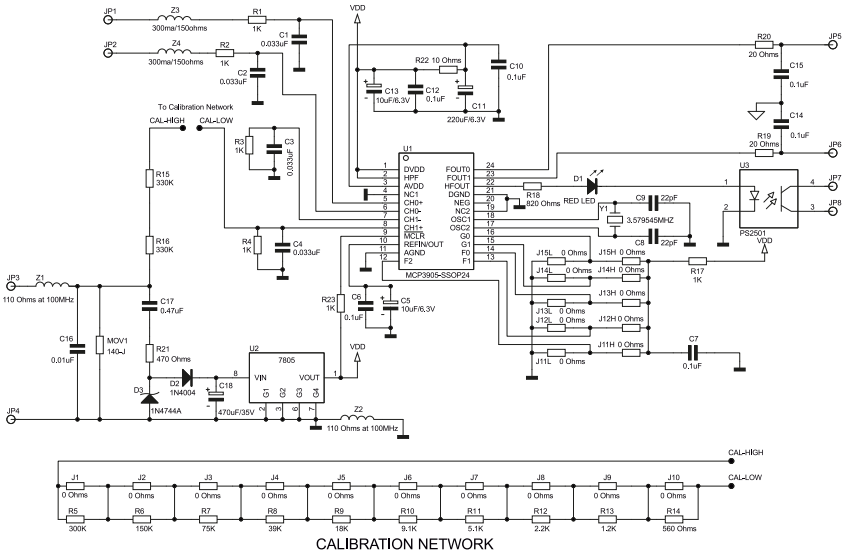
pomiaru prądu niż prosty pomiar spadku napięcia na boczniku – sam układ wprowadza natomiast opóźnienie pomiędzy kanałami nie większe niż 1/MCLK (czyli jeden okres częstotliwości taktowania, równej standardowo 3,58 MHz).

Firma Microchip opracowała interesującą i bardzo prostą aplikację przykładowego licznika, wykonanego z użyciem: elektromechanicznego licznika impulsów, niewielkiej płytki drukowanej z układem MCP3905A oraz bocznika prądowego. Widok zmontowanego urządzenia pokazano na **fotografii 1**, a jego schemat ideowy na **rysunku 3**. Z uwagi na niski pobór mocy układ może być zasilany za pomocą prostego zasilacza beztransformatorowego z szeregowym układem RC i prostownikiem jednopołówkowym (D2, D3). Sieć rezystorów kalibracyjnych umożliwia precyzyjne dobranie stopnia podziału dzielnika napięciowego, tworzonego przez rezystor R4 oraz szeregowe połączenie R15, R16 i R5...R14 (zwieranych w razie potrzeby za pomocą zworek J1...J10). Wyjścia dostępne na zaciskach JP5, JP6 służą do bezpośredniego sterowania wejściem licznika elektromechanicznego, zaś transoptor U3 udostępnia bezpotencjałowe wyjście kalibracyjne, sprzężone po stronie pierwotnej także z czerwoną diodą LED D1.

MCP3909

Schemat układu MCP3909 został pokazany na **rysunku 4**. Stopień wejściowy front-endu ma konstrukcję bardzo zbliżoną do poprzednio opisanych AFE, z tą jednak różnicą, że w tym przypadku producent umożliwił bezpośredni dostęp do kilku podstawowych sygnałów cyfrowych obecnych wewnątrz struktury układu. Wyjścia filtrów górnoprzepustowych, jak i samych przetworników ADC,

eprasa.pl d7ac45c7ab

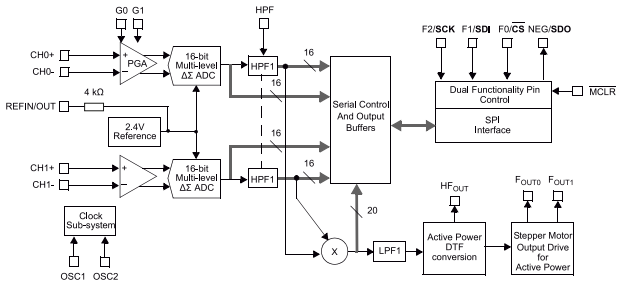


Rysunek 3. Schemat ideowy licznika energii zbudowanego na bazie front-endu MCP3905A (https://t.ly/p50F)

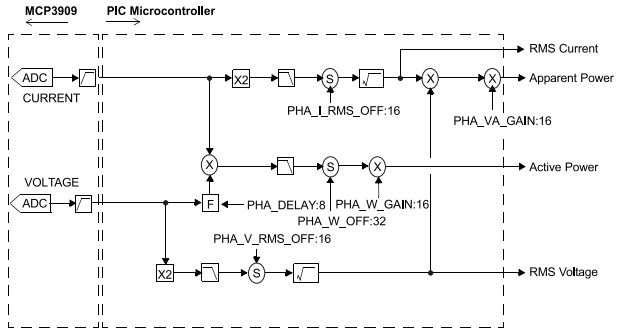
są podłączone do bloku kontrolera, wyposażonego w interfejs SPI. Linie CS, SDI, SCK oraz SDO mogą jednak pełnić także funkcje znane z opisanej poprzednio rodziny front-endów: wejść F0, F1, F2 oraz wyjścia NEG. Ponieważ jednak mnożnik cyfrowy z filtrem LPF1 i blokiem generatorów częstotliwości wyjściowych (HF_{OUT}, F_{OUT0}/F_{OUT1}) są podłączone niejako „równolegle" do wyjść filtrów HPF, to układ może jednocześnie pełnić funkcję urządzenia *slave* dla nadrzędnego mikrokontrolera (poprzez SPI), jak i pełnoprawnego, sprzętowego licznika energii z wyjściem impulsowym. W przypadku korzystania z interfejsu SPI ustawienie współczynników częstotliwości może być wykonane także poprzez odpowiednie komendy szeregowe.

W przypadku układu MCP3909 użytkownik może pozyskać poprzez SPI kody wyjściowe obu przetworników ADC (2×16 bitów) lub słowo wyjściowe mnożnika cyfrowego (20 bitów). Funkcja odczytu gołych danych z przetworników ADC pozwala na zastosowanie bardziej zaawansowanych algorytmów cyfrowego przetwarzania sygnałów już na etapie późniejszej obróbki w zewnętrznym procesorze – schemat funkcjonalny takiego algorytmu, umożliwiającego pomiar napięcia i prądu RMS, mocy czynnej i mocy pozornej, pokazano na **rysunku 5**.

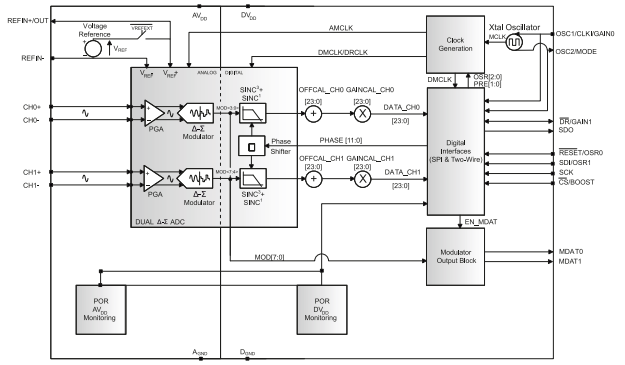
Warto dodać, że ciekawą funkcjonalność zapewnia bezpośredni dostęp do wejścia filtru LPF, co umożliwia zasilenie go danymi przygotowanymi na potrzeby kalibracji, testów automatycznych itd. – układ traktuje dane przesłane przez linię SDI w identyczny sposób, jak gdyby pochodziły one z wbudowanego mnożnika.



Rysunek 4. Schemat blokowy front-endu MCP3909



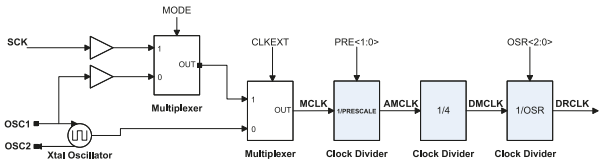
Rysunek 5. Schemat funkcjonalny algorytmu przetwarzania sygnałów pomiarowych z użyciem zewnętrznego mikrokontrolera i układu MCP3909



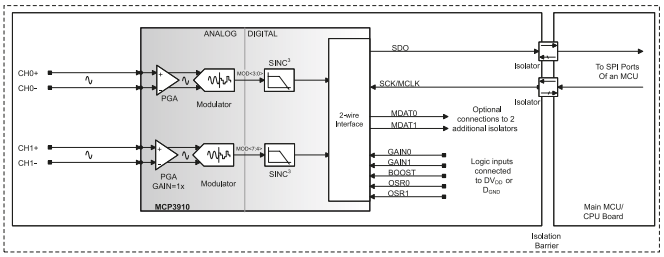
Rysunek 6. Schemat blokowy front-endu MCP3910

MCP3910

Kolejnym układem z oferty firmy Microchip, który warto przedstawić w naszym przeglądzie, jest model o oznaczeniu MCP3910, którego schemat blokowy został pokazany na **rysunku 6**. Front-end jest dalece bardziej zaawansowany w porównaniu do opisanych wcześniej układów i znacznie lepiej wpisuje się w nurt nowoczesnych AFE o dość uniwersalnym charakterze. Dwa kanały wejściowe zostały wyposażone w niezależne wzmacniacze PGA o zakresie wzmocnień 1-2-4-8-16-32 V/V i połączone z 24-bitowymi przetwornikami ADC typu delta-sigma o efektywnej częstotliwości próbkowania do 125 kSps (i to dla nadpróbkowania rzędu 32), taktowanymi przez wspólny dla całego układu blok generatora zegarowego (**rysunek 7**), dostarczającego konfigurowalne przez użytkownika sygnały do taktowania modulatorów i filtrów cyfrowych oraz ustalania prędkości odczytu (*data rate*). Wyjścia modulatorów są połączone z „własnymi" filtrami ($SINC^3$ + $SINC^1$), które – oprócz swojej podstawowej funkcji w konwersji sygnałów, biorą także udział w przesuwaniu fazy, ustawianej za pomocą specjalnego, 12-bitowego rejestru.

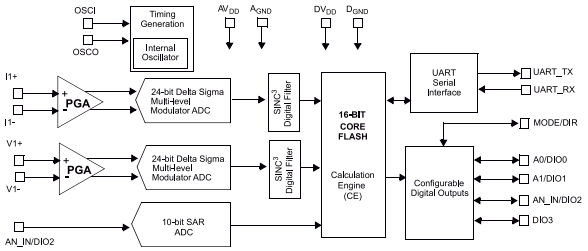


Rysunek 7. Sekcja taktowania front-endu MCP3910

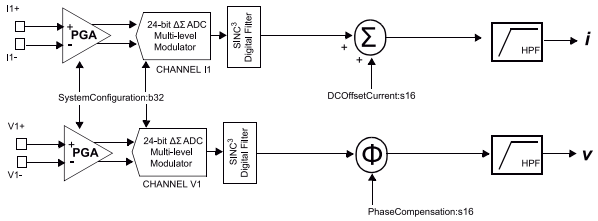


Rysunek 8. Tryb komunikacji dwuliniowej w aplikacji licznika energii z barierą galwaniczną – użycie front-endu MCP3910 i dwóch jednokierunkowych separatorów

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 9. Schemat blokowy front-endu MCP39F501



Rysunek 10. Schemat blokowy torów pomiarowych U/I front-endu MCP39F501

Sygnały wyjściowe filtrów poprzez 24-bitowe sumatory i mnożniki (używane do kalibracji wzmocnienia oraz offsetu napięciowego) są podłączone do wspólnego bloku kontrolnego, oferującego możliwości komunikacji przez SPI lub dwuliniowy interfejs szeregowy. Ten pierwszy może być użyty w bardziej rozbudowanych aplikacjach, wymagających pełnej kontroli wszystkich parametrów front-endu, podczas gdy drugi z wymienionych trybów pracy został silnie zoptymalizowany pod kątem redukcji liczby linii cyfrowych, niezbędnych do komunikacji z układem. Choć z pozoru mogłoby wydawać się, że taka opcja jest mało przydatna w układach wyposażonych w najprostszy nawet mikrokontroler, to w rzeczywistości uproszczenie szyny komunikacyjnej do dwóch jednokierunkowych linii znakomicie ułatwia projektowanie urządzeń, wymagających izolacji galwanicznej pomiędzy blokiem pomiarowym a resztą urządzenia (np. interfejsem użytkownika lub równorzędnymi modułami – w przypadku systemów trójfazowych).

Schemat koncepcyjny idei układu do pomiaru energii elektrycznej z prostą izolacją galwaniczną pokazano na **rysunku 8**. Warto dodać, że zastosowane przez konstruktorów firmy Microchip rozwiązanie znacząco zmniejsza koszty budowy urządzenia, gdyż odpowiednie zastosowanie dwóch szybkich transoptorów jest dalece bardziej przystępne finansowo niż korzystanie ze specjalizowanych izolatorów cyfrowych.

W trybie pracy dwuliniowej do przesyłania zegara z kontrolera nadrzędnego do front-endu używana jest linia SCK/MCLK, zaś do transmisji danych w drugą stronę – wyprowadzenie SDO. Warto zauważyć, że w tym przypadku nie mamy już możliwości konfiguracji parametrów front-endu poprzez łącze szeregowe – do tego celu służą więc inne wejścia cyfrowe: linie RESET, SDI, CS, OSC1 i DR przejmują role (odpowiednio) wejść OSR0, OSR1, BOOST, GAIN0 i GAIN1. Pierwsze dwa z nich (OSR0/1) umożliwiają ustalenie nadpróbkowania przetworników delta-sigma (64/128/256 lub 512), linia BOOST służy zaś do „podkręcenia" częstotliwości próbkowania (kosztem zwiększenia poboru mocy), a wejścia GAIN0/1 ustawiają wzmocnienie PGA kanału CH0 (dostępne wartości to: 1, 8, 16 i 32). Co ciekawe, cały front-end – niejako przy okazji – automatycznie sychronizuje się w omawianym trybie pracy z zegarem (SCK=MCLK), co pozwala w prosty sposób osiągnąć pełny synchronizm wszystkich bloków pomiarowych współdziałających w systemie wielofazowym. Na marginesie warto wspomnieć, że układ MCP3910 nie ma żadnych wbudowanych funkcji typowo obliczeniowych (nawet mnożnika, znanego z poprzednio omówionych front-endów) – całość obliczeń należy zatem wykonać programowo po stronie nadrzędnego procesora.

MCP39F501

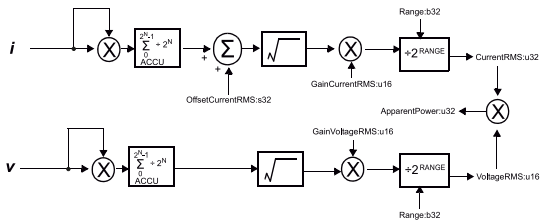
Układ MCP39F501 (**rysunek 9**) to zdecydowanie najlepiej wyposażony front-end „energetyczny" ze wszystkich zaprezentowanych w tym artykule. Dwa różnicowe wzmacniacze PGA współpracują z niezależnymi, 24-bitowymi przetwornikami ADC typu delta-sigma i filtrami SINC^3, zaś dane otrzymane z obydwu kanałów są przetwarzane przez 16-bitowy rdzeń obliczeniowy DSP, komunikujący się z urządzeniami nadrzędnymi za pomocą interfejsu UART. Duży zakres dynamiczny (4000:1) i wysoka dokładność pomiaru (0,1%) to jednak zaledwie część zalet tego rozbudowanego front-endu – układ dokonuje bowiem sprzętowych obliczeń mocy czynnej, biernej i pozornej, wartości RMS prądu i napięcia, a nawet… częstotliwości sieci energetycznej (w zakresie 45...65 Hz) i współczynnika mocy. Co ważne – wszystkie wymienione parametry są mierzone z taką samą dokładnością. Obydwa tory pomiarowe (I, U) zostały wyposażone w niezależne filtry górnoprzepustowe, nie zabrakło też rejestrów przeznaczonych do cyfrowej kompensacji przesunięcia fazowego i offsetu DC (**rysunek 10**).

Producent zastosował ciekawe rozwiązanie w zakresie półautomatycznego, szybkiego wzorcowania. Po podłączeniu obciążenia o znanych wartościach prądu, napięcia i mocy czynnej wystarczy wpisać te parametry do odpowiednich rejestrów, a następnie wywołać pojedynczą komendę autokalibracji. Układ samodzielnie nadpisze wartości rejestrów konfiguracyjnych odpowiednimi liczbami. Dokładną kalibrację można też przeprowadzić dla pozostałych mierzonych wielkości, a metrologiczną jakość AFE podwyższa dodatkowo wbudowany tor pomiarowy z 10-bitowym przetwornikiem ADC, pozwalający na pomiar temperatury za pomocą wybranego czujnika analogowego. W połączeniu z wbudowaną pamięcią EEPROM opisane możliwości zapewniają potężne ułatwienie dla projektantów, którzy starają się zminimalizować funkcjonalny udział układów dodatkowych w aplikacji front-endu MCP39F501.

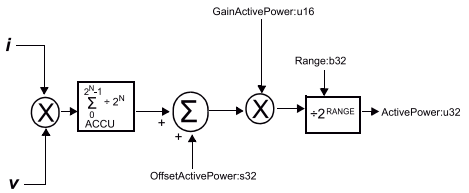
Warto poświęcić nieco uwagi metodom obliczeniowym, zastosowanym „na pokładzie" układu MCP39F501. Na **rysunku 11** pokazano schemat przepływu danych podczas obliczania mocy pozornej. Próbki prądu i napięcia są podnoszone do kwadratu, po czym są uśredniane w niezależnych akumulatorach. Następnie spierwiastkowane wartości poddaje się skalowaniu, przemnażając je przez stałe kalibracji wzmocnienia. Tak powstałe iloczyny są następnie skalowane w dół w wyniku dzielenia przez stałe zakresów (RANGE), po czym mnożone w celu wyznaczenia wartości mocy pozornej.

Procedura wyznaczania mocy czynnej została zobrazowana na **rysunku 12**. W tym przypadku wartości prądu i napięcia są najpierw mnożone przez siebie, następnie uśredniane i wstępnie kondycjonowane w opisany wcześniej sposób (w tym przypadku z użyciem offsetu i współczynnika kalibracyjnego mocy czynnej), po czym skalowane w dół przez dzielnik zakresu.

Sposób wyznaczania wartości mocy biernej został pokazany na **rysunku 13**. Procedura przebiega w sposób zbliżony do poprzednio

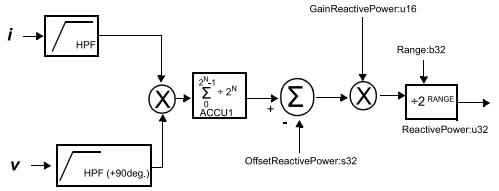


Rysunek 11. Metoda obliczania wartości RMS napięcia i prądu oraz mocy pozornej w układzie MCP39F501

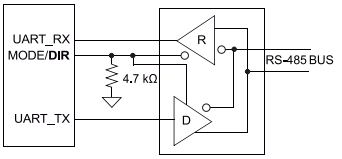


Rysunek 12. Metoda obliczania mocy czynnej w układzie MCP39F501

eprasa.pl d7ac45c7ab



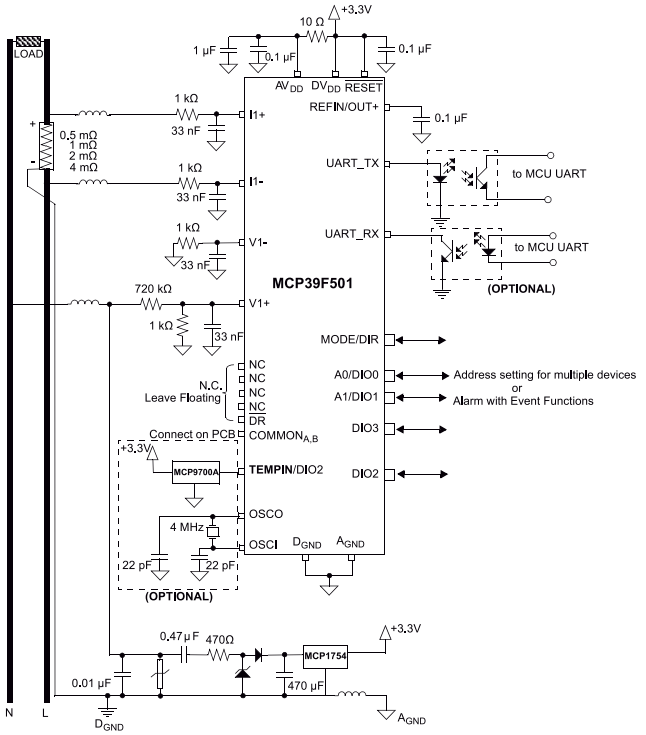
Rysunek 13. Metoda obliczania mocy biernej w układzie MCP39F501



Rysunek 14. Schemat aplikacyjny front-endu MCP39F501 z transceiverem RS-485

opisanej, ale z tą różnicą, że próbki napięcia są przesuwane w fazie o 90°, a dodatkowo offset mocy biernej jest odejmowany od wyniku uśredniania, nie zaś dodawany do niego (jak miało to miejsce w przypadku procedury z rysunku 12).

Warto dodać, że projektanci układu MCP39F501 poczynili jeszcze jeden krok w celu ułatwienia życia projektantom liczników energii bazujących na prezentowanym przez nas front-endzie. Linia MODE/DIR może być bowiem zastosowana do sterowania wejściem kierunkowym zewnętrznego transceivera (nadajnika/odbiornika linii) RS485, co schematycznie pokazano na **rysunku 14**. Na **rysunku 15** zaprezentowano natomiast przykładowy schemat aplikacyjny układu z zastosowaną barierą galwaniczną interfejsu UART. Dla ścisłości należałoby zwrócić uwagę na bezpośrednie podłączenie linii UART_TX i UART_RX odpowiednio do anody diody nadawczej i kolektora fototranzystora poszczególnych transoptorów. Takie rozwiązanie wydaje się mało realne, tym bardziej że w nocie katalogowej trudno znaleźć jakiekolwiek informacje na temat niezbędnego tutaj ograniczenia prądowego na wyjściu szeregowym czy też linii podciągającej na wejściu UART_RX. W przypadku budowy praktycznego układu bazującego na MCP39F501 zdecydowanie lepiej zatem przewidzieć użycie w pełni cyfrowego izolatora galwanicznego, takiego jak wdrożony w przykładowej aplikacji producenta układ IL721-3E [2].



Rysunek 15. Schemat aplikacyjny MCP39F501 – jednofazowy licznik energii z izolowanym galwanicznie interfejsem UART

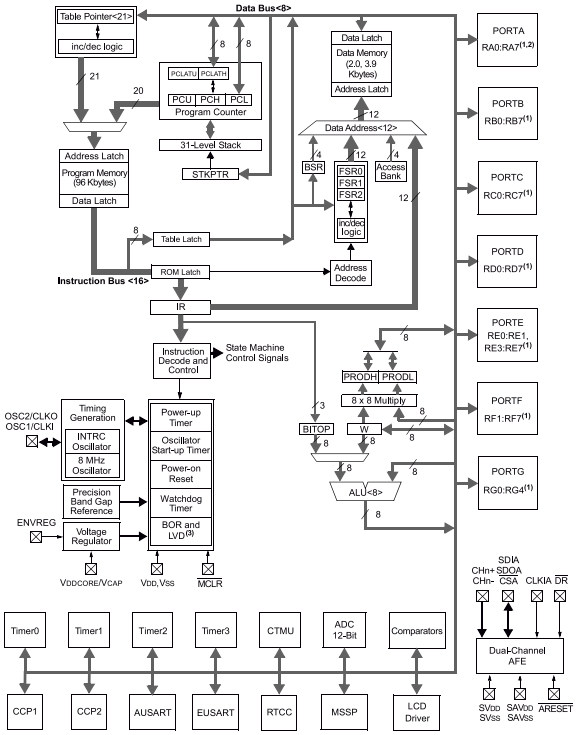
PIC18F87J72

Na koniec artykułu pozostawiliśmy ciekawy przykład połączenia front-endu analogowego z pełnowymiarowym mikrokontrolerem. Układ PIC18F87J72, którego schemat blokowy pokazano na **rysunku 16**, ma zaskakująco – jak na omawianą klasę układów scalonych – heterogeniczną strukturę. Sam procesor jest bowiem umieszczony niejako obok front-endu (**rysunek 17**), o czym świadczy obecność osobnych wyprowadzeń przeznaczonych dla obydwu bloków. Co jeszcze ciekawsze, sprawa dotyczy nie tylko linii wejść sygnałowych i zasilających, ale nawet… wejść i wyjść cyfrowych, w tym odpowiedzialnych za interfejs SPI. Rozwiązanie takie umożliwia zatem podłączenie na wspólnej szynie SPI zarówno wewnętrznego AFE, jak i innych (zewnętrznych) układów podrzędnych. Dobrym punktem wyjścia dla projektantów liczników energii bazujących na mikrokontrolerze z rodziny PIC18F87J72 jest nota aplikacyjna, z której zaczerpnęliśmy fragment schematu ideowego, pokazany na **rysunku 18** – można na nim zobaczyć wspomniane już połączenie odpowiadających sobie linii interfejsu SPI pomiędzy blokiem komunikacyjnym procesora a front-endem. Natomiast na **fotografii 2** widać zmontowany model licznika opisanego w nocie DS51931A.

Warto dodać, że rodzina PIC18F87J72, oprócz wbudowanego AFE, ma także szereg innych bloków i funkcji, doskonale wpisujących się w nurt energooszczędnych liczników statycznych – dość powiedzieć o rozbudowanym kontrolerze LCD z wewnętrznym układem podwyższającym napięcie, sprzętowym RTC czy też wsparciu emulacji pamięci EEPROM za pomocą samoprogramowalnej pamięci Flash.

