Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Listopad ● 11/2022 ●

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

OBUDOWY NA KAŻDE WARUNKI

TEMAT NUMERU

inspirujące, użyteczne projekty

Moduły zdalnego sterowania do Raspberry Pi • SCL – zaawansowany sterownik oświetlenia schodowego • Zasilacz buforowy 5 V z uniwersalną ładowarką • Radiomodem ISM do Raspberry Pi Zero • Sygnalizator biegunowości zasilania • Przekaźnik elektromagnetyczny sterowany optoelektronicznie • Generator impulsów szpilkowych • Inteligentna stacja pogodowa z pomiarem jakości powietrza • Thin client na Arduino

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Obudowy na każde warunki • Obudowy urządzeń elektronicznych. Zagadnienia kompatybilności elektromagnetycznej • Obudowy gotowe na każde warunki • Uniwersalne obudowy dla systemów embedded i nie tylko • Systemy zasilania awaryjnego z technologią IoT. Innowacyjne zasilacze UPS marki PowerWalker

tutoriale

Programowalne zabezpieczenia dla niskomocowych aplikacji Przemysłu 4.0 • Systemy zintegrowanej optoelektroniki obrazowej. Nowe możliwości w ochronie zdrowia i aplikacjach kosmicznych • Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Podstawowe kondycjonery sygnałów termoparowych • Pomiary RF. Co znajduje się w środku tłumika RF • Wyświetlacze jako interfejsy pomiędzy człowiekiem i maszyną

tutoriale

Kurs FPGA Lattice. Wstęp

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR
ISSN 1230-3526 Indeks 357677
9 771230 352221 11 >

WYŚWIETLACZE I PANELE HMI

eprasa.pl e16ad6537c

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 e16ad6537c

Hologram jako nowy typ HMI

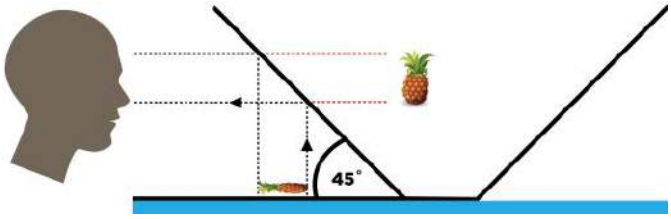
Projekcja holograficzna 3D ma swoje początki w technice tworzenia iluzji zwanej Pepper's Ghost, która została po raz pierwszy zastosowana w teatrach w Londynie w latach 60. XIX wieku. Była zwykle używana do tworzenia postaci przypominających duchy na scenie. Ukryty przed wzrokiem widza aktor był ubrany w upiorny kostium i stał twarzą do nachylonej szklanej tafli. Oświetlenie ustawione pod odpowiednim kątem odbijało wizerunek aktora na szkle. Przezroczyste odbicie przypominające ducha pojawiało się przed publicznością, a przyciemnione oświetlenie przyczyniało się do lepszego, upiornego efektu.

Technologia Pepper's Ghost w pewnym sensie została przeniesiona do XXI wieku. Zamiast rzeczywistego obiektu pojawia się obraz na wyświetlaczu o wysokiej rozdzielczości, który pada na specjalnie zaprojektowaną konstrukcję przypominającą piramidę ze specjalnego przeźroczystego tworzywa. W efekcie powstaje złudzenie projekcji 3D. Uproszczony sposób działania został pokazany na **rysunku 1**, a przykład gotowego produktu pokazuje **fotografia 1**. Na takiej samej zasadzie można realizować projekcję 3D interfejsu użytkownika. Lustrzane płyty projekcyjne ustawione pod określonymi kątami, mogą przekierować światło pochodzące ze zwykłych wyświetlaczy LCD, tworząc unoszący się obraz. W połączeniu z czujnikami dotyku i gestów powstaje w pełni interaktywny system HMI [1] (**rysunek 2**, **fotografia 2**).

Powyższe rozwiązanie sprawia dobre wrażenie, jednak powstały obraz to w rzeczywistości iluzja projekcji 3D. Lepszy efekt można uzyskać z zastosowaniem lasera. Projekt Holovect Mk II [2] to pierwszy dostępny na rynku, kompaktowy, holograficzny wyświetlacz, zdolny do rysowania obiektów 3D w powietrzu za pomocą światła lasera (**fotografia 3**). Jak to działa? Kiedy światło przemieszcza się między dwoma różnymi ośrodkami, w większości przypadków uzyskuje się różne efekty, takie jak: załamanie, odbicie i/lub dyfuzję, w zależności od współczynnika załamania (RI) materiałów. Przykładem tego są miraże, które pojawiają się, gdy część powietrza ma inny współczynnik RI niż otoczenie, co powoduje, że wiązki światła ulegają zakrzywieniu i odbiciu w nieoczekiwany sposób. Może się to zdarzyć z powodu różnic temperatury lub ciśnienia między jednym regionem a drugim. Holovect Mk II oddziałuje na powietrze w przestrzeni o kształcie pudełka, aby precyzyjnie modyfikować współczynnik załamania RI. W efekcie wiązka światła lasera jest załamywana i odbijana. Kontrolując jednocześnie kierunek lasera i umiejscowienie zmodyfikowanego słupa powietrza, komputer może umieścić świecący punkt w dowolnym miejscu w przestrzeni. Generując wiele takich punktów, można utworzyć prawdziwe projekcje 3D.

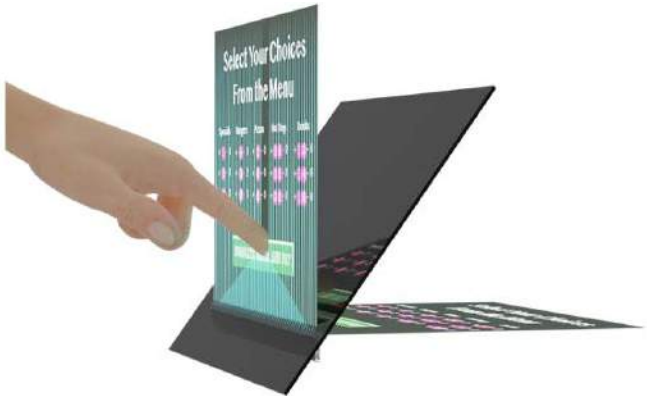
Damian Sosnowski

[1] https://neonode.com/products-and-solutions/contactless-touch/holographic-solutions
[2] https://www.kickstarter.com/projects/2029950924/holovect-holographic-vector-display



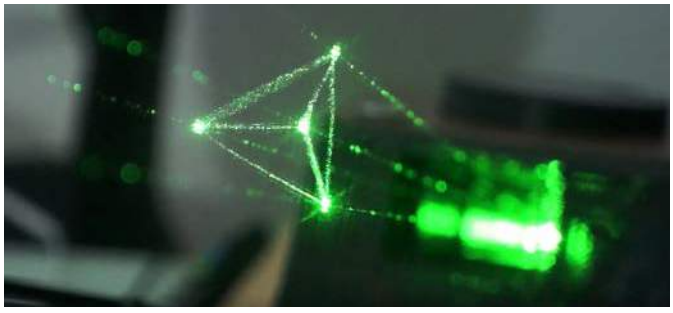
Rysunek 1. Uproszczony sposób realizowania projekcji holograficznej

Fotografia 1. Urządzenie do projekcji holograficznej



Rysunek 2. Konstrukcja holograficznego interfejsu użytkownika

Fotografia 2. Holograficzny interfejs HMI



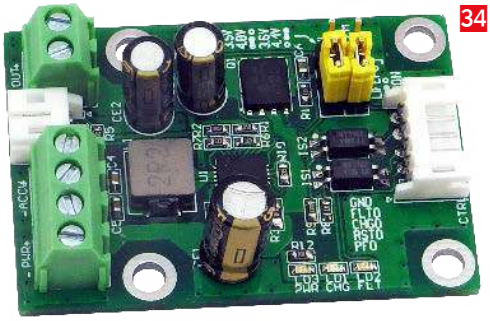
Fotografia 3. Obraz powstały w powietrzu utworzony za pomocą światła lasera

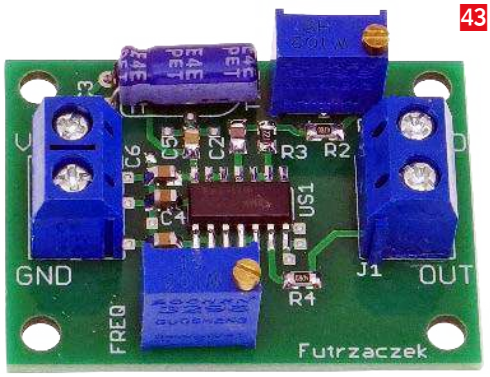
eprasa.pl e16ad6537c

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 11 (358) • Listopad 2022

74


34



43

81

Nie przeocz

Nowe podzespoły ... 6
Dodaj do obserwowanych ... 14
Konkurs ... 21
Koktajl niusów ... 105

Projekty

Moduły zdalnego sterowania do Raspberry Pi ... 22
SCL – zaawansowany sterownik oświetlenia schodowego (1) ... 26
Zasilacz buforowy 5 V z uniwersalną ładowarką ... 34

Miniprojekty

Radiomodem ISM do Raspberry Pi Zero ... 37
Sygnalizator biegunowości zasilania ... 39
Przekaźnik elektromagnetyczny sterowany optoelektronicznie ... 41
Generator impulsów szpilkowych ... 43

Temat numeru: Obudowy na każde warunki

Obudowy na każde warunki ... 45
Obudowy urządzeń elektronicznych.
Zagadnienia kompatybilności elektromagnetycznej ... 59

Prezentacje

Obudowy gotowe na każde warunki ... 68
Uniwersalne obudowy dla systemów embedded i nie tylko ... 70
Systemy zintegrowanej optoelektroniki obrazowej.
Nowe możliwości w ochronie zdrowia i aplikacjach kosmicznych ... 72
Systemy zasilania awaryjnego z technologią IoT.
Innowacyjne zasilacze UPS marki PowerWalker ... 90
Programowalne zabezpieczenia dla niskomocowych aplikacji Przemysłu 4.0 ... 92

Projekty SOFT

Inteligentna stacja pogodowa z pomiarem jakości powietrza ... 74
Thin client na Arduino ... 81

Elektronika w praktyce

Wyświetlacze jako interfejsy pomiędzy człowiekiem i maszyną ... 84

Poradnik implementacji

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (19).
Podstawowe kondycjonery sygnałów termoparowych ... 94

Notatnik konstruktora

Pomiary RF (2). Co znajduje się w środku tłumika RF ... 99

Kursy

Kurs FPGA Lattice (1). Wstęp ... 102

Prenumerata ... 2
Od wydawcy ... 3
Hity następnego numeru ... 107

Dodatkowe materiały do artykułów znajdziesz na https://ulubionykiosk.pl/media
Szczegóły na stronie 83
eprasa.pl e16ad6537c

Politechnika Wrocławska

DLA ELEKTRONIKÓW

POSTAW NA ROZWÓJ

- szkolenia, kursy branżowe i specjalistyczne
- studia podyplomowe
- podnoszenie kwalifikacji zawodowych

cku.pwr.edu.pl

POSTAW NA INNOWACYJNOŚĆ

- profesjonalny zespół ekspertów
- dostęp do laboratoriów, specjalistycznych badań i analiz
- wsparcie Centrum Innowacji i Biznesu PWr

biznes.pwr.edu.pl

POSTAW NA KONTAKTY BIZNESOWE I BRANŻOWE

- multimedialne centrum kongresowe
- organizacja konferencji i warsztatów

konferencje.pwr.edu.pl

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
Wybrzeże St. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
pwr.edu.pl

eprasa.pl e16ad6537c

nowe podzespoły

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

Niskoszumowy oscylator zegarowy 60...130 MHz o małej wrażliwości na przyspieszenia

Firma Greenray Industries dodaje do oferty oscylatorów zegarowych nowy oscylator Y1631, dostępny w wersjach o częstotliwości wyjściowej z zakresu od 60 do 130 MHz. Pracuje on z wyjściem sinusoidalnym. Zapewnia stabilność ±15 ppm w zakresie temperatury pracy od –20 do +70°C. Wyróżnia się małymi szumami fazowymi i małą wrażliwością na przyspieszenie. Y1631 jest zamykany w obudowie DIP o powierzchni 17,3×17,3 mm. Może znaleźć zastosowanie w telekomunikacji, aparaturze pomiarowej, lotnictwie oraz urządzeniach radiokomunikacyjnych, pracujących w warunkach dużych udarów i wibracji.