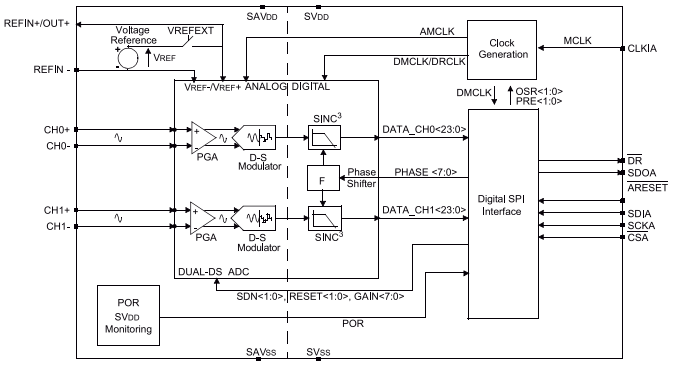
Podsumowanie

Oferta firmy Microchip w zakresie front-endów analogowych przeznaczonych do aplikacji energetycznych okazuje się mocno zróżnicowana i obejmuje zarówno proste układy do podstawowych zastosowań, jak i zaawansowane front-endy z wbudowanymi silnikami obliczeniowymi, a dopełnieniem tego segmentu oferty znanego producenta półprzewodników są rozbudowane mikrokontrolery z wbudowanymi obwodami pomiarowymi. Znamienny pozostaje fakt, iż wszystkie zaprezentowane tutaj układy bazują na cyfrowym przetwarzaniu sygnałów pomiarowych i to już



Rysunek 16. Uproszczony schemat blokowy mikrokontrolera PIC18F87J72

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 17. Schemat blokowy torów wejściowych mikrokontrolera PIC18F87J72

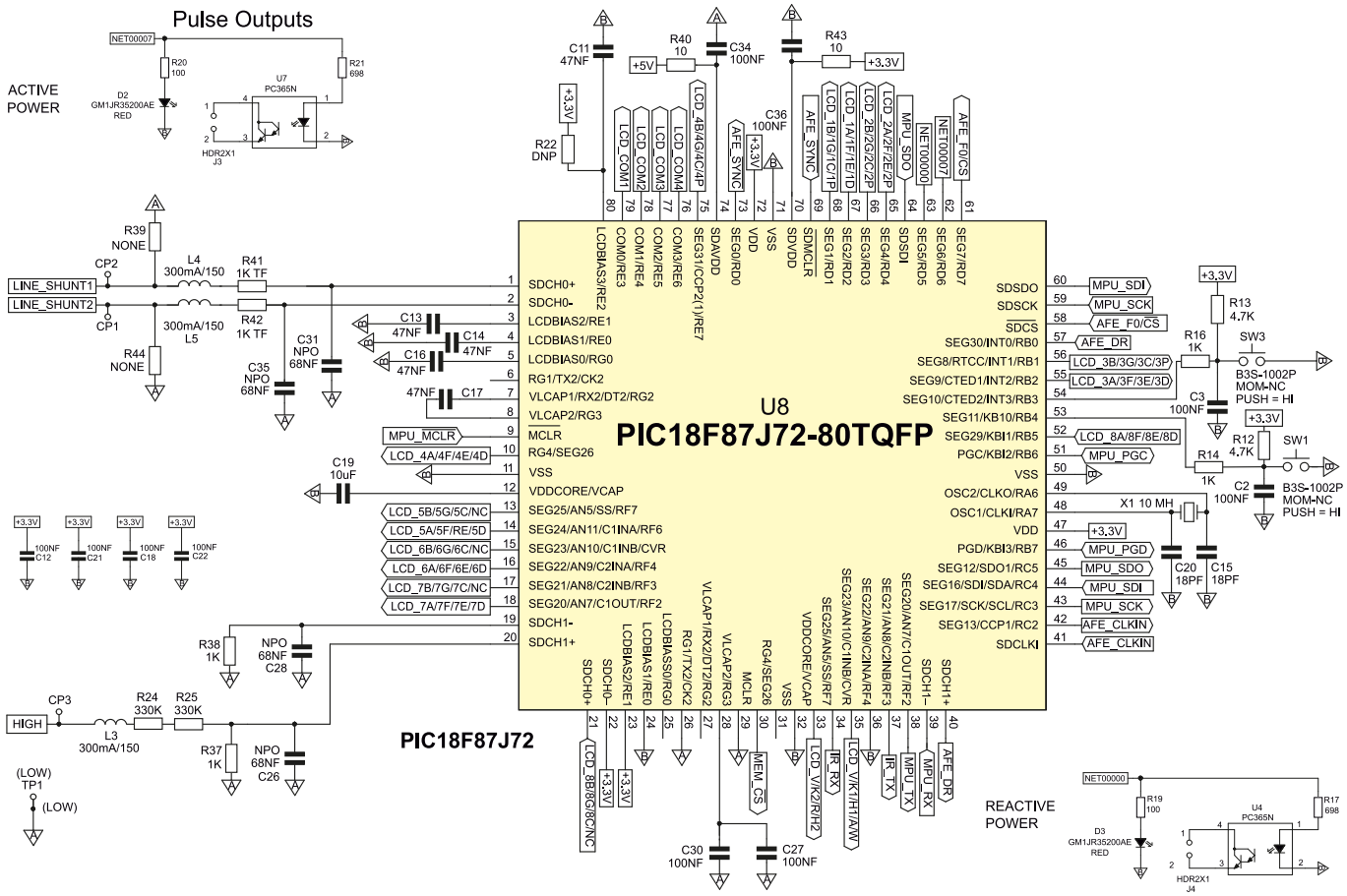
Fotografia 2. Widok cyfrowego licznika energii elektrycznej zbudowanego według dokumentacji z noty aplikacyjnej DS51931A firmy Microchip (https://t.ly/CIGib)

od najwcześniejszego możliwego etapu – konwersja na postać cyfrową odbywa się zaraz po wzmocnieniu za pomocą PGA i dalej cały proces (wielopoziomowa filtracja, mnożenie, kalibracja, skalowanie i inne obliczenia) jest już realizowany w pełni cyfrowo. Choć takie podejście do budowy front-endów może wydawać się pewnym zaskoczeniem, to w gruncie rzeczy trudno się temu dziwić – wszak uzyskanie precyzyjnego, stabilnego toru przetwarzania sygnałów mocy w sposób czysto analogowy byłoby wysoce nieopłacalne (zwłaszcza z uwagi na sam blok mnożnika). Tymczasem wszystkie oferowane przez Microchipa układy oferują doskonałą dokładność na poziomie 0,1% – w połączeniu z licznymi ułatwieniami i obecnością typowo „licznikowych" funkcji dodatkowych, zastosowanie gotowych AFE w licznikach energii, watomierzach czy też obwodach monitorowania poboru mocy w rozbudowanych systemach zasilania wydaje się całkowicie uzasadnionym rozwiązaniem.

inż. Przemysław Musz, EP

[1] Stała HF_C zastępuje stałą F_C we wzorze (1) podczas obliczania częstotliwości na wyjściu HF_{OUT}.

[2] Zainteresowanych Czytelników odsyłamy w tym miejscu do projektu płytki ewaluacyjnej MCP39F501 POWER MONITOR PICTAIL (produkt ADM00509) – https://t.ly/iUEk.



Rysunek 18. Schemat aplikacyjny mikrokontrolera PIC18F87J72 w aplikacji licznika energii – fragment (https://t.ly/CIGib)

eprasa.pl d7ac45c7ab

Pierwsza część artykułu była omówiona w EP 3/2022: **https://bit.ly/3LEAdsv**

Projektowanie DFM

– optymalizacja projektu PCB

Montaż obwodów drukowanych stanowi krytyczny etap w procesie produkcji urządzeń elektronicznych, bezpośrednio wpływający na ich niezawodność oraz parametry, ale także w dużej mierze definiujący koszty ponoszone przez producenta. Choć stosunkowo rzadko zdarza się, by sam konstruktor brał aktywny udział w seryjnej produkcji wyrobu, to w istocie właśnie do niego należy odpowiednie przygotowanie projektu – w sposób umożliwiający spełnienie wszystkich założeń funkcjonalnych przy jednoczesnej optymalizacji kosztów wytworzenia. Co więcej – nieprzemyślana konstrukcja PCB może w istotny sposób utrudnić produkcję i podwyższyć jej koszty.

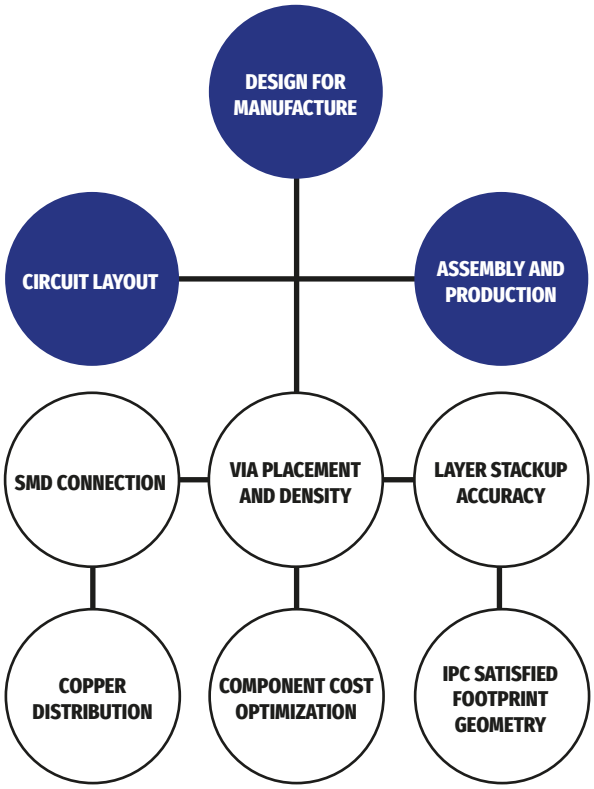
Współczesne procesy produkcji urządzeń elektronicznych są szczególnie podatne na wpływ licznych czynników technologicznych i logistycznych: wyraźnie oddziałują one na całkowity budżet wytworzenia danego produktu. Co ważne, zależności te są widoczne nie tylko w masowej produkcji (nietrudno oszacować, jak nawet najmniejszy dodatkowy rezystor bądź kondensator przekłada się na koszt serii urządzeń produkowanych w setkach tysięcy czy milionach egzemplarzy) – nawet w niewielkiej skali brak optymalizacji projektu oraz błędy ogólnej logistyki procesu produkcyjnego mogą przełożyć się na niepożądany wzrost wydatków na zaopatrzenie, a jednocześnie na opóźnienia w realizacji zamówień.

Problem nadmiarowych kosztów generowanych przez zastosowanie w projekcie dodatkowych (niewymaganych przez oczekiwaną funkcjonalność i/lub wymogi bezpieczeństwa bądź kompatybilności elektromagnetycznej) elementów to zaledwie czubek przysłowiowej góry lodowej. W równym stopniu na straty producenta może wpłynąć zastosowanie komponentów zbyt drogich czy też mających nieodpowiedni status rynkowy. Do tej pory projektanci mogli wybierać komponenty, kierując się czy to polityką danego producenta (wielu potentatów rynku półprzewodników wprowadziło programy *product longevity*, zapewniając dostępność danego procesora bądź innego układu scalonego przez określony czas liczony w latach od daty wprowadzenia na rynek), czy to aktualnym statusem handlowym [1]. W dobie krzemowego krachu, wywołanego m.in. przez pandemię covid-19, problem ten stał się znacznie bardziej palący, gdyż wiele (jeżeli nie większość) komponentów znikała i wciąż znika z magazynów w niespotykanym wcześniej tempie, zaś planowane terminy kolejnych dostaw są odległe o kilkadziesiąt tygodni, a nierzadko nawet o kilka lat.

DFM – design for manufacturing

Remedium zarówno na opisane wyżej problemy, jak i na wiele innych zagrożeń czyhających na kieszenie wytwórców elektroniki jest zastosowanie zasad oraz technik projektowania zorientowanego na wytwarzanie

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 1. Schematyczne zobrazowanie elementów wchodzących w skład podejścia DFM (https://t.ly/aBnYO)

(DFM). Metodologia ta obejmuje bardzo wiele zagadnień (**rysunek 1**), a wśród nich warto wymienić m.in.:

- optymalizację ułożenia elementów na PCB z uwzględnieniem tak samego lutowania płytki drukowanej, jak i jej kooperacji z mechaniką urządzenia,
- właściwe zarządzanie parametrami ścieżek i pól miedzi,
- zastosowanie norm i wytycznych dot. geometrii i rozmiaru padów montażowych,
- wybór ułożenia oraz technologii wykonywania przelotek,
- sposób przyłączania komponentów SMD,
- optymalizację BOM projektu,
- uwzględnienie tolerancji wykonawczych stosu warstw PCB,
- przygotowanie markerów optycznych dla systemów wizyjnych.

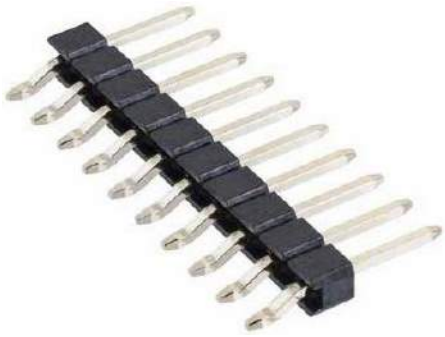
Tematyka DFM jest niezwykle szeroka i w kompleksowym ujęciu obejmuje swoim zasięgiem praktycznie cały proces tworzenia produktu, od schematu ideowego czy też wyboru komponentów, aż po kwestie montażu kompletnego urządzenia (włącznie z wewnętrznym okablowaniem, umieszczeniem urządzenia w obudowie czy też „uzbrojeniem" panelu czołowego, złączy oraz montażem podsystemów mechanicznych). W tym artykule skupimy się na najważniejszych aspektach ściśle powiązanych z projektowaniem obwodów drukowanych.

Optymalizacja na poziomie BOM

Właściwy dobór elementów do danego projektu pozwala uniknąć szeregu problemów, które mogłyby pojawić się na późniejszych etapach pracy z urządzeniem. Wcześniej wspomnieliśmy już o konieczności zwracania uwagi na aktualny status komponentów (*active, obsolete, end of life, not recommended for new designs*), teraz natomiast rozszerzymy wątek o kolejne zagadnienia praktyczne.

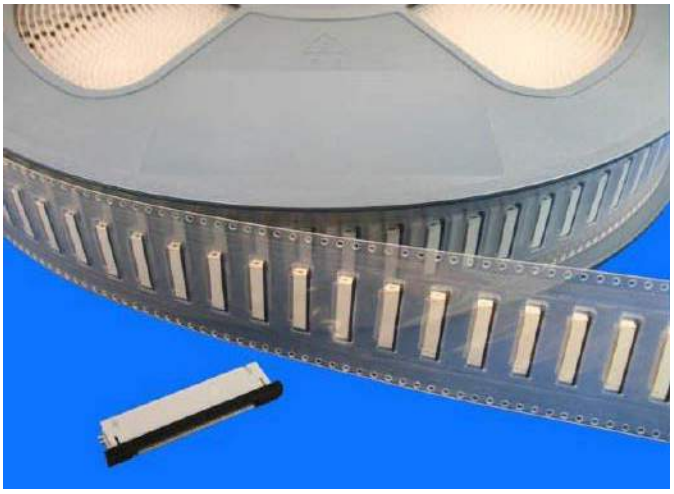
- **Unifikacja typów i wartości elementów** – każda dodatkowa pozycja na liście BOM urządzenia sprawia, że konieczne jest wykonanie dodatkowych czynności, zarówno w procesie kompletacji podzespołów, jak też późniejszego montażu. Zbyt duże zróżnicowanie drobnych, ale licznych elementów (np. rezystorów) wydłuża proces zamawiania dostaw, a dodatkowo utrudnia zarządzanie zmianami (np. doborem zamienników) w przypadku wystąpienia braków magazynowych. Warto jednak dodać, że także na etapie montażu automatycznego i ręcznego spora liczba różnych komponentów stanowi pewne utrudnienie. W przypadku maszyn pick & place wiąże się to z koniecznością użycia dodatkowych podajników, co wydłuża proces uzbrajania maszyny przed montażem oraz (teoretycznie) zwiększa ryzyko błędów obsługowych, a dodatkowo utrudnia montaż z użyciem mniejszych automatów o ograniczonej liczebności zasobników. Montaż ręczny także ulega w takiej sytuacji wydłużeniu – znacznie łatwiej i szybciej można bowiem wmontować serię np. 5 takich samych rezystorów na jednej płytce drukowanej, niż po wlutowaniu każdego z nich sięgać po element o innej wartości. Unifikacja elementów w zakresie danego obwodu nie oznacza rzecz jasna, że należy naginać projekt kosztem parametrów funkcjonalnych bądź kultury pracy pod względem EMC – chodzi jedynie o uniknięcie niepotrzebnego zróżnicowania BOM tam, gdzie wartości elementów nie są krytyczne.
- **Optymalizacja rodzaju złączy** – wielu elektroników jest przyzwyczajonych do stosowania „znanych i lubianych" komponentów, nie starając się – o ile nie jest to wyraźnie konieczne lub narzucone z góry – zastępować ich podzespołami zoptymalizowanymi dla danego projektu. Tymczasem nawet pozornie niewielkie zmiany z nawiązką odpłacą się podczas produkcji i to zarówno wielko-, jak i małoseryjnej. Przykładem mogą być złącza, stosowane do połączenia pomiędzy dwiema płytkami drukowanymi (modułami) urządzenia. Nierzadko wybór pada od razu na popularne złącza szpilkowe (goldpiny). Choć trudno odmówić im uniwersalności i wygody w zastosowaniach prototypowych, to w przypadku wytwarzania wielkoseryjnego konieczność ręcznego pozycjonowania (a często także lutowania) złączy przewlekanych może znacząco wydłużyć proces produkcji oraz wymusić dodatkowe koszty (związane np. z zatrudnieniem pracowników do montażu manualnego). Zmiana klasycznych złączy THT na ich wersje do montażu powierzchniowego (**fotografia 1**) umożliwia zlecenie pozycjonowania złączy odpowiedniemu robotowi montażowemu, co pozwala na zautomatyzowanie całego procesu montażu, od umieszczenia całkowicie nieobsadzonego panelu płytek drukowanych, aż do odbioru gotowych do programowania/testowania płytek.

Innym, doskonałym przykładem będą w tym miejscu złącza rastrowe z kluczem. O ile w wielu przypadkach ich użycie będzie uzasadnione funkcjonalnie (np. z uwagi na dużą obciążalność prądową), to z punktu widzenia całościowego procesu produkcyjnego spowoduje ono konieczność wyprodukowania odpowiednich wiązek kablowych (docinanie przewodów, zaciskanie pinów, składanie złączy oraz zakładanie osłon, opasek zaciskowych, itp.). W przypadku łączenia relatywnie niskomocowych modułów na niewielkich odległościach wewnątrz obudowy urządzenia, nieporównanie bardziej efektywne może okazać się zastosowanie złączy ZIF oraz taśm FFC – złącza zostaną zamontowane na PCB bez większego problemu przez niemal dowolny automat pick & place (dzięki opakowaniu w standaryzowanej taśmie kompatybilnej



Fotografia 1. Jednorzędowe złącze rastrowe (goldpin) przeznaczone do montażu powierzchniowego (https://t.ly/OdK8)

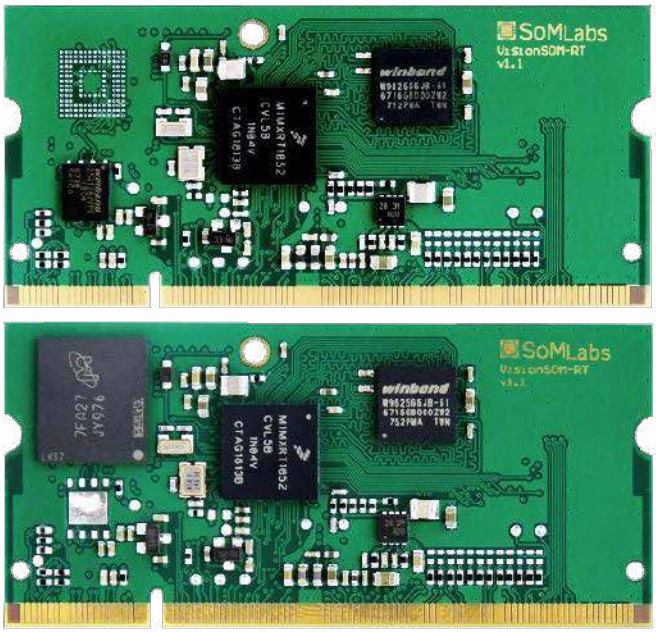
eprasa.pl d7ac45c7ab



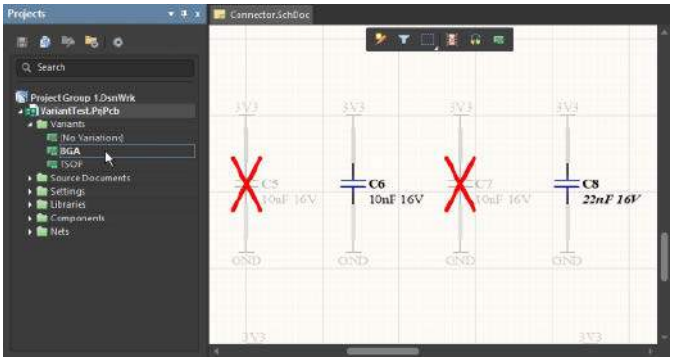
Fotografia 2. Taśma (opakowanie) ze złączami ZIF, umożliwiająca montaż za pomocą automatów pick & place (https://t.ly/itS4)

z podajnikami – **fotografia 2**), zaś przewody płaskie nie będą już wymagały praktycznie żadnych dodatkowych czynności.

- **Zastosowanie wariantów montażowych –** nie jest tajemnicą, że na płytkach drukowanych przeważającej większości urządzeń elektronicznych dostępnych na rynku istnieje wiele nieobsadzonych pól lutowniczych, zarówno dla prostych elementów dyskretnych, jak i układów scalonych. W niektórych sytuacjach mogą to być pozostałości po wersjach rozwojowych produktów, innym razem dodatkowe footprinty zostały przewidziane jako „zapasowe", np. na wypadek ewentualnej kalibracji. Bardzo często jednak zabieg taki służy ograniczeniu funkcjonalności danych linii produktowych, gdy ten sam projekt PCB jest wykorzystywany zarówno w „pełnowymiarowych" urządzeniach, jak i tańszych, ograniczonych wersjach „lite" – powszechnie spotykanym przykładem takiej dywersyfikacji są wersje minikomputerów SBC różniące się ilością, a nawet rodzajem dostępnej „na pokładzie" pamięci (**fotografia 3**). Znaczne ułatwienie dla projektantów stanowią tu gotowe narzędzia wspomagające zarządzanie wariantami montażowymi – przykładowo, środowiska takie jak Altium Designer (**rysunek 2**), Autodesk Eagle czy Proteus mają wbudowane zestawy funkcji do obsługi zróżnicowanych wersji montażowych (Assembly Variants), pozwalające m.in. na definiowanie obecności elementów, ich wersji (np. komponenty pasywne o różnych wartościach), a nawet… zamienników.



Fotografia 3. Minikomputer SoM z serii VisionSOM-RT – przykład zastosowania wariantów montażowych do zróżnicowania wersji modułu pod względem wbudowanej pamięci (https://t.ly/TALM)

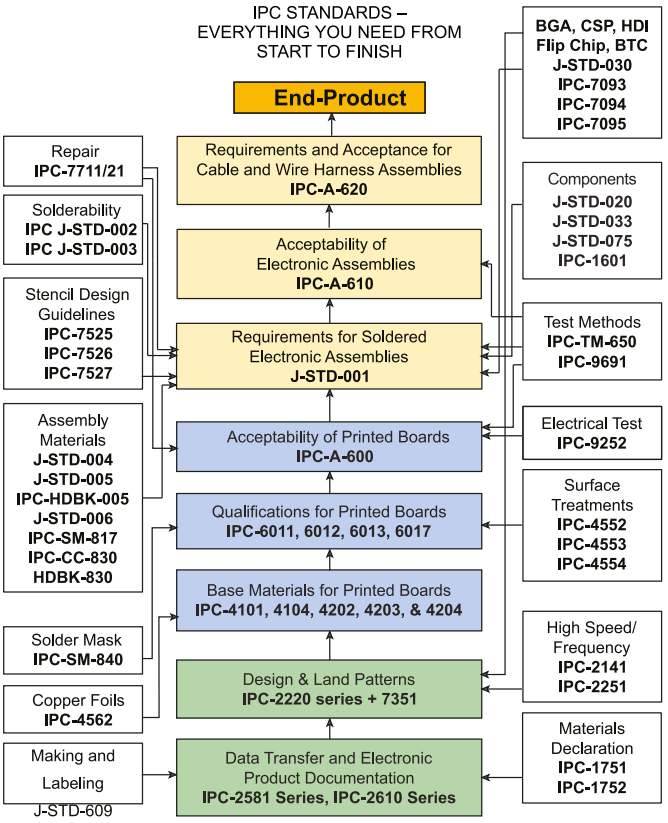


Rysunek 2. Przykład działania funkcji obsługującej warianty montażowe w środowisku Altium Designer. Element C6 jest wmontowany według podstawowej wersji dokumentacji, C8 ma niestandardową wartość, zaś C5 i C7 należy pominąć przy montażu (https://t.ly/5Org)

Zastosowanie norm IPC

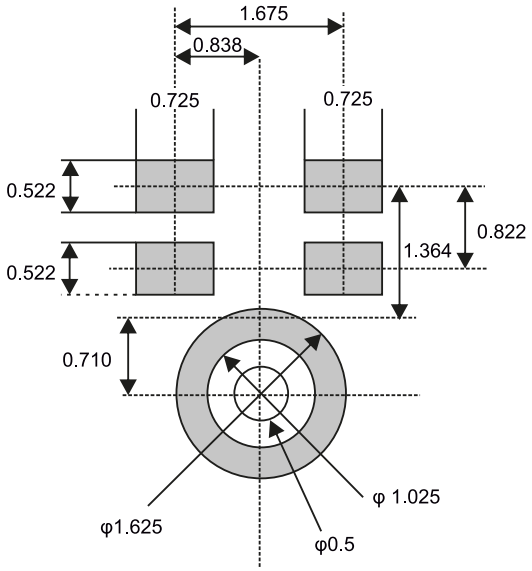
Dobre praktyki inżynierskie to nie tylko sprawne wykorzystanie zdobywanych przez lata doświadczeń praktycznych – równie ważne jest stosowanie w codziennej pracy aktualnych norm branżowych, które istotnie poprawiają jakość produktów i przyczyniają się do zwiększenia powtarzalności serii produkcyjnych. W przypadku wytwarzania elektroniki norm mających zastosowanie do konkretnego produktu jest naprawdę wiele – te, które obowiązują w niemal wszystkich gałęziach przemysłu elektronicznego, pokazano schematycznie na **rysunku 3**. Do najważniejszych i najczęściej wykorzystywanych należą normy:

- **IPC-7351B** – footprinty dla najpopularniejszych typów obudów SMD,
- **IPC-2221B** – ogólne standardy dot. projektowania PCB,
- **IPC-2222B** – wymagania dot. obwodów drukowanych na podłożach sztywnych.



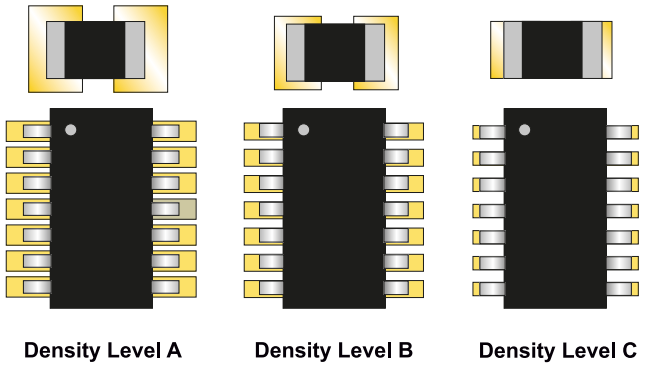
Rysunek 3. Normy IPC stosowane w przemyśle elektronicznym (https://t.ly/1K2s)

eprasa.pl d7ac45c7ab

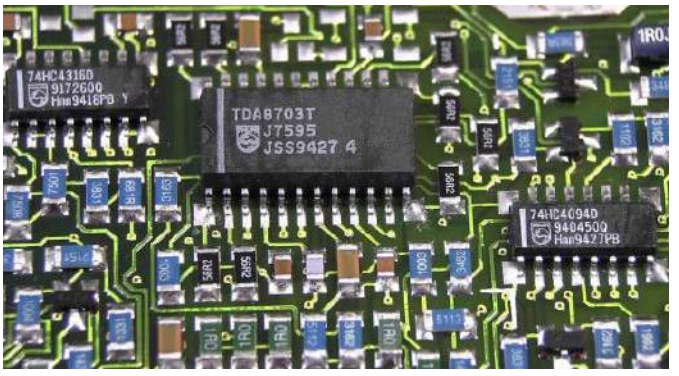


Rysunek 4. Przykład nietypowego footprintu, nieobjętego normami IPC – widok padów montażowych i otworu akustycznego dla mikrofonu MEMS typu MP23ABS1 (https://t.ly/VccJ)

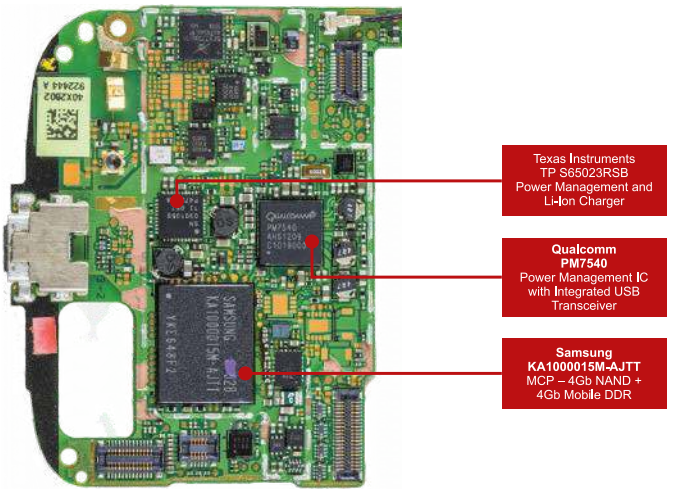
Co ważne, choć zastosowanie wytycznych norm podczas projektowania danego urządzenia jest wysoce pożądane (ale zwykle nieobowiązkowe), to dla wielu elementów o niestandardowych obudowach – z oczywistych przyczyn – niemożliwe będzie bezpośrednie użycie równań i zaleceń opracowanych przez IPC. Doskonałym przykładem mogą być tutaj footprinty niektórych mikrofonów MEMS, czujników ciśnienia, itp. – w takich przypadkach należy podążać za wytycznymi udostępnionymi przez producenta w notach katalogowych (**rysunek 4**).



Rysunek 5. Schematyczne porównanie poziomów gęstości wg IPC-7351 (https://t.ly/ZHkGW)



Fotografia 4. Obwód drukowany o małej gęstości ułożenia elementów, zaprojektowany zgodnie z wymogami procesu lutowania na fali (widoczne wyraźne poszerzenia padów montażowych – https://t.ly/dnOE)



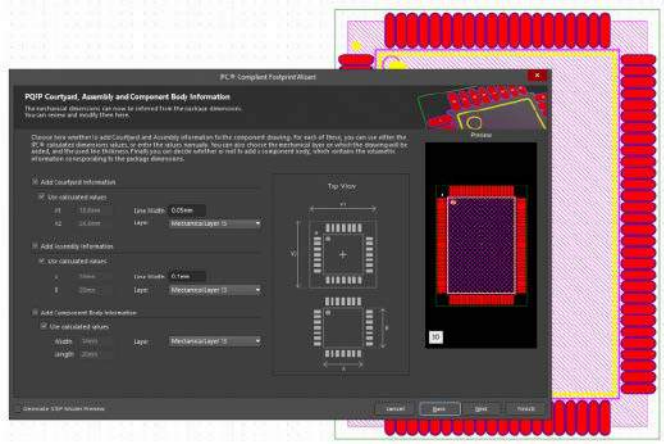
Fotografia 5. Przykład aplikacji, której skala upakowania wymaga stosowania najmniejszych możliwych padów (IPC Density Level C): płyta główna telefonu komórkowego (https://t.ly/UxIK)

W przypadku opisanych przez normę IPC-7351B zaleceń dot. rozmiaru i geometrii padów dla określonych grup elementów, celem stosowania standardu jest zwiększenie niezawodności połączeń, a także optymalizacja pod kątem spodziewanego sposobu montażu. Jak w przypadku każdej normy technologicznej, wytyczne IPC-7351 powstały na bazie wnikliwej obserwacji i badań połączeń lutowanych, dzięki czemu możliwe jest uniknięcie najczęstszych problemów podczas montażu – np. powstawania zwarć pomiędzy sąsiadującymi padami i/lub wyprowadzeniami elementów (co może wystąpić w przypadku zbyt małych odstępów pomiędzy krawędziami padów, przy braku separacji w postaci soldermaski, etc.). Odpowiedni balans pomiędzy łatwością lutowania ręcznego komponentów (w przypadku których jest to możliwe, np. elementów pasywnych, układów w obudowach SOIC, SOT czy TQFP), odpornością na wibracje oraz gęstością upakowania elementów określają zdefiniowane przez normę poziomy gęstości (IPC Density Levels – **rysunek 5**):

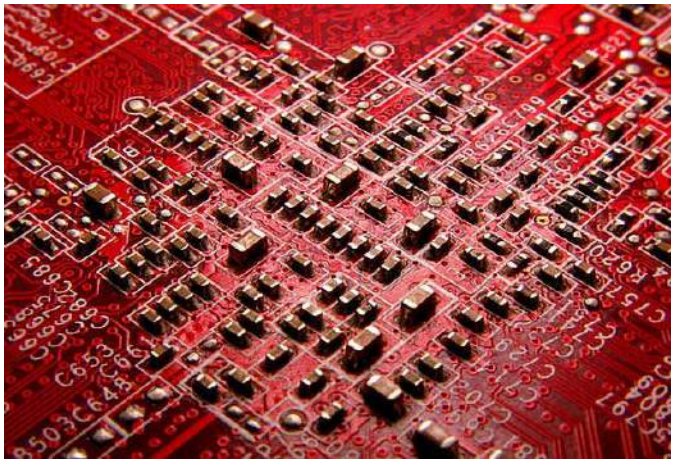
- **Poziom A** – pady elementów są wydłużone i poszerzone oraz w większym stopniu wystają poza obrys komponentu. Powstałe dzięki temu połączenia są bardziej odporne na wstrząsy i wibracje, łatwiej też można je serwisować lub montować ręcznie (**fotografia 4**). W przypadku części elementów (wyposażonych w wyprowadzenia wysunięte poza obrys obudowy) możliwe jest zastosowanie procesu lutowania na fali. Zwiększona odporność mechaniczna stanowi natomiast gwarancję niezawodności w aplikacjach szczególnie narażonych na drgania – np. w branży motoryzacyjnej, militarnej bądź przemysłowej.
- **Poziom B** – pady elementów mają rozmiary „nominalne", jest to zatem złoty środek pomiędzy dużą gęstością upakowania a odpornością mechaniczną. Poziom ten dobrze nadaje się do większości „typowych" zastosowań (np. elektroniki konsumenckiej niewymagającej silnej miniaturyzacji).
- **Poziom C** – footprinty są pomniejszone praktycznie do granic możliwości, co znacząco przesuwa granicę gęstości upakowania elementów w stronę urządzeń silnie zminiaturyzowanych (**fotografia 5**). Znacznie mniejsza ilość lutowia łączącego pady z wyprowadzeniami elementów zmniejsza jednak odporność na powtarzalne narażenia mechaniczne.

Niebywałą pomocą dla inżynierów są gotowe generatory standardowych footprintów, dostępne w bardziej zaawansowanych środowiskach EDA. Przykład – generator IPC Compliant Footprint Wizard dostępny w pakiecie Altium Designer został pokazany na **rysunku 6**. Zadaniem projektanta jest jedynie wprowadzenie najważniejszych danych z noty katalogowej (typu obudowy, liczby i układu wyprowadzeń, obecności i ew. wymiarów padu/padów termicznych, granicznych wymiarów korpusu, długości oraz rozstawu wyprowadzeń, etc.),

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 6. Zrzut ekranu z okna kreatora footprintów IPC, dostępnego w środowisku Altium Designer (https://t.ly/fKcP)



Fotografia 7. Bateria kondensatorów odsprzęgających pod układem BGA (https://bit.ly/3Nwbc4C)

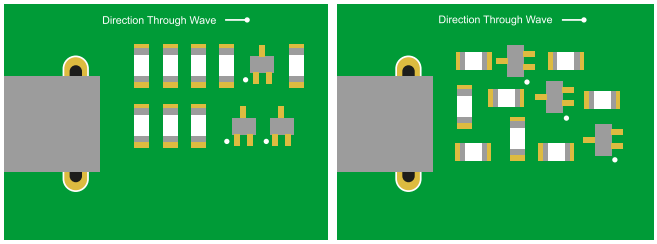
zaś program automatycznie zastosuje równania z odpowiedniej części normy IPC i – uwzględniając dopuszczalną tolerancję pozycjonowania automatu pick & place – wygeneruje footprint idealnie dostosowany do potrzeb projektanta. Dodatkową zaletą korzystania z generatorów bibliotecznych jest automatyczne centrowanie śladów PCB dla tworzonych elementów, co – w połączeniu z ogromną precyzją najnowocześniejszych maszyn pick & place (przykładowo, roboty z serii YSM10 marki Yamaha dostępne w firmie RENEX – **fotografia 6**, pracują z dokładnością pozycjonowania ±0,035 mm, czyli niecałe 1,4 mils!) – pozwala osiągnąć praktycznie idealne wyniki układania komponentów na powierzchni płytki drukowanej.

Optymalizacja na poziomie ułożenia elementów (placement)

Kolejnym niezwykle istotnym i szerokim zagadnieniem związanym z projektowaniem DFM jest optymalizacja PCB pod względem ułożenia elementów. Choć temat ten pozostaje równie ważny z uwagi na kompatybilność elektromagnetyczną, jakość sygnałów analogowych i cyfrowych (przesłuchy, propagacja szumów z układu zasilania, sprzężenia pomiędzy podsystemami, etc.) czy też warunki bezpieczeństwa elektrycznego, to ogólne rozmieszczenie komponentów na powierzchni PCB powinno uwzględniać także łatwość montażu oraz operacji pomontażowych (testy, programowanie, montaż mechaniczny, integracja z okablowaniem wewnętrznym, etc.). Co więcej – nawet na poziomie otoczenia poszczególnych elementów, wzajemne odstępy i orientacje zyskują niebagatelne znaczenie, a to z uwagi na zjawiska rozpływu ciepła oraz różnice w pojemności cieplnej podczas lutowania. Poniżej zebraliśmy szereg praktycznych uwag dotyczących rozmieszczania elementów na wstępnym etapie projektowania PCB.

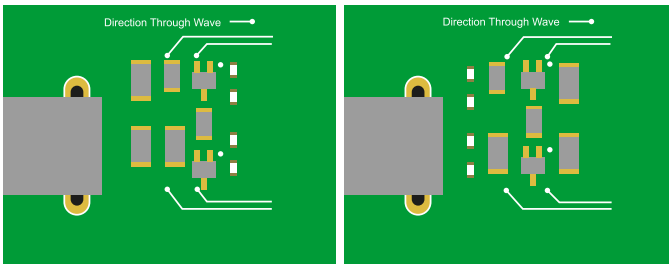
- **Unifikacja orientacji elementów** – ustawienie powtarzalnych – w obrębie danej płyty – elementów pasywnych i dyskretnych półprzewodników (rezystorów, kondensatorów, filtrów drabinkowych na równoległych szynach danych, tranzystorów, etc.) umożliwia zmniejszenie liczby obrotów głowicy pick & place, co w dłuższej perspektywie przekłada się na pewną oszczędność czasu pracy automatu montażowego. Zalecenie to nie może jednak warunkować ułożenia komponentów w sposób naruszający inne, zwykle ważniejsze zasady projektowania PCB – przykładowo, w przypadku gęstych macierzy BGA o dużej liczbie kondensatorów odsprzęgających konieczne będzie zwykle zastosowanie dwóch wzajemnie ortogonalnych orientacji, jednak nawet w takim przypadku warto zadbać o „sensowne" ułożenie elementów (przykład na **fotografii 7**).
- **Optymalizacja pod kątem montażu na fali** – jeżeli z jakichś względów część elementów SMD musi być lutowana na fali, koniecznością staje się ustawienie komponentów w taki sposób, by zapewnić jak najlepsze warunki przejazdu PCB nad grzbietem fali lutowia. Do fundamentalnych zasad należy m.in. umieszczanie elementów dwuwyprowadzeniowych (np. R, L, C) w miarę możliwości w kierunku prostopadłym do kierunku ruchu PCB podczas lutowania (**rysunek 7**). Przeciwna zasada dotyczy ułożenia układów w obudowach typu SOIC i podobnych (oś długa układu powinna być równoległa do kierunku ruchu). Należy także unikać

Fotografia 6. Nowoczesny automat montażowy YSM10 marki Yamaha (https://t.ly/Jtbx)



Rysunek 7. Porównanie prawidłowego (po lewej) i nieprawidłowego (po prawej) ułożenia elementów SMD względem kierunku przesuwu płytki przez falę lutowia (https://t.ly/BTD9)

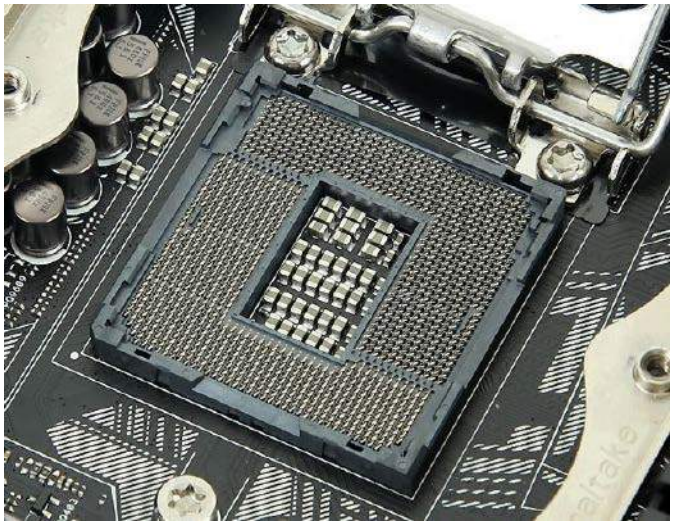
eprasa.pl d7ac45c7ab



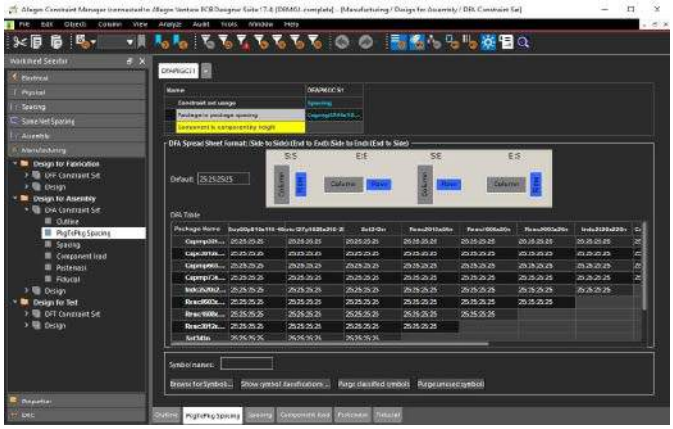
Rysunek 8. Porównanie prawidłowego (po lewej) i nieprawidłowego (po prawej) ułożenia elementów SMD pod względem kolejności lutowania. Mniejsze komponenty są lutowane jako pierwsze, co umożliwia uniknięcie problemu przesłaniania ich przez większe podzespoły (https://t.ly/BTD9)

przesłaniania drobnych komponentów przez duże elementy (**rysunek 8**), gdyż to także grozi powstaniem niepewnych połączeń.

- **Optymalizacja pod względem dostępów dla operacji manualnych** – odpowiednie ustawienie komponentów ma duże znaczenie dla uzyskania odpowiednich dostępów serwisowych i montażowych. Przykładowo umieszczenie danego elementu w „wąwozie" utworzonym przez duże kondensatory, przekaźniki czy też wielkogabarytowe moduły znacząco utrudnia ewentualny serwis lub dokonywanie pomiarów. Problem ten jest również istotny w przypadku złączy, których nieprzemyślane ustawienie może spowodować trudności w podłączeniu wiązek kablowych lub – w skrajnym przypadku – wręcz je uniemożliwić. W silnie zminiaturyzowanych urządzeniach o dużej gęstości upakowania podzespołów w obudowie znaczenie zyskują nie tylko aspekty takie, jak rozmieszczenie podłączonych do PCB podsystemów (np. napędów, innych płytek drukowanych czy zewnętrznych czujników) – istotne mogą okazać się nawet promienie gięcia przewodów. Dobrym wyjściem jest wykorzystanie opcji symulacji 3D, dostępnej w większości liczących się pakietów EDA – połączenie wygenerowanego według projektu PCB trójwymiarowego modelu z modelem mechanicznym reszty urządzenia pozwala z bardzo dużą dokładnością przewidzieć potencjalne kolizje i zaradzić im, jeszcze zanim dokumentacja produkcyjna opuści stację roboczą konstruktora. Dobre ułożenie poszczególnych bloków urządzenia i skorelowanie z nim rozstawienia złączy pozwala zresztą na skrócenie wiązek oraz uproszczenie ich przebiegu, co przynosi kolejne oszczędności.
- **Unikanie montażu elementów na dolnej stronie PCB** – dobrą praktyką jest rozmieszczanie (w miarę możliwości) wszystkich komponentów na jednej stronie płytki drukowanej. Rozwiązanie takie pozwala uniknąć konieczności nakładania kleju, co wiązałoby się z przejazdem płytki przez kolejną maszynę (dyspenser automatyczny) i wydłużyłoby proces montażu. Rzecz jasna, uniknięcie rozmieszczania elementów na stronie *bottom* często jest niemożliwe – przykładem mogą być wspomniane wcześniej odprowadzenia padów BGA (*fan-outs*).
- **Unikanie umieszczania komponentów pod innymi podzespołami** – w niektórych sytuacjach sensowne (z punktu widzenia oszczędności miejsca na PCB) wydaje się umieszczenie drobnych elementów pod większym modułem. Warto jednak pamiętać, że rozwiązanie takie powoduje znaczne utrudnienie montażu, inspekcji czy też napraw serwisowych, o ile moduł (lub układ scalony) jest trwale zamocowany na płytce drukowanej – wyjątkiem są np. płyty główne komputerów. Bateria kondensatorów odsprzęgających jest często umiejscowiona w środkowym wycięciu podstawki ZIF, w którą wkładany jest procesor (**fotografia 8**).
- **Ustalenie reguł odstępów dla określonych konstelacji elementów** – niektóre pakiety EDA umożliwiają ustalenie reguł projektowych w zakresie odstępów pomiędzy poszczególnymi elementami, umieszczonymi w różnych konstelacjach (równolegle bok do boku, współliniowo lub prostopadle) – przykład



Fotografia 8. Bateria kondensatorów umieszczona wewnątrz podstawki ZIF dla procesora komputerowego (https://bit.ly/3tIYJ5p)



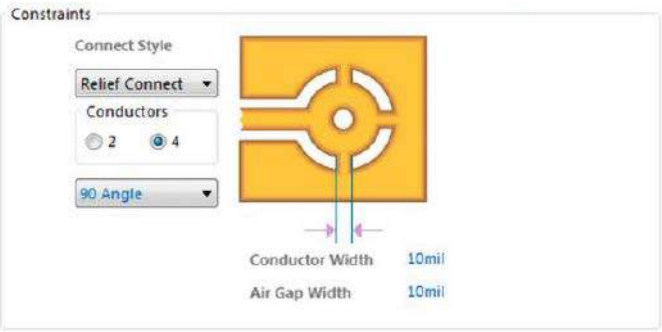
Rysunek 9. Okno konfiguracji reguł projektowych dla odstępów pomiędzy elementami SMD w czterech różnych, wzajemnych ułożeniach – środowisko Allegro marki Cadence (https://t.ly/PNnI)

okna ustawień z programu Allegro PCB Designer marki Cadence pokazano na **rysunku 9**. Rozwiązanie to ułatwia utrzymanie użytecznych odstępów, niezbędnych np. z uwagi na zachowanie wygodnych dostępów montażowych w przypadku serwisu lub lutowania manualnego.

- **Zwiększenie odstępu komponentów od krawędzi PCB** – choć w wielu przypadkach umiejscowienie komponentów tuż przy krawędzi PCB (a nawet częściowo poza nią) jest wymagane przez mechanikę projektu (taka sytuacja ma przecież miejsce w przypadku wielu złączy), to w miarę możliwości należy unikać montowania komponentów SMD w bezpośredniej bliskości brzegów płytki drukowanej. Zasada taka ułatwia depanelizację automatyczną (a częściowo także ręczną) – nie należy zapominać, że stosowane do tego celu piły, gilotyny lub frezy mają pewną określoną szerokość i drobne elementy znajdujące się tuż obok krawędzi cięcia mogą wejść w kolizję z separatorem, co niechybnie spowoduje ich uszkodzenie. Problem dotyczy także systemów transportu PCB wewnątrz automatów produkcyjnych (np. pieców reflow), gdyż w skrajnych przypadkach komponenty na brzegach PCB mogą kolidować z elementami mechanizmu maszyny.
- **Placement z uwzględnieniem konieczności nakładania powłok** – w przypadku urządzeń wymagających nakładania powłok żelowych lub konformalnych konieczne jest uwzględnienie odstępów pomiędzy większymi (a szczególnie – wyższymi) elementami w taki sposób, by umożliwić zastosowanie pokryć natryskiwanych lub dozowanych za pomocą automatycznych dyspenserów. Warto dodać, że znaczną pomoc dla przedsiębiorstw montażu

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 9. Precyzyjny robot lakierujący Reeco RE-2500 (https://t.ly/UMb4)



Rysunek 11. Okno ustawień odstępów termicznych w środowisku Altium Designer (https://t.ly/Eofe)

Fotografia 10. Głowica robota lutowniczego Reeco RE-2100 (https://t.ly/iodO)

kontraktowego stanowią dokładne roboty lakierujące, umożliwiające precyzyjne dozowanie natryskiwanego lakieru za pomocą specjalnych zaworów i selektywną pracę ze sterowaniem poprzez system wizyjny – jako przykład warto wymienić roboty lakierujące Reeco dostępne w firmie RENEX (**fotografia 9**).

- **Unifikacja pojemności cieplnej** – umieszczenie drobnych elementów dwuwyprowadzeniowych (np. R, L, C) w taki sposób, że po jednej stronie znajdują się inne komponenty o niewielkich rozmiarach, a po drugiej – duże podzespoły o sporej pojemności termicznej, może ułatwiać powstawanie efektu nagrobkowania (*tombstoning*), polegającego na uniesieniu jednej z końcówek do góry, podczas gdy druga pozostaje przylutowana do płytki drukowanej (**rysunek 10**). Warto zatem ustawiać elementy w sposób równoległy do granicy obszarów o zróżnicowanej pojemności cieplnej.

Zagadnienia związane z prowadzeniem ścieżek i pól masy oraz wykonywaniem owiertów

- **Stosowanie odstępów termicznych** (*thermal reliefs*) – współczesne pakiety oprogramowania EDA umożliwiają dodanie odstępów termicznych (*thermal reliefs*, *thermals*) niemal do każdego obiektu – padu SMD, THT lub przelotki (**rysunek 11**). O ile w przypadku tych ostatnich stosowanie odstępów w znakomitej większości (poza pewnymi specjalnymi sytuacjami) okazuje się całkowicie niepotrzebne, to w kwestii padów lutowniczych sytuacja wygląda diametralnie inaczej. Odstępy umożliwiają bowiem ograniczenie transferu ciepła z końcówek elementów przewlekanych do dużych pól miedzi (polygonów lub płaszczyzn zasilania/masy), co znakomicie ułatwia lutowanie końcówek elementów. Szczególne zasługi oddają opisywane odstępy termiczne w przypadku dużych kondensatorów elektrolitycznych, złączy wyposażonych w solidne ekranowanie czy też terminali śrubowych. Co ważne, te same wymagania w zakresie „thermali" dotyczą zarówno ręcznego montażu punktowego, jak i zautomatyzowanego lutowania THT za pomocą robotów lutowniczych (**fotografia 10**). Należy także pamiętać, że na łatwość lutowania punktowego i jakość uzyskiwanych efektów wpływa nie tylko projekt PCB, lecz także rozmiar grota oraz konstrukcja zastosowanej lutownicy. W przypadku wysokiej klasy stacji lutowniczych – np. serii CDE marki JBC (**fotografia 11**) – oprócz ergonomicznej rączki lutowniczej na kulturę pracy wpływ ma także doskonały transfer ciepła z elementu grzejnego do grota (oba te elementy są ze sobą nierozłącznie zintegrowane). Omawiana seria stacji lutowniczych ma zresztą dodatkową funkcjonalność – pomiar energii dostarczanej do spoiny w czasie lutowania, co pozwala monitorować proces montażu i niweluje ryzyko przegrzania, nawet w odniesieniu do wyjątkowo trudnych połączeń.

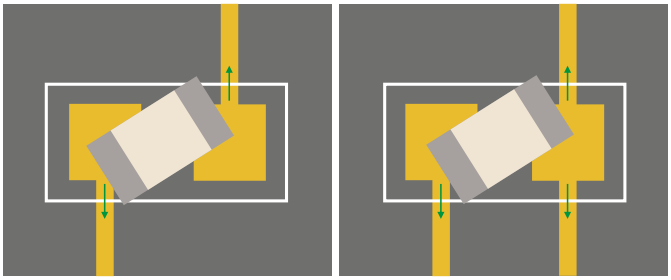
Rysunek 10. Efekt nagrobkowania (*tombstoning*) spowodowany zróżnicowaniem pojemności cieplnej w otoczeniu drobnego elementu SMD (https://t.ly/7vYJ)

- Jeśli chodzi o komponenty SMD, zastosowanie odstępów umożliwia natomiast przeciwdziałanie opisanemu wcześniej zjawisku *tombstoningu* poprzez uzyskanie lepszej kontroli nad separacją termiczną.
- **Zachowanie symetrii doprowadzeń ścieżek do padów** – w przypadku lekkich, dwukońcówkowych elementów RLC, diod krzemowych i LED czy też małych fotoelementów niewłaściwe doprowadzenie ścieżek do padów może spowodować niekontrolowane obracanie elementów, spowodowane powstawaniem podczas lutowania rozpływowego niewielkiego momentu siły, będącego wynikową napięć powierzchniowych „ściągających"

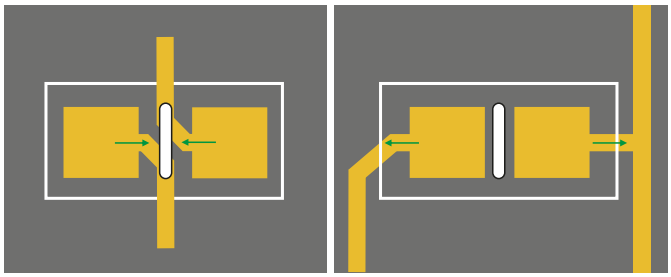
eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 11. Wysokiej klasy, precyzyjna stacja lutownicza z funkcją pomiaru energii dostarczanej do grota (JBC-CDE-2BQA – https://t.ly/IAdk)

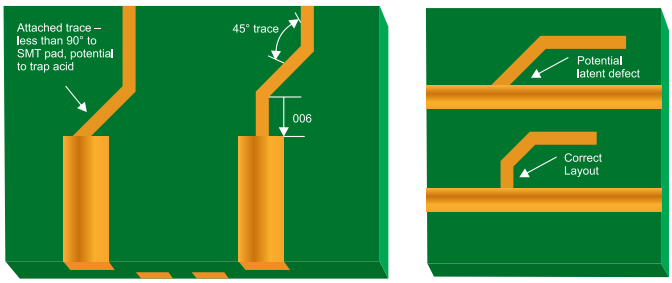
końce elementu w przeciwnych kierunkach wokół jego środka (**rysunek 12**). Znacznie lepszym wyjściem jest doprowadzenie ścieżek z dwóch stron w osi długiej elementu lub prostopadle do niej, ale z wejściami znajdującymi się na sąsiadujących krawędziach padów pod komponentem (**rysunek 13**).



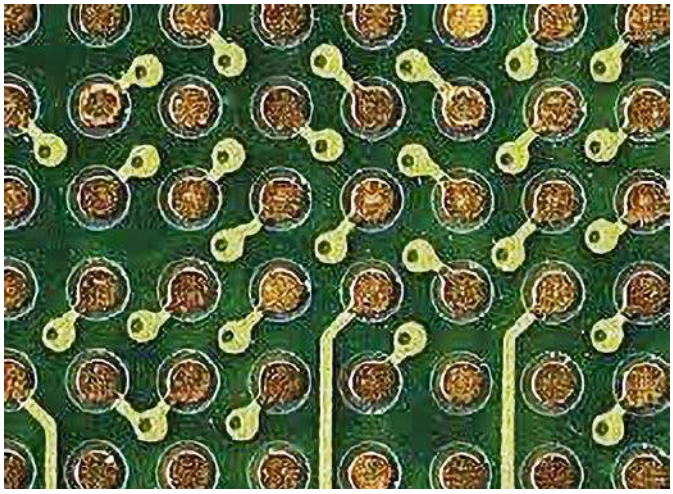
Rysunek 12. Niepożądany obrót elementu SMD spowodowany nieprawidłowym wyprowadzeniem ścieżek z padów (https://t.ly/BTD9)



Rysunek 13. Poprawne z punktu widzenia DFM metody wyprowadzenia ścieżek z padów dwukońcówkowych elementów SMD (https://t.ly/BTD9)

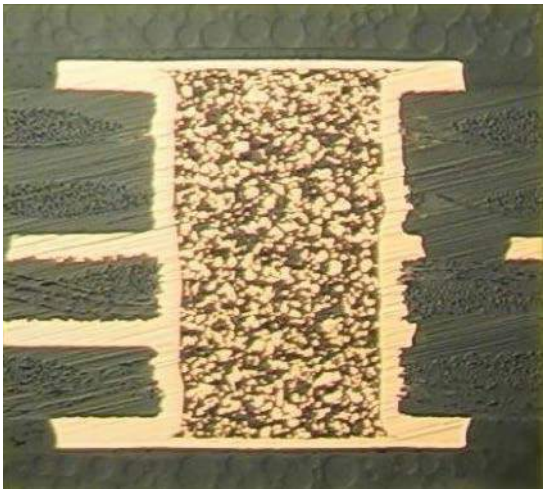


Rysunek 14. Porównanie prawidłowych i błędnych (*acid traps*) metod wyprowadzenia ścieżek z padów lub połączenia ścieżek metodą koniec do boku (https://t.ly/wREe)



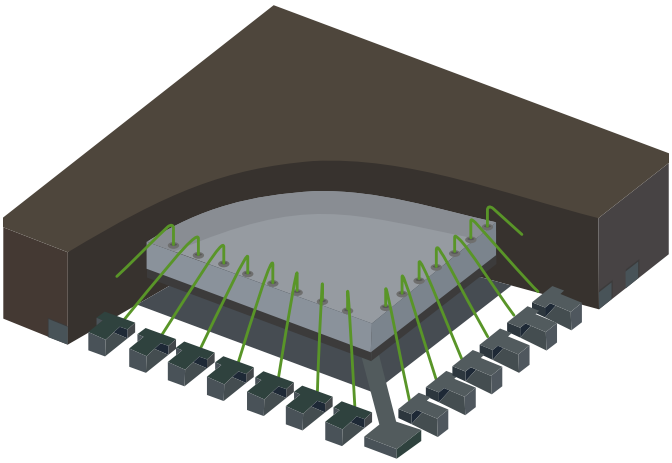
Fotografia 12. *Fan-out* BGA typu *dog-bone* (z użyciem przelotek pokrytych soldermaską – https://t.ly/N9Cj)

- **Przeciwdziałanie powstawaniu „pułapek kwasowych”** (*acid traps*) – choć współczesne procesy trawienia mozaik PCB wykorzystują precyzyjną kontrolę parametrów i wysokiej jakości wytrawiacze, to nadal można spotkać się z zaleceniami dotyczącymi przeciwdziałania tzw. pułapkom kwasowym. Pojęcie to odnosi się do newralgicznych miejsc, powstających w przypadku odejścia ścieżek od padów pod kątem innym niż 90° – kąt ostry, tworzony przez dwa odcinki ścieżki lub ścieżkę i krawędź padu, są narażone na powstawanie podtrawień (**rysunek 14**). Dziś pułapki kwasowe powszechnie uważane są za relikt technologicznej przeszłości, ale kątowego wyprowadzania ścieżek z padów warto unikać – i to nie tylko ze względów estetycznych, gdyż w przypadku zlecania produkcji PCB niedrogim fabrykom o niższym stopniu zaawansowania takie problemy (oraz – niestety – wiele innych) nadal się pojawiają. Wymogu ustawiania ścieżek pod kątem 90° nie należy rzecz jasna mylić ze – z gruntu błędnym – prowadzeniem ich zagięć pod kątem prostym, co jak wiadomo, prowadzi do pogorszenia integralności sygnałów o wysokiej częstotliwości.
- **Przelotki w padach lutowniczych** – tematyka umieszczania przelotek pod układami BGA oraz bezpośrednio w padach rozmaitych komponentów jest szeroka i jako taka mogłaby stanowić materiał na osobny artykuł. Warto zatem jedynie zaznaczyć, że choć w wielu układach BGA można zastosować *fan-out* typu *dog-bone* (**fotografia 12**), w którym pokryte soldermaską przelotki są umieszczone pomiędzy padami BGA i połączone z nimi za pomocą krótkich ścieżek, to najbardziej gęste układy wyprowadzeń



Fotografia 13. Mikrofotografia przekroju wielowarstwowej płytki drukowanej z przelotką wypełnioną żywicą epoksydową domieszkowaną proszkiem miedziowo-srebrowym (https://t.ly/vGJG)

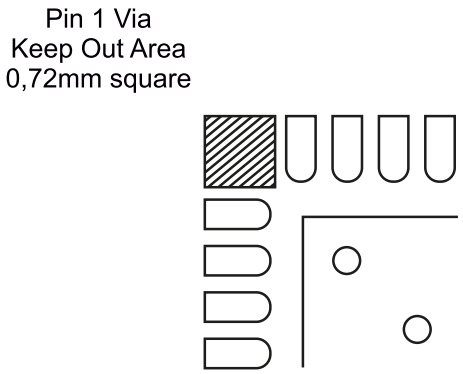
eprasa.pl d7ac45c7ab



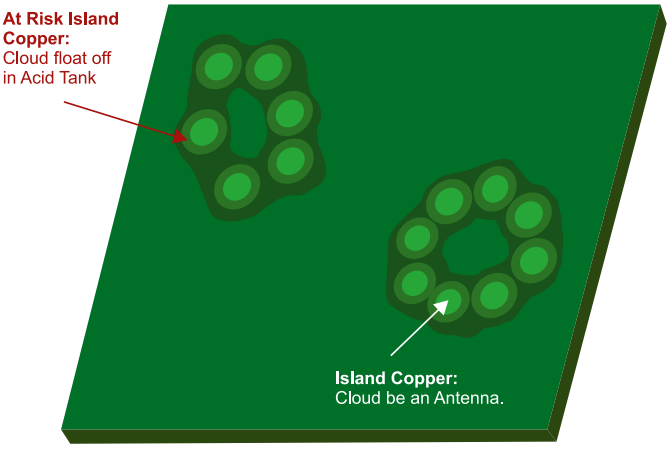
Rysunek 15. Konstrukcja obudowy QFN z widocznym fragmentem podłoża metalowego (z przodu – https://t.ly/FKem)

powodują konieczność umieszczania przelotek bezpośrednio (centralnie) w środku padów. Bez odpowiedniego zabezpieczenia otworów prowadziłoby to uciekania pasty lutowniczej na drugą stronę PCB, stąd w praktyce stosuje się różnego rodzaju techniki zamykania przelotek korkami, wykonanymi m.in. ze specjalnych żywic epoksydowych z domieszkami proszków metalicznych (np. miedzianych w otoczce srebrowej – **fotografia 13**). Rozwiązanie takie, oprócz znacznej poprawy warunków lutowania poprzez zabezpieczenie przed powstawaniem luk w objętości lutowia pod układem BGA, umożliwia ponadto znaczną poprawę odbioru ciepła z układu scalonego, co ma znaczenie dla komponentów wymagających intensywnego chłodzenia przez strukturę PCB. Co więcej – przelotki tego typu mogą być z powodzeniem stosowane także pod innymi układami, wyposażonymi w pady termiczne (np. QFN).