Pozostałe parametry:

- szumy fazowe: –120 dBc/Hz (100 MHz, offset 100 Hz),
- wrażliwość na przyspieszenie: <0,09 ppb/g,
- błąd długoterminowy (10 lat, 100 MHz): ±3 ppm,
- napięcie zasilania: 5 V,
- zakres temperatury pracy: –40...+85°C.

www.greenrayindustries.com

Odbiciowy, miniaturowy czujnik optyczny z kwalifikacją AEC-Q101

VCNT2025X01 to miniaturowy, odbiciowy czujnik optyczny z kwalifikacją motoryzacyjną AEC-Q101, zamykany w miniaturowej obudowie FAM o wymiarach 2,5×2,0×0,6 mm z wyprowadzeniami umożliwiającymi prowadzenie inspekcji optycznej. Charakteryzuje się dopuszczalną temperaturą pracy +110°C, większą niż w przypadku większości odpowiedników, dla których wartością graniczną jest +80°C. Poza motoryzacją może też znaleźć zastosowanie w systemach smart home, przemyśle i urządzeniach biurowych, np. do wykrywania obecności papieru w drukarkach i kopiarkach. VCNT2025X01 to czujnik niskoprofilowy, zamykany w obudowie o mniejszej grubości (0,6 mm vs. 0,8 mm) od wcześniejszych odpowiedników. Charakteryzuje się współczynnikiem CTR równym 33%, większym o 24% od czujników wcześniejszej generacji. Zawiera emiter podczerwieni (940 nm) i krzemowy fotodetektor, umieszczone na tej samej powierzchni oraz filtr światła dziennego, poprawiający stosunek sygnału do szumu. Analogowy sygnał wyjściowy jest proporcjonalny do ilości światła wygenerowanego przez emiter, odbitego od obiektu i powracającego do fotodetektora. VCNT2025X01 oferuje zasięg detekcji od 0,3 mm do 4,5 mm. Charakteryzuje się typowym poborem prądu 6,6 mA.

www.vishay.com

Najmniejsze na rynku tranzystory MOSFET w obudowach DFN0603

Do oferty firmy Nexperia wchodzi seria najmniejszych na rynku tranzystorów MOSFET, zamykanych w obudowach DFN0603 o wymiarach 0,63×0,33×0,25 mm. Oferta obejmuje obecnie dwa tranzystory n-kanałowe o napięciu znamionowym 20 V (PMX100UN, PMX100UNE) oraz dwa o napięciu znamionowym 30 V: n-kanałowy PMX300UNE i p-kanałowy PMX400UP. PMX100UNE wyróżnia się odpornością na wyładowania ESD do 2 kV. Pomimo mniejszej o 13% powierzchni obudowy od tranzystorów zamykanych w obudowach DFN0604,

Zestawienie parametrów tranzystorów serii PMX

	PMX100UNE	PMX300UNE	PMX100UN	PMX400UP
Kanał	N	N	N	P
V	20 V	30 V	20 V	–20 V
R	160 mΩ	250 mΩ	210 mΩ	500 mΩ
R	190 mΩ	330 mΩ	230 mΩ	600 mΩ
I	1,4 A	0,82 A	1,3 A	–0,9 A
Q	0,3 nC	0,3 nC	0,4 nC	0,4 nC
Q	1,4 nC	1,4 nC	1,5 nC	1,6 nC
P	0,3 W	0,3 W	0,3 W	0,3 W
V	0,7 V	0,7 V	0,7 V	–0,7 V
C	123 pF	120 pF	144 pF	146 pF
C	14 pF	9 pF	14 pF	16 pF

eprasa.pl e16ad6537c

tranzystory z nowej oferty nie tylko nie ustępują im pod względem parametrów, ale nawet wykazują mniejszą średnio o 74% rezystancję RDS(on), pozwalającą zwiększyć sprawność energetyczną i gęstość mocy w urządzeniach przenośnych. W najbliższym czasie do oferty firmy Nexperia mają wejść dwie kolejne wersje n-kanałowe: PMX700EN i PMX800ENE, charakteryzujące się napięciem znamionowym 60 V.

www.nexperia.com

Bezpieczniki dużej mocy do fotowoltaiki zgodne z wymogami norm UL 248 i IEC 60269

Do oferty firmy Bourns wchodzą dwie pierwsze serie bezpieczników przemysłowych dużej mocy POWrFuse, spełniających wymogi standardów UL 248 i IEC 60269. Mogą one znaleźć zastosowanie m.in. w instalacjach fotowoltaicznych, systemach zarządzania zasilaniem i innych aplikacjach narażonych na pracę w ekstremalnej temperaturze otoczenia. Bezpieczniki POWrFuse serii PF-E charakteryzują się napięciem roboczym 1000 VDC, prądem progowym od 15 do 30 A i zdolnością wyłączania do 20 kA. Bezpieczniki POWrFuse PF-H charakteryzują się napięciem roboczym 600 VAC/DC, zakresem prądów progowych 15...30 A i zdolnością wyłączania nawet do 150 kA. Obie serie zostały przystosowane do pracy w zakresie temperatury otoczenia od –55 do +125°C. Występują w wersjach do montażu w gniazdach i na płytkach drukowanych.

www.bourns.com

Magnetometr 3D do urządzeń o zasilaniu bateryjnym

Układ MLX90397, najnowszy magnetometr 3D firmy Melexis, wyróżnia się szerokim zakresem napięcia zasilania od 1,7 do 3,6 V, pozwalającym na zastosowania w urządzeniach konsumenckich i przemysłowych o zasilaniu bateryjnym. Zapewnia 16-bitową rozdzielczość i zakres pomiarowy do 50 mT (do 200 mT w osi Z). Umożliwia też pomiar temperatury z dokładnością ±3°C. Wewnętrzny element pomiarowy pracuje w oparciu na efekcie Halla. Wyniki są konwertowane do postaci cyfrowej, a następnie przesyłane przez interfejs I²C FM+. Do najważniejszych zalet MLX90397 należy też zaliczyć bardzo

REKLAMA

eprasa.pl e16ad6537c

mały szum, wynoszący 2 μT rms w całym zakresie 50 mT oraz bardzo mały pobór prądu, wynoszący zaledwie 7 nA w trybie power down. Wyprowadzenie VDDIO umożliwia pracę z napięciem interfejsu różniącym się od napięcia zasilającego, bez konieczności stosowania dodatkowych translatorów poziomów logicznych.

MLX90397 jest zamykany w obudowie UTDFN-8 o powierzchni 2,5×2,0 mm i grubości zaledwie 0,4 mm, ułatwiającej jego integrację w urządzeniach o bardzo dużej gęstości upakowania podzespołów. Szeroki zakres temperatury pracy od –40°C do 105°C umożliwia pracę w wymagających środowiskach przemysłowych. Typowe zastosowania układu obejmują elektronarzędzia, konsole do gier, komputerowe urządzenia peryferyjne, systemy automatyki domowej (m.in. czujniki otwarcia okien/drzwi), liczniki energii elektrycznej oraz urządzenia AGD.

www.melexis.com

Najmniejszy na rynku moduł GNSS

Firma u-blox zaprezentowała najmniejszy na rynku moduł nawigacyjny GNSS, zamykany w obudowie SMD o wymiarach 4,5×4,5×1,0 mm. Podobnie jak wszystkie moduły u-blox rodziny M10, model MIA-M10 odbiera jednocześnie sygnały satelitów czterech konstelacji (GPS, Galileo, BeiDou i GLONASS), co w połączeniu z dużą czułością zapewnia precyzyjne pozycjonowanie również w środowiskach o słabym sygnale, na przykład w wysokiej zabudowie miejskiej.

Obsługa usługi u-blox AssistNow, dostarczającej dane orbitalne przez internet, skraca czas potrzebny do określenia początkowej pozycji przy uruchamianiu, umożliwiając natychmiastową nawigację, bez konieczności oczekiwania na powolne pobieranie danych satelitarnych. Aplikacje wymagające długiego czasu pracy na baterii mogą ponadto korzystać z usługi CloudLocate firmy u-blox, która przenosi energochłonne obliczenia pozycji do chmury obliczeniowej.

Nowy moduł nie wymaga żadnych elementów zewnętrznych, co ułatwia projektowanie i testowanie, oszczędza koszty oraz skraca czas wprowadzania produktów na rynek. Jest dostępny w dwóch wariantach: podstawowym MIA-M10Q z wewnętrznym filtrem SAW i wzmacniaczem niskoszumowym oraz MIA-M10C bez wspomnianych bloków, dającym projektantom większą elastyczność w łączeniu z aktywnym lub niestandardowym obwodem antenowym. Obie wersje różnią się też zakresem napięcia zasilania, wynoszącym odpowiednio 1,76...3,6 V i 1,3...1,98 V. Przy VCC=1,8 V ich pobór mocy wynosi odpowiednio 31 mW i 25 mW w trybie równoczesnego śledzenia satelitów 4 konstelacji.

www.ublox.com

Magnetyczne czujniki położenia bazujące na technologii TMR i elementach Halla

Do oferty firmy Allegro MicroSystems wchodzą dwa magnetyczne czujniki położenia A33110 i A33115, zaprojektowane z myślą o zaawansowanych systemach wspomagania kierowcy (ADAS), wymagających dużej dokładności i redundancji sygnału. Oba układy wykorzystują równocześnie technologię TMR (tunneling magnetoresistance) z elementami Halla. W porównaniu z odpowiednikami GMR, innowacyjna technologia Allegro TMR-on-silicon zapewnia

większą rozdzielczość i dokładność oraz nawet 8-krotnie większą czułość. Jeśli chodzi o tradycyjne czujniki z efektem Halla, poprawa parametrów jest jeszcze wyraźniejsza.

Bezpieczna eksploatacja pojazdu wymaga najwyższego poziomu pokrycia diagnostycznego systemów krytycznych dla bezpieczeństwa. Opracowana przez Allegro MicroSystems technologia VHT, zastosowana w czujnikach A33110 i A33115, oferuje funkcje m.in. wykrywania słabego pola i brakującego magnesu. Oba układy są zgodne z ASIL D, a nadmiarowość zapewniana przez równoczesne zastosowanie technologii TMR i elementów Halla zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia awarii. Sygnały z TMR i czujników Halla są przetwarzane w dwóch niezależnych kanałach, z których każdy zawiera niezależne regulatory napięcia i czujniki temperatury. Sygnały są przetwarzane całkowicie niezależnie, bez współdzielenia zasobów cyfrowych.

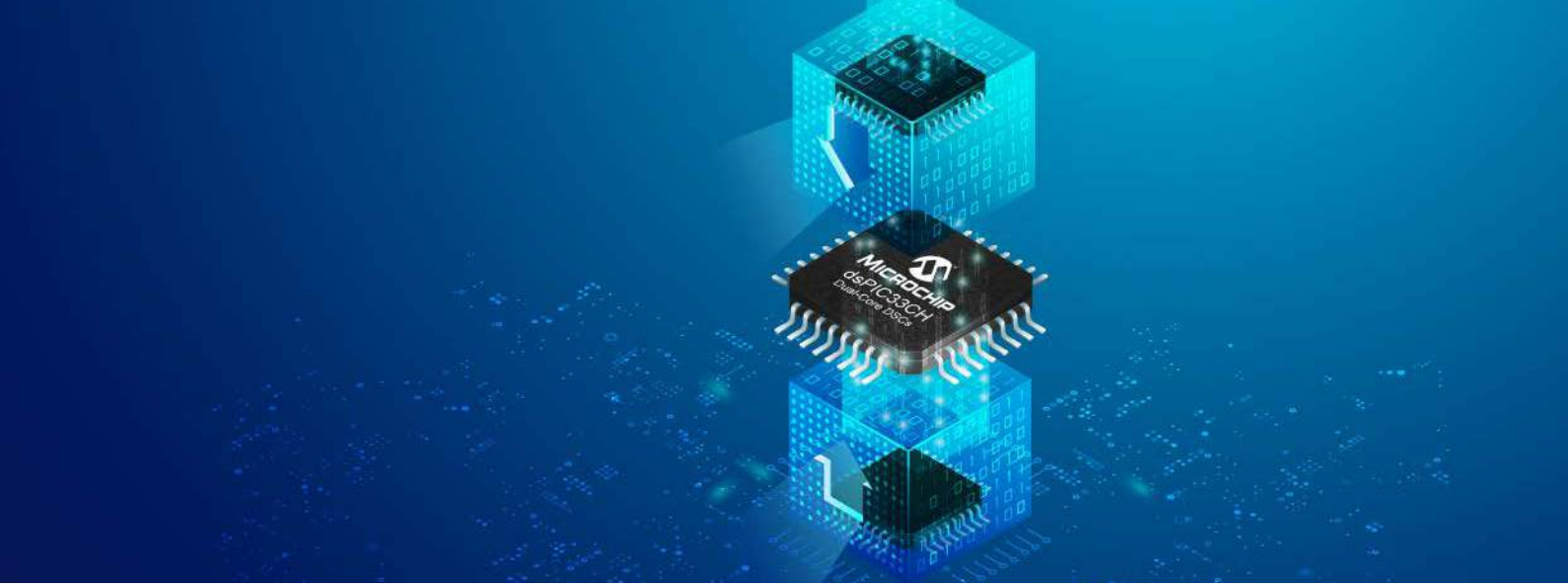
A33110 i A33115 zapewniają krótki czas odpowiedzi, niezależną korekcję wzmocnienia/przesunięcia, obliczanie kąta i możliwości linearyzacji, wymagane przez aplikacje ADAS o krytycznym znaczeniu dla bezpieczeństwa. A33115 zawiera dodatkowo licznik obrotów, który śledzi ruch w 90-stopniowych krokach oraz oferuje tryb zmniejszonego poboru mocy z programowalnym przez użytkownika cyklem pracy.

www.allegromicro.com

Czujnik ciśnienia barometrycznego ICP-20100 firmy TDK InvenSense z certyfikatem NextNav

TDK informuje o uzyskaniu certyfikatu NextNav przez energooszczędny czujnik ciśnienia InvenSense ICP-20100. Jest to układ produkowany w technologii MEMS, przystosowany do pracy w przemysłowym zakresie temperatury otoczenia od –40 do +85°C. Jego zakres zastosowań obejmuje smartfony, tablety, drony, inteligentne urządzenia domowe (np. automatyczne odkurzacze), systemy lokalizacji na zewnątrz i wewnątrz pomieszczeń oraz aplikacje AR/VR. ICP-20100 może pracować w zakresie ciśnienia od 30 do 110 kPa. Zapewnia długi czas pracy na baterii w aplikacjach always-on. Podobnie jak w przypadku innych czujników SmartPressure z oferty TDK InvenSense, charakteryzuje się dużą dokładnością pomiaru, małym dryftem długoterminowym i bardzo dobrą stabilnością temperaturową. Zawiera czujnik ciśnienia barometrycznego i czujnik temperatury, zamknięte wewnątrz miniaturowej obudowy LGA-10L o wymiarach 2×2×0,8 mm. Pracuje z podwójnym napięciem zasilania: 1,8 V lub 3,3 V oraz z napięciem interfejsu 1,2 V, 1,8 V lub 3,3 V. Może się komunikować w standardach I^2C, I^3CSM i SPI.

eprasa.pl e16ad6537c



Dwa kontrolery dsPIC33C w jednym chipie

Projektuj oddzielnie, integruj bezproblemowo, wykorzystując dwurdzeniowe DSC dsPIC33CH

Dwurdzeniowe kontrolery DSC dsPIC33CH umożliwiają niezależne opracowywanie kodu dla każdego rdzenia przez oddzielne zespoły projektowe, które można następnie bezproblemowo zintegrować w ramach jednej aplikacji. Dzięki wydajności dwóch jednostek DSC dsPIC33C, rodzina dsPIC33CH jest optymalną propozycją pod kątem kilku zastosowań, w tym aplikacji krytycznych dla bezpieczeństwa, sterowania dotykowego, ładowania bezprzewodowego, zasilania cyfrowego, sterowników silnika i wielu innych.