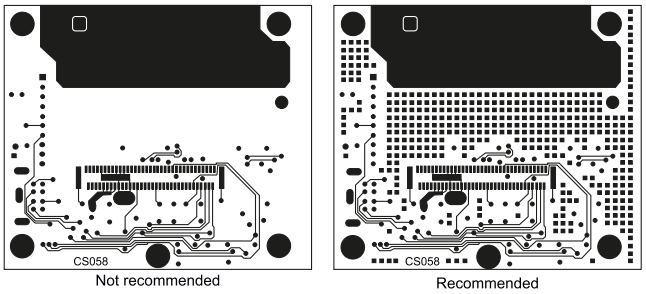
- **Unikanie przelotek w obszarze pierwszego pinu obudów QFN** – w przypadku obudów typu QFN (choć nie tylko) część metalowego podłoża nośnego układu scalonego jest wyprowadzona na zewnątrz obudowy, w rejonie pinu nr 1 (**rysunek 15**). Jeżeli w tym obszarze płytki drukowanej umieszczona będzie przelotka, to w pewnych warunkach istnieje ryzyko jej zlutowania (zwarcia) z podłożem układu. Dlatego też można spotkać się z zaleceniem pozostawienia niewielkiego obszaru zastrzeżonego (*keep-out* – **rysunek 16**), w którym nie należy umieszczać przelotek niepokrytych soldermaską. Gwoli ścisłości warto dodać, że podobne „styki" są też czasem widoczne w pozostałych rogach wielu obudów QFN, jak również w innych rodzajach obudów – np. LFCSP.
- **Odstęp pól miedzi od krawędzi PCB** – warto pamiętać, że pola masy (*polygons*) – choć mają szereg zalet i w znacznej części urządzeń oddają nieocenione zasługi pod kątem kompatybilności elektromagnetycznej oraz poprawy warunków zasilania – nie



Rysunek 16. Zalecenie dotyczące wprowadzenia obszaru keep-out w rejonie pinu nr 1 obudowy typu QFN (https://t.ly/67RW)



Rysunek 17. Przykład błędów w projekcie PCB, będących źródłem potencjalnych problemów z kompatybilnością elektromagnetyczną (duża wyspa miedzi pełniącafunkcję anteny) i montażem (małe pole miedzi, które może oderwać się w trakcie trawienia mozaiki ścieżek – https://t.ly/Dc1R)

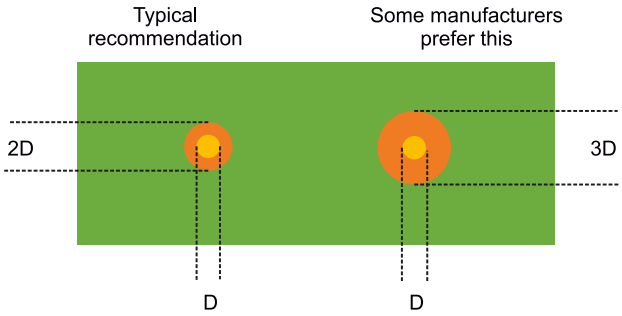


Rysunek 18. Balansowanie pokrycia miedzią (thieving – https://t.ly/tmqZ)

powinny być dociągane do samego brzegu PCB – pozostawienie odsłoniętych krawędzi warstwy miedzi podczas frezowania brzegów oraz depanelizacji naraża je na szybszą korozję (z uwagi na brak pokrycia soldermaską) a dodatkowo stwarza ryzyko oderwania cienkich resztek miedzi, które „wędrując" w losowe miejsce PCB, mogą doprowadzić w skrajnym przypadku do powstania zwarcia. Dodatkowo, ostre krawędzie pogarszają estetykę produktu i stwarzają ryzyko skaleczenia dla montażystów bądź serwisantów.

- **Unikanie izolowanych wysp miedzi –** pozostawienie w projekcie PCB niewielkich, odizolowanych (niepodłączonych) pól miedzi, otoczonych np. przez ścieżki, gęsto ułożone pady lub przelotki, może doprowadzić do podtrawienia i oderwania się takiego fragmentu folii miedzianej z oryginalnego położenia, zaś po „przewędrowaniu" w inne miejsce PCB kawałek folii może doprowadzić do uszkodzeń PCB (**rysunek 17**). Wyjątek stanowią specjalne wypełnienia dużych, pustych obszarów obwodu drukowanego, zrealizowane w postaci macierzy niepodłączonych padów, których celem jest ujednolicenie przepływu prądu podczas wykonywania pokryć (galwanizacji) ścieżek. Przykład zastosowania tej techniki, określanej jako *copper balancing* lub *thieving*, pokazano na **rysunku 18**. Warto dodać, że metoda ta jest wykorzystywana także do poprawy właściwości termicznych PCB (ochrona przed wypaczaniem w procesie lutowania).
- **Markery optyczne** (*fiducials*) – współczesne automaty pick & place muszą zapewnić dokładność pozycjonowania, umożliwiającą współpracę z najmniejszymi dostępnymi na rynku elementami. Zaawansowane maszyny do układania komponentów wykorzystują automatyczne systemy wizyjne do dokładnego, powtarzalnego i niezawodnego określania pozycji PCB względem środka układu współrzędnych przestrzeni roboczej. W produkcji seryjnej

eprasa.pl d7ac45c7ab



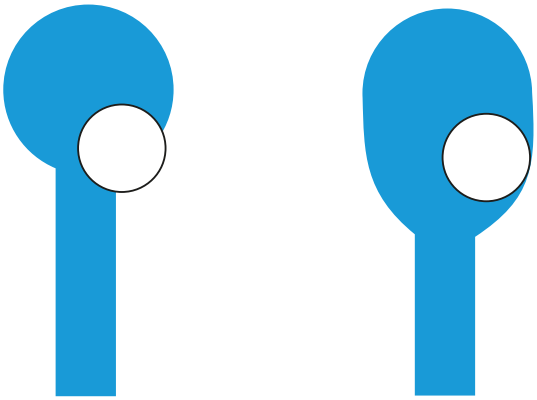
Rysunek 19. Przykładowe znaczniki optyczne dla systemów wizyjnego wsparcia pozycjonowania PCB (https://t.ly/1tcM)

należy zatem przewidzieć zastosowanie znaczników (markerów) optycznych, które mają zwykle postać okrągłego pola o średnicy od 1 do 3 mm, pozbawionego soldermaski i wyposażonego w okrągły, niewiercony pad o średnicy dostosowanej proporcjonalnie do wymiarów markera (**rysunek 19**). Rozwiązanie takie znacząco zwiększa dokładność pozycjonowania, choć niektóre maszyny są w stanie poradzić sobie z określeniem współrzędnych tylko i wyłącznie na podstawie obrazu mozaiki PCB jako takiej.

- **Poszerzanie ścieżek przy wejściu do padów** – technika ta, zwana popularnie *teardrops*, polega na (zwykle automatycznym) dodawaniu segmentów linii lub łuków do ścieżek w taki sposób, że ścieżka w miejscu połączenia z padem lub przelotką łagodnie się poszerza. Oprócz mechanicznego wzmocnienia (co ma znaczenie przy podłączaniu cienkich ścieżek do relatywnie dużych padów) rozwiązanie to pozwala zwiększyć odporność na powstawanie pułapek kwasowych, ale przede wszystkim zmniejsza prawdopodobieństwo powstania nieakceptowalnych uszkodzeń ścieżek w przypadku niezbyt dokładnego trafienia wiertłem w środek padu/przelotki (**rysunek 20**).

Wymogi techniczne producentów PCB

Niezwykle ważnym czynnikiem wpływającym na zgodność projektu PCB z wymogami podejścia DFM jest zweryfikowanie zgodności reguł projektowych, ustawionych w środowisku EDA, z możliwościami technologicznymi współpracującej z przedsiębiorstwem fabryki PCB. Właściwe ustalenie minimalnych rozmiarów pierścieni oraz średnicy wierceń padów THT i przelotek jest konieczne z uwagi na ograniczoną dokładność wiercenia. Otwór w żadnym przypadku nie powinien wykraczać poza krawędź padu znajdującego się na jednej z zewnętrznych powierzchni płytki drukowanej bądź na którejkolwiek z warstw wewnętrznych – ani nawet być nazbyt do niej zbliżony. Choć wymogi minimalnych średnic otworów i pierścieni padów/przelotek, określane przez zaawansowanych producentów, dotyczą innych



Rysunek 20. Przykład zastosowania metody *teardrops* do poprawy jakości połączenia ścieżka-pad (lub ścieżka-przelotka) – bez dodatkowego poszerzenia niedokładnie wywiercony otwór silnie uszkadza ścieżkę (po lewej), podczas gdy *teardrop* skutecznie ratuje połączenie (https://t.ly/gjdr)

aspektów technologii produkcji PCB, to w przypadku firm dysponujących mniej dokładnym wyposażeniem nadal można spotkać się z przypadkami, w których otwór jest wyraźnie przesunięty względem środka padu. Możliwości technologiczne limitują także osiągalne odstępy izolacyjne, minimalne szerokości ścieżek czy też odstępy otwór/otwór oraz otwór/krawędź PCB. Podobnie od jakości procesu nakładania soldermaski zależy minimalna jej szerokość i powtarzalność w newralgicznych miejscach płytki – głównie pomiędzy wyprowadzeniami układów scalonych. W każdym przypadku należy zatem – jeszcze przed oficjalnym zleceniem produkcji – dwukrotnie upewnić się, że dokumentacja wysyłana do producenta mieści się w zakresie wykonalności danej fabryki.

Podsumowanie

Zaprezentowane w artykule wytyczne stanowią zbiór praktycznych porad dla projektantów elektroniki – mamy nadzieję, że pozwolą one usystematyzować posiadaną wiedzę w zakresie DFM, a także ułatwią zwrócenie uwagi na najczęściej występujące problemy. Każdy inżynier powinien jednak samodzielnie skompletować własną checklistę, obejmującą – oprócz aspektów wymienionych w artykule – także szereg innych zagadnień, charakterystycznych dla danej branży, sposobu współpracy biura projektowego z producentami kontraktowymi czy też unikalnych doświadczeń pozyskanych z poprzednich projektów.

inż. Przemysław Musz, EP

[1] Przykładowe oznaczenia, na jakie można trafić w bazach dostawców i producentów elementów elektronicznych, to NRND (not recommended for new designs), OBS (obsolete) czy też EOL (end of life).

REKLAMA

eprasa.pl d7ac45c7ab

Nowoczesna produkcja prototypów

Udział podzespołów w obudowach SMD na płytkach PCB wielu nowych projektów przekracza 90...95%. Mniejsze wskaźniki dotyczą zasadniczo urządzeń do przetwarzania energii elektrycznej, które zawierają takie podzespoły, jak duże indukcyjności czy wysokoprądowe złącza. Wszelkie pozostałe aplikacje, z wielu względów niemal całkowicie przechodzą na montaż powierzchniowy. Na etapie produkcji wielkoseryjnej ma to wiele zalet, ale w przypadku prototypowania i wytwarzania małych serii wiąże się z wieloma trudnościami. W artykule wyjaśnimy, jak sobie z nimi poradzić, korzystając z profesjonalnych urządzeń z asortymentu firmy RENEX.

Więcej informacji:
RENEX
87-800 Włocławek, Al. Kazimierza Wielkiego 6E
tel. 54 231 10 05
e-mail: office@renex.pl, www.renex.pl

Fotografia 1. Stacja lutownicza JBC typu JBC-CDE-2BQA (https://bit.ly/3Lu1PAA)

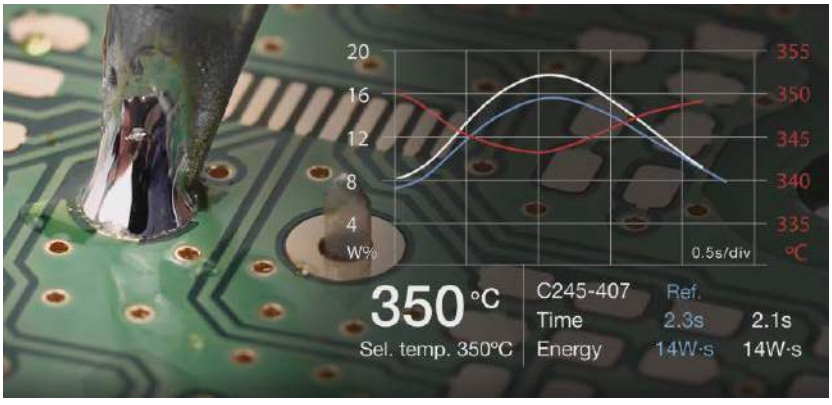
Projektowanie elektroniki staje się coraz trudniejsze. W najnowszych konstrukcjach sztuką staje się znalezienie kompromisów dla wielu przeciwstawnych zagadnień technicznych. Jednak to nie koniec – aby projekt miał szansę na wdrożenie, musi też spełniać normy branżowe, mieścić się w założeniach budżetowych, uwzględniać dostępność podzespołów i zapewniać krótki czas realizacji. Zrealizowanie tych wszystkich założeń wymaga stosowania nowoczesnych rozwiązań na każdym etapie projektu.

Miniaturyzacja

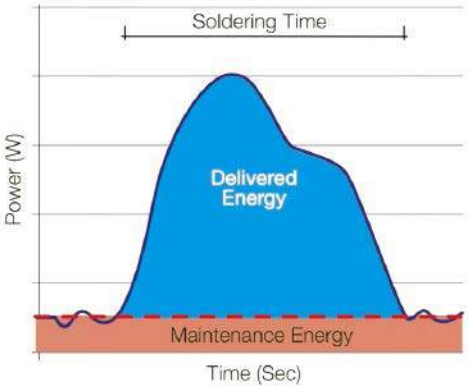
Najważniejszą przyczyną zmian w sposobie projektowania i technikach prototypowania nowych obwodów jest miniaturyzacja obudów komponentów elektronicznych. Stosowanie coraz mniejszych obudów jest uzasadnione z kilku względów:

- finalne urządzenie jest mniejsze, a więc także tańsze, ale dzięki temu zyskuje również pod względem innowacyjności, komfortu użytkowania i funkcjonalności,
- nowoczesne komponenty są dostępne przeważnie tylko w miniaturowych obudowach,
- kłopoty z dostępnością półprzewodników doprowadziły do tego, że większą dostępnością odznaczają się układy o węższym zakresie zastosowań, czyli m.in. te w miniaturowych obudowach.

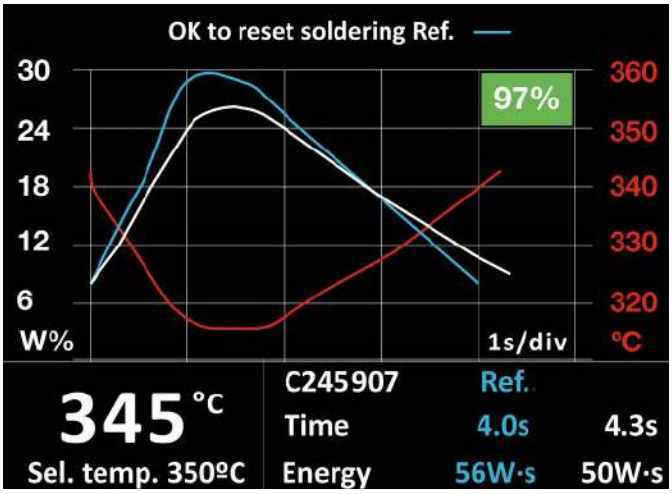
Miniaturyzacja w elektronice powoduje, że nawet jeśli potrzebna jest tylko jedna sztuka prototypowego obwodu, to nie da się zmontować go ręcznie, wykonanie wymaga normalnego procesu produkcyjnego. To silnie oddziałuje na producentów elektroniki, gdyż biorąc pod uwagę taką ewentualność, muszą nawiązać współpracę z odpowiednim kooperantem lub zaopatrzyć się w odpowiednie narzędzia i sprzęt. Biorąc pod uwagę to, że miniaturyzacja w elektronice jest zjawiskiem postępującym, to aby nie wypaść z branży, należy się do tego trendu przygotować.



Rysunek 1. Działanie asystenta lutowania w stacji lutowniczej JBC typu JBC-CDE-2BQA



eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 2. Przebieg procesu lutowania oraz wszystkie ustawienia zobrazowane na kolorowym wyświetlaczu graficznym

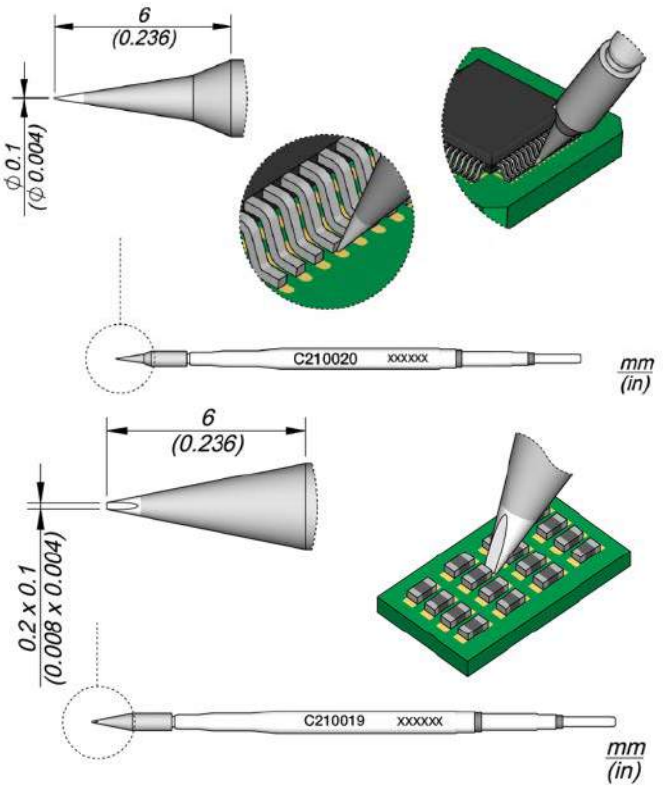
Stacja lutownicza jako wyposażenie obowiązkowe

Przeważającą część prac montażowych, również w przypadku miniaturowych elementów rozmiaru SMD0603 czy nawet SMD0402, można wykonać za pomocą stacji lutowniczej. Jednak musi to być stacja opracowana specjalnie do takich precyzyjnych zadań, żadne uniwersalne urządzenia nie sprawdzą się w takim zastosowaniu. Doskonałym wyborem jest cyfrowa stacja lutownicza JBC typu JBC-CDE-2BQA (**fotografia 1**) wyposażona w funkcję asystenta lutowania – Soldering Assistant. Jest to innowacyjny system, który wykrywa poszczególne etapy procesu lutowania i automatycznie dostosowuje parametry lutownicy. Działanie systemu zostało zobrazowane na **rysunku 1**, optymalna charakterystyka temperaturowa gwarantuje najlepszą jakość lutowania oraz zwiększa tempo prac. Przebieg procesu lutowania oraz wszystkie ustawienia są obrazowane na kolorowym wyświetlaczu graficznym (**rysunek 2**).

Warto zauważyć, że działanie tego systemu jest możliwe tylko przy odpowiedniej konstrukcji modułu grzewczego, w którym grzałka musi być wyjątkowo silnie termicznie sprzężona z precyzyjnym grotem oraz czujnikiem temperatury, aby uzyskać ekstremalnie niską bezwładność termiczną. Ta cecha umożliwia jednocześnie częste uruchamianie trybów uśpienia i hibernacji, które pomagają przedłużyć żywotność grotów. Nawet po obniżeniu temperatury grota w czasie krótkiej bezczynności temperatura robocza jest ponownie osiągana w czasie krótszym niż 2 s, co zupełnie nie spowalnia prac.

Stacja jest wyposażona w niewielką rękojeść typu T245 o wymiarach 145×20×20 mm o wyjątkowo niewielkiej masie 0,07 kg. To pozwala na swobodne i precyzyjne operowanie tym narzędziem. W razie potrzeby stację można wyposażyć w precyzyjną rękojeść typu T210 o wymiarach 123×14×14 mm i jeszcze mniejszej masie 0,06 kg (**fotografia 2**). Bogaty asortyment grotów umożliwi realizację wielu trudnych zadań (**rysunek 3**).

Fotografia 2. Precyzyjna rękojeść typu T210 do stacji lutowniczej JBC typu JBC-CDE-2BQA



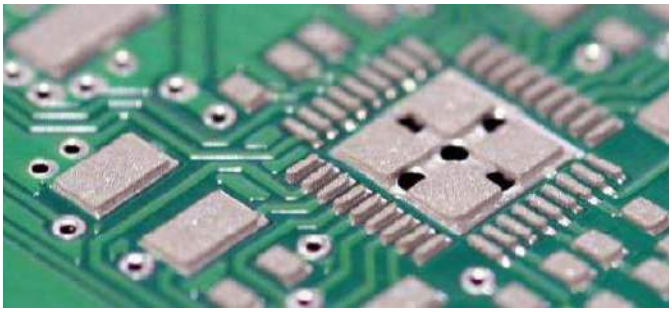
Rysunek 3. Precyzyjne groty do rękojeści typu T210

Pick and place do prototypów

Zastosowanie elementów mniejszych niż SMD0603 lub układów w wielowyprowadzeniowych obudowach typu BGA czy WCSP wymaga zastosowania normalnego procesu produkcyjnego. Głównym etapem tego procesu jest automatyczne rozmieszczenie komponentów. Służą do tego maszyny nazywane w skrócie pick and place, w których komponenty umieszczone są na specjalnych taśmach, a następnie są automatycznie rozkładane bezpośrednio na powierzchni obwodu drukowanego. Są to jedne z najbardziej złożonych elementów linii montażowej, zdolnych do pracy z bardzo dużą szybkością. Popularnym urządzeniem tego typu jest YAMAHA YSM10 (**fotografia 3**). Automat,

Fotografia 3. Automat pick and place YAMAHA typu YSM10 (https://bit.ly/36KqPEJ)

eprasa.pl d7ac45c7ab



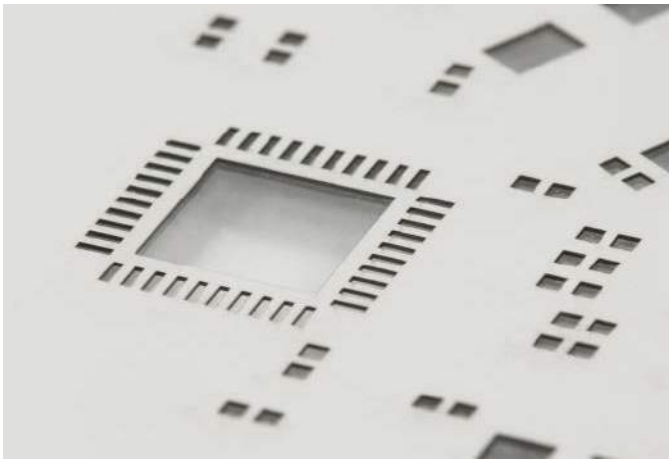
Fotografia 4. Pasta lutownicza nałożona na płytkę drukowaną przed rozłożeniem elementów

pracując na płytkach o wielkości 510×460 mm, jest zdolny do ułożenia 30 (wg IPC9850) tysięcy komponentów w ciągu godziny, zachowując przy tym precyzję pozycjonowania każdego komponentu na poziomie ±0,035 mm.

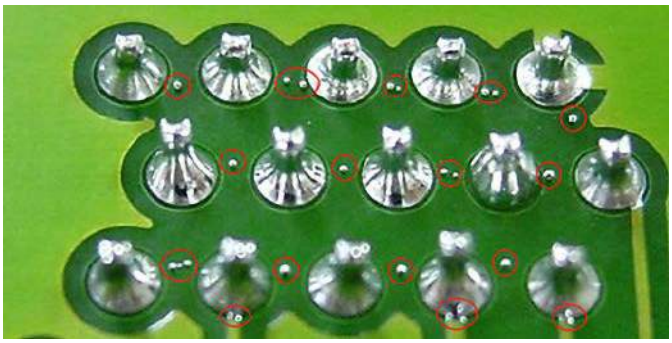
Nakładanie pasty lutowniczej

Pasta lutownicza to kompozycja materiałów chemicznych będąca mieszaniną topnika oraz drobno sproszkowanych metali (lutowia), jak np. cyny, ołowiu, srebra lub miedzi, stosowana w procesie lutowania powierzchniowego (SMT – *Surface Mounting Technology*). Substancja ta nakładana jest na pady elementów na płytce PCB jeszcze przed rozmieszczeniem na niej elementów w maszynie pick and place (**fotografia 4**). Właściwości pasty lutowniczej pozwalają na utrzymanie elementów we właściwych miejscach, a ostatecznie, po rozgrzaniu staje się ona spoiwem lutowniczym łączącym elektrycznie i mechanicznie elementy z płytką.

Do aplikacji pasty stosuje się urządzenie określane jako drukarka pasty lutowniczej (*Solder Paste Printing Machine*). W pierwszej fazie w drukarce umieszcza się płytkę oraz specjalny metalowy szablon, wykonywany na potrzeby każdego projektu płytki PCB, zawierający otwory w miejscach przeznaczonych do rozprowadzenia pasty (**fotografia 5**).