Kluczowe cechy

- Duża wydajność dzięki dwóm jednostkom DSC dsPIC33C w jednym chipie
- Możliwość oddzielenia krytycznego dla bezpieczeństwa oprogramowania firmware i kodu działającego w czasie rzeczywistym od reszty aplikacji
- Specjalistyczne obwody peryferyjne zapewniające dużą wydajność
- Oszczędność miejsca na płytce i kosztów do 40% dzięki wyeliminowaniu konieczności stosowania dodatkowego mikrokontrolera (MCU) i obwodów pomocniczych
- Szybsza komunikacja między rdzeniami na chipie
- Krótszy czas projektowania umożliwiający równoległe tworzenie aplikacji przez wiele zespołów

MICROCHIP

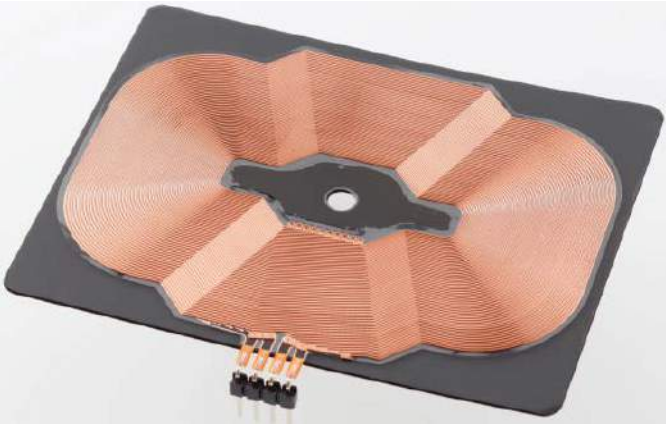
microchip.com/dsPIC33CH

Nazwa i logo Microchip oraz logo Microchip są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Microchip Technology Incorporated w USA i innych krajach. Wszystkie inne znaki towarowe są własnością ich zarejestrowanych właścicieli. © 2022 Microchip Technology Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone. MEC2432A-POL-10-22

eprasa.pl e16ad6537c

Użytkownik może konfigurować układ pod kątem zapewnienia małych szumów lub małego poboru mocy. W trybie niskoszumowym, ICP-20100 umożliwia rozróżnianie zmian wysokości mniejszych od 5 cm.

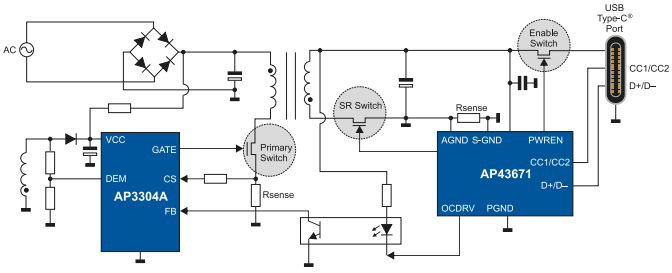
www.invensense.tdk.com



Cewka indukcyjna o grubości 0,76 mm do systemów ładowania bezprzewodowego

W maju 2022 firma TDK rozpoczęła masową produkcję nowej cewki do systemów ładowania bezprzewodowego, charakteryzującej się grubością zmniejszoną do zaledwie 0,76 mm. Model WCT38466-N0E0SST101 jest kompatybilny ze standardem Qi WPC. Charakteryzuje się powierzchnią 85×67 mm, indukcyjnością 10,6 μH i rezystancją 0,139 Ω @ 100 kHz. Cewka WCT38466-N0E0SST101 jest produkowana metodą nanoszenia warstwy miedzi na cienki arkusz foliowy, co wraz z zastosowaniem opatentowanych przez TDK materiałów magnetycznych umożliwiło zmniejszenie jej grubości do 0,76 mm, co stanowi zaledwie 20% grubości tradycyjnych cewek nawijanych drutem ∅ 3,8 mm. Zastosowanie zoptymalizowanego kształtu cewki zapewnia pokrycie większego obszaru ładowania, co zapewnia większą wygodę użytkownikom.

www.tdk-electronics.tdk.com



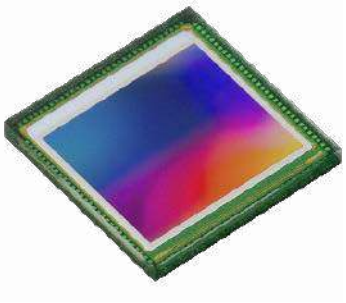
Tani dwuukładowy chipset do ładowarek USB PD3.0

Firma Diodes opracowała tani chipset do ładowarek USB PD3.0, obejmujący dwa układy scalone: kontroler PWM o symbolu AP3304A i dekoder USB Type-C power delivery (PD) o symbolu AP43671. AP3304A to kontroler PWM multi-mode (QR+CCM), zoptymalizowany do zastosowań w tanich konwerterach DC-DC flyback, od których wymaga się małego poboru mocy w trybie standby. Przy małych obciążeniach jest on przełączany w tryb Burst o częstotliwości taktowania 23 kHz, minimalizujący pobór mocy ze źródła wejściowego. Przy wzroście obciążenia wchodzi w tryb QR, zapewniający dużą sprawność energetyczną i mały poziom emisji elektromagnetycznej.

AP43671 to inteligentny dekoder protokołów szybkiego ładowania, wyposażony w wewnętrzny kontroler SR (synchronous rectification). Nadaje się idealnie do zastosowań w tanich adapterach sieciowych USB Type-C. Obsługuje standardy ładowania USB PD3.0 V1.2 i PPS oraz protokoły Qualcom QC4/QC4+. Wbudowany mikrokontroler z pamięcią OTP przechowuje protokoły szybkiego ładowania i zapewnia optymalne dostrajanie parametrów pracy. AP3304A jest zamykany w obudowie SOT26, a AP43671 w obudowie W-QFN4040-20.

www.diodes.com

Czujnik obrazu 1600×1400 pikseli o dużej sprawności kwantowej

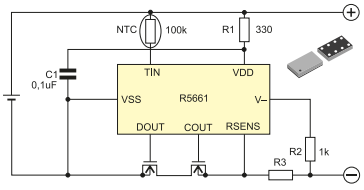


Ams OSRAM wprowadza na rynek nowy czujnik obrazu Mira220 na zakres widzialny i bliskiej podczerwieni, pracujący z rozdzielczością 2,2 megapikseli (1600×1400). Jest to czujnik typu global shutter, wyprodukowany w technologii back side illumination (BSI) zapewniającej dużą czułość i sprawność kwantową, mogący znaleźć zastosowanie w aplikacjach AR/VR, dronach, robotyce, skanerach QR itp. Zapewnia bardzo dobre parametry optyczne przy minimalnym poborze mocy, co pozwala na stosowanie go w urządzeniach bateryjnych. Pobór mocy wynosi zaledwie 4 mW w trybie sleep, 40 mW w trybie idle i 350 mW w stanie aktywnym przy pełnej rozdzielczości i szybkości rejestracji 90 fps, co w przypadku urządzeń przenośnych pozwala na korzystanie z mniejszego akumulatora lub wydłużenie czasu pomiędzy kolejnymi ładowaniami.

Mira220 zawiera interfejs MIPI CSI-2 (1,5 Gbps) do komunikacji z mikroprocesorami i układami FPGA oraz interfejs I²C, zapewniający dostęp do wewnętrznych rejestrów konfiguracyjnych. Pozostałe parametry czujnika:

- format: 1/2,7",
- rozmiar piksela: 2,79×2,79 μm,
- głębia koloru: 12-bitowa,
- sprawność kwantowa (QE): 94/54/35% dla długości fali 550/850/940 nm,
- SNR (maks.): 40 dB,
- zakres dynamiczny: 62 dB,
- FWC (Full Well Charge): 10700 e-,
- poziom szumu (DTN): 8,5 e-.

www.ams-osram.com



Układ zabezpieczenia nadprądowego i nadnapięciowego do ogniw litowo-jonowych/polimerowych

R5661 to układ zabezpieczający jednoogniwowy akumulator litowo-jonowy lub litowo-polimerowy, wykrywający przeładowanie, nadmierne rozładowanie, przekroczenie dopuszczalnego prądu ładowania/rozładowania oraz przekroczenie dopuszczalnej temperatury pracy. Pracuje z napięciem wejściowym od 1,5 do 5,0 V, pobierając typowo 3,5 μA prąd w stanie aktywnym i maksymalnie 0,04 μA w trybie standby, aktywowanym po wykryciu nadmiernego rozładowania ogniwa. R5661 wykrywa przeładowanie w zakresie od 4,2 do 4,6 V z regulacją co 0,005 V i dokładnością ±10 mV. Jest ono sygnalizowane po upływie 1 sekundy. Nadmierne rozładowanie jest wykrywane w zakresie 2,0...3,4 V z krokiem 0,005 V i dokładnością ±2%, a czas sygnalizacji można zaprogramować na jednej z trzech predefiniowanych wartości: 16, 32 lub 128 ms. Przekroczenie dopuszczalnego prądu ładowania i rozładowania jest wykrywane pośrednio poprzez pomiar spadku napięcia na zewnętrznym rezystorze szeregowym. Również

eprasa.pl e16ad6537c

w tym przypadku użytkownik ma możliwość dokładnego ustawienia wartości progowych i czasu opóźnienia sygnalizacji (8...3072 ms). Do pomiaru temperatury wykorzystywany jest zewnętrzny termistor. R5661 jest zamykany w obudowie WLCSP-8-P2 o wymiarach 1,5×0,9×0,28 mm.

www.nisshinbo-microdevices.co.jp

Łatwy w integracji, energooszczędny moduł nawigacyjny GNSS z wbudowaną anteną

SAM-M10Q to energooszczędny moduł nawigacyjny GNSS z wbudowaną anteną, umożliwiający łatwą integrację w urządzeniach docelowych. Zapewnia równoczesny odbiór sygnałów z satelitów konstelacji GPS, GLONASS, BeiDou i Galileo. Jest zamykany w obudowie LGA-20 o wymiarach 15,5×15,5×6,3 mm. Zintegrowana antena szerokopasmowa, filtr SAW i wzmacniacz niskoszumowy zapewniają dużą odporność na sygnały radiowe spoza pasma użytecznego, umożliwiając precyzyjną lokalizację nawet przy pracy w sąsiedztwie modemu komórkowego.

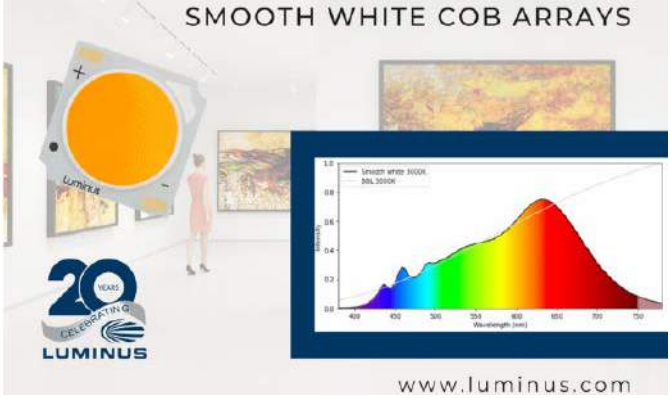
SAM-M10Q, będący modułem gotowym do implementacji w urządzeniach docelowych, nie wymaga dołączania komponentów zewnętrznych ani posiadania specjalistycznej wiedzy w projektowaniu obwodów w.cz. Jest kompatybilny pod względem rozkładu wyprowadzeń z poprzednim modułem SAM-M8Q firmy u-blox, co ułatwia modernizację wcześniejszych produktów. Może być montowany na zautomatyzowanych liniach produkcyjnych. Pracuje z napięciem zasilania z zakresu od 2,7 do 3,6 V, pobierając mniej niż 38 mW mocy w trybie śledzenia ciągłego, co czyni go idealnym do zastosowań w urządzeniach bateryjnych. Pozostałe parametry:

- dokładność: 1,5 m CEP,
- czas zimnego startu: 23 s,
- czas gorącego startu: 1 s,
- czułość: od –165 dBm (śledzenie) do –146 dBm (zimny start),
- częstotliwość aktualizacji: od 5 Hz (4×GNSS) do 18 Hz (1×GNSS),
- interfejsy: UART, DDC (kompatybilny z I²C),
- zakres temperatury otoczenia: od –40 do +85°C.

www.u-blox.com

Seria białych diod LED o współczynniku CRI powyżej 95

Luminus Devices powiększa rodzinę diod LED COB (Chip-on-Board) o nowe wersje Smooth White zaprojektowane do zastosowań m.in. w muzeach, hotelarstwie i oświetleniu architektonicznym. Są to diody o jednolitych charakterystykach optycznych w szerokim zakresie kąta emisji oraz o bardzo dobrej stabilności długoterminowej.



Parametry nowych diod Luminus Devices

	Średnica elementu optycznego	Powierzchnia obudowy	Moc znamionowa	Strumień (3000 K, +85°)
CXM-6	6,3 mm	13,5×13,5 mm	5,2 W	530 lm
CXM-9	9,6 mm	13,5×13,5 mm	12,2 W	1285 lm
CXM-11	11,7 mm	19×19 mm	15,2 W	1680 lm
CXM-14	14,3 mm	19×19 mm	24,5 W	2665 lm
CLM-22	22 mm	28×28 mm	36,2 W	4020 lm

Stanowią zmodyfikowane wersje diod wcześniejszej serii Perfect White, zapewniające jeszcze bardziej naturalną krzywą odpowiedzi spektralnej, zbliżoną do charakterystyk źródeł halogenowych. Nie emitują promieniowania UV, występującego w diodach innych producentów. Występują w 5 wariantach różniących się wymiarami, mocą znamionową i generowanym strumieniem świetlnym. Ich współczynnik CRI przekracza 95, moc wyjściowa wynosi w zależności od wersji od 5 do 36 W, a strumień 530...4020 lm (3000 K, +85°C).

www.luminus.com

Moduł LTE Cat 4 z globalną kompatybilnością i obsługą sieci 2G/3G

Firma u-blox oferuje miniaturowy moduł komunikacyjny LTE Cat 4 oznaczony symbolem LARA-L6, charakteryzujący się globalną kompatybilnością i obsługą sieci 2G/3G. Może on znaleźć zastosowanie w miniaturowych urządzeniach z sektora monitoringu, telematyki i elektroniki medycznej. Oferuje pełne wsparcie zewnętrznych odbiorników GNSS produkcji ublox. Zapewnia szybkość transmisji 150 Mbps w kanale download i 50 Mbps w kanale upload.

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 e16ad6537c

Model LARA-L6 charakteryzuje się wymiarami 26×24×2,6 mm. Występuje w dwóch wariantach: na rynek północnoamerykański (LARA-L6404) oraz o z globalną kompatybilnością (ozn. LARA-L6004). Jest zgodny pod względem wymiarów i rozkładu wyprowadzeń ze wszystkimi modułami rodziny LARA i SARA z oferty u-blox, co daje projektantom elastyczność w realizacji urządzeń obsługujących różne technologie transmisji przy minimalnych zmianach sprzętowych i programowych.

LARA-L6 obsługuje mechanizmy bezpieczeństwa root of trust, secure boot i bezpiecznej aktualizacji oprogramowania. Regularnie wydawane aktualizacje zapewniają, że zabezpieczenia są zawsze aktualne, zapewniając skuteczną ochronę urządzeń końcowych przed atakami.

www.ublox.com

Wszechstronne wyświetlacze OLED od Winstar

Po raz ostatni w tym roku przedstawiamy kolejne specjalistyczne rozwiązania od Winstara. Tym razem przypominamy kilka niewielkich, ale bardzo wszechstronnych wyświetlaczy graficznych OLED. Wyróżniają się kilkoma szczególnymi parametrami – opisywane moduły to nie tylko typowa dla tej technologii odporność na skrajne temperatury i bardzo wysoki kontrast…

W ofercie Winstara dostępne są niewielkie, ale bardzo wszechstronne wyświetlacze graficzne OLED. Trzy modele różnią się od siebie przede wszystkim wielkością oraz kolorem tworzących je diod. 2,08-calowy WEA025664ALAP3N wyświetla treści w kolorze żółtym, 1,5-calowy WEA012832EWPP3N i 1,04-calowy WEA128128AWAP3N mają barwę białą. Wszystkie umieszczone są na płytkach PCB wyposażonych w otwory montażowe ułatwiające użycie ich w danych aplikacjach.

Parametry wyświetlaczy OLED od Winstar

parametr	WEA025664ALAP3N	WEA012832EWPP3N	WEA128128AWAP3N
rozmiar	2,08”	1,5”	1,04”
rozdzielczość	256×64	128×32	128×128
obszar aktywny	51,18×12,78 mm	25,58×6,38 mm	26,86×26,86 mm
jasność	120 c	100 c	110 c
kontrast	10 000:1	10 000:1	10 000:1
kierunek obserwacji	160	160	160
typ modułu	COG – kontroler na szkle	COG – kontroler na szkle	COG – kontroler na szkle
interfejs	SPI	SPI, I	SPI
kontroler	SSD1362	SSD1306	SSD1327ZB
wymiary zewnętrzne	70,0×22,0×1,76 mm 35,4×23,5×1,8 mm	34,2×45,5×3,16 mm	
zakres temperatur pracy	–40...80	–40...80	–40...80
żywotność	50 000 godz.	20 000 godz.	20 000 godz.
kolor	żółty	biały	biały

W wyświetlaczach OLED źródłem światła jest każdy piksel składający się na matrycę wyświetlacza. Przy takich rozwiązaniach nie ma zatem konieczności stosowania dodatkowego podświetlenia. Dzięki temu, zarówno waga, wymiary, jak i zużycie prądu poszczególnych modułów są w dużym stopniu zredukowane – pozwala to na stosowanie tych ekranów w wielu różnych produktach, od urządzeń ubieralnych (wearables), przez pomiarowe i medyczne, aż po rozwiązania stosowane w przestrzeni publicznej (parkomaty, biletomaty i kasy samoobsługowe). Wyświetlacze graficzne OLED od Winstara są przystosowane do pracy w niskich oraz wysokich temperaturach: od –40°C do 80°C, co gwarantuje poprawne funkcjonowanie urządzeń nawet w skrajnych warunkach. Dodatkowo, niemal nieskończony kontrast i pełne kąty obserwacji zapewniają idealną czytelność prezentowanych treści.

Opisywane rozwiązania mają również wbudowane 4 zestawy czcionek: angielskie, europejskie, japońskie oraz cyrylicę. Dzięki temu możliwe jest stosowanie tych modułów na różnych rynkach. Wybrane znaki mogą być również wykorzystane jako użytkowe ikony, w zależności od rodzaju aplikacji. W przypadku wyświetlaczy graficznych wbudowanie czcionek może też znacznie przyspieszyć proces samego projektowania – znaki wystarczy jedynie wywołać, bez konieczności samodzielnego ich tworzenia oraz programowania.

www.unisystem.pl

REKLAMA

ELPORTAL.pl

Już ponad rok publikujemy dla projektantów i programistów elektroniki. Odwiedź

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

eprasa.pl e16ad6537c

NOWOŚĆ

DELOCK®

we move the world

3 LATA GWARANCJI

ODKRYJ SERIĘ **SKANERÓW KODÓW KRESKOWYCH**

1D/2D

2.4 GHz

Bluetooth

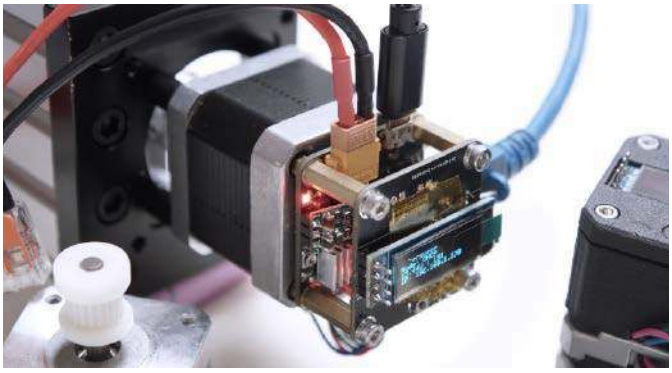
LED

Premium akcesoria IT

eprasa.pl e16ad6537c

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.



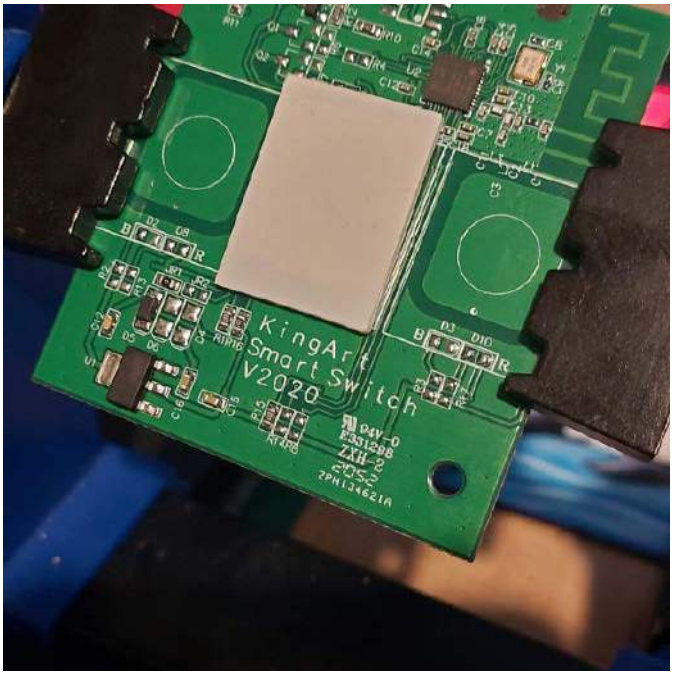
Ethersweep – otwarty kontroler silnika krokowego z Ethernetem

Moduł Ethersweep to otwarty projekt kontrolera silnika krokowego wyposażonego w interfejs sieciowy. Moduł może być kontrolowany przez Ethernet z pomocą JSON-ów lub pakietów UDP, dzięki czemu silnik krokowy może być sterowany z dowolnego urządzenia w sieci z programem napisanym w dowolnym języku. Ethersweep oferuje łatwy interfejs od komputerów/maszyny/zaplecza do sterowania ruchem. Każdy język obsługujący komunikację przez UDP może się z nim komunikować i sterować dowolną liczbą silników znajdujących się w sieci.

Ethwersweep uzyskuje adres IP z serwera DHCP i wyświetla na ekranie OLED dane, takie jak IP, napięcie robocze, stan przycisków i aktualne operacje. Wbudowane tryby, takie jak Step, Servo i Home, oferują funkcje przydatne do większości projektów robotyki i automatyzacji. Moduł Ethersweep oferuje łatwy interfejs pomiędzy komputerem czy innym systemem zarządzania ruchem a układami wykonawczymi, maszynami itd. Projekt jest obecnie w wersji trzeciej i nadal jest rozwijany. Sprzęt jest w pełni sprawny, ale oprogramowanie nadal wymaga pewnych ulepszeń.

Ethersweep został zaprojektowany w KiCADzie, Arduino i opublikowany jako projekt open source. Wszystkie pliki produkcyjne/montażowe działają z firmami takimi jak JLCPCB i tylko niektóre łatwe do lutowania elementy przewlekane musimy zrobić samodzielnie. Wtedy pozostaje tylko programowanie przez ICSP po dostarczeniu płytek. Kod Arduino jest dostępny w repozytorium. Kontroler Ethersweep wystarczy podłączyć do sieci przez Ethernet i do źródła zasilania o wartości od 5,5 V do 30 V. Na wale silnika NEMA17 należy przykleić magnes i podłączyć sterownik mechanicznie do czterech śrub M3 silnika krokowego. Po podłączeniu do zasilania i sieci Ethernet moduł wyszukuje adres IP za pomocą DHCP. Gdy adres IP zostanie znaleziony, kontroler pokazuje go na wyświetlaczu i system jest gotowy do użycia. Gdy nie zostanie znaleziony żaden adres IP, domyślnie jest to 192.168.1.111. Teraz można już użyć np. skryptu Pythona do sterowania silnikiem. Przykładowe skrypty znajdują się na GitHubie projektu.

https://github.com/neumi/ethersweep
https://hackaday.io/project/187187-ethersweep



Włącznik światła, który nie jest tylko włącznikiem światła

Autor tego projektu, Mike Gibbens, zadaje retoryczne pytanie o to, jak długo można nazywać coś włącznikiem światła i prezentuje swoje urządzenie, które jak sam pisze, ma być „coraz bardziej wymyślnym sposobem niepstrykania przełącznikiem". Zastosował on Raspberry Pi Pico W i nadajnik 433 MHz do włączania i wyłączania niektórych lamp w swoim domu. Teraz opracowuje ładny przełącznik pojemnościowy, który może również być stosowany, aby wyzwalać Raspberry Pi do sterowania oświetleniem.

Obecnie autor modyfikuje przełącznik KingArt Smart Switch, ponieważ jest to estetyczny, szklany czujnik pojemnościowy. Nie bazuje na układzie ESP, więc trudno byłoby przeprogramować go i użyć wbudowanego mikrokontrolera. Dlatego też do systemu dołożono dodatkową płytkę, która łączy się z płytką przełącznika i pozwala na integrację przełącznika z systemem.

http://bit.ly/3SChEYR

Ztachip – akcelerator AI i widzenia maszynowego bazujący na RISC-V zaimplementowany w FPGA

Ztachip to akcelerator algorytmów uczenia maszynowego i widzenia komputerowego, opracowany w oparciu o relatywnie niewielkie i niedrogie układy FPGA. Bazuje na architekturze RISC-V dla aplikacji wizyjnych i krawędziowych AI, działających na low-endowych urządzeniach FPGA lub niestandardowym ASIC.

Niedawna eksplozja aplikacji i narzędzi dla sztucznej inteligencji stwarza niemal nieograniczone zapotrzebowanie na moc obliczeniową.

eprasa.pl e16ad6537c

Obciążenie pracą AI jest szczególnie trudne, ponieważ wymaga zarówno mocy obliczeniowej, jak i dużej przepustowości pamięci. Ponadto sztuczna inteligencja wdrożona na urządzeniach brzegowych również wymaga bardzo niskiego zużycia energii. W środowisku technologicznym panuje ogólna zgoda, że rozwiązaniem jest tworzenie specjalnych architektur dla tego rodzaju obciążenia. Jest to znane jako architektura specyficzna dla domeny (DSA).

DSA stawia wiele wyzwań. Architektura ta jest przeznaczona do specjalnego zestawu aplikacji. Poświęca elastyczność doboru sprzętu w zamian za wyższą wydajność. Chciałoby się jednak, aby domena sprzętu DSA była jak najbardziej zróżnicowana… a jednocześnie korzystała z wydajniejszej implementacji sprzętowej. Implikuje to zarówno specjalną architekturę sprzętową, jak i programową dla określonej aplikacji.