Fotografia 5. Szablon do nakładania pasty lutowniczej

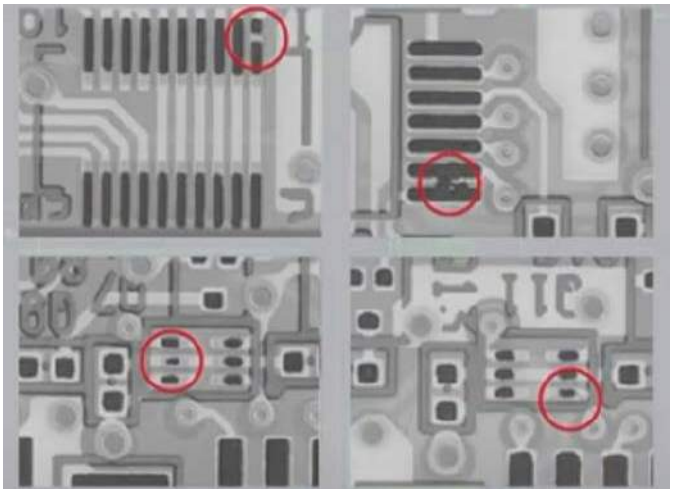


Fotografia 6. Efekt kulkowania powstający przy nieprawidłowym nakładaniu pasty lutowniczej

Fotografia 7. Drukarka pasty lutowniczej YAMAHA typu YA-YCP10 (https://bit.ly/3uKaQP9)

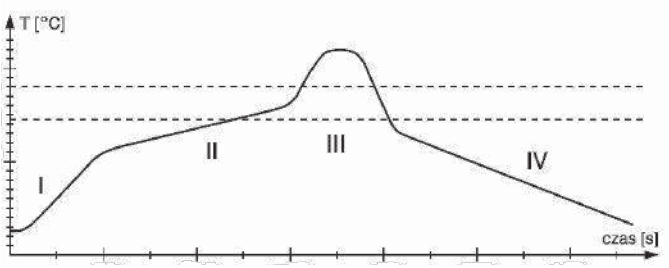
Szablony najczęściej wykonane są z arkusza stali nierdzewnej z laserowo wyciętymi otworami. Bardzo ważne jest wzajemnie precyzyjne oraz stabilne umieszczenie zarówno płytki, jak i szablonu. Gdy do tego dojdzie, maszyna rozprowadza pastę po powierzchni szablonu – dzięki otworom substancja umieszczona zostaje jedynie w przeznaczonych do tego miejscach na płytce. Ważnym zagadnieniem jest kontrola ilości rozprowadzanej pasty. Aplikacja zbyt dużej jej ilości może spowodować rozlanie połączeń lutowniczych prowadzące do zwarcia, aplikacja zbyt małej może zaś przyczynić się do powstania niepoprawnego połączenia lutowniczego.

Wiele badań i analiz nad efektywnością procesu lutowania podkreśla fakt, że ok. 70% wszystkich problemów z nim związanych generowanych jest przez niewłaściwe rozmieszczenie pasty lutowniczej w procesie jej drukowania (**fotografia 6**). Zastosowanie profesjonalnej drukarki pasty lutowniczej YAMAHA typu YA-YCP10 (**fotografia 7**) pozwoli uniknąć takich sytuacji. Urządzenie zawiera wiele zaawansowanych systemów takich, jak system mocowania szablonu wzbogacony o działanie podciśnienia, który zapewnia stabilność i wysoką

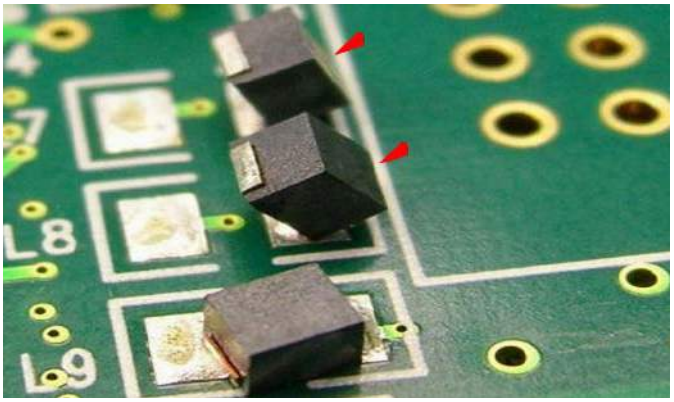


Rysunek 4. Szczegółowa inspekcji jakości druku drukarki YAMAHA YA-YCP10

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 5. Przykładowy profil temperaturowy



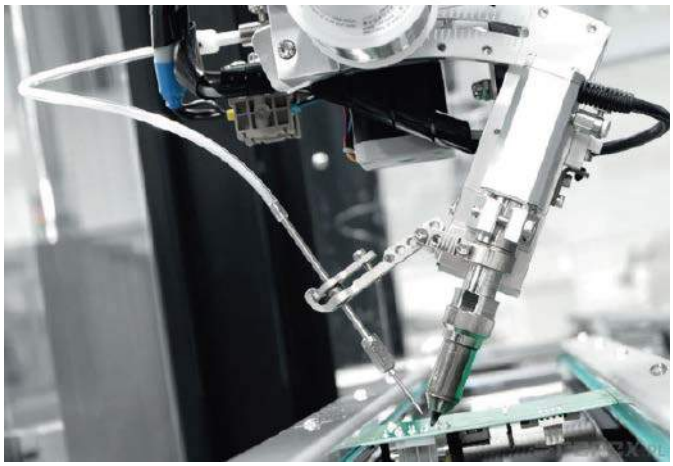
Fotografia 8. Nagrobkowanie (*tombstoning*) – defekt polegający na stawianiu na sztorc drobnych elementów SMD w czasie lutowania rozpływowego

dokładność druku czy system autoczyszczenia, który sam dostosowuje się do warunków pracy. Dodatkowo urządzenie dokonuje szczegółowej inspekcji jakości druku dzięki kamerze oferującej szerokie pole widzenia i doskonałą rozdzielczość (**rysunek 4**).

Lutowanie

Gdy komponenty zostaną już prawidłowo rozłożone na powierzchni płytki, przechodzi się do etapu lutowania. W przypadku układów z przewagą komponentów do montażu powierzchniowego najbardziej efektywnym typem lutowania jest lutowanie rozpływowe. W tej technice płytka z rozmieszczonymi na niej komponentami przechodzi przez urządzenie będące podzielonym na kilka stref piecem, utrzymującym różne wartości temperatury w każdej z nich. Temperatury w poszczególnych strefach dobiera się w zależności od szczegółów konstrukcji obwodu w taki sposób, by zapewnić maksymalnie efektywny rozpływ lutowia i powstanie wysokiej jakości połączeń lutowniczych ale jednocześnie uwzględniając wrażliwość cieplną komponentów. Przykładowy profil temperaturowy został pokazany na **rysunku 5**. W wyniku nierównomiernego rozkładu temperatury może wystąpić efekt tzw. nagrobkowania (*tombstoning*) pokazany na **fotografii 8**.

Fotografia 9. Piec rozpływowy HELLER typu HE-1707MK5 (https://bit.ly/3tR4BtE)



Fotografia 10. Robot lutowniczy REECO (https://bit.ly/3iQxSy9)

Jednym ze szczytowych osiągnięć w dziedzinie lutowania rozpływowego jest flagowy produkt największego producenta pieców rozpływowych na świecie – HELLER Industries, model HE-1707MK5 (**fotografia 9**). Jest to urządzenie wyposażone w 7 stref grzejnych z górnymi i dolnymi grzałkami o stabilizacji temperatury ±1°C oraz jedną strefę chłodzenia umożliwiającą wytracanie temperatury na poziomie >3°C/s. Precyzja tego rzędu realizuje nawet najbardziej rygorystyczne wymagania profili bezołowiowych. Proces może odbywać się w środowisku azotowym, a urządzenie wyposażone jest w system jednolitego zarządzania gazem (*Uniform Gas Management System*) eliminujący straty przepływu azotu i wpływa na ograniczenie jego zużycia aż do 40%.

Podsumowanie

Uzupełnieniem linii produkcyjnych są rozwiązania pozwalające na automatyzację montażu THT. Konwencjonalnie w tym procesie stosuje się fale lutownicze. W przypadku produkcji małoseryjnej bardziej wydajnymi kosztowo są jednak precyzyjne roboty lutownicze, które nie wymagają nagrzewania całego tygla spoiwa i mogą być szybko przeprogramowywane z realizacji jednej serii na drugą. Najlepszym przykładem takiego rozwiązania jest robot lutowniczy REECO (**fotografia 10**), którego wielu fanów lutowania sportowego miało okazję widzieć na różnych wydarzeniach branżowych w Polsce i Europie rywalizującego na czas z mistrzami w lutowaniu.

Omówione rozwiązania można zobaczyć i przetestować w Centrum Technologicznym RENEX. Właściwy dobór urządzeń stanowi klucz do sukcesu każdej działalności produkcyjnej. Misją RENEX Group jest dostarczanie kompleksowego wyposażenia dla branży elektronicznej i wspieranie jej rozwoju w Polsce i Europie.

www.renex.pl

eprasa.pl d7ac45c7ab

Oscyloskopy przenośne

Oscyloskopy przenośne, handyskopy, to przyrządy, które mimo swojej bardzo zwartej budowy często co najmniej dorównują ich biurkowym, stacjonarnym odpowiednikom. Są to przyrządy idealne do wszelkiego rodzaju warsztatów i serwisów. Spotykamy je również na liniach produkcyjnych, gdzie wspomagają pracę inżynierów utrzymania ruchu. Inżynierowie pracujący przy biurku wybierają raczej oscyloskopy stacjonarne, ale gdy trzeba wykonać pomiary w terenie, handyskopy stają się niezastąpione.

Z oscyloskopami przenośnymi jest pewien problem. Ich historia jest nierozerwalnie związana z oscyloskopami cyfrowymi, których początki sięgają ostatniej dekady XX wieku. W tych czasach był to jednak sprzęt bardzo trudno osiągalny, wręcz zupełnie niedostępny. Polskę, jako kraj bloku wschodniego, obowiązywały ograniczenia handlowe z Zachodem. Ale nawet tam oscyloskopy cyfrowe dopiero zaczęły pojawiać się w sprzedaży, a użytkownicy musieli je poznać i przekonać się do nich. Mimo że pierwsze oscyloskopy cyfrowe były już dostępne w początkach lat 90. XX w. (np. Tektronix TDS620 – rok 1993), to prawdziwy boom na tę klasę przyrządów rozpoczął się mniej więcej z początkiem XXI wieku. Wtedy nikt jeszcze praktycznie nie myślał o konstrukcjach przenośnych. Pierwsze oscyloskopy cyfrowe konstruowano z myślą o zastosowaniach stacjonarnych. Za swego rodzaju wyjątek można uznać produkowany w latach 1993...1996 oscyloskop Tektronix 224, który mimo swoich małych wymiarów i bateryjnego zasilania był kwalifikowany do kategorii *portable*, a więc jednak do grupy przyrządów stacjonarnych (**fotografia 1**).

Prawdziwe oscyloskopy przenośne musiały jeszcze jakiś czas poczekać na swój początek. Trudno tu podać jakąś konkretną datę, można jednak przyjąć, że wyraźne zainteresowanie nimi pojawiło się wraz z pierwszymi ofertami handlowymi, dopiero gdzieś w połowie lat 2000. I tu wracamy do problemu z oscyloskopami przenośnymi, gdyż boom na nie był oczywisty – nowość na rynku – i względnie krótkotrwały. Dlaczego tak się stało? Odpowiedzieć nie jest łatwo. Jedno jest jednak zauważalne: mniej więcej od połowy drugiej dekady XXI wieku jest to klasa przyrządów niemal nierozwijana. Te modele, które powstały wtedy, są sprzedawane do dziś, a w ofertach trudno jest znaleźć nowości. Zdarzają się też niestety przypadki, że niektórzy dystrybutorzy w ogóle rezygnują ze sprzedaży oscyloskopów przenośnych.

Klasyfikacja

Jak można sądzić, oscyloskop przenośny jest rozumiany jako przyrząd, który można schować na przykład do jakiejś walizki czy choćby pokrowca i zabrać na pomiary w terenie, czasami nawet w dosłownym znaczeniu tego słowa. Jeśli przyjąć taką interpretację, to do grupy oscyloskopów przenośnych należałoby zaliczyć nie tylko skopometry czy handyskopy, które często są odpowiednikami podobnych modeli stacjonarnych (desktop, portable), ale również miniaturowe i zwykle bardzo proste oscyloskopy kieszonkowe (pocked), a nawet przystawki USB. Z zaklasyfikowaniem tych ostatnich do grupy oscyloskopów przenośnych przemawia fakt, że w dzisiejszych czasach w powszechnym użyciu są laptopy, a nawet tablety, do których oscyloskopy-przystawki mogą być dołączone. Problem może wystąpić np. w przypadku 20-kilogramowego przyrządu, którego obudowę wyposażono w rączkę. Skoro ma rączkę, powinien być traktowany jak sprzęt przenośny. Nawiasem mówiąc, takich urządzeń jest wbrew pozorom całkiem sporo. Niekoniecznie o masie 20 kg, ale na pewno w rozmiarach urządzeń desktop.

Fotografia 1. Oscyloskop Tektronix 224, który można uznać za praprzodka handyskopów

Nasuwa się pytanie, czy handyskop jest tym samym co skopometr? W zasadzie należałoby rozróżnić te dwa terminy. W nazwie skopometr ukryte są dwa przyrządy: oscyloskop i miernik – chodzi zwykle o cyfrowy miernik uniwersalny. Skopometr ma więc charakterystyczne dla oscyloskopów gniazda BNC i dodatkowo gniazda bananowe stosowane w multimetrach. Oprogramowanie skopometru zawiera funkcje niezbędne do obsługi oscyloskopu, ale też funkcje obsługujące multimetr. Nie jest przy tym możliwa jednoczesna praca w tych dwóch trybach. Oscyloskop ma wprawdzie zestaw pomiarów automatycznych obliczających podobne parametry do tych, które są mierzone multimetrem, np. napięcie skuteczne, napięcie średnie itp., ale dane wejściowe są pobierane z kanałów oscyloskopowych, a nie z gniazd multimetru. Handyskop to tylko oscyloskop ręczny, bez multimetru. W odniesieniu do tych przyrządów stosowane jest także określenie handheld, czyli „podręczny". Osobiście nie lubię spolszczeń terminów angielskich, ale stały się one faktem i trudno wybronić się przed tym trendem. Na tej zasadzie pojawiły się w technicznej terminologii polskie słowa „skopometr" (pisany z literką „k" nie „c") i handheld. Być może taki handheld jest lepszym rozwiązaniem niż np. podręczniak albo ręczniak. Nie wiem.

Skopometry, handyskopy, handheldy

Przegląd zaczniemy jednak od klasyki, czyli od handyskopów i skopometrów. Jak już było powiedziane, krótko po okresie dynamicznego rozwoju stacjonarnych oscyloskopów cyfrowych powstała kategoria oscyloskopów przenośnych – handyskopów. W tym czasie wyraźnie już wyodrębniły się co najmniej trzy poziomy zaawansowania technicznego przyrządów klasycznych, od najprostszych, przeznaczonych dla amatorów, początkujących elektroników i niewymagających profesjonalistów, przez oscyloskopy klasy średniej, mające niezłe parametry, jednak wyraźnie odstające od oscyloskopów z najwyższych półek cenowych, ale zaspokajające potrzeby sporej części profesjonalistów. Oscyloskopy najdroższe to już urządzenia bardzo rozbudowane, przeznaczone do wykonywania bardzo złożonych pomiarów i analiz, mające wiele specjalistycznych funkcji pomiarowych i trybów pracy. Ich ceny w porównaniu z przyrządami najtańszymi są wręcz astronomiczne. Rozszerzanie funkcji pomiarowych o te, które są charakterystyczne dla mierników uniwersalnych,

eprasa.pl d7ac45c7ab

nie jest jednak przypisane wyłącznie oscyloskopom przenośnym. W ofertach oscyloskopów stacjonarnych coraz częściej pojawiają się przyrządy opisywane jako 3-in-1, 5-in-1, a nawet 7-in-1. Jest to wyraźna sugestia, że są to przyrządy o wiele bardziej wykraczające swoimi możliwościami pomiarowymi poza i tak bardzo uniwersalny, zwykły oscyloskop.

Handyskopy niejako z założenia są przeznaczone do pomiarów przemysłowych. Plastikowa obudowa jest więc często wyposażana w dodatkowy, nakładany na nią holster zabezpieczający przed trudnymi warunkami panującymi na stanowisku pomiarowym (smarami, pyłem itp.). W warunkach przemysłowych bardzo ważnym zagadnieniem staje się galwaniczna izolacja wejść. Zasilanie bateryjne pozwala uniknąć ewentualnego konfliktu z uziemieniem oscyloskopu i badanego urządzenia. Niemniej oscyloskopowe wejścia pomiarowe są dodatkowo izolowane, np. z zastosowaniem optoizolatorów.

Fluke

Czołowym producentem handyskopów i skopometrów od początku istnienia tej grupy przyrządów jest holenderska firma **Fluke**. Jest to jeden z ważniejszych dostawców profesjonalnej aparatury pomiarowej: mierników uniwersalnych, kalibratorów, kamer podczerwonych, a także skopometrów. Wszystkie wyroby charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami. Przyrządy marki Fluke są często wymieniane jako referencyjne w wielu publikacjach. Marka jednak kosztuje. Kupując urządzenia tego dostawcy, należy liczyć się z niemałym wydatkiem, zwykle większym niż porównywalne przyrządy innych producentów.

Jeszcze kilka lat temu oferta Fluke na skopometry zawierała dość pokaźną liczbę modeli. W ostatnim czasie obserwujemy jednak wyraźne odchodzenie od tej klasy przyrządów, nawet u tego producenta. Obecnie, nawet jeśli niektóre modele widnieją jeszcze na listach dystrybutorów, to albo z zerowym stanem magazynowym, albo z jawną adnotacją o co najmniej niedostępności poszczególnych modeli. Najczęściej też kupować można tylko na zamówienie. Oferta obejmuje skopometry rodzin: 190, 190 II i 190 III. Rodzina 190 II zawiera oscyloskopy przenośne dwu- i czterokanałowe z funkcjami multimetru, oferowane w wersjach o paśmie 60 MHz, 100 MHz, 200 MHz i 500 MHz. Wszystkie kanały są niezależnie izolowane. Maksymalna szybkość próbkowania wynosi 5 GSa/s, ale jest ona zależna od modelu i liczby używanych kanałów. Związek z zastosowaniami w trudnych warunkach przemysłowych znajduje potwierdzenie w normach, które spełniają. I tak, urządzenia te posiadają klasę bezpieczeństwa CAT III 1000 V i CAT IV 600 V oraz stopień ochrony IP51. Są więc odporne na kurz i wodę.

Skopometry rodziny 190 II ważą 2,2 kg wraz z baterią zapewniającą siedmiogodzinną pracę. Tak długi czas pracy jest na pewno przydatny podczas pracy w trybie rejestratora (Roll mode), w którym można zapisać do 30000 punktów w każdym kanale. Tryb ten jest przeznaczony do pomiarów sygnałów wolnozmiennych. Inną, podobnie działającą funkcją jest TrendPlot – odpowiednik znanego z dawnych lat rejestratora pisakowego. W tym wykonaniu oczywiście cały zapis jest realizowany elektroniczne, bez konieczności używania rolek papieru. Bez względu na tryb pracy skopometru Fluke 190 II, czy jest to oscyloskop, czy rejestrator, czy multimetr, wyniki są wyświetlane na wbudowanym ekranie o rozdzielczości matrycy... 320×240 punktow. Wyobraźmy sobie teraz, że kupujemy taki przyrząd, za który musimy zapłacić ok. 20000 zł. Mamy chyba odpowiedź, dlaczego obecnie coraz trudniej jest znaleźć nabywcę zainteresowanego takim sprzętem. Czy można zaryzykować twierdzenie, że postęp w dziedzinie wyświetlaczy LCD pogrążył rynek oscyloskopów przenośnych? To może zbyt daleko idąca hipoteza, ale jakichś związków doszukać się można. Jest natomiast jedno zjawisko, które miało niewątpliwy wpływ na produkcję handyskopów. O ile wymiana wyświetlacza 320×240 na inny o wyższej rozdzielczości, nawet z panelem dotykowym, nie powinna stanowić większego problemu, to do produkcji przyrządów niezbędne

Fotografia 2. Skopometr Fluke 190-203

są również inne podzespoły i elementy. A tu okazuje się, że w ostatnich latach zbankrutowało kilka fabryk produkujących elementy stosowane w handyskopach m.in. Fluke. Z tego powodu zaprzestano produkcji niektórych modeli. Zmagazynowane części muszą być zarezerwowane do celów serwisowych. Nie można przecież powiedzieć klientowi, który zakupił sprzęt za ponad 20000 zł, że naprawa uszkodzeń jest niemożliwa z powodu braku podzespołów.

Wracając do kwestii wyświetlacza, Fluke dostrzegł jednak w stosownym czasie problem rozdzielczości i w przyrządach 190 III zastosował wyświetlacze o rozdzielczości matrycy 1120×765 punktów (**fotografia 2**).

Siglent

Niewątpliwy sukces w zakresie oscyloskopów stacjonarnych średniej klasy osiągnęła chińska firma Rigol. Może wydawać się nieco zaskakujące, ale w czasach, w których ambicją wielu producentów było posiadanie w ofercie handyskopów, Rigol nigdy nie poszedł tą drogą i nie miał ani jednego własnego modelu. Bezpośrednim konkurentem w zakresie oscyloskopów cyfrowych od samego początku jest inna chińska firma – Siglent. Zarówno Rigol, jak i Siglent oferują zbliżone pod względem parametrów technicznych rodziny oscyloskopów cyfrowych, Siglent odważył się jednak na uzupełnienie oferty o handyskopy.

Aktualnie są dostępne dwie rodziny oscyloskopów handeld Siglenta. Rodzina SHA800 obejmuje 4 modele oscyloskopów 60-, 100-, 150- i 200-megahercowych. Szybkości próbkowania modeli o paśmie do 150 MHz jest równa 1 GSa/s, a oscyloskop 200 MHz ma szybkość próbkowania 500 MSa/s. Jak na dzisiejsze wymagania nie jest to parametr robiący duże wrażenie, ale wynika z faktu, że rodzina SHS800 ma już swoje lata i, jak widać, nie jest w istotny sposób rozwijana. Siglent ma jeszcze w ofercie rodzinę SHS1000. Są to oscyloskopy bardziej zaawansowane. Rodzina obejmuje dwa modele dwukanałowych oscyloskopów 60- i 100-megahercowych o szybkości próbkowania 1 GSa/s.

Wszystkie skopomery Siglenta mają wbudowane multimetry z podstawowymi pomiarami napięć, prądów i rezystancji. Wyniki są wyświetlane na kolorowym wyświetlaczu LCD TFT o rozdzielczości 320×234 punktów. Ceny brutto oscyloskopów kształtują się na poziomie 2000...3000 dla rodziny SHS800 i 5700...7300 zł dla rodziny SHS1000.

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 3. Skopometr Siglent SHS1102

Skopometry Siglenta zostały w ostatnim czasie przecenione. Trudno powiedzieć, czy wynika to z załamania się rynku oscyloskopów przenośnych, czy to tylko chwilowe zmniejszenie popytu tak zadziałało? Mimo widocznego niekorzystnego trendu Siglent zapowiada wprowadzenie nowego modelu, co powinno nastąpić jeszcze w roku 2022. Ciekawe, jakie innowacje techniczne pojawią się w tej konstrukcji?

Warto zwrócić uwagę na bardzo podobny design oscyloskopów Siglenta i Fluke (**fotografia 3**). Czy jest to przypadek? Pytanie raczej retoryczne, ale nie będziemy tu zagłębiać się w rozważaniach na ten temat. Ostatecznie oscyloskopy stacjonarne różnych producentów też są do siebie podobne. O ile rozmieszczenie elementów regulacyjnych może wynikać z ergonomii, to już moglibyśmy oczekiwać chociażby zróżnicowania ich kształtu i kolorystyki. Także elementy graficzne mogłyby być bardziej charakterystyczne dla podkreślenia własnej produkcji. W ten sposób nie można uniknąć przekonania, że mamy do czynienia z podróbką, czy to świadomą czy nie, ale trzeba to powiedzieć otwarcie.

Hantek

Rynek handyskopów został ewidentnie zdominowany przez producentów chińskich. Chyba nie jest to informacja zaskakująca. Czasami można się tylko zastanawiać, jak wszystkie te chińskie firmy współegzystują na tym samym rynku? Jedno, co rzuca się w oczy w przypadku Hanteka, to wyraźnie inny design przyrządów niż ten, który jest charakterystyczny dla Fleuke czy Siglenta. Choć ma on niewielki wpływ na parametry techniczne przyrządów, a właściwie nawet żaden, to jednak taka odmienność chyba sprzyja przywiązywaniu klienta do marki.

Kolejnym elementem różniącym firmę Hantek od wymienionych wcześniej jest zdecydowanie większa oferta handlowa. Hantek opracował aż 8 rodzin oscyloskopów przenośnych. Te najprostsze bardziej przypominają mierniki uniwersalne niż oscyloskopy. Tym, co ewidentnie może wskazywać, że mamy do czynienia z jakąś odmianą oscyloskopów, jest wyświetlacz graficzny. Zobaczmy zatem, co można znaleźć u Hanteka?

Fotografia 4. Oscyloskop ręczny Hantek 2D42

Rodzina Hantek2000 zawiera 4 modele określane jako 3-in-1 (**fotografia 4**). W jednym przyrządzenie mamy więc oscyloskop, miernik uniwersalny i generator sygnałów wytwarzający 4 podstawowe przebiegi: sinus, prostokąt, trójkąt i trapez oraz 4 przebiegi arbitralne o maksymalnej częstotliwości 25 MHz (sinus). Miernik uniwersalny mierzy napięcia, prądy, rezystancję, pojemność, ma test diody i zwarcia. W tym przypadku możemy mówić o prawdziwym przyrządzie handheld, gdyż urządzenie można utrzymać w dłoni. Wbudowany akumulator jest ładowany kabelkiem USB C. 2-godzinne ładowanie umożliwia całodzienną pracę, a w trybie gotowości urządzenie może pozostawać przez miesiące. Wyniki pomiarów są wyświetlane na małym wyświetlaczu o przekątnej 2,8 cala, ale matryca ma taką samą rozdzielczość jak duże handyskopy opisane wcześniej (320×240). W tej rodzinie są dostępne

Tabela 1. Porównanie parametrów technicznych handyskopów firmy Hantek

	DSO1000B	DSO1000E	DSO1000S
pasmo	60 MHz, 100 MHz, 200 MHz	100 MHz, 150 MHz, 200 MHz	60 MHz, 120 MHz, 150 MHz, 200 MHz
szybkość próbkowania	500 MSa/s...1 GSa/s	1 GSa/s	1 GSa/s
długość rekordu	1 M	2 M	1 M
szybkość odtwarzania [wfms/s]	2500	1000	2500
pomiary automatyczne	32	>20	32
FFT	tak	tak	tak
XY	tak	tak	tak
generator	prostokąt, 2 V, 1 kHz	200 Msa/s, 12-bitowy	prostokąt, 2 V, 1 kHz
rejestrator	1000 ramek	1000 ramek	1000 ramek
test pass/fail	tak		
klasa bezpieczeństwa			CAT II 1000 V, CAT III 600V
wyświetlacz	LCD TFT 5,6 cala, 640×480	LCD TFT 5,6 cala, 640×480	LCD TFT 5,6 cala, 640×480
wymiary [mm]	245 (L)×163 (W)×52 (H)	240 (L)×220 (W)×75 (H)	245 (L)×163 (W)×52(H)
masa	2,8 kg	2,5 kg (bez akumulatora)	1,3 kg (bez akumulatora)

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 5. Oscyloskopy ręczne firmy Hantek rodzin 8000

modele o paśmie od 40 MHz do 70 MHz i szybkości próbkowania 250 Msa/s.

Pozostałe rodziny handyskopów Hanteka są już znacznie bardziej zaawansowane technicznie i przypominają przyrządy opisane wcześniej. Mamy dwie grupy przyrządów. Pierwsza to: DSO1000, DSO1000B, DSO1000E, DSO1000S i DSO1000BV. Do drugiej grupy należą: DSO6000 i DSO1060. Parametry techniczne zostały zestawione w **tabeli 1**. Rodzina DSO1000 jest określana jako 5-in-1. Oznacza to, że oprócz oscyloskopu mamy: rejestrator, miernik uniwersalny, analizator widma FFT i licznik częstotliwości. Obudowy tych skopometrów mają stopień ochrony IP51. Są więc odporne na kurz, krople i wstrząsy. W zaciemnionych warunkach pomiarowych użytkownik może używać wbudowanej lampki. To, co odróżnia skopometry Hanteka od Siglenta i Fluke to 5,6-calowy kolorowy wyświetlacz o większej rozdzielczości 640×480 punktów.

Rodzina DSO8000E (**fotografia 5**) jest określana jako 6-in-, czyli zawiera: oscyloskop, rejestrator, miernik uniwersalny, analizator widma FFT, licznik i generator arbitralny. Przyrząd może być używany w trudnych warunkach, o czym świadczy stopień ochrony IP-51. Obudowa jest zabezpieczona przed uszkodzeniami mechanicznymi dodatkowym holsterem. Przyrząd ma otwór służący do mocowania na statywie, wyprowadzona linka natomiast umożliwia zawieszenie go na jakimś zaczepie. Rodzina zawiera 4 modele o paśmie: 70 MHz, 100 MHz, 150 MHz i 200 MHz. Wszystkie modele mają szybkość próbkowania 1 GSa/s i rekord 2M.

Rodzina DSO8000E jest określana przez producenta jako przenośny wielofunkcyjny przyrząd laboratoryjny 5-in-1. Występuje tu tylko jeden model o paśmie 60 MHz, szybkości próbkowania 250 MSa/s, dysponujący rekordem 32 k. Jak widać, jest to oscyloskop dość przeciętny jak na dzisiejsze wymagania.

Rohde & Schwarz

Firma Rohde & Schwarz jako producent oscyloskopów może poszczycić się kilkoma rodzinami tych przyrządów. Mimo zaledwie kilkunastoletniego doświadczenia w tej branży wyroby R&S zyskały szerokie uznanie użytkowników, a sama marka dołączyła do grona liderów. Od początku działania projektowe koncentrowały się na sprzęcie biurkowym i chyba dla jeszcze większego podniesienia własnego prestiżu kilka lat temu została opracowana rodzina oscyloskopów przenośnych R&S Scope Rider RTH składająca się z dwóch modeli (**fotografia 6**). Być może rozpoczęcie produkcji skopometrów było próbą podjęcia konkurencji z firmą Fluke. Świadczą o tym porównania z oscyloskopami Fluke rodziny 190 III. Według publikowanych przez R&S porównań wynika, że pod wieloma względami R&S wygrywa z firmą Fluke. Trudno jednak wynikom takich porównań się dziwić. Prawdopodobnie wielu użytkowników holenderskich przyrządów i tak pozostanie wiernych swojemu pierwszemu dostawcy.

Uwagę zwraca nieco skomplikowany tryb zakupu oscyloskopów RTH. Podstawowy model charakteryzuje się dość przeciętnymi parametrami, a podniesienie go do wersji mocno zaawansowanej wymaga zakupienia wielu dodatkowych opcji. Dystrybutor udostępnia specjalny formularz, za pomocą którego względnie prosto można dobrać niezbędne do własnych

Fotografia 6. Skopometr R&S RTH1004

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 7. Skopometry Uni-t

potrzeb opcje. Ogólnie mówiąc, mamy dwie wersje: 2- i 4-kanałową z multimetrem lub bez niego. Dostępne opcje częstotliwościowe to: 60 MHz, 100 MHz, 200 MHz, 350 MHz i 500 MHz. Maksymalna szybkość próbkowania wynosi 5 GSa/s, a długość rekordu w zależności od opcji jest równa od 500 k punktów do 50 M punktów. Zaletą skopometrów R&S i jednocześnie przewagą nad konkurencją jest 10-bitowa rozdzielczość przetwornika analogowo-cyfrowego. W handheldach RTH zastosowano 7-calowy kolorowy wyświetlacze LCD TFT z matrycą o rozdzielczości 800×480 punktów. W złożonych pomiarach bardzo pomocna jest opcja umożliwiająca korzystanie ze skryptów. Taki JavaScript to program zawierający zestaw komend konfigurujących przyrząd bazujący na komendach SCPI (*Standard Commands for Programmable Instruments*), uruchamiających poszczególne, często niestandardowe funkcje pomiarowe.

Handheld nie musi być kojarzony z przyrządem pomiarowym za dziesiątki tysięcy złotych

Na produkcję oscyloskopów przenośnych zdecydowało się wiele firm, niekoniecznie kojarzonych z liderami rynku. Ich urządzenia może nie są aż tak wysokiej jakości jak te najdroższe, ale też – trzeba to powiedzieć otwarcie – nie wszyscy użytkownicy mają ekstremalnie wygórowane wymagania. W wielu zastosowaniach, szczególnie serwisowych, wystarczą mierniki względnie proste i tanie. A jeśli dobrze poszukać, to okaże się, że zupełnie wystarczające skopometry można kupić za cenę o co najmniej rząd wielkości niższą niż ich markowe odpowiedniki. W jednym artykule nie ma możliwości zaprezentowania wszystkich firm mieszczących się w tej grupie, zostanie więc podanych tylko kilka przykładów.

Uni-t (Uni-Trend Technology)

Oscyloskopy tej firmy są dobrze znane szczególnie wśród elektroników amatorów, ale nie tylko. Uni-t to kolejna chińska, jakżeby inaczej, firma działająca od roku 1988. Jako marka Uni-t dała się jednak poznać dopiero 9 lat później. Tak czy inaczej, nie można jej odmówić sporej tradycji. W ofercie Uni-t znajdujemy 2 rodziny handyskopów (**fotografia 7**). Rodzina UTD100C zawiera 2-kanałowe modele o paśmie 60 MHz, 100 MHz, 200 MHz i szybkości próbkowania odpowiednio 250 MSa/s, 500 MSa/s i 1 GSa/s. Długość rekordu jest równa 7,5 k punktów, a więc nie za wiele.

Druga rodzina (UTD1000L) zawiera modele handyskopów 1- i 2-kanałowych o pasmach 25 MHz oraz 50 MHz, o szybkości próbkowania 200 MSa/s i 250 MSa/s. Długość rekordu w tym przypadku jest nieco większa, ale też niezbyt duża – 12 k punktów. Handyskopy rodziny 1000C mają 5,7-calowy wyświetlacz z matrycą o rozdzielczości 320×240 punktów, w modelach 1000L zastosowano wyświetlacz 3,5-calowy z matrycą 320×240 punktów.

Fotografia 8. Handyskop Mustool

Internet stał się bardzo popularną platformą zakupową. Skorzystało z tego wielu mniejszych albo wręcz całkiem malutkich producentów. Swoje mniej lub bardziej profesjonale urządzenia oferują na różnych aukcjach i przez sklepy internetowe. Oczywiście w materiałach reklamowych wyroby są prawie zawsze prezentowane jako superprofesjonalne, a firma jest liderem rynku. Jaki jednak może być stopień profesjonalizmu oscyloskopu cyfrowego o paśmie 120 MHz i szybkości próbkowania 500 MSa/s, który można kupić za nieco ponad 300 złotych? Przykładem niech będzie oscyloskop przenośny MDS120M bliżej nieznanej firmy **Mustool** (**fotografia 8**). Owszem, design na fotografii wygląda bardzo zachęcająco, ale traktowałbym ten wyrób raczej jako zabawkę dla dziecka niż profesjonalne narzędzie. O profesjonalizmie świadczy zresztą opis na stronie sklepu, w którym można zakupić ów przyrząd. Jest na tyle „fachowy", że nie mogłem sobie odmówić zamieszczenia fragmentów. Dowiadujemy się zatem, że jest to cyt.: „profesjonalne narzędzie do przechowywania fal z podświetleniem", dowiadujemy się także, że cyt.: „dzięki ekranowi LCD 320×240, dzięki czemu można wyraźniej zobaczyć dane". Po przeczytaniu takiego opisu bałbym się dokonać zakupu, nawet gdyby traktować ten produkt jako zabawkę. Jak widać, google translate nie popisał się za bardzo.

Sprawdźmy teraz, co można znaleźć na rodzimym Allegro? Jedno z pierwszych wyszukiwań daje wynik: profesjonalny oscyloskop **KKmoon**. Ale spoglądając na zdjęcie przyrządu, odnosimy wrażenie, że gdzieś już to widzieliśmy – **fotografia 9**. Ostatecznie z podobnym zjawiskiem spotkaliśmy się również w przypadku naprawdę profesjonalnych skopometrów. Może podobieństwo nie było aż tak uderzające jak w tym przypadku, ale było. Opis tego handyskopu na stronie Allegro jest równie „profesjonalny" jak w przypadku Mustoola. Cytując klasyka, można powiedzieć: „nie idźmy tą drogą".

Inne spojrzenie na oscyloskop przenośny

Wygląd oscyloskopu przenośnego ukształtował się w świadomości użytkowników prawdopodobnie w chwili pojawienia się pierwszego urządzenia tego typu. Kolejne wyroby były już tylko mniej lub bardziej wiernymi klonami pierwowzoru. No dobrze, to tylko taka moja teoria, ale dość prawdopodobna. Można sądzić, że klasyczny wygląd obudowy skopometru jest dość oczywisty, to po prostu odpowiednie do potrzeb

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 9. Handyskop KKmoon

powiększenie obudowy zwykłego multimetru. Nie oznacza to, że tak musi być zawsze, czego przykładem jest propozycja kolejnej firmy chińskiej, **Shenzhen Micsig Technology**. Choć produkowanych przez nią oscyloskopów rodzin STO1000C, STO1000E i STO2000C nie można nazwać podręcznymi (handheld), to jednak do klasy przenośnych zaliczyć je można. Najbardziej rozwinięta rodzina STO2000C zawiera dwa modele: 300-megahercowy STO2302C i 200-megahercowy STO2202C. Są to oscyloskopy dwukanałowe z rekordem długości 280 M punktów. Maksymalna szybkość próbkowania zależy od liczby używanych kanałów. Dla jednego kanału jest równa 2 GSa/s. Po wykupieniu odpowiednich opcji oscyloskop może być używany do analizy protokołów (UART, CAN, LIN, SPI, I²C, Arinc 1553B i 429). Oscylogramy są wyświetlane na 8-calowym wyświetlaczu LCD TFT z matrycą o rozdzielczości 800×600 punktów. Mająca wymiary 280×180×50 mm obudowa waży niespełna 1,5 kilograma (**fotografia 10**). Rozmieszczenie elementów regulacyjnych jest zbliżone do klasycznych oscyloskopów biurkowych, ale udogodnieniem i ułatwieniem obsługi jest ekran dotykowy.

Fotografia 10. Oscyloskop przenośny Micsig

Fotografia 11. Oscyloskop przenośny USB Red Pitaya

Oscyloskopy USB

Oscyloskopy-przystawki USB stanowią wyodrębnioną grupę przyrządów, trudno jednak przynajmniej w pewnym stopniu nie uwzględnić ich przy omawianiu sprzętu przenośnego. Tak jak już było powiedziane, upoważnia do tego fakt powszechnego używana laptopów, a nawet tabletów, do których przystawka oscyloskopowa może być dołączona.

W tej grupie spotykamy również sprzęt od niemal zabawkowego (np. w postaci zestawu do samodzielnego montażu), do bardzo profesjonalnego, porównywalnego z zaawansowanymi wersjami biurkowymi wiodących firm. Wybór jest tu ogromny i trudno by było wymienić wszystkich producentów i wszystkie marki, zostaną więc przedstawione tylko arbitralnie wybrane przykłady.

Red Pitaya

Właściwie nie jest to firma, a jedynie zespół inżynierów, naukowców pracujących przy akceleratorze cząstek. Jak to często bywa – będzie jeszcze o tym mowa później – potrzebny był im specjalistyczny przyrząd zrobiony pod klucz, który spełniałby konkretne wymagania. I tak w zespole, którego trzon stanowią trzy panie i trzech panów ze Słowenii, powstał mały, przenośny oscyloskop Red Pitaya. Jak się wkrótce okazało, wzbudził on zainteresowanie wielu bardzo poważnych firm, stając się jednocześnie wyrobem handlowym. Red Pitaya jest dostępny w postaci kitów (płytka z akcesoriami bez obudowy) oraz jako gotowy wyrób SIGNALlab 250-12 Standard Kit (**fotografia 11**). Układ jest wyposażony w PoE (*Power over Ethernet*), może więc być przez ten interfejs zasilany i jednocześnie komunikować się z komputerem. Możliwe jest również połączenie via USB. SIGNALlab 250-12 jest przeznaczony do zastosowań przemysłowych. Można go stosować do zdejmowania charakterystyk częstotliwościowych. Płytka zawiera pamięć RAM o pojemności 1 GB oraz gniazdo karty SD max. 32 GB. Dostępne są dwa 12-bitowe kanały pomiarowe o paśmie 80 MHz i częstotliwości próbkowania 250 MSa/s. Są również dwa wyjścia o rozdzielczości 14 bitów i próbkowaniu 250 MSa/s. Oscyloskop jest obsługiwany za pomocą oprogramowania open source.

Tie Pie

Kolejnym producentem oscyloskopów przenośnych jest holenderska firma **Tie Pie** (czyt. Ti Pi). W odróżnieniu od większości konkurentów oferuje oscyloskopy wyłącznie USB. Są to handyskopy HS6 i HS6 DIFF oraz HS5, charakteryzujące się pasmem 250 MHz, próbkowaniem

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 12. Oscyloskopy przenośne USB Tie Pie

1 GSa/s i rekordem 64 M punktów/kanał (**fotografia 12**). HS6 to oscyloskopy 4-kanałowe, przy czym model HS6 DIFF, jak można sądzić, ma 4 wejścia różnicowe. Zaletą handyskpów Tie Pie jest duża rozdzielczość przetwornika 8, 12, 14, a nawet 16 bitów z gwarantowaną dokładnością pomiaru napięć DC wynoszącą 0,25% (typowo 0,01%). W trybie continuous streaming dane są przesyłane do komputera z szybkością 200 MSa/s. Należy podkreślić bardzo dużą dokładność podstawy czasu równą 1 ppm. Komunikacja odbywa się za pośrednictwem interfejsu USB 3.0.

Model HS5 ma podobne parametry techniczne, liczbę kanałów pomiarowych zmniejszono do dwóch, w zamian użytkownik dostał generator arbitralny. Częstotliwości generowanych przebiegów mieszczą się w przedziale od 1 μHz do 40 MHz, amplitudy sygnałów zaś mogą osiągać wartości od –12 V do 12 V. Przebieg jest generowany z rozdzielczością 14-bitową i składa się maksymalnie z 64 M punktów.

Fotografia 13. Oscyloskop przenośny USB Digilent Analog Discovery 2

Funkcjonalnymi odpowiednikami opisanych modeli są ponadto handyskopy HS4, HS4 DIFF i HS3. Mają one jednak węższe pasmo 50 MHz i szybkość próbkowania 50 MSa/s. Generator modelu HS3 generuje przebiegi do 2 MHz. Handyskopy rodzin HS3, HS4, HS5 i HS6 nie gwarantują wymaganej szczególnie w warunkach przemysłowych izolacji galwanicznej. Konstruktorzy Tie Pie wyszli z założenia, że cel ten można uzyskać nie przez zastosowanie specjalnie zaprojektowanego obwodu wejściowego, który zapewniałby wprawdzie izolację, ale mógłby też zniekształcać lub zakłócać sygnał mierzony, lecz przez zastosowanie komunikacji bezprzewodowej. W ten sposób powstały rodziny analogiczne do omówionych wcześniej, lecz komunikujące się przez interfejs Wi-Fi. Są to: WiFiScope WS6, WiFiScope WS6 DIFF, WiFiScope WS5 i WiFiScope WS4.

Analog Discovery 2

Czytelnikom EP zapewne dobrze jest znany zestaw Analog Discovery 2, który tak jak Red Pitaya powstał z potrzeby w tym przypadku rumuńskich wykładowców pracujących na jednej z uczelni technicznych. Nie znajdując na rynku gotowej aparatury pomiarowej odpowiadającej wymaganiom, zaprojektowali własne urządzenie, które okazało się całkiem niezłym produktem marketingowym. I tak powstała firma Digilent – producent Analog Discovery 2, czyli zestawu kilku przyrządów pomiarowych, wśród których znajduje się m.in. 2-kanałowy oscyloskop i 2-kanałowy generator arbitralny. Mieszczące się na dłoni urządzenie (**fotografia 13**) można bez cienia wątpliwości zaliczyć do grupy oscyloskopów przenośnych. Nie jest to wprawdzie przyrząd dla profesjonalisty zajmującego się bardzo złożonymi i wymagającymi projektami, jednak w sporej części codziennych zadań, nawet przy takich projektach, może być bardzo przydatny.

Obydwa kanały oscyloskopu mają wejścia różnicowe, mierzą sygnały o maksymalnej częstotliwości do 30 MHz (z adapterem BNC) próbkowanym z rozdzielczością 14 bitów maksymalnie z szybkością 100 MSa/s. Amplituda sygnału nie może przekraczać ±25 V. Generator arbitralny generuje kilka predefiniowanych przebiegów oraz dowolnie zdefiniowane przebiegi użytkownika o amplitudzie ±5 V i częstotliwości do 12 MHz. Przyrząd jest obsługiwany za pomocą oprogramowania WaveForms. Dużą zaletą jest możliwość pełnego sterowania wszystkimi komponentami Analog Discovery 2 za pośrednictwem skryptów Java.

Pico Technology

W produkcji przenośnych oscyloskopów USB specjalizuje się też zarejestrowana w Wielkiej Brytanii firma Pico Technology. Ten liczący się dziś dostawca aparatury pomiarowej, w tym handyskopów USB, rozpoczął działalność w 1991 roku od 10-bitowej przystawki oscyloskopowej dołączanej do komputera przez portu drukarki. W tamtych czasach było to dość popularne rozwiązanie. Cała elektronika mieściła się we wtyczce, a o zastosowaniu urządzenia świadczyło jedynie wyprowadzone gniazdo BNC. Obecnie Pico oferuje 6 rodzin handyskpów USB (**fotografia 14**) w cenach od 129 do 12373 dolarów. Można nimi mierzyć sygnały od 5 MHz do 25 GHz. Modele rodzin 2000 i 3000 mają generator

Fotografia 14. Oscyloskopy przenośne USB Pico Technology

eprasa.pl d7ac45c7ab

Fotografia 15. Wybrane przykłady handyskopów znalezione w Internecie

arbitralny. Oscyloskopy Pico większości rodzin spełniają kryteria MSO, użytkownik może więc jednocześnie analizować przebiegi analogowe i cyfrowe. Liczba kanałów analogowych, w zależności od typu jest równa od 2 do 8, a cyfrowych 16. Oprogramowanie tych oscyloskopów potrafi analizować do 21 protokołów komunikacyjnych.

Źródła zakupów

W bardzo dawnych czasach sprzęt pomiarowy kupowało się jedynie w specjalnych sklepach – składnicach. Przy odrobinie szczęścia można było znaleźć coś na bazarach i giełdach. Te czasy na szczęście już minęły, a obecne źródła zaopatrzenia są, można powiedzieć, nieprzebrane. Oczywiście sprzęt markowy, szczególnie ten z najwyższych półek cenowych, nadal jest oferowany bezpośrednio przez polskich dystrybutorów poszczególnych firm. Przed zakupem klient może zobaczyć, a nawet dotknąć urządzenia, pokręcić gałkami, a także, co ważne, porozmawiać bezpośrednio ze specjalistą.

W ostatnim czasie coraz częściej klienci wybierają zakup internetowy, czy to za pośrednictwem wyspecjalizowanych sklepów, np. TME, ELFA Distrelec, Farnell, RS Components, Mouser, czy przez internetowe aukcje – Allegro, Amazon, eBay, a nawet AliExpress. To prawda, że dzięki temu uzyskuje się dostęp do niemal całej światowej produkcji, ale trzeba być bardzo ostrożnym w takich wyborach. Tam wszystkie towary są wymieszane i obok naprawdę wartościowych przyrządów znajdujemy mnóstwo wyrobów, głównie podrzędnych firm chińskich, które niskimi cenami zachęcają do zakupów. Później okazuje się, że żaden z parametrów podawanych w specyfikacji (jeśli te w ogóle są publikowane) nie jest spełniony. Krótki przegląd takich wyrobów znalezionych na wspomnianych aukcjach dał wyniki pokazane na **fotografii 15.** Poza markowym Owonem znalazły się tak egzotyczne nazwy jak: Zhiting, All Sun, Saint Smart, All Sun, PeakTech, DollaTek, Hyy-yy, Etepon, NooElec JYETech. Z drugiej strony, jeśli ktoś wykonuje czynności wymagające bardziej wskaźnika niż precyzyjnego miernika, nie będzie się zastanawiał, czy wybrać urządzenie za kilkaset złotych, czy za kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt tysięcy.

Jarosław Doliński, EP

REKLAMA

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

eprasa.pl d7ac45c7ab

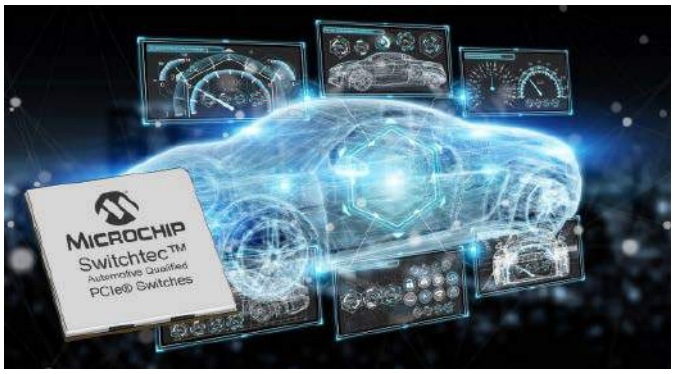
koktajl niusów

Specjalista Grupy RENEX trzeci na świecie w prestiżowych zawodach firmy YAMAHA

Specjalista Grupy RENEX, Paweł Malinowski, zajął trzecie miejsce w zorganizowanych przez Yamahę zawodach mających za zadanie wyłonienie najlepszych specjalistów serwisu urządzeń SMT na świecie, których wiedza teoretyczna oraz praktyczna stoi na niesłychanie wysokim poziomie. Postawione uczestnikom tych zawodów pytania oraz zadania dotyczyły m.in. automatów pick & place, drukarek szablonowych i aparatury inspekcyjnej, podlegając szczegółowej ocenie razem z umiejętnościami szybkiego i skutecznego rozwiązywania problemów poprzez efektywne działania serwisowe oraz narzędzia zdalnego wsparcia obejmujące rozwiązania: Remote Machine Support i All Image Tracer.

Przywołane zawody odbyły się w formule online, obejmując eliminacje i finał, w którym wzięło udział 15 osób. Wspomniany na początku specjalista ukończył rywalizację końcową na trzeciej lokacie. Spośród wszystkich oponentów w zawodach specjalista Grupy RENEX jako jedyny został wyróżniony Nagrodą Specjalną za niestandardowe podejście w rozwiązywaniu problemów i radzenie sobie w wielu chwilach w przeciwieństwie do reszty. Jak wyjaśniają właściciele Grupy RENEX: pani Marzena Szczotkowska-Topić oraz pan Predrag Topić – CEO Grupy RENEX: „Jesteśmy bardzo dumni z sukcesu pana Pawła Malinowskiego. (…) jest specjalistą (…) światowej klasy. To dzięki niemu oraz specjalistom (…) jak on możemy dostarczać najwyższy poziom usług (…). W naszej ocenie sukces ten wiele mówi (…) o poziomie, jaki osiągnęła cała polska branża produkcji i naprawy elektroniki. Po wielu latach rozwoju i budowania zaplecza wiedzy i infrastruktury dziś możemy szczycić się tym, że to tu znaleźć można jednych z najlepszych specjalistów na świecie”. Z kolei pan Malinowski dodaje:

„Staramy się cały czas rozwijać nasze umiejętności i wiedzę, aby zapewnić najwyższy poziom usług naszym klientom. Ten konkurs był swego rodzaju sprawdzeniem się na poziomie światowym. Myślę, że ta nagroda jest dopełnieniem nagrody otrzymanej przez nasz Dział Serwisu za Najlepszy Serwis Yamaha w Europie 2020 oraz pokazuje, że (…) jesteśmy dobrzy w tym, co robimy i zostaliśmy wtedy właściwie docenieni”.



Pojazdowe przełączniki Switchtec firmy Microchip Technology z obsługą magistrali PCIe czwartej generacji

Z nieskrywaną radością firma Microchip Technology prezentuje certyfikowane przez przemysł motoryzacyjny przełączniki Switchtec rodzin: PFX, PSX i PAX, które wspierają połączenia dla zaawansowanych systemów wspomagania kierowców (ADAS – *Advanced Driver Assistance Systems*). Charakteryzują się dużymi szybkościami i małymi opóźnieniami, szczególnie dla heterogenicznych systemów obliczeniowych, co umożliwia ich stosowanie w obszarach jazdy autonomicznej następnych generacji przy użyciu magistrali PCIe Gen4.

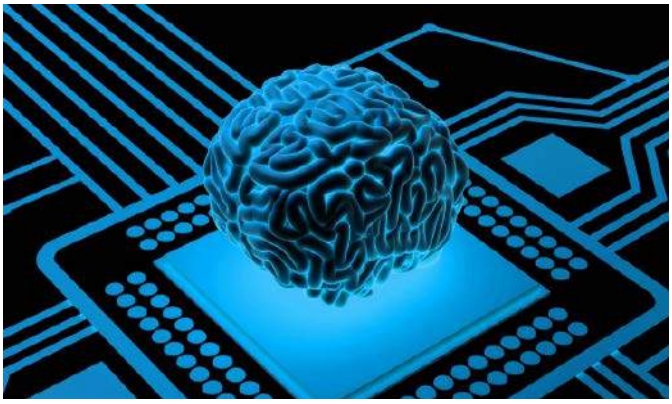
Wspomniane przełączniki wpełni ułatwiają rozproszone przetwarzanie danych w systemach ADAS, które należy realizować, w czasie rzeczywistym, w przypadku informacji o krytycznym znaczeniu dla bezpieczeństwa kierowcy. Są to elementy wspierające preferowaną przez przemysł motoryzacyjny magistralę PCIe Gen4, która jest obecnie czołowym standardem połączeń międzysystemowych w pojazdach, gwarantując skalowalność oraz małe opóźnienia, przy stosunkowo niskim zużyciu mocy przez procesory i specjalizowane akceleratory. Jak powiedziała pracująca dla Microchipa dyrektor ds. marketingu i zastosowań w dziale rozwiązań dla centrów danych, Krishna Mallampati:

„(…) oferta przełączników Switchtec (…) zapewnia nieduże opóźnienia i wysoką przepustowość (…) dla (…) procesorów oraz akceleratorów używanych w aplikacjach ADAS. Cieszymy się, że możemy zobaczyć efekty (…) współpracy z kluczowymi partnerami technologicznymi (…) w celu wprowadzenia tych przełączników na rynek”. Z kolei starszy dyrektor działu architektury platform motoryzacyjnych w firmie NVIDIA, Michael Truog, dodał: „Kwalifikacja rozwiązań Microchipa do spełnienia rygorystycznych wymagań rynku motoryzacyjnego jest ważnym kamieniem milowym, nad którym NVIDIA (…) pracowała. Samochodowe przełączniki Switchtec (…) zapewniają dużą elastyczność i znaczące możliwości programowania, umożliwiając szybką łączność (…) w ramach (…) platformy NVIDIA DRIVE”.

Przełom w rozwoju sztucznej inteligencji dzięki tranzystorom multimodalnym

Dzięki zastosowaniu tranzystorów multimodalnych (MMT – *Multimodal Transistors*) badacze z brytyjskiego University of Surrey pomyślnie naśladowali określone funkcje ludzkiego mózgu z użyciem sztucznych sieci neuronowych. Osiągnięcie to jest ważne z punktu widzenia rozwoju sztucznej inteligencji i poprawy wydajności obliczeń,

eprasa.pl d7ac45c7ab

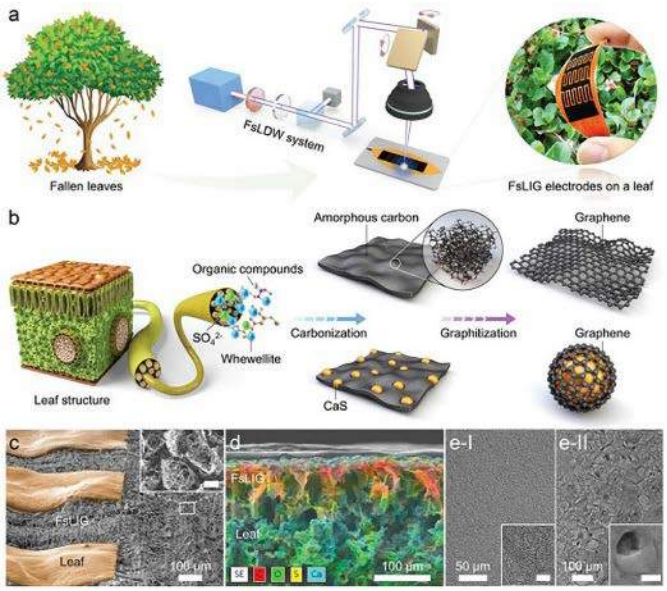


jakie trzeba w jej ramach realizować. W oparciu o matematyczne modele i dane w postaci liczb ręcznie pisanych naukowcy udowodnili sensowność użycia tranzystorów MMT w systemach sztucznej inteligencji. Otrzymane wyniki badań wykazują wprost potencjał tych tranzystorów jako funkcji aktywacji ReLU (*Rectified Linear Unit*) w konkretnych komponentach sztucznych sieci neuronowych. Większa częstotliwość przełączania, w stosunku do klasycznych tranzystorów, sprzyja wspomnianemu celowi. Opracowane w 2020 roku elementy są doskonałe do obwodów decyzyjnych oraz klasyfikacyjnych w zaawansowanych rozwiązaniach sztucznej inteligencji.