Jak można zaprezentować koncepcje DSA bez wymagania od użytkowników wiedzy z różnych dziedzin? Trudno jest znaleźć inżynierów oprogramowania, którzy znają się również na projektowaniu sprzętu. Dlatego też tworzy się możliwie elastyczne akceleratory sprzętowe, które do aplikacji nie wymagają wiedzy na temat samego sprzętu.

Ztachip to otwarta, nowatorska architektura DSA. Podstawowym celem ztachip jest zapewnienie DSA, które obejmuje szeroki zakres zastosowań, nie tylko w zakresie algorytmów AI. Jest on przeznaczony do aplikacji, które mogą być wyrażone jako sekwencja operacji tensorowych. Operacje tensorowe obejmują operacje na danych i operacje obliczeniowe. Operacje na danych obejmujące tensory mogą również obejmować złożone operacje, takie jak transpozycja tensora, zmiana rozmiaru wymiaru tensora, ponowne mapowanie danych itp. Powodem tych ograniczeń jest wymóg, aby operacje na płaszczyźnie danych były oddzielone od operacji obliczeniowych. Operacje na danych tensorowych służą do przenoszenia danych między pamięcią zewnętrzną a pamięcią wewnętrzną i są wykonywane wyłącznie z pamięci wewnętrznej. Ta strategia zapewnia wiele korzyści projektowi sprzętu, w tym:

- transfer danych do/z pamięci zewnętrznej odbywa się strumieniowo z pobieraniem wstępnym i bez opóźnienia w obie strony;
- operacje na danych tensorowych określają dokładnie dane wymagane do późniejszego wykonania. Eliminuje to potrzebę buforowania;
- operacje obliczeniowe są prezentowane jako operatory tensorowe. Jest to intuicyjny sposób określania równoległości algorytmu. Wiele wątków sprzętowych można następnie odwzorować na dużą liczbę równoległych zadań. Na przykład przy dodawaniu wektora każdy element dodawania może być odwzorowany na wątek;
- przetwarzanie tensorowe obejmuje tylko pamięć wewnętrzną, co znacznie upraszcza konstrukcję sprzętu.

Akceleracja obliczeń, zapewniana przez ztachip, może wynosić od 20× do 50× w porównaniu z nieakcelerowaną implementacją RISC-V w wielu zadaniach związanych z widzeniem maszynowym czy aplikacjami sztucznej inteligencji. Akcelerator ten działa również lepiej w porównaniu z układami RISC-V wyposażonymi w rozszerzenie wektorowe.

Innowacyjny układ obliczeń tensorowych, zaimplementowany w tym układzie, jest wdrażany w celu przyspieszenia szerokiego zakresu różnych zadań, od wielu typowych zadań wizyjnych, takich jak wykrywanie krawędzi, przepływ optyczny, wykrywanie ruchu, konwersja kolorów, aż po wykonywanie modeli AI stworzonych we frameworku TensorFlow. Jest to jedna kluczowa różnica między ztachip a innymi akceleratorami, które mają tendencję do przyspieszania tylko wąskiego zakresu aplikacji (na przykład tylko splotowej sieci neuronowej). Wprowadzono nowy paradygmat programowania tensorowego, aby umożliwić programistom wykorzystanie ogromnej równoległości przetwarzania i przesyłu danych, którą umożliwia procesor tensorowy ztachip. Jest to pierwsza jego wersja, więc nadal brakuje kompletnej dokumentacji. Jest ona cały czas udostępniana i rozbudowywana w repozytorium na GitHubie.

Obecnie ztachip dostarcza następujące komponenty DSA:

- stos sprzętowy ze wszystkimi kodami źródłowymi RTL, które można przenieść do różnych układów FPGA i ASIC;
- kompilator implementujący niezbędny język DSL (Domain Specific Language) w celu ukrycia złożoności systemu przed użytkownikami. Oznacza to, że inżynierowie oprogramowania nie muszą znać aspektów sprzętowych, a to samo oprogramowanie można następnie przenieść na inny sprzęt za pomocą jedynie ponownej kompilacji;
- stos oprogramowania, który implementuje wiele algorytmów widzenia maszynowego i AI;
- zapewnione jest również natywne wsparcie dla TensorFlow bez konieczności ponownego szkolenia.

https://hackaday.io/project/187195-ztachip

Disaster deck – terminal komunikacji awaryjnej DIY

Przedmiotem projektu Justina jest przenośny komputer awaryjny. Tego rodzaju maszyna ma swoje zastosowanie w sytuacjach takich, jak katastrofy naturalne bądź praca w miejscach zupełnie pozbawionych kontaktu z cywilizacją itp. Ma to swoje odzwierciedlenie w elementach i materiałach zastosowanych do budowy tego systemu. Konstruowany przez Justina system zawiera kompaktowy komputer jednopłytkowy i szeroki, panoramiczny wyświetlacz, który ma pozostawiać wiele miejsca w obudowie na inne elementy, takie jak składany panel słoneczny, duże akumulatory czy wytrzymała klawiatura. Całość zamknięta ma być w wytrzymałej obudowie walizkowej typu Peli. Na fotografiach widać również moduł radiowy – być może SDR, co wskazywałoby na to, że komputer ten ma mieć szerokie możliwości w zakresie odbierania sygnałów radiowych.

Jak pisze sam autor, wzorował się on na konstrukcji terminala ratunkowego Jaya Doschera. Ekran panoramiczny został wybrany intencjonalnie, aby – jak pisze sam autor – pozostawić miejsce na inne elementy. Justin zapowiada, że chce zgłosić swój projekt do konkursu Cyberdeck 2022, jeśli skończy na czas. Wspominany Jay Doscher zbudował wzmocniony miniaturowy komputer typu all in one bazujący

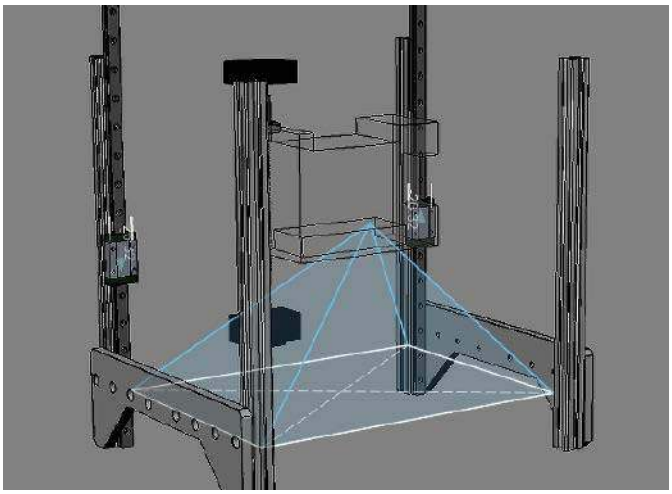
eprasa.pl e16ad6537c

na Raspberry Pi. Wszystko, wraz ze zintegrowanym zestawem baterii, switchem i osłoną elektromagnetyczną na wypadek ataku nuklearnego: Raspberry Pi Recovery Kit to cyberdeck do pracy poza cywilizacją (lub po jej upadku).

Doscher rozpoczął budowę systemów tego rodzaju w 2014 roku, wraz z opracowaniem terenowej jednostki Raspberry Pi. System zebrał jednak pewną krytykę: nie miał klawiatury, otwory w plastikowej obudowie oznaczały, że nie był wodoodporny, naprawy były wyzwaniem, a wybór materiałów oznaczał zwiększone prawdopodobieństwo uszkodzenia. W przeciwieństwie do tego wariant z 2019 roku rozwiązuje wszystkie te problemy.

http://bit.ly/3TXGZxC

https://hackaday.io/project/187196-disaster-deck



Projektor DLP do naświetlania maski przeciwlutowej

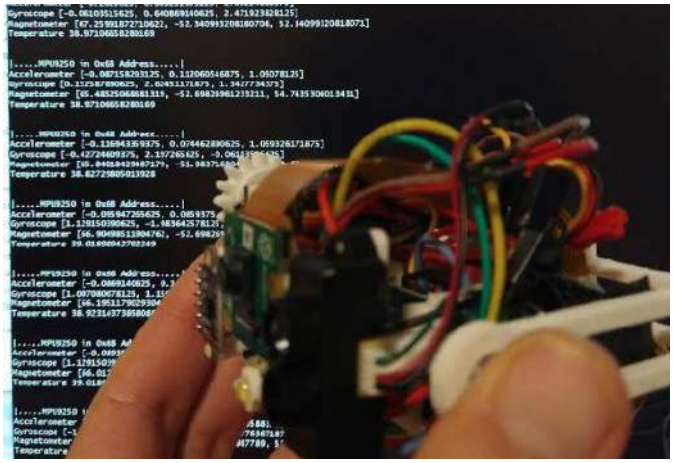
System, który opracowuje Michael Lloyd, to coś, co w procesie przemysłowym jest niezwykle proste, ale w domu – bardzo trudne. Chodzi mianowicie o nakładanie maski przeciwlutowej (soldermaski) na wytwarzane w domu płytki drukowane DIY. Istnieje wiele rozwiązań do nakładania takich masek na płytki PCB, jednak najprostszym i najefektywniejszym jest zastosowanie fotoutwardzalnej żywicy/farby i naświetlanie jej odpowiednim wzorem. Klasycznie robi się to za pomocą wydrukowanych wcześniej klisz, ale każdorazowe drukowanie klisz jest problematyczne, a jednoczesne naświetlanie całej maski powoduje, że wymagania co do natężenia światła jest duże, a sam proces zajmuje relatywnie dużo czasu.

Autor konstrukcji zaproponował alternatywne rozwiązanie do nakładania maski przeciwlutowej. Proponuje on zastosowanie do tego projektora DLP (laserowy projektor z galwoskanerami do poruszania plamką na rzucanym obrazie). Mając taki skaner, wystarczy tylko rzucić z projektora obraz warstwy maski lutowniczej z oprogramowania EDA. Konieczne jest jednak dodanie do projektora kilku trybów działania – trybu podglądu projekcji wyjściowej i trybu utwardzania maski, różniące się poziomem jasności. Dodatkowo, projektor jest zainstalowany nad ruchomym stołem, który umożliwia ruch w osi Z – w górę i w dół, względem znajdującej się na podstawie płytki. Przesunięcie projektora DLP dalej od powierzchni zmniejsza całkowitą rozdzielczość na cm², ale zwiększa obszar roboczy. Przesunięcie projektora DLP bliżej powierzchni zwiększa rozdzielczość i odwrotnie do powyższego zmniejsza obszar roboczy.

Autor uznał, że przesuwanie projektora w osiach X oraz Y nie jest potrzebne – podobnie działające drukarki 3D, które także korzystają z projektorów, nie mają przecież przesuwu w płaszczyźnie warstwy druku (czyli odpowiednika PCB w tym urządzeniu), a mogą drukować elementy z bardzo dużą precyzją. Zestaw ewaluacyjny DLP (DLPP3310-EVM) wyposażony jest w pokrętło korekcji ostrości na obiektywie wyjściowym. Ma on zębatkę, co pozwala na dołączenie napędu – silnika w celu automatyzacji systemu. Zautomatyzowany jest także ruch w osi Z dzięki kilku śrubom kulowym SFU1204 + BK/BF10. Nie jest to nazbyt precyzyjne, ale jest wystarczająca dla tej aplikacji w połączeniu z serwomechanizmem i sterowaniem w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego. Ostatnim elementem automatyki tego systemu jest timer, który steruje ekspozycją żywicy.

Rama urządzenia wykonana jest z łatwo dostępnych profili aluminiowych, dzięki czemu każdy może zmontować podobne urządzenie we własnym zakresie, ewentualnie dostosowując je do własnych potrzeb,

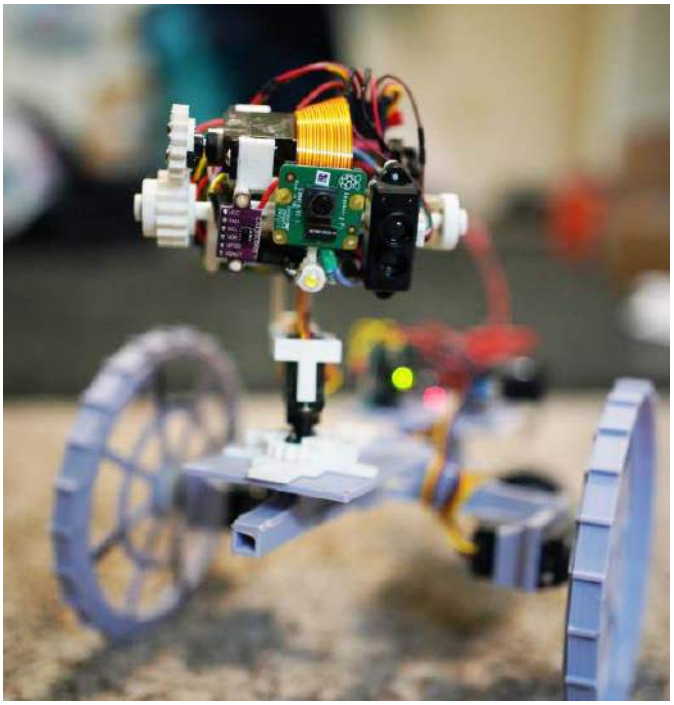
http://bit.ly/3WkAqY7



Pływający moduł nawigacyjny z kamerą, OpenCV i modułem inercyjnym

Projekt integruje funkcjonalność biblioteki rozpoznawania obrazu OpenCV z systemem sondowania głębokości za pomocą czujników czasu przelotu(ToF) i LIDAR-u krótkiego i dalekiego zasięgu. Cały zespół czujnika jest zaprojektowany do obracania i pochylania się wokół czujnika IMU, który określa położenie płaszczyzny czujnika w przestrzeni 3D. Następnie ta jednostka inercyjna steruje bezprzewodowo robotem za pośrednictwem sieciowego interfejsu API w robocie

eprasa.pl e16ad6537c



z modułem ESP8266. Pierwsza wersja tego modułu zawierała Raspberry Pi Zero W 1, a aktualana używa Raspberry Pi Zero W 2, co oznacza czterordzeniowy procesor i szybsze przetwarzanie w OpenCV. Czujnik IMU zastosowany w tym projekcie jest również lepszy w zakresie pozycjonowania w porównaniu z samymi serwami, które zadawały i ustalały pozycję optycznego skanera otoczenia. Moduł nazwany jest pływającym, ponieważ nie używa pierścieni ślizgowych – wszystko jest zintegrowane z ruchomym systemem robota.