Jak powiedział pracujący w University of Surrey naukowiec Isin Pesch: „Istnieje duża potrzeba ulepszeń technologicznych wspierających rozwój (…) elektroniki (…), której sens stosowania w rozwiązaniach sztucznej inteligencji został wykazany. (…). Jednocześnie (…) tranzystor MMT – szczególny rodzaj tranzystora cienkowarstwowego, cechuje się wysoką niezawodnością i jednorodnością wymaganą w tych rozwiązaniach". Z kolei starszy wykładowca w Instytucie Zaawansowanych Technologii University of Surrey, dr Radu Sporea, dodał: „Wielu moich współpracowników, zajmujących się sztuczną inteligencją zorientowaną na ludzi, myśli, jak zmaksymalizować korzyści płynące z tej inteligencji oraz jak stosować wynikające z tego nowe koncepcje w sposób całkowicie etyczny. Przeprowadzone przez nas badania (…) stanowią krok w kierunku opracowania oraz rozwoju tanich, wydajnych sprzętów nowej generacji. To fantastyczne, że współpraca różnych osób owocuje tego rodzaju sukcesami (…)".

Nowość w ofercie firmy Mouser Electronics: złącze SPE IP67 produkcji TE Connectivity

Niedawno firma Mouser Electronics – dominujący w branży elektronicznej dystrybutor, który oferuje wiele podzespołów elektronicznych, wprowadziła do własnego portfolio złącze SPE IP67 firmy TE Connectivity przeznaczone do niezawodnej transmisji danych na 2 przewodach Ethernet, przy użyciu technologii Single-Pair Ethernet (SPE), która jest w to złącze w pełni wliczona (technologia ta zastępuje 8 klasycznych przewodów). Wspomniana technologia istotnie zmniejsza liczbę wymaganych przewodów, zapewniając wysoką przepustowość danych m.in. w robotach. Występujący wewnątrz SPE IP67 ekran znacząco redukuje przeniki i zakłócenia między liniami danych oraz zasilaniem. Wszystko to przy klasie wodoszczelności IP67 i rozwiązaniu Power-over-Data Line (PoDL) pozwalającemu przesyłać do 50 W mocy włącznie. Korzystające z przywołanego złącza aplikacje stanowią trwałą podstawę przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT – *Industry Internet of Things*). Jakość produktu jest na wysokim poziomie. Zastosowania SPE IP67 obejmują: inteligentne rolnictwo, inteligentne sieci energetyczne, zarządzanie ruchem drogowym, transport, czujniki oraz automatykę. Złącze sprawdza się w trudnych warunkach – łatwo je wszędzie stosować.



Możliwość wytwarzania małych superkondensatorów dzięki opadłym liściom drzew

Innowacje w obszarze elektroniki, szczególnie jeśli chodzi o magazynowanie energii, doprowadziły do udoskonalenia urządzeń noszonych (wearables), które odznaczają się dłuższą żywotnością i krótszym czasem ładowania. Jednocześnie istnieje problem zagospodarowania opadłych liści sprzyjających pożarom połaci leśnych na świecie. Południowokoreańscy naukowcy z uczelni: Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) i instytutu: Korea Institute of Energy Research (KIER) postanowili ten problem rozwiązać – w tym celu użyli opadłych liści drzew do wytworzenia grafenu, który stanowi podstawę małych superkondensatorów. Dzięki temu odkryciu przenośne rozwiązania mogą być dłużej zasilane. Uzyskany grafen powstał poprzez naświetlanie liści laserem, którego impulsy cechują się długością femtosekund (niosą przy tym znaczną moc). W rezultacie można produkować tanie, ekologiczne rozwiązania, które są całkowicie elektroniczne. Jak mówi badacz Wydziału Inżynierii Mechanicznej KAIST, dr Young-Jin Kim:

„Opadłe liście tworzą biomasę, którą trudno zagospodarować, dlatego wykorzystanie jej w nowej generacji urządzeniach magazynujących energię umożliwia ponowne użycie zasobów odpadowych". W szczególności diody LED oraz naręczne zegarki mogą być tym sposobem zasilane. Dokonanego odkrycia serdecznie gratulujemy.

Oficjalna obudowa dla komputerów: Raspberry Pi 1 Model A+ i Raspberry Pi 3 Model A+

Jest to oryginalny, wysokiej jakości produkt Raspberry Pi Foundation powstały z myślą o wspomnianych komputerach. Jego użycie nie nastręcza większych problemów. Mowa tu o dwuczęściowej konstrukcji złożonej z podstawki i nakrycia, w której nie potrzeba śrubek do mocowania. Wystarczy wsadzić do obudowy komputer Raspberry Pi 1

eprasa.pl d7ac45c7ab

Model A+ bądź Raspberry Pi 3 Model A+, by ten był w niej stabilnie utrzymywany – w tym celu przewidziano odpwiednie słupki montażowe. Wszystko to przy zaokrąglonych krawędziach i rogach, które razem z 4 nóżkami i trącą powierzchnią zapewniają znaczące bezpieczeństwo użytkowania. Obudowa jest wytrzymała, odporna na zarysowania i zapewnia dostęp do gniazd i złączy wspomnianych komputerów. Specyfikacja obudowy:

- rodzaj konstrukcji: dwuczęściowa, otwierana, bezśrubkowa,
- materiał: ABS,
- kolor podstawki: różowy, kolor nakrycia: biały,
- obecność otworów pod gniazda/złącza:
  - HDMI,
  - jack,
  - karty microSD,
  - USB,
  - zasilania (gniazdo microUSB),
- wymiary: 65×75×22,2 mm.

Farnell publikuje serię artykułów „How To…" w celu wsparcia inżynierów podczas ich prac nad rozwiązaniami IoT

Będąca własnością spółki Avnet firma Farnell – dystrybutor podzespołów, produktów i rozwiązań elektronicznych , wzbogaciła swój serwis Technical Resources Hub o treści dotyczące Przemysłu 4.0, tworzenia aplikacji Internetu Rzeczy (IoT) oraz spraw, którymi żyją inżynierowie skupieni wokół projektów elektronicznych. Przytoczony serwis zapewnia kompleksowe porady, wraz z pomocnymi materiałami, bez względu na etap opracowywania nowych produktów. W ramach serii „How To" udostępniono artykuły pokazujące m.in. wybrane metody projektowania z użyciem określonych technologii i publikacje poszerzające wiedzę na temat Przemysłu 4.0. Wśród pozycji udostępnionych w Technical Resource Hub znajdują się takie tytuły: „Jak wdrażać różne rodzaje Edge Computing dla potrzeb przemysłu inteligentnego" (*How to Implement different types of edge computing for Smart Factory applications*) oraz „Jak ustanowić kontrolę dostępu w systemach produkcyjnych przez bramki dostępowe" (*How to establish control access to shop floor systems via gateways*). Sięgając do przywołanej serii, użytkownicy mogą nieustannie zgłębiać implementację rozwiązań IoT i Przemysłu 4.0, wliczając w to ich integrację z usługami chmurowymi, bez obaw, że wszelkie innowacje umkną uwadze, szczególnie przez rosnącą ich liczbę wynikającą z potrzeby podwyższania stopnia automatyzacji i wprowadzania złożonych systemów łączności we współczesnym przemyśle.

Według słów Global Head of Technical Marketing w firmie Farnell, Cliffa Ortmeyera: „(…) Portal Technical Resources Hub powstał w celu wymiany inspiracji i wiedzy, ułatwiania wyboru podzespołów oraz zapewniania nabywania umiejętności poprzez (…) kursy edukacyjne i określone materiały. Czujemy się zobowiązani, by dostarczać jak najlepsze wsparcie dla (…) klientów i właśnie takie narzędzia internetowe (…) istotnie przyspieszają procesy".

W prowadzonym przez Farnella serwisie dostępny jest kompleksowy zbiór not aplikacyjnych z dokumentacjami, webinariami, projektami, podcastami, kursami, nagraniami wideo i e-bookami. Odwiedzający to medium użytkownicy mają dostęp do niezwykle pożytecznych informacji z obszaru wielu technologii i ich zastosowań, a także do wypróbowanych narzędzi obliczeniowych, programów online, które wspierają wybór podzespołów i produktów elektronicznych oraz do tablic konwersji danych. Dla większej przejrzystości serwis Technical Resources Hub pogrupowano w sekcje związane z poszczególnymi obszarami elektroniki, którymi są np.: bezprzewodowe interfejsy, czujniki, systemy mocy, sterowanie silnikami, oświetlenie i wyświetlacze, uzupełnione o problematykę branż: medycznej, IoT, transportu, bezpieczeństwa, serwisowania oraz wielu innych. Każdy profesjonalista jest w tym serwisie mile widziany.

Testy podniebnego pojazdu elektrycznego CityAirbus nowej generacji

W lutym br. firma Razorcat poinformowała o użyciu narzędzia ITE (Integrated Test Environment) do testów napędu podniebnego pojazdu elektrycznego CityAirbus nowej generacji, który opracował koncern lotniczy Airbus. Dzięki zautomatyzowanym procesom tego narzędzia wspomniany koncern może wydajnie zmniejszać koszty testów i zarządzać danymi testowymi, wytwarzając przy tym wymagane raporty, aż do pełnej weryfikacji efektywności sprawdzanego rozwiązania oraz jego odporności na błędy. Wszystko to w ramach stanowiska Iron Bird, w którym zastosowano narzędzie ITE. Przytoczone stanowisko obejmuje kompletny napęd pojazdu CityAirbus złożony z 8 silników, 4 baterii i 2 centrów dystrybucji, które są poddawane określonym testom. Wykorzystane dla tego stanowiska narzędzie firmy Razorcat pozwala w szczególności zarządzać wszelkimi projektami sprzętowymi oraz programowymi na dużą skalę, razem z definiowaniem i łączeniem wymagań, a także planowaniem testów.

Jak wyjaśnia dyrektor zarządzający firmy Razorcat, Michael Wittner: „Testy Airbusa przebiegają według bardzo ambitnego harmonogramu, dlatego elastyczne funkcje narzędzia ITE, wraz z szybkim czasem reakcji naszego zespołu wsparcia, mają kluczowe znaczenie. Narzędzie ITE odgrywa kluczową rolę w dynamicznym rozwoju CityAirbus, ponieważ wnioski z testów mogą być szybko wdrożone w celu dalszego rozwoju układu napędowego". Dokumentacja żądań i realizacji testowych jest w narzędzie ITE wliczona, podobnie jak wbudowany moduł „Incydenty" śledzący wszystkie odchylenia. Dowolne czynności testowe, w tym odbiór oraz integracja systemu, są rejestrowane i przechowywane w ITE, aż do ostatecznej weryfikacji napędu CityAirbus nowej generacji – elektrycznego pojazdu latającego do przewozu 4 osób łącznie wraz z pilotem, dzięki ogonowi w formie litery V i 8 śmigłom, które w pełni gwarantują nieemisyjne loty bez względu na przeznaczenie.

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@wat.edu.pl

eprasa.pl d7ac45c7ab

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

Systemy dla Internetu Rzeczy (59)

Czujnikowe moduły rozszerzeń

Dla procesorów serii CC13xxx/26xxx SimpleLink firmy Texas Instruments dostępne są różne wersje zestawów startowych LaunchPad. Zestawy mają na płytce drukowanej tylko dwa przyciski i dwie diody LED, ale za to są wyposażone w sprzętowy układ debugujący typu XDS110 oraz złącza rozszerzeń standardu BOOSTXL. Udostępniają one prawie wszystkie wyprowadzenia procesora oraz zasilanie. Na płytki zestawu LaunchPad można nakładać moduły rozszerzeń typu BoosterPack. Szczególnie przydatne są czujnikowe moduły rozszerzeń, które umożliwiają pracę procesora z różnymi czujnikami, przede wszystkim wilgotności względnej i temperatury, oświetlenia otoczenia oraz ruchu.

Moduły rozszerzeń BoosterPack przeznaczone są do wielu celów – umożliwiają eksplorację takich zastosowań, jak pojemnościowe sensory dotyku, sterowanie oświetleniem LED itd. Ciekawą konstrukcją jest samodzielny zestaw czujnikowy CC1352 LaunchPad SensorTag [4]. Jest to skrzyżowanie zestawu startowego LaunchPad z modułem czujnikowym [S33]. Na płytce drukowanej nie ma sprzętowego układu debugującego, ale są złącza rozszerzeń standardu BOOSTXL. Zestaw ma zamontowane na płytce drukowanej cztery scalone czujniki niskiej mocy:

- wilgotności względnej i temperatury HDC2080,
- oświetlenia otoczenia OPT3001,
- trzyosiowy czujnik ruchu ADXL362
- czujnik magnetyczny DRV5032 (z zastosowaniem efektu Halla) [S33].

Obecnie dostępne są trzy rodzaje czujnikowych modułów rozszerzeń oferowane przez firmę Texas Instruments.

Moduł czujnikowy BOOSTXL-SENSORS

Jest to pierwszy i najstarszy (2017) moduł czujnikowy typu BoosterPack. Ma zainstalowane:

- czujnik oświetlenia otoczenia OPT3001 (Texas Instruments),
- czujnik wilgotności względnej i temperatury BME280 (Bosch),
- akcelerometr i żyroskop BMI160 (Bosch),
- magnetometr BMM150 (Bosch) [3].

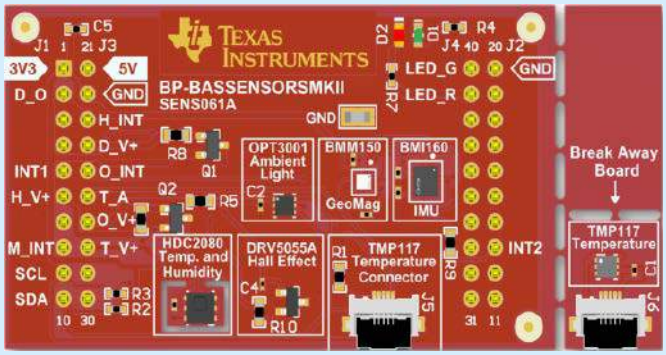
Wszystkie układy scalone czujników są dołączone do tej samej szyny I²C. Udostępniają też wyprowadzenia sygnału przerwania. Moduł ma sygnały rozmieszczone w sposób kompatybilny z zestawami startowymi LaunchPad z procesorami serii CC13xxx/26xxx SimpleLink. Niestety, przeznaczone oprogramowanie jest dostępne tylko dla procesorów serii MSP430 i MSP432 i jest bardzo stare (2018).

Moduł czujnikowy BOOSTXL-BASSENSORS

Jest to następny (2018) moduł czujnikowy typu BoosterPack. Moduł ma zainstalowane:

- czujnik oświetlenia otoczenia OPT3001 (Texas Instruments),
- czujnik wilgotności względnej i temperatury HDC2010 (Texas Instruments),
- czujnik temperatury wysokiej rozdzielczości TMP116 (Texas Instruments),
- czujnik pola magnetycznego z efektem Halla DRV5055 (Texas Instruments) [2].

Układy scalone czujników są dołączone do tej samej szyny I²C. Udostępniają też wyprowadzenia sygnału przerwania. Układy HDC2010 oraz DRV5055 są zasilane poprzez tranzystory MOS sterowane z osobnych linii GPIO. Układy TMP116 oraz OPT3001 są zasilane bezpośrednio z wyprowadzeń GPIO. Budowa tego modułu oraz oprogramowanie są bardzo podobne jak dla modułu BP-BASSENSORSMKII.



Moduł czujnikowy BP-BASSENSORSMKII

Jest to najnowszy (2020) moduł czujnikowy typu BoosterPack. Moduł ma zainstalowane:

- czujnik oświetlenia otoczenia OPT3001 (Texas Instruments),
- czujnik wilgotności względnej i temperatury HDC2080 (Texas Instruments),
- czujnik temperatury bardzo wysokiej rozdzielczości TMP117 (Texas Instruments),
- czujnik pola magnetycznego z efektem Halla DRV5055 (Texas Instruments),
- akcelerometr i żyroskop BMI160 (Bosch),
- magnetometr BMM150 (Bosch) [1] (rysunek tytułowy).

Układy scalone czujników są dołączone do tej samej szyny I²C. Identyfikacja następuje poprzez ustawienie (skonfigurowanie) różnych adresów na szynie I²C: OPT3001 0×44, TMP117 0×48, HDC2080 0×40, BME150 0×13, BME160 0×69. Układy udostępniają też wyprowadzenia sygnału przerwania.

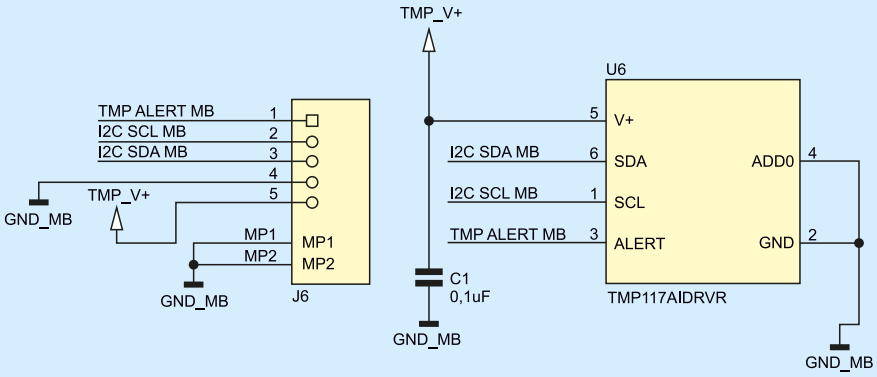
Układy HDC2080 oraz DRV5055 są zasilane poprzez tranzystory MOS sterowane z osobnych linii GPIO. Układy TMP117 oraz OPT3001 są zasilane bezpośrednio z wyprowadzeń GPIO.

Czujnik temperatury TMP117

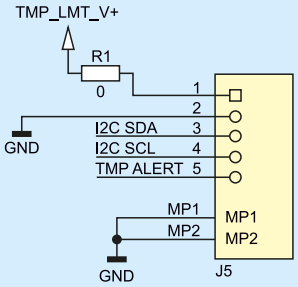
TMP117 to 16-bitowy cyfrowy lokalny czujnik temperatury, który mierzy temperaturę otoczenia lub temperaturę obiektu w bezpośrednim kontakcie [8]. Pomimo że jest czujnikiem kontaktowym,

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

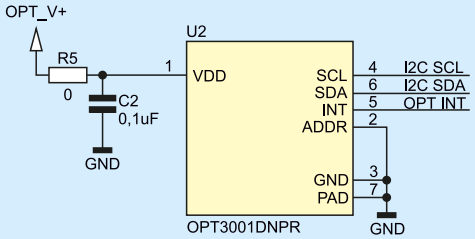
eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 1. Płytka czujnika temperatury TMP117 [6]



Rysunek 2. Sygnały złącza umożliwiającego dołączenie płytki czujnika temperatury TMP117 [6]



Rysunek 3. Aplikacja czujnika oświetlenia otoczenia OPT3001 [6]

czułość i dokładność TMP117 są wystarczająco duże, aby wykryć zmianę temperatury dłoni umieszczonej w pobliżu czujnika. Wyjście cyfrowe jest obsługiwane przez 2-przewodowy interfejs szeregowy zgodny z I²C i SMBus.

Czujnik TMP117 został zamontowany na odłamywanej części płytki drukowanej (rysunek tytułowy). Czujnik jest dołączany do płytki głównej taśmą elastyczną umieszczaną w zatrzaskiwanych złączach stykami do dołu, czarny prostokąt na taśmie musi być na górze (**rysunek 1**). Należy zwrócić uwagę, że takie dołączenie płytki czujnika powoduje odwrócenie kolejności sygnałów na złączach (**rysunek 2**). Czujnik TMP117 pobiera w trakcie pomiaru 220 µA (max.) prądu, dlatego jest zasilany bezpośrednio z wyprowadzenia GPIO służącego również do kluczowania zasilania (czas resetu 1,5 ms).

Czujnik oświetlenia otoczenia OPT3001

Scalony czujnik oświetlenia otoczenia OPT3001 firmy Texas Instruments wykonuje pomiar poziomu oświetlenia [12]. Charakterystyka spektralna czujnika jest zbliżona do charakterystyki ludzkiego oka. Układ wykazuje bardzo dobre tłumienie podczerwieni. Wbudowana automatyka pomiaru umożliwia uzyskanie zakresu pomiarowego od 0,01 lux do 83 klux. Odpowiada to 23-bitowemu zakresowi dynamiki pomiarowej. Układ OPT3001 obsługuje łącze komunikacyjne w standardzie I²C fast 400 kHz i pobiera w trakcie pomiaru 3,7 µA (max.) prądu i tylko 0,4 µA (max.) prądu w stanie uśpienia (**rysunek 3**). Dlatego dołączony jest na stałe do linii zasilania zestawu i umożliwia programowe kluczowanie pracy.

Czujnik wilgotności względnej i temperatury HDC2080

Układ scalony HDC2080 firmy Texas Instruments jest wykonany w technologii pojemnościowej [9]. Udostępnia on 14-bitowe pomiary wilgotności względnej w zakresie 0...100% z dokładnością ±2% RH (w zakresie 20...80% RH). Dodatkowo wykonywany jest 14-bitowy pomiar temperatury. Umożliwia to wewnętrzne skompensowanie termiczne pomiarów. Układ jest skalibrowany fabrycznie i pracuje z szerokim zakresem zasilania 1,62...3,6 V. Układ obsługuje łącze komunikacyjne standardu I²C oraz SPI. Dostarczany jest on w małej obudowie 2×2×0,9 mm. Ma wewnętrzny grzejnik włączany programowo.

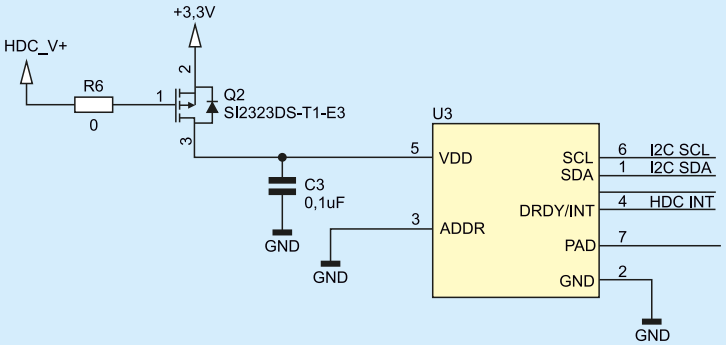
Układ scalony HDC2080 pobiera w trakcie pomiaru wilgotności 890 µA (max.) prądu i 730 µA (max.) prądu w trakcie pomiaru temperatury. Dlatego jego zasilanie jest kluczowane poprzez tranzystor MOS sterowany z osobnej linii GPIO (**rysunek 4**).

Czujnik magnetyczny DRV5055 z zastosowaniem efektu Halla

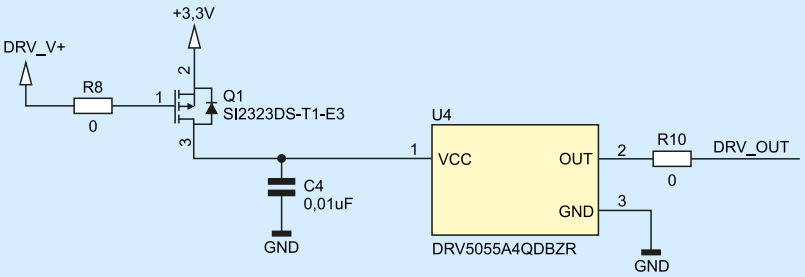
Układ scalony DRV5055 firmy Texas Instruments to ultraenergooszczędny czujnik Halla z analogowym wyjściem o napięciu proporcjonalnym do gęstości strumienia magnetycznego z pasmem do 20 kHz [7]. Układ oferowany jest w różnych wersjach czułości gęstości strumienia magnetycznego (21/42/85/169 mT).
Pobiera do 10 mA prądu, dlatego jego zasilanie jest kluczowane poprzez tranzystor MOS sterowany z osobnej linii GPIO (**rysunek 5**).

Bosch BMI160 Inertial Measurement Sensor

Inercyjny zespół pomiarowy Bosch BMI160 to 6-osiowy cyfrowy akcelerometr i czujnik żyroskopowy, który mierzy siły grawitacyjne wywierane na urządzenie, a także prędkość obrotu w stopniach na sekundę [10]. BMI160 może synchronizować dane z własnego akcelerometru i żyroskopu, a także z urządzeniem zewnętrznym, takim



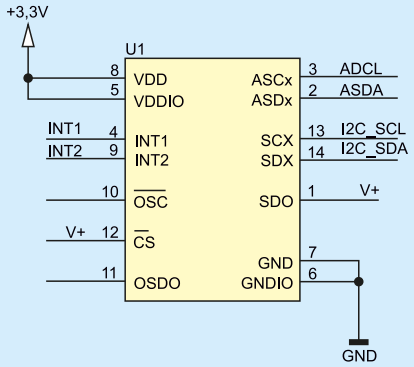
Rysunek 4. Aplikacja czujnika wilgotności względnej i temperatury HDC2080 [6]



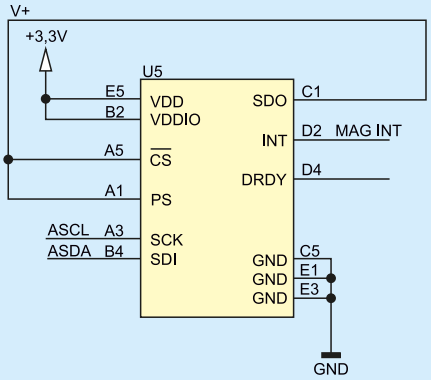
Rysunek 5. Aplikacja czujnika magnetycznego DRV5055 [6]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 6. Aplikacja czujnika inercyjnego BMI160 [6]



Rysunek 7. Aplikacja magnetometru BMM150 [6]

jak czujnik geomagnetyczny. Obracanie płytki wokół jej osi zwiększa sygnał wyjściowy czujnika żyroskopu, a zmiana orientacji płytki względem ziemi zmienia sygnał wyjściowy akcelerometru.

BMI160 ma dodatkowy interfejs I²C do podłączenia dodatkowych czujników Bosch, takich jak czujnik geomagnetyczny BMM150 (**rysunek 6**). Wyjście cyfrowe obu czujników jest przesyłane przez 2-przewodowy interfejs szeregowy zgodny z I²C i SMBus. Układ BMI160 podczas pracy pobiera do 900 µA prądu i tylko 3 µA (typ.) w trybie zawieszania. Dlatego dołączony jest na stałe do linii zasilania zestawu, a kluczowanie trybu pracy odbywa się na drodze programowej.

Bosch BMM150 Geomagnetic Sensor

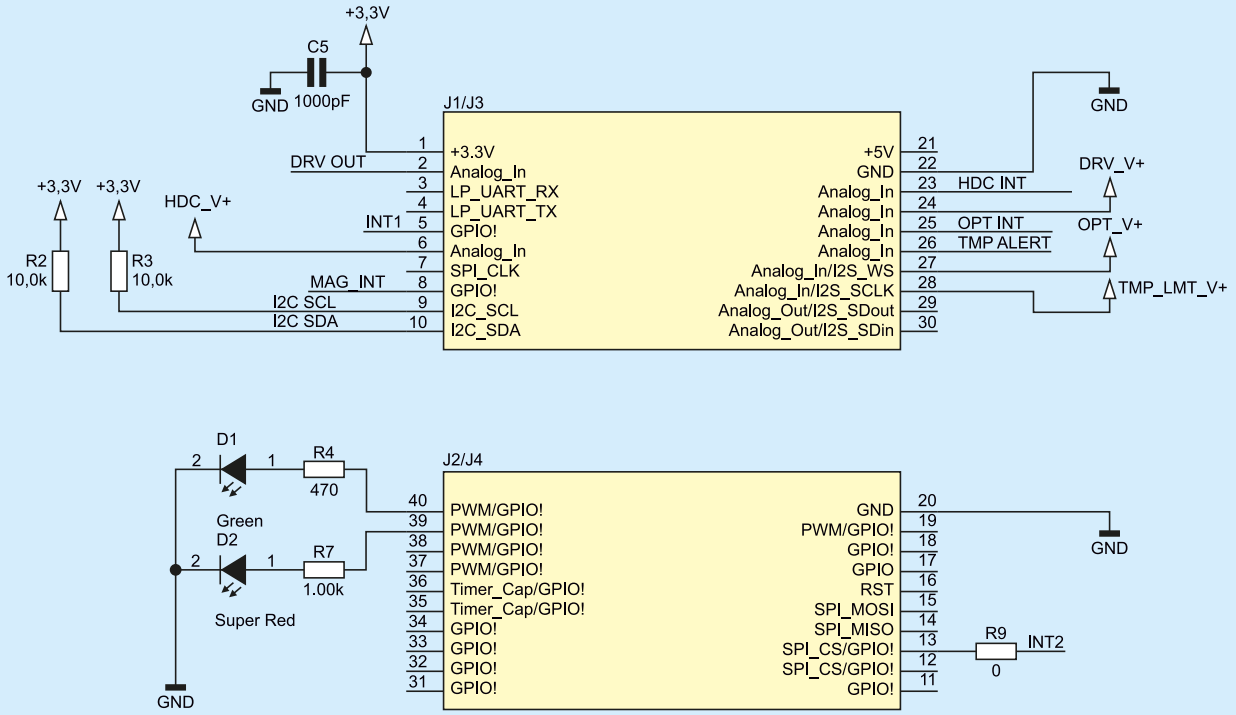
Czujnik geomagnetyczny Bosch BMM150 to 3-osiowy cyfrowy czujnik magnetometru, który mierzy siłę pól magnetycznych do zastosowań e-kompasów [11]. BMM150 może być używany w połączeniu z BMI160 do wykrywania 9-osiowego. BMM150 jest podłączony do BMI160 jako slave, a wszystkie jego dane z czujnika są przesyłane do BMI160 w celu raportowania przez 2-przewodowy interfejs szeregowy kompatybilny z I²C i SMBus (**rysunek 7**). Układ BMI150 podczas pracy z dużą dokładnością pobiera do 4,9 mA (typ.) prądu i tylko 1 µA (typ.) w trybie zawieszania. Dlatego dołączony jest na stałe do linii zasilania zestawu, a kluczowanie trybu pracy odbywa się na drodze programowej.

Złącza rozszerzeń modułu czujnikowego BP-BASSENSORSMKII

Złącza rozszerzeń standardu BOOSTXL są zorganizowane jako cztery osobne listwy po 10 pinów, oznaczane jako J1...J4 (**rysunek 8**) [6]. Złacze J1 jest umieszczone skrajnie po lewej, a J2 po prawej stronie płytki. Złącza dodane później do standardu są umieszczone wewnątrz, gdzie J3 jest po stronie lewej, a J4 po prawej. Niestety, numeracja przypisania sygnałów do pinów jest inna (rysunek 8). Piny są numerowane w sposób ciągły, zaczynając od lewego górnego rogu (10) w dół. Kontynuowanie w prawym dolnym rogu (11) do góry. Ponownie wewnątrz od lewego górnego rogu (21) w dół. I na koniec wewnątrz w prawym dolnym rogu (31) do góry. W dokumentacji modułu jest odwołanie tylko do nazwy J1 (1...40) z numeracją ciągłą. Numery te są wydrukowane na płytce, a także są umieszczone nazwy sygnałów obok poszczególnych wyprowadzeń złączy. Numerowanie złączy na zestawach LaunchPad jest również ciągłe (**rysunek 9**).

Złącza rozszerzeń zestawu startowego CC1352R1 LaunchPad

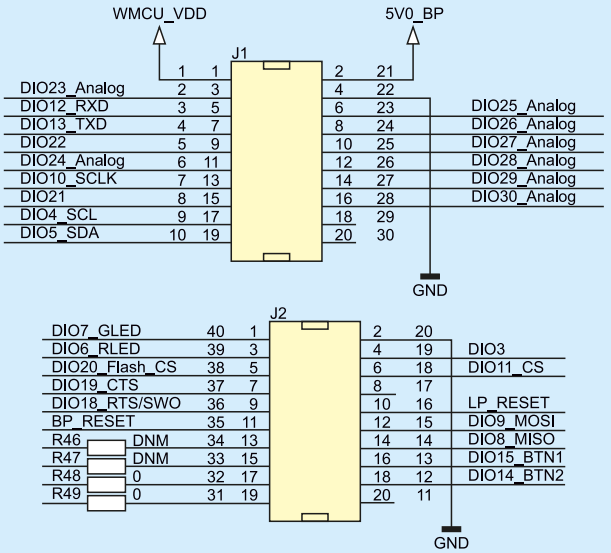
Na złączach J1 oraz J2 zestawu startowego CC1352R1 LaunchPad jest udostępnionych 26 wyprowadzeń – wejścia-wyjścia (GPIO) układu scalonego CC1352 P oznaczone jako „DIOxx", gdzie xx to numery od 01 do 31 (rysunek 9) [5]. Występuje pewien konflikt sterowania diodami LED zamieszczonymi na obu płytkach. Można temu zaradzić poprzez zdjęcie zworek P6 na płytce zestawu CC1352 P-4 LaunchPad [S15].



Rysunek 8. Sygnały złącza rozszerzeń standardu BOOSTXL modułu BP-BASSENSORSMKII [6]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl d7ac45c7ab



Rysunek 9. Sygnały złącza rozszerzeń standardu BOOSTXL zestawu startowego CC1352R1 LaunchPad [5]

Oprogramowanie

Strona firmowa modułu BP-BASSENSORSMKII [1] nie zawiera żadnej informacji o oprogramowaniu obsługującym moduł. Również bardzo trudno znaleźć o tym jakąkolwiek informację na portalu firmowym TI.

Podręcznik modułu [6] wysyła do strony pobierania instalatora pakietu SimpleLink Sensor and Actuator Plugin. Lepszym rozwiązaniem jest dostęp do tego pakietu z portalu TIREX [13]. A najlepszym sposobem jest zainstalowanie tego pakietu wewnątrz aplikacji Code Composer Studio (CCS). Jednak obecna wersja pakietu nie była aktualizowana od roku 2020. Wymaga ona instalowania bardzo starych komponentów środowiska programowego. Na szczęście wykonywane jest to automatycznie w aplikacji CCS.

Pakiet Sensor and Actuator Plugin zawiera cztery projekty przykładowe działające z modułem BP-BASSENSORSMKII [13]:

- *adcdrv5055* – wykonuje próbkowanie sygnału analogowego układu DRV5055-Q1, używając przetwornika ADC procesora, przelicza wynik na jednostki militesla i wysyła dane do komputera PC poprzez łącze UART;
- *i2cbmi160* – obsługuje układ BMI160 oraz BMM 150, pobiera trzyosiowe próbki akcelerometru, żyroskopu oraz kompasu i wysyła do komputera PC poprzez łącze UART;
- *i2copt3001* – pobiera próbki cyfrowe z układu OPT3001 wysyła do komputera PC poprzez łącze UART;
- *TI OPT3001* – obsługuje czujnik oświetlenia o tym samym oznaczeniu.

Pakiet programowy SimpleLink CC13xxx CC26xxx SDK zawiera dwa projekty przykładowe działające z modułem BP-BASSENSORSMKII:

- i2ctmp – obsługuje układ TMP117 [14].
- i2copt3001_cpp – obsługuje układ OPT3001 [15].

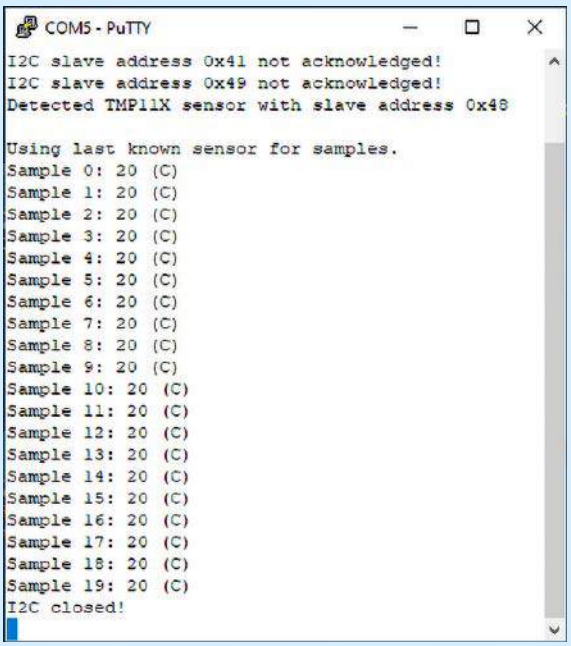
Do pracy wymagane są najnowsze wersje elementów środowiska programowego. Dotyczy to przede wszystkim pakietu programowego CCS v11.1.0 (marzec 2022). Pakiet instalacyjny CCS można darmowo pobrać ze strony TI. Pakiety programowe należy zainstalować wewnątrz CCS.

Praca z projektem *i2ctmp*

Najpierw otwieramy sesję terminalu (np. PuTTY, itp.) do odpowiedniego portu COM z ustawieniami 115200, 8, 1, N. Następnie uruchamiamy przykład. Dioda LED włącza się, aby wskazać, że inicjalizacja sterownika I²C została zakończona. W razie potrzeby czujnik TMP jest włączany za pomocą wyjścia GPIO. Szyna I²C jest odpytywana z adresami wszystkich obsługiwanych czujników TMP. Dane wyjściowe różnią się w zależności od znalezionych czujników TMP. Ostatni znany czujnik TMP zostanie zastosowany do odczytu próbek temperatury. Próbki są konwertowane na stopnie Celsjusza i wyświetlane przez UART (**rysunek 10**).

Aplikacja *i2ctmp* uruchamia jedno zadanie – *mainThread*, które wykonuje następujące czynności:

1. Otwiera i inicjuje obiekt sterownika I²C;



Rysunek 10. Efekt działania aplikacji *i2ctmp*

Wybrane pozostałe artykuły kursu Systemy dla Internetu Rzeczy

[S15] Zestaw CC1352R1 LaunchPad, EP 5/2018
[S33] Zestaw czujnikowy LPSTK – CC1352R LaunchPad SensorTag, EP 1/2020

Literatura

[1] BP-BASSENSORSMKII Building automation sensors BoosterPack module, Texas Instruments, https://bit.ly/3NpEBgu
[2] BOOSTXL-BASSENSORS Building Automation Sensors BoosterPack Module, https://bit.ly/3qINGY7
[3] BOOSTXL-SENSORS Sensors BoosterPack Plug-In Module, https://bit.ly/3Dg5COU
[4] SimpleLink multi band CC1352R wireless MCU Launchpad SensorTag kit LPSTK-CC1352R, Texas Instruments, http://bit.ly/38GI1ar
[5] LAUNCHXL-CC1352P SimpleLink multi-band CC1352P wireless MCU LaunchPad Development Kit, https://bit.ly/3NBqJjA, LAUNCHXL-CC1352R1 SimpleLink Multi-Band CC1352R Wireless MCU LaunchPad Development Kit, https://bit.ly/3NqJMg9
[6] BP-BASSENSORSMKII User's Guide, Jan. 10, 2020, https://bit.ly/3tHkRNx
[7] DRV5055 Ratiometric linear hall effect sensor with analog output, https://bit.ly/3qEJ31m
[8] TMP117 0.1C digital temperature sensor, 48-bit EEPROM, PT100/PT1000 RTD replacement, https://bit.ly/3vEZtaC
[9] HDC2080 2% RH ultra-low-power digital relative humidity sensor, interrupt/DRDY, https://bit.ly/387qlsP
[10] BMI160 IMU combining accelerometer and gyroscope, Bosch, https://bit.ly/3DixjXb
[11] BMM150 Magnetometer, Bosch, https://bit.ly/3INjPnw
[12] OPT3001 Digital ambient light sensor (ALS) with high-precision human-eye response, Texas Instruments, http://bit.ly/2YQJxSV
[13] SimpleLink Sensor and Actuator Plugin (1.50.00.00), 29 Jan 2020, https://bit.ly/3iG0IBl
[14] i2ctmp, SimpleLink CC13xx CC26xx SDK (5.40.00.40), 26 Jan 2022, https://bit.ly/3IG02X7
[15] i2copt3001_cpp, SimpleLink CC13xx CC26xx SDK (5.40.00.40), 26 Jan 2022, https://bit.ly/36RrbsN

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl d7ac45c7ab

2. Określa, który czujnik TMP jest dostępny;
3. Używa sterownika I²C w trybie blokowania, aby uzyskać dane z czujnika TMP;
4. Wylicza temperaturę (w stopniach Celsjusza) i drukuje wartość przez UART;
5. Zadanie śpi przez 1 sekundę;
6. Powtarza odczyt 20 razy i kończy działanie.

Praca z projektem *i2copt3001_cpp*

Najpierw otwieramy sesję terminalu (np. PuTTY, itp.) do odpowiedniego portu COM z ustawieniami 115200, 8, 1, N. Następnie uruchamiamy przykład. Dioda LED włącza się, aby wskazać, że inicjalizacja sterownika I²C została zakończona. W razie potrzeby czujnik jest włączany za pomocą wyjścia GPIO.

Szyna I²C jest odpytywana z adresami wszystkich obsługiwanych czujników.

Aplikacja *i2copt3001_cpp* uruchamia dwa wątki POSIX. Pierwszy – *mainThread*, wykonuje następujące czynności:

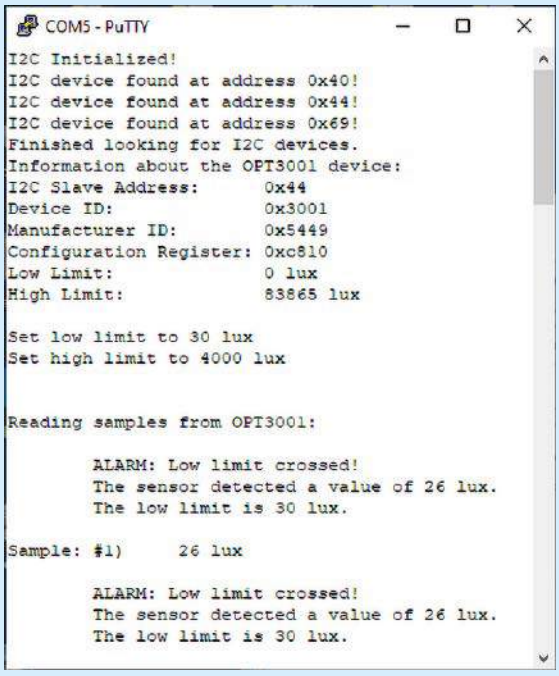
1. Otwiera i inicjuje obiekt I²C, GPIO, Display i semafor;
2. Wyświetla informacje przechowywane w rejestrach danych OPT3001 i ustawia ograniczenia mechanizmu przerwań (**rysunek 11**);
3. Używa sterownika I²C do pobierania danych z czujnika OPT3001;
4. Oblicza wartość natężenia światła (w luksach) i drukuje wartość za pośrednictwem UART;
5. Zadanie śpi przez 1 sekundę;
6. Po odczytaniu 60 próbek światła rejestry limitów są resetowane, a urządzenie przechodzi w tryb wyłączenia. Urządzenie peryferyjne I²C jest zamykane, a wątek kończy pracę.

Drugi wątek – *alarmThread*, wykonuje następujące czynności:

1. Czeka na ustawienie semafora przez obsługę przerwania wyzwolonego przez sygnał z wyprowadzenia przerwania układu OPT3001;
2. Wyświetla komunikat „ALARM!", gdy czujnik OPT3001 odczytuje wartość oświetlenia spoza zaprogramowanych limitów;
3. Używa sterownika I²C do pobierania danych z czujnika OPT3001.

Podsumowanie

Czujnikowe moduły rozszerzeń typu BoosterPack firmy Texas Instruments są bardzo ciekawym i przydatnym rozszerzeniem możliwości szybkiego testowania rozwiązań IoT z procesorami serii CC13xxx/26xxx SimpleLink. Występuje jednak problem z brakiem dla nich oprogramowania firmowego typu *out-of-the-box*. Firmowe środowisko programowe bardzo szybko się rozwija i duże zmiany nie są kompatybilne wstecz. Niestety, nie idzie za tym aktualizacja oprogramowania dla obsługi czujnikowych modułów rozszerzeń.



Rysunek 11. Efekt działania aplikacji *i2copt3001_cpp*

Oferowane na portalu firmowym TI oprogramowanie jest nieaktualne, wymaga starych (wręcz historycznych) wersji środowiska programowego lub go po prostu nie ma.

W dobie powszechnego użycia środowiska Arduino, oferującego natychmiastowe rozpoczęcie pracy, oferta rozszerzeń typu BoosterPack nie nadąża za obecnymi potrzebami szybkiego prototypowania dla IoT. Pomimo bardzo dużej oferty układów serii CC13xxx/26xxx SimpleLink nie ma portalu tematycznego. Co więcej, po kolejnej reorganizacji portalu firmowego TI wiele istotnych informacji zniknęło, np. nie ma informacji o standardzie złączy BOOSTXL, brak listy modułów rozszerzeń typu BoosterPack (także innych producentów) itd.

Pewną alternatywą w tej sytuacji jest zestaw czujnikowy CC1352 LaunchPad SensorTag [4]. Zestaw jest dostarczany z fabrycznie zainstalowanym programem o nazwie Multi Sensor [S33]. Obsługuje ono cztery czujniki i transmisję bezprzewodową Bluetooth LE (np. ze smartfonem z aplikacją SimpleLink Starter). Projekt aplikacji Multi Sensor jest dostarczany w ramach pakietu programowego SimpleLink CC13xxx CC26xxx SDK (5.40.00.40).

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

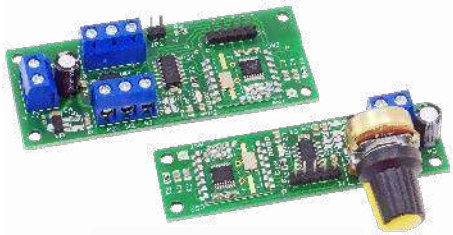
REKLAMA

eprasa.pl d7ac45c7ab

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 5/2022

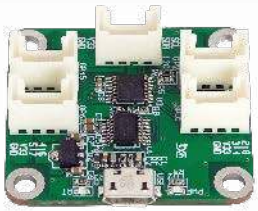
Manstation – stacja robocza do stylizacji paznokci

Po wykonaniu własnej lampy UV do stylizacji paznokci postanowiłem pójść o krok dalej i zbudować coś bardziej zaawansowanego, co mogłoby uprościć pracę mojej żonie, która zawodowo zajmuje się stylizacją paznokci. W ten sposób narodziła się stacja do manicure, za pomocą której z modułu centralnego, zawierającego duży kolorowy wyświetlacz, możemy sterować pracą lamp (lewej oraz prawej), a także możemy kontrolować frezarkę do paznokci. W stacji możemy regulować moc każdej lampy z osobna oraz czas ich świecenia. Z poziomu menu użytkownika możemy w łatwy sposób sterować prędkością obrotową frezarki oraz zmieniać jej kierunek obrotów. Stacja ma także możliwość zapisania w pamięci wszystkich wprowadzonych zmian. Projekt może być szczególnie ciekawy dla pań, które interesują się elektroniką.



Modułowy zasilacz warsztatowy

Przypuszczam, że niejedna osoba w czasach pandemii przeniosła się z pracami elektronicznymi w domowe zacisze. Takie przenosiny wiążą się z koniecznością doposażenia w niezbędne urządzenia, takie jak zasilacz warsztatowy. Niestety oferta gotowych zestawów ograniczała się się do kilku relatywnie skomplikowanych urządzeń, a przez to stosunkowo drogich i wymagających sporo miejsca na biurku. Zatem zdecydowałem się na własny projekt, który rozpocząłem od wybrania standardowej obudowy Z-15, uznając, że zmieszczę w niej całe urządzenie, a następnie zabrałem się do wykonywania kolejnych modułów zasilacza.



Zdalnie sterowany potencjometr

Pomimo że cyfrowy świat oswaja nas z wirtualnymi przyciskami, paskami lub innymi zero-jedynkowymi manipulatorami, ludzie nadal chętnie używają zwykłych, ręcznie obracanych „gałek”. Ta płynność ruchu i charakterystyczny, lekki opór przy obracaniu dają swego rodzaju poczucie sprawczości, co niekoniecznie ma miejsce przy użyciu nawet najwymyślniejszych, wygenerowanych na wyświetlaczu ikonek. Niestety, takie potencjometry nie dają się regulować zdalnie – trzeba do nich podejść, aby je przestawić.
Pewnym rozwiązaniem może być niniejszy układ, który pobiera z mechanicznego potencjometru informację o położeniu, przesyła ją do urządzenia odbiorczego, a tam jest ona zamieniana na jedną z 256 pozycji podwójnego potencjometru cyfrowego.

Akumulator $LiFePO_4$ DIY

Użytkowanie akumulatorów $LiFePO_4$, pomimo ich większego bezpieczeństwa w porównaniu z Li-ION, związane jest z koniecznością spełnienia kilku warunków. Niezbędne jest ich zabezpieczenie przed zwarciem, nadmiernym rozładowaniem i przekroczeniem napięcia ładowania oraz w przypadku pakietów szeregowych dodatkowo należy balansować ładunek ogniw składowych. Za realizację wszystkich funkcji odpowiada układ BMS/PCM. W modelu zdecydowano się na zastosowanie gotowego modułu PCM przystosowanego do pakietów 4S typu HX-4S-F30A o maksymalnym prądzie rozładowania 30 A, który poprzez zmianę rezystorów pomiarowych może zostać dopasowany do charakterystyki użytych ogniw. Jako źródło zasilania wybrano typowe ogniwa cylindryczne $LiFePO_4$ 26650. Połączenie ich w szeregowy pakiet 4S1 pozwala uzyskać napięcie 12,8 V, zbliżone do typowego akumulatora kwasowego/żelowego.

Interfejs GPIO dla komputera PC

Moduł powstał, by umożliwić monitorowanie lub sterowanie kilku sygnałów cyfrowych za pomocą komputera PC, który od czasu usunięcia z niego interfejsu LPT stracił możliwość prostego sterowania zewnętrznymi liniami GPIO. Komunikacja odbywa się poprzez interfejs USB, a zastosowanie fabrycznego mostka UART/GPIO/I2C zwalnia nas od tworzenia aplikacji dla mikrokontrolera, przenosząc oprogramowanie na komputer PC. Dodatkowo oprócz ośmiu sygnałów GPIO, dostępna jest magistrala I^2C, co rozszerza możliwości układu.

a ponadto tematy wiodące EP 5/2022:

• Lasery – parametry, sterowanie i zastosowanie
• Złącza i kable

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 41
ARMEL 9
BORNICO 11
COMPUTER CONTROLS 7
ELMAX 13
GAMMA 9
HAMMOND 5
KON-TEC 70, 71
MICROS 63, 120
PIEKARZ 9
PIMOT 50
RENEX 98, 119

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali Współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22 (godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

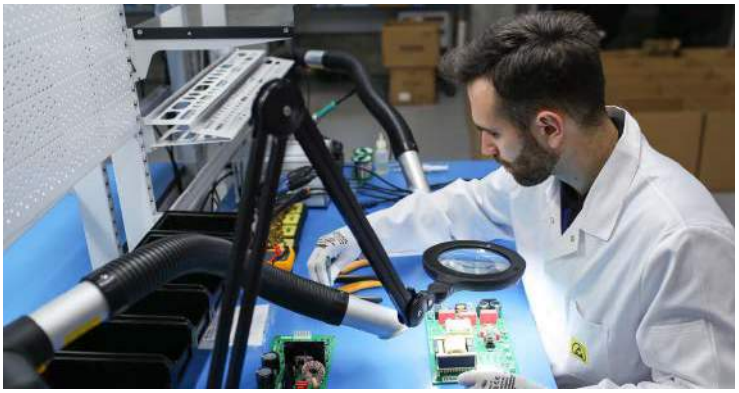
Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

Fotografia na okładce:
By MW AHM – Own work, CC BY-SA 4.0,
https://bit.ly/3DjQBKn

eprasa.pl d7ac45c7ab

KOMPLEKSOWE WSPARCIE PRZEMYSŁU ELEKTRONICZNEGO

renex GROUP



URZĄDZENIA DO LUTOWANIA

URZĄDZENIA INSPEKCYJNE

ROBOTY PRZEMYSŁOWE

URZĄDZENIA PRODUKCYJNE

URZĄDZENIA I ŚRODKI DO CZYSZCZENIA

POCHŁANIACZE DYMÓW I OPARÓW

URZĄDZENIA SPECJALISTYCZNE

MEBLE PRZEMYSŁOWE

NARZĘDZIA RĘCZNE

ZABEZPIECZENIA ANTYSTATYCZNE

SZKOLENIA DLA ELEKTRONIKÓW

STREFY CZYSTE CLEANROOM

Al. Kazimierza Wielkiego 6E, 87-800 Włocławek, POLAND
T: + 48 54 231 10 05 | + 48 411 25 55 | E: office@renex.pl

RENEX.PL

eprasa.pl d7ac45c7ab

Problem z dostępnością markowych produktów?
Alokacje? Długie terminy dostaw?
Wysokie ceny na dostępne produkty?

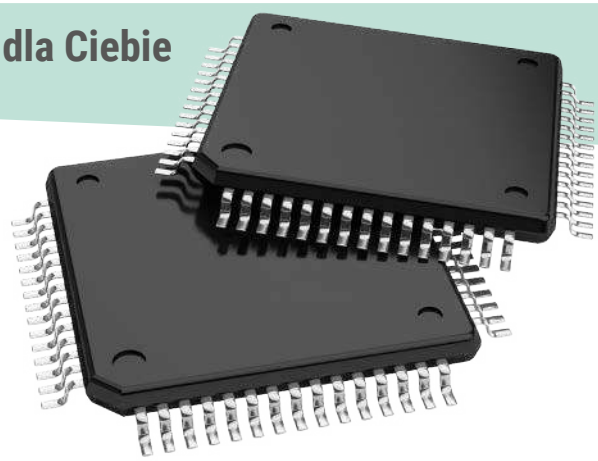
μ's MICROS

Znaleźliśmy sposób na te problemy!

Jesteśmy oficjalnym dystrybutorem firm produkujących

NIEZAWODNE ZAMIENNIKI MARKOWYCH PRODUKTÓW!

Geehy Semiconductor, czyli legalne odpowiedniki dla Ciebie



Geehy™ SEMICONDUCTOR

Geehy
oficjalny partner firmy **ARM!**

PRODUCENT UKŁADÓW SCALONYCH - GŁÓWNIE MIKROKONTROLERÓW

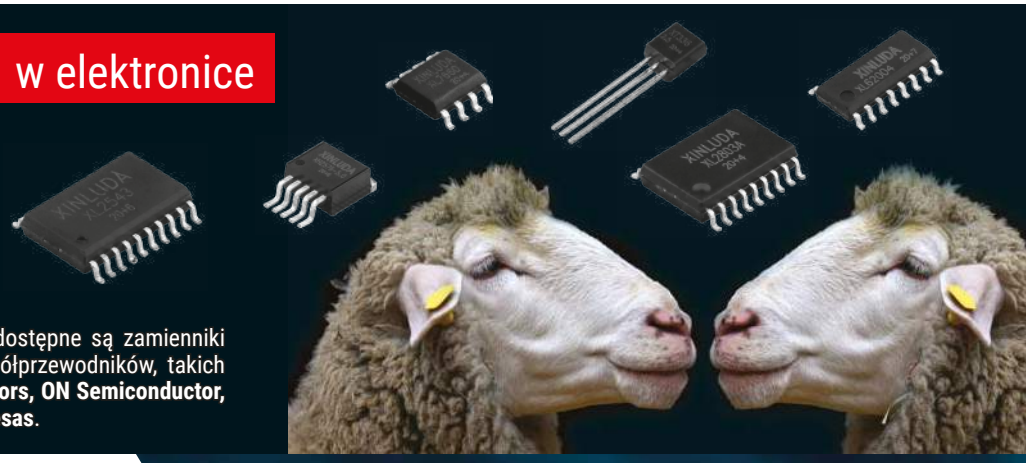
Firma jest częścią NINESTAR CORPORATION - jednego z pięciu największych producentów drukarek laserowych (marki Lexmark i Pantum).

Mikrokontrolery APM32 są kompatybilne m.in. z produktami z serii STM32 firmy ST na zasadzie FFF (form-fit-function).

Możliwość wprowadzania zmian w projekcie przy minimalnych kosztach!

INWAZJA KLONÓW w elektronice

XINLUDA®



PRODUCENT UKŁADÓW SCALONYCH. W ofercie dostępne są zamienniki produktów szeroko rozpoznawanych producentów półprzewodników, takich jak **Texas Instruments, Microchip, NXP Semiconductors, ON Semiconductor, Maxim Integrated, ST Microelectronics, Diodes, Renesas**.

SIT

Jiangsu Silicon Internet of Things Technology

PRODUCENT UKŁADÓW INTERFEJSOWYCH RS232, RS485 I CAN.

Producent zamienników najpopularniejszych na naszym rynku modeli, produkowanych przez liderów w branży, takich jak NXP, Texas Instruments czy Microchip. Aby ułatwić dobór zamiennika, symbole produktów SIT są zbliżone do symboli produktów oryginalnych, różnią się jedynie przedrostkiem np. **PCA82C251 = SIT82C251, MCP2551 = SIT2551, SN65HVD232 = SIT65HVD232**, itd.

μ's MICROS

Micros sp.j. W.Kędra i J.Lic
ul. E.Godlewskiego 38
30-198 Kraków

tel.: +48 12 636 95 66
fax: +48 12 636 93 99
e-mail: bok@micros.com.pl

www.micros.com.pl

eprasa.pl d7ac45c7ab