Lista zastosowanych czujników wygląda następująco:

- czujnik IMU MPU9250 (w poprzedniej wersji było to MPU6050),
- czujnik ToF VL53L0X,
- lidar TFmini-s,
- moduł kamery 8 MP Raspberry Pi V2.

W omawianym systemie algorytmy widzenia maszynowego są kluczowe. W tym przypadku głównym problemem jest detekcja poszczególnych elementów i odizolowanie ich od siebie. Pomaga tutaj dodanie fizycznych wielkości, uzyskanych za pomocą kalibracji – np. wiadomo, jakiej wielkości jest karta A4, co pozwala na wyskalowanie importowanego obrazu. Problemy zaczynają się przy obserwacji elementów pod kątem, ale i z tym autor ma pomysły, jak sobie poradzić.

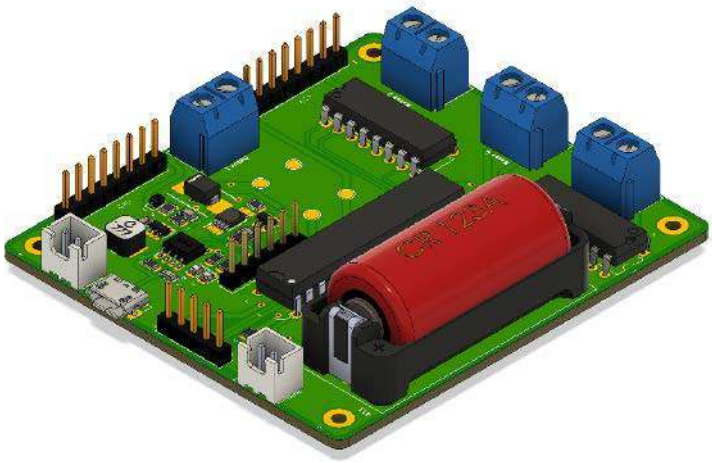
Za obracanie sensorem odpowiedzialne są serwa, ale jak wskazuje autor, nie jest to najprecyzyjniejsze i wymaga jeszcze dopracowania, podobnie jak pomiar odległości za pomocą czujników ToF/Lidar, które są równoległe do siebie, ale przesunięte. Z uwagi na to zawsze jeden będzie miał krótszą ścieżkę – wymaga to skompensowania w oprogramowaniu.

http://bit.ly/3U4HgyD

Kontroler dla robotów kołowych

Zaprezentowany projekt jest systemem do sterowania dowolnym robotem mobilnym z kołami. Jak pisze autor: „przez długi czas opracowaliśmy kilka prototypów i zestawów szkoleniowych robotów mobilnych i zawsze używaliśmy do ich budowy różnych modułów". Prezentowany tutaj kontroler ma zastąpić wszystkie te konstrukcje, będąc uniwersalnym rozwiązaniem dla robotów kołowych.

Wśród modułów implementowanych w projektach tego typu wyróżniamy: moduł do sterowania silnikami, moduł TP4056 do ładowania akumulatorów, płytkę Arduino oraz shield do podłączenia przewodów do wejść cyfrowych Arduino. Taka liczba modułów często generuje problemy ze złymi połączeniami, a także sprawia, że połączenia są bardziej złożone, z większą liczbą przewodów. Ponadto nie



pozwalają na zbudowanie zintegrowanego prototypu lub produktu komercyjnego. Zaprezentowana płytka eliminuje ten problem, integrując wszystkie potrzebne moduły w jednym. Oto lista funkcji, jakie zaimplementowano w tej płytce:

- system ładowania akumulatora Li-Ion z układem scalonym TP4056,
- obwód przetwornicy DC-DC Boost z wyjściem 6 V,
- obwód sterownika L293D dla silników,
- moduł Arduino z układem ATMEGA328P.

Układ elektroniczny został podzielony na 4 części: obwód ładowania akumulatora, sterowniki napędu silnika, obwód sterowania ATMEGA328P i złącza obwodów oraz otwory mocujące. Konstrukcja pozwala na zasilanie i podłączanie innych urządzeń. Umożliwia na przykład podłączenie czujnika ultradźwiękowego czy dodatkowego przycisku. Można to zrobić za pomocą odpowiednich złączy. W sumie w module są 4 złącza:

- złącze z potencjałem napięcia 0 V,
- złącze o potencjale napięciowym +5 V,
- złącze z dostępem do pinów A1, A2, A3, A4 i A5,
- złącze do programowania mikrokontrolera ATMEGA328P z dostępem do pinów +5 V, GND, TX, RX i RESET.

Do 3 z tych złączy można podłączyć nawet kilka czujników i innych urządzeń, które ułatwią nawigację robota mobilnego.

Wszystkie pliki dla tego projektu są dostępne na stronie PCBWay Shared Projects. Można uzyskać tam dostęp do następujących zasobów:

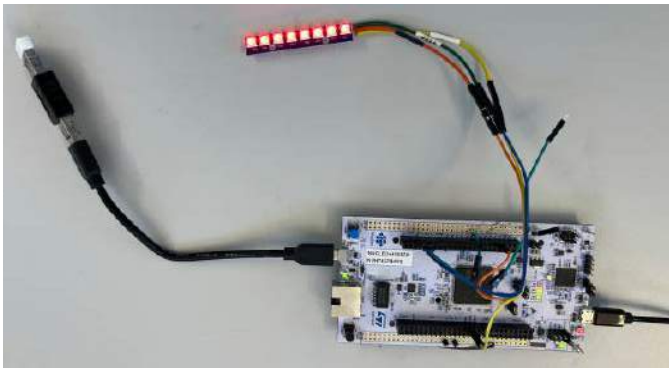
- schemat elektroniczny,
- plik Gerber,
- lista materiałowa,
- plik 3D płytki elektronicznej,
- pliki pick & place dla elementów SMD.

http://bit.ly/3W8bmTL

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 e16ad6537c



Sterowany przez STM32 pasek LED RGB

Zaprezentowany projekt realizuje kontrolę koloru taśmy LED RGB przez system korzystający z technologii Bluetooth Low Energy z poziomu przeglądarki internetowej przez układ STM32. Taśmy świetlne LED mogą być sterowane bezprzewodowo za pomocą aplikacji BLE dla systemów iOS lub Android. Na podstawie otrzymanych danych system decyduje, który kolor paska RGB aktywować. Do realizacji projektu potrzebne będą dwa moduły BleuIO Dongle, jeden podłączony do płytki z mikrokontrolerem STM32 Nucleo, a drugi do komputera, aby sterować diodami z poziomu przeglądarki internetowej. Skrypt sieciowy jest dostępny m.in. w serwisie GitHub.

Gdy BleuIO Dongle jest podłączony do portu USB płytki Nucleo, STM32 rozpozna go i bezpośrednio rozpocznie pracę z Bluetooth. Dzięki temu drugi klucz sprzętowy może się z nim połączyć. Moduły te akceptują trzy rodzaje komend:

- wyślij polecenie ATI (żądanie informacji o urządzeniu) do klucza sprzętowego BlueIO,
- ręcznie włącz diodę LED,
- ręcznie wyłącz diodę LED.

Do realizacji prototypu zastosowano płytkę rozwojową STM32 Nucleo-144 z mikrokontrolerem STM32H743ZI ARM Cortex-M7 oraz diodę LED RGB WS2812. To wszystko, co jest potrzebne do konstrukcji minimalistycznego, inteligentnego źródła światła LED. Do zestawienia systemu potrzebne będą jeszcze:

- dwa klucze BleuIO,
- płytka z mikrokontrolerem STM32 z portem USB (np. płytka rozwojowa Nucleo-144: NUCLEO-H743ZI2),
- aby podłączyć klucz sprzętowy do płyty Nucleo, można użyć kabla USB A do Micro USB B z przejściówką USB A żeńsko-żeńską,
- STM32CubeIDE do konfiguracji oprogramowania,
- dioda (diody) LED RGB WS2812.

http://bit.ly/3f9MsT9

Badger 2040 – programowalna klawiatura z klawiszami makro z układem RP2040

Klawiatura Badger 2040 to niedroga, programowalna klawiatura USB z makrami z wyświetlaniem mapy klawiszy. Pozwala zamienić wyświetlacz Badger 2040 z ekranem E-Ink w programowalną klawiaturę z makrami za pomocą CircuitPythona. Oprogramowanie układowe klawiatury Badger 2040 jest pochodną oprogramowania układowego PicoSplit. Nie wymaga instalowania żadnego dodatkowego oprogramowania na komputerze. Wystarczy prosty edytor tekstu i przeglądarka internetowa. Autor udostępnia firmware na licencji MIT.

Identyfikator jest trzymany na magnesie na klawiaturze i można go łatwo przymocować lub zdjąć, ponieważ do podłączenia elektrycznego używane są sprężynujące piny. Można to zrobić nawet, gdy

identyfikator jest podłączony do komputera. Identyfikator automatycznie przełączy się w odpowiedni tryb. Po podłączeniu pokazuje mapowanie dodatkowych klawiszy, a gdy jest obsługiwane bez zewnętrznej klawiatury, pokazuje mapowanie wbudowanych klawiszy.

Oprogramowanie układowe jest napisane w CircuitPythonie i można je łatwo rozszerzyć samodzielnie. Jeśli chcemy tylko dostosować powiązania klawiszy, nie trzeba nawet wiedzieć, jak programować, ponieważ istnieje plik konfiguracyjny, który można łatwo edytować w edytorze tekstu. Ponieważ oprogramowanie układowe jest rozszerzeniem oprogramowania PicoSplit, oferuje możliwość przypisania wielu funkcji do klawiszy. Można przechowywać przypisania klawiszy dla kilku programów, a każdy program może mieć również kilka przypisań klawiszy. Można łatwo przełączać się między programami i ich przypisaniami do klawiszy. Można m.in. sterować naciśnięciami klawiszy w zależności od tego, jak długo trzymamy klawisz. Pozwala to na obejście się tylko kilkoma przyciskami. Na przykład – aby poruszać się tam i z powrotem po liście układów klawiszy, potrzebujemy tylko jednego klawisza. Krótkie naciśnięcie powoduje przejście do następnego układu. Dłuższe naciśnięcie powoduje przejście do poprzedniego układu.

Jeśli mimo wszystko potrzebujemy więcej kluczy (niż pięć na plakietce), a mamy drukarkę 3D do dyspozycji, to potencjalnym rozwiązaniem jest przedłużacz z 12 mechanicznymi klawiszami. Można użyć klawiszy MX o normalnych rozmiarach, a także klawiszy o niskim profilu firmy Kailh. Całość jest okablowana ręcznie, ale jest naprawdę łatwa do wykonania.

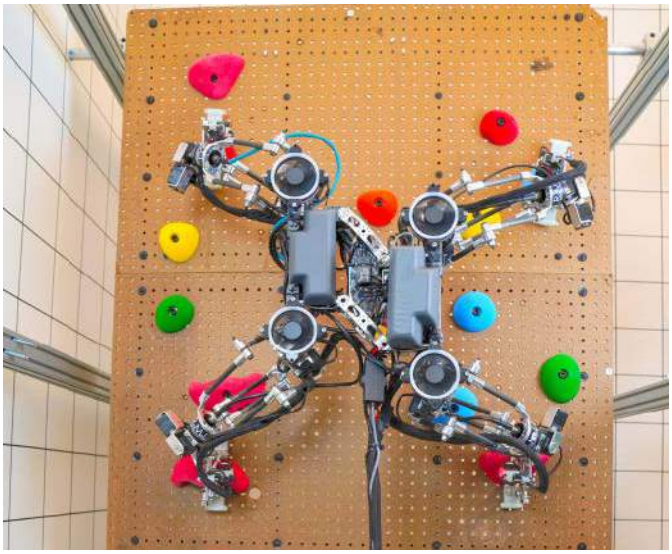
https://hackaday.io/project/185786-badger-2040-keypad

SCALER – wspinający się robot czteronożny

SCALER to czworonożny wytrzymały i wszechstronny robot do swobodnego wspinania się, zdolny do wspinania się po ściance bulderowej, a nawet chodzenia po niej do góry nogami. System ma 6 stopni swobody (DoF) na każdą nogę z dwupalcowym chwytakiem na końcu. Chwytak został opracowany specjalnie na potrzeby tego projektu. Jak widać na rysunku, ciało ma dodatkowy jeden stopień swobody, który może je przesunąć. Mechanizm ten wykonuje ruch niczym człowiek wspinający się i wyciągający rękę w celu dosięgnięcia dalszych chwytów na ściance.

SCALER może wspinać się po pionowej ścianie z głazów lub przenosić ładunek. SCALER może wspinać się i chodzić nawet po suficie, a także może biegać po ziemi lub przenosić ładunek przekraczający dwukrotnie jego ciężar. SCALER został opracowany w RoMeLa na UCLA. Artykuł naukowy, dotyczący tej konstrukcji, został zaakceptowany na Międzynarodową Konferencję IEEE/RSJ nt. Inteligentnych Robotów i Systemów (IROS) 2022. Autorzy mimo to publikują sporo technicznych informacji na temat robota SCALER na portalu Hackaday.io.

eprasa.pl e16ad6537c



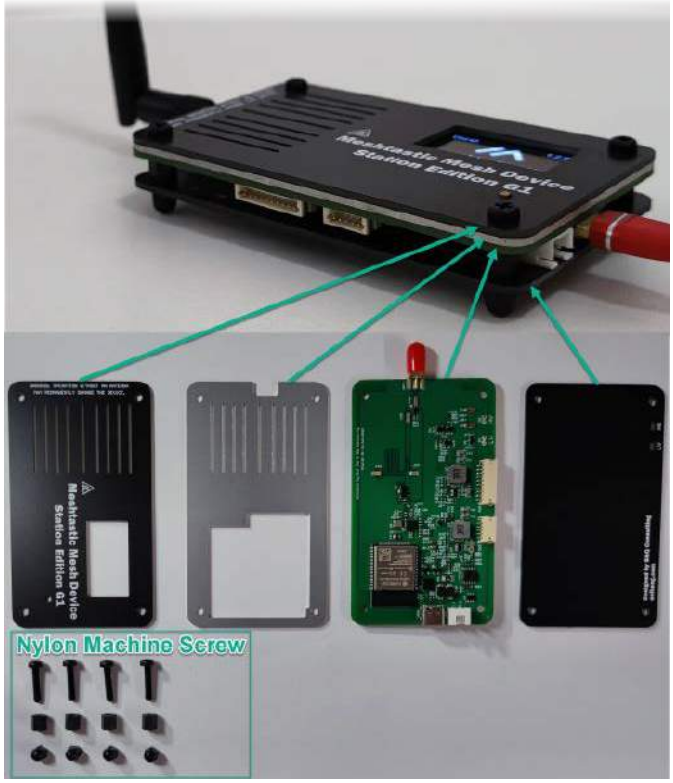
Na stronie z projektem znajdziemy m.in. filmy z eksperymentów z robotem. Znaleźć tam można między innymi testy naziemne, maksymalnej prędkości i maksymalnej ładowności, testy pionowego wspinania się po ścianie z podwieszonym ładunkiem, wspinaczkę pod sufitem czy wspinaczkę po ściankach boulderowych.

SCALER może działać z porównywalną prędkością do innych najnowocześniejszych robotów czworonożnych. Ładowność SCALERA jest ponad dwukrotnie większa od jego wagi. SCALER to jeden z najwydajniejszych mechanicznie czworonogów. Obserwujcie ten projekt, w najbliższej przyszłości autorzy zobowiązali się opublikować jeszcze wiele szczegółów projektu.

https://hackaday.io/project/186673-scaler-a-free-climber-robot

Stacja sieci kratownicowej Meshtastic

Seria urządzeń Station Edition to kompaktowe transceivery LoRa o dużej mocy wzmacniacza wyjściowego, bo aż 3 W (maksymalna moc TX: 35 dBm przy 915 MHz lub 868 MHz dla Station G1). Mają one wytrzymałe gniazdo antenowe SMA, bogaty zewnętrzny interfejs IO, szeroki zakres napięć zasilania (od 8 V DC do 20 V DC). Urządzenia te mają na celu zapewnienie najlepszej sprawności RF spośród wszystkich urządzeń o wielkości karty kredytowej. Dodatkowo wytrzymała konstrukcja tylko zwiększa zakres aplikacji. Stacje bazowe o stałej lokalizacji i stacje montowane na pojazdach to typowe scenariusze zastosowań tej serii.



Wstępnie zainstalowane jest oprogramowanie układowe Meshtastic 1.2.65. Oczekuje się, że Meshtastic Mesh Device Station Edition G1 zostanie scalony z oficjalnym repozytorium meshtastic na GitHubie, począwszy od oprogramowania układowego 1.3. Meshtastic może wysyłać wiadomości poza siecią za pomocą niedrogiego sprzętu do tworzenia osobistej sieci kratownicowej. Moduł mierzy 100×58×21 mm i waży około 80 gramów. Station Edition może być zasilana przez USB typu C (wymagany protokół PD z minimum 9 V i 2 A, zalecane 15 V, 2 A ze względu na wymagania akumulatora 12 V) lub gniazdo z dwoma

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

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

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

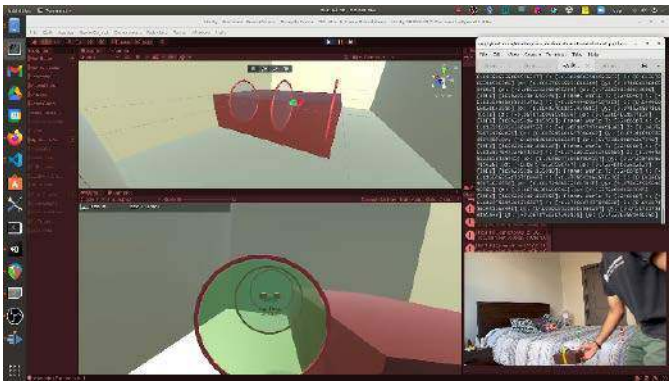
All In One
FERYSTER
• Projektowanie i wykonywanie
– modeli karkasów i obudów na drukarce 3D
– transformatorów i induktorów
– prototypów PCB
• Modelowanie 3D modułów i urządzeń
• Projektowanie urządzeń zasilających
Feryster – producent elementów EMC
www.feryster.pl

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

eprasa.pl e16ad6537c

pinami o rozstawie równym 2,5 mm, z napięciem od 8 V DC do 20 V DC, minimalny prąd wyjściowy równy 2 A. Szerokie napięcie wejściowe sprawia, że Station Edition idealnie nadaje się jako stacja bazowa montowana na pojeździe i zasilana bezpośrednio z pokładowego systemu 12 V. Wejście zasilania USB typu C umożliwia łatwe zasilanie urządzenia przez adapter USB typu C, który obsługuje protokół PD.

http://bit.ly/3sAhI0N



Gra w rozszerzonej rzeczywistości z użyciem dronów

Zaprezentowany na portalu Hackaday system to tworzona właśnie gra wyścigowa skupiona ma wyścigach dronów FPV. Gra napisana jest przy użyciu Unity i ROS. Celem jest gra na PC (może wykorzystująca VR), która pozwala budować niestandardowe wirtualne tory wyścigowe w środowisku wewnętrznym, a następnie ścigać się na nich prawdziwymi fizycznymi dronami (i ostatecznie dronami autonomicznymi). Jeśli chodzi o motywację do tworzenia tego projektu, autor tłumaczy się z jednej strony zainteresowaniem szeroko pojętą robotyką, a z drugiej strony tym, że kiedyś zaangażowany był w tworzenie autonomicznych pojazdów i chciałby mieć taki dla siebie. Finalnie, uzupełniają to doświadczenia z latania dronami FPV. Jak sam autor mówi, latanie nimi z manualnym sterowaniem jest równie ciekawe, co obserwowanie, jak latają autonomicznie. Z połączenia tych wszystkich aspektów wyłonił się pomysł na grę.

Projekt jest obecnie na bardzo wczesnym etapie rozwoju. Większość z tego, co zostało zrobione, to po prostu łączenie ze sobą elementów przy użyciu gotowego sprzętu i oprogramowania. W tej chwili prototyp potwierdza koncepcję renderowania pozycji drona w czasie rzeczywistym w Unity i skonfigurowanie wszystkich kolejek dostarczających dane. Obecnie przepływ informacji odbywa się w jednym kierunku z drona do komputera.

Jeśli chodzi o sprzęt, autor używa drona Crazyflie firmy Bitcraze z optycznym systemem pozycjonującym wykorzystującym stacje bazowe steamVR do szacowania położenia drona w 3D. Szacowanie stanu jest dość trudne, ale dzięki ciężkiej pracy społeczności crazyflie działa dla tego drona od razu po wyjęciu z pudełka i w czasie rzeczywistym. Komunikacja między crazyflie a komputerem odbywa się za pomocą modułu radiowego crazyflie.

Po stronie oprogramowania używany jest ROS do obsługi wszystkich komunikatów pośrednich i oczywiście Unity do interfejsu użytkownika, logiki gry i wizualizacji. Przesłanie szacunkowych danych stanu z crazyflie do Unity było dość interesujące. Zasadniczo dron oblicza swoją pozycję 6DoF (położenie 3D i orientacja 3D – łącznie 6 stopni swobody) na pokładzie, a następnie przesyła te dane drogą radiową do komputera. Na komputerze PC powstał prosty węzeł ROS, który nasłuchuje tych komunikatów, a następnie je publikuje. Aby przenieść dane do Unity, użyto pakietu Unity ROS-TCP-Connector (i ROS-TCP-Endpoint), który przekazuje dane z sieci ROS do Unity. Wewnątrz Unity powstał prosty skrypt powiązany z obiektem gry reprezentującym drona, który pobiera dane, przekształca je do układu współrzędnych Unity i używa go do ustawienia pozycji obiektu w grze.

Kolejnym ważnym elementem układanki było zbudowanie modelu pokoju, w którym jest dron i skalibrowanie go do rzeczywistego pokoju. Wybrano punkt w pokoju, który będzie początkiem zarówno w fizycznym, jak i wirtualnym pokoju, umieszczono tam pojazd i użyto narzędzia crazyflie cfclient do wyśrodkowania tam szacowanych pozycji stacji bazowej.

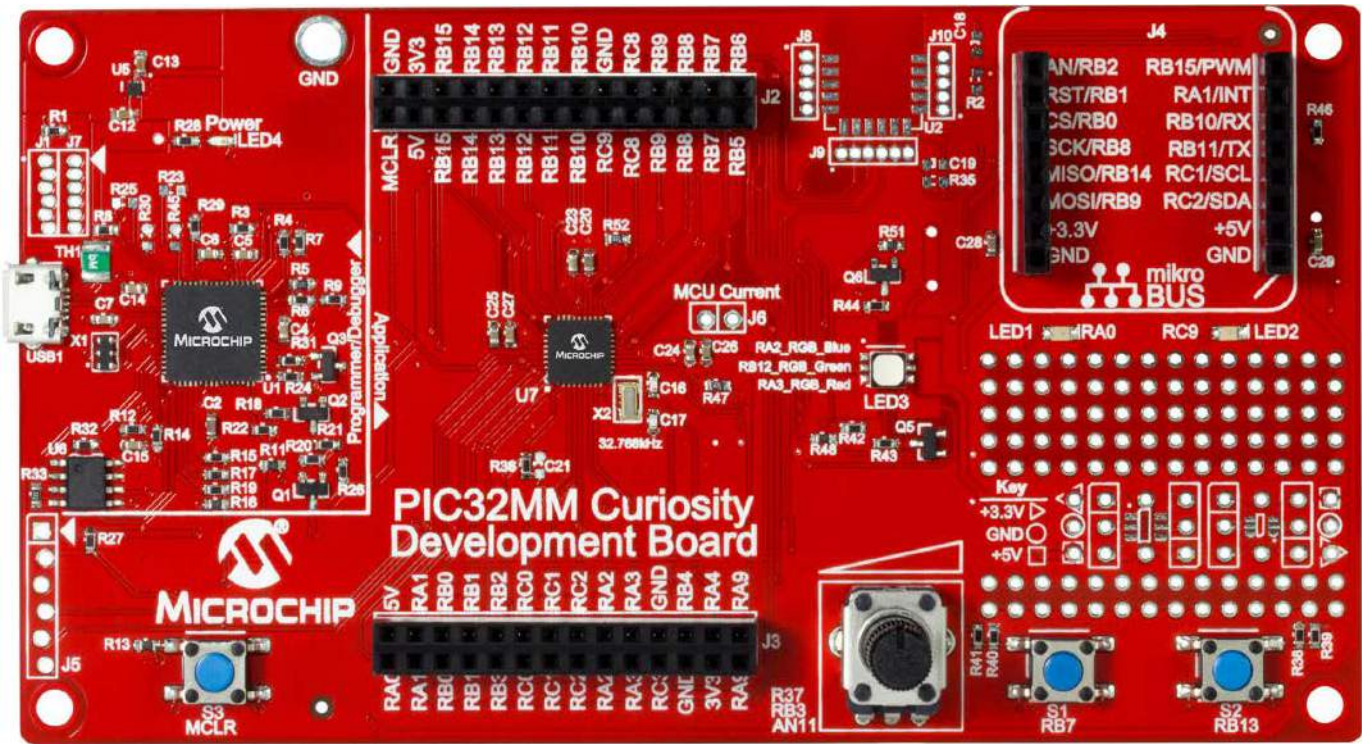
Kolejnymi krokami ma być dodanie do gry widoku FPV, co wiąże się z większym przekazywaniem danych (i lepszą kalibracją). Ponadto dodane muszą być kontrolki wejściowe, aby możliwe było faktyczne latanie dronem. Większe cele w planach to stworzenie odpowiedniej rozgrywki, integracja autonomii i być może zbadanie, jak może wyglądać funkcjonalność VR, w przeciwieństwie do korzystania z płaskiego wyświetlacza na monitorze komputera.

http://bit.ly/3fi2wSR

Nikodem Czechowski, EP

REKLAMA

eprasa.pl e16ad6537c



Wygraj płytkę ewaluacyjną Microchipa PIC32MM Curiosity Development Board

Płytka rozwojowa PIC32MM Curiosity Development Board zawiera mikrokontroler z nowej rodziny układów o ekstremalnie niskim poborze energii – XLP (eXtreme Low Power). Mikrokontroler typu PIC32MM0064GPL036 jest 32-bitowym układem RISC taktowanym zegarem do 25 MHz i pozwala na przełączenie do trybu uśpienia o poborze prądu zaledwie 500 nA. Zaprezentowana płytka ewaluacyjna jest nieskomplikowaną i łatwą w użyciu platformą, która ułatwia eksperymentowanie i prototypowanie aplikacji z PIC32MM. Zintegrowany programator/debugger oferuje bezproblemową integrację z MPLAB X IDE firmy Microchip i MPLAB Code Configurator.

Rodzina PIC32MM zawiera bogaty asortyment urządzeń peryferyjnych, które mogą pracować niezależne od rdzenia. Zostały zaprojektowane w taki sposób, aby odciążyć procesor i zredukować pobór energii. Są to m.in. konfigurowalne bloki logiczne (CLC – Configurable Logic Cells) i rozbudowane układy PWM (MCCP – Multiple-output Capture Compare PWMs), które umożliwiają np. bezczujnikowe sterowanie silnikami BLDC.

Układy PIC32MM osiągają 79 punktów w testach wydajności CoreMark przy pracy z taktowaniem 25 MHz. Tak dobry rezultat jest możliwy dzięki kompaktowym instrukcjom microMIPS wykonywanym przez rdzeń microAptiv UC oraz dzięki takim rozwiązaniom jak podwójny zestaw rejestrów rdzenia do szybkiego przełączania kontekstu przerwań. Technologia microMIPS łączy instrukcje 16-bitowe i 32-bitowe w celu uzyskania kompaktowego rozmiaru kodu.

Płytka PIC32MM Curiosity oferuje różne interfejsy użytkownika, takie jak przełączniki, diody LED, potencjometry i obsługuje interfejs MikroElektronika mikroBUS, który pozwala na skorzystanie z ponad 300 różnorodnych modułów rozszerzających, umożliwiających przyspieszenie tworzenia prototypów aplikacji. Dodatkowo można łatwo dodać komunikację Bluetooth Low Energy, korzystając z modułu Microchip BM71.

Ze względu na niski pobór mocy, niski koszt i możliwości rozbudowy, płytka rozwojowa PIC32MM Curiosity jest idealna do tworzenia aplikacji zasilanych bateryjnie, przenośnych urządzeń do monitorowania medycznego i węzłów czujników IoT.

Aby mieć szansę na wygranie płytki ewaluacyjnej PIC32MM Curiosity Development Board (DM320101), lub aby otrzymać kupon rabatowy 15% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie: http://bit.ly/3znb2aa

Szczegółowe informacje na temat płytki rozwojowej PIC32MM Curiosity Development Board można znaleźć na stronie: https://bit.ly/3DG4VAs

Dokumentację zamontowanego na płytce mikrokontrolera oraz wiele przykładów aplikacji można znaleźć na stronie: https://bit.ly/3zlP9If.

eprasa.pl e16ad6537c

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- jeden moduł nadawczy umożliwia zdalne sterowanie czterema modułami odbiorczymi,
- nadajnik i odbiornik komunikują się w paśmie radiowym 433 MHz,
- przeznaczone do współpracy z komputerkiem Raspberry Pi,
- umożliwiają sterowanie dołączonymi urządzeniami poprzez komendy głosowe,
- zasilanie modułu nadawczego: 3,3 V, zasilanie modułu odbiorczego oraz dołączonego urządzenia: 230 V AC.

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

–––––	Moduł LoRa do Raspberry Pi Pico (EP 9/2022)
–––––	Moduł BLE4.1 do Raspberry Pi Pico (EP 6/2022)
–––––	Moduł LoRa do Raspberry Pi Zero (EP 6/2022)
–––––	Podwójny interfejs ethernet do Raspberry Pi (EP 4/2022)
AVT5896	Karta sieciowa z PoE do Raspberry Pi Zero (EP 10/2021)
AVT5851	Dwukanałowy port szeregowy do Raspberry Pi (EP 3/2021)
–––––	Miniaturowy moduł interfejsu RS485 do Raspberry Pi, launchpadów i nie tylko (EP 11/2018)
AVT1905	Interfejs ethernet do Raspbery Pi Zero (EP 4/2016)
AVT5513	Moduły do komunikacji szeregowej Xbee dla Raspberry Pi i nie tylko (EP 9/2015)
AVT1827	RaspbPI_NFC – płytka czytnika RFID dla Raspberry Pi i nie tylko (EP 9/2014)
AVT5459	RaspbPI_GSM Płytka z modemem GSM dla Raspberry Pi (EP 7/2014)
AVT5402	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (1) – Płytka stykowa, moduł I/O, moduł wejść analogowych (EP 6/2013)
AVT5402_2	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (2) – Płytka do komunikacji szeregowej (EP 7/2013)

* **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

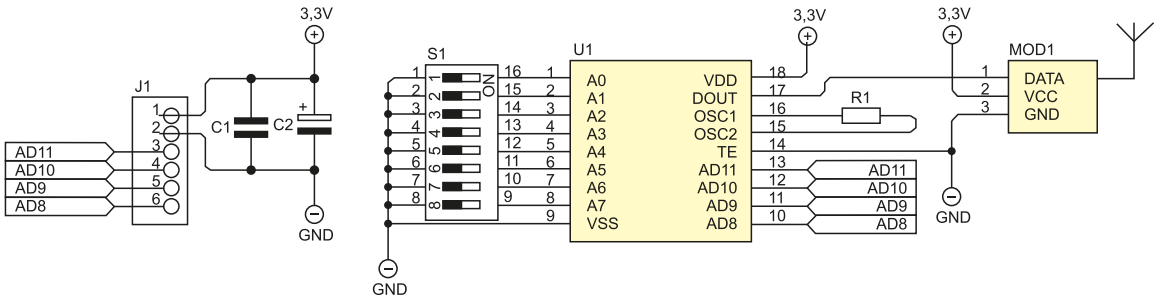
W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Moduły zdalnego sterowania do Raspberry Pi

Zaprezentowane moduły umożliwiają zarządzanie pracą urządzeń elektrycznych zasilanych napięciem sieciowym 230 V AC. Moduł nadawczy, podłączony do komputerka Raspberry Pi, nadaje sygnał radiowy w paśmie 433 MHz. Moduł odbiorczy jest wyposażony w kompatybilny odbiornik sygnału radiowego oraz elementy pozwalające sterować zasilaniem innego urządzenia. Jeśli dodatkowo Raspberry Pi wyposażymy w mikrofon USB, możliwe jest głosowe sterowanie pracą np. lampy biurkowej, radiem czy wentylatorem.

Uwaga! W module odbiorczym występuje napięcie sieciowe 230 V, które jest niebezpieczne dla życia. Montaż i uruchomienie modułu odbiorczego należy wykonać pod nadzorem wykwalifikowanej osoby. Moduł odbiorczy należy podłączać do napięcia sieciowego 230 V tylko wtedy, gdy jest zamknięty w obudowie.

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 1. Schemat ideowy modułu nadawczego

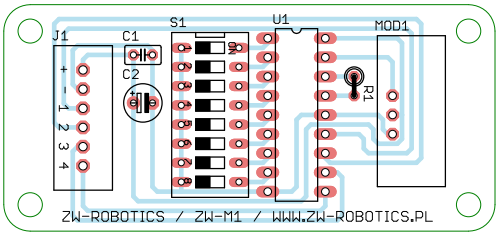
Moduł nadawczy

Schemat ideowy modułu nadawczego ZW-M1 został pokazany na **rysunku 1**. Złącze J1 służy do podłączenia napięcia zasilania o wartości 3,3 V, które jest filtrowane przez kondensatory C1 oraz C2. Do tego samego złącza należy podłączyć 4 sygnały sterujące, które trafiają do wejść scalonego enkodera U1 typu HT12E. Za pomocą 8-sekcyjnego przełącznika S1 ustawiany jest adres w enkoderze. Dzięki temu na sygnał enkodera będą reagowały tylko odbiorniki z ustawionym takim samym adresem. Rezystor R1 ustala częstotliwość pracy wbudowanego oscylatora.

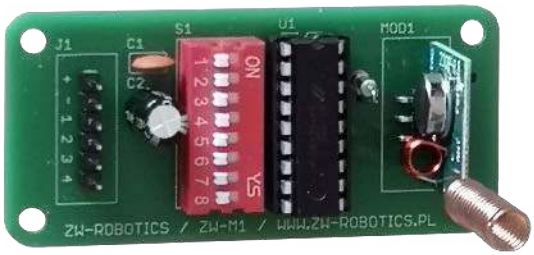
Element oznaczony jako MOD1 to gotowy moduł radiowy nadajnika na pasmo 433 MHz, który zamienia sygnał dochodzący z enkodera na fale radiowe. Jeden moduł nadawczy umożliwia zdalne sterowanie czterema modułami odbiorczymi. Schemat płytki drukowanej modułu nadawczego został pokazany na **rysunku 2**. Montaż nie jest skomplikowany i nie wymaga szczegółowego opisu, po zmontowaniu wygląda, jak na **fotografii 1**.

Moduł odbiorczy

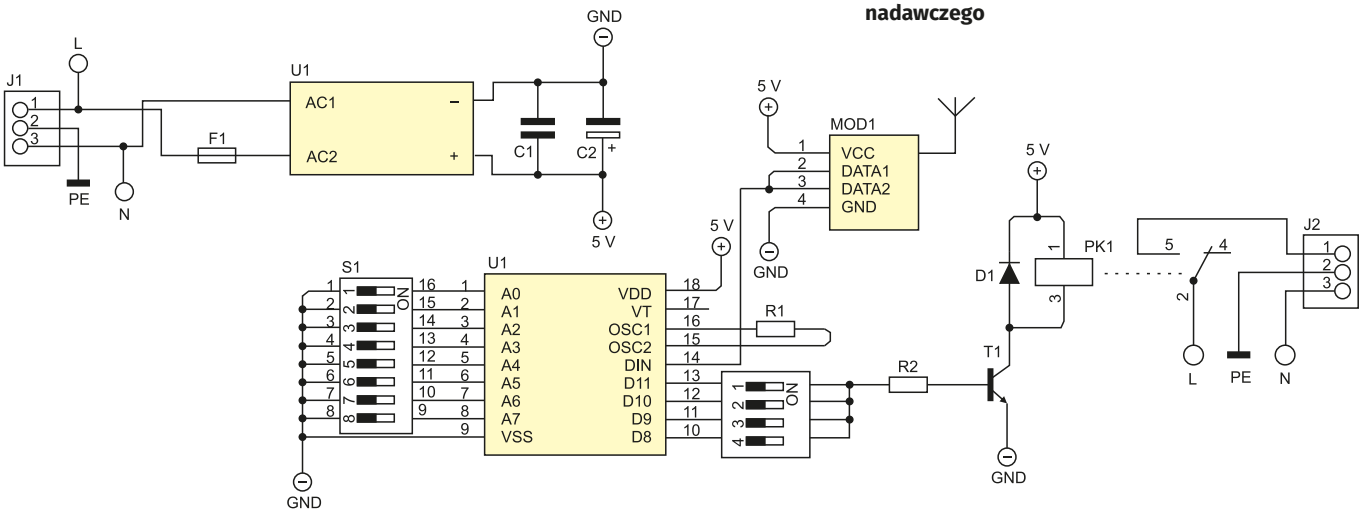
Schemat ideowy modułu odbiorczego ZW-M2 został pokazany na **rysunku 3**. Do złącza J1 należy podłączyć napięcie sieciowe 230 V AC, które przez bezpiecznik F1 trafia na wejście kompaktowego modułu zasilacza U1 typu HLK-PM01. Napięcie wyjściowe z zasilacza ma wartość 5 V i jest dodatkowo filtrowane przez kondensatory C1 oraz C2. Element opisany jako MOD1 to gotowy moduł radiowy – odbiornik na pasmo



Rysunek 2. Schemat płytki PCB modułu nadawczego



Fotografia 1. Wygląd płytki drukowanej modułu nadawczego



Rysunek 3. Schemat ideowy modułu odbiorczego

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Moduł nadawczy

Rezystory:
R1: 1 MΩ

Kondensatory:
C1: 100 nF ceramiczny
C2: 100 μF/16 V elektrolityczny

Półprzewodniki:
U1: HT12E
MOD1: nadajnik 433 MHz FS1000A

Pozostałe:
J1: złącze goldpin męskie 6 pinów
S1: przełącznik DIP switch 8 sekcji
antena 433 MHz
podstawka DIP 18 pin

Moduł odbiorczy

Rezystory:
R1: 47 kΩ
R2: 1 kΩ

Kondensatory:
C1: 100 nF ceramiczny
C2: 100 μF/16 V elektrolityczny

Półprzewodniki:
D1: dioda prostownicza 1N4148
T1: tranzystor BC337
U1: zasilacz HLK-PM01
U2: HT12D
MOD1: odbiornik 433 MHz MX-RM-5V

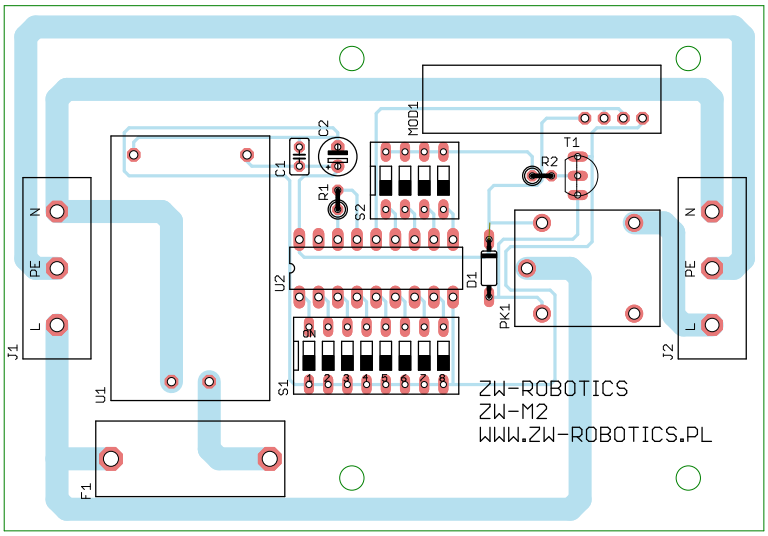
Pozostałe:
S1: przełącznik DIP switch 8 sekcji
S2: przełącznik DIP switch 4 sekcje
F1: złącze bezpiecznikowe PTF-78 szare + bezpiecznik 250 mA szybki
J1, J2: złącze śrubowe 3 piny o rastrze 7,5 mm
PK1: przekaźnik S3-5
antena 433 MHz
podstawka DIP 18 pin
obudowa Kradex Z66
wkręt do plastiku 2,5×8 mm
wtyk sieciowy 230 V na przewód z uziemieniem
gniazdo sieciowe 230 V na przewód z uziemieniem
kabel 3×1,5 mm²

eprasa.pl e16ad6537c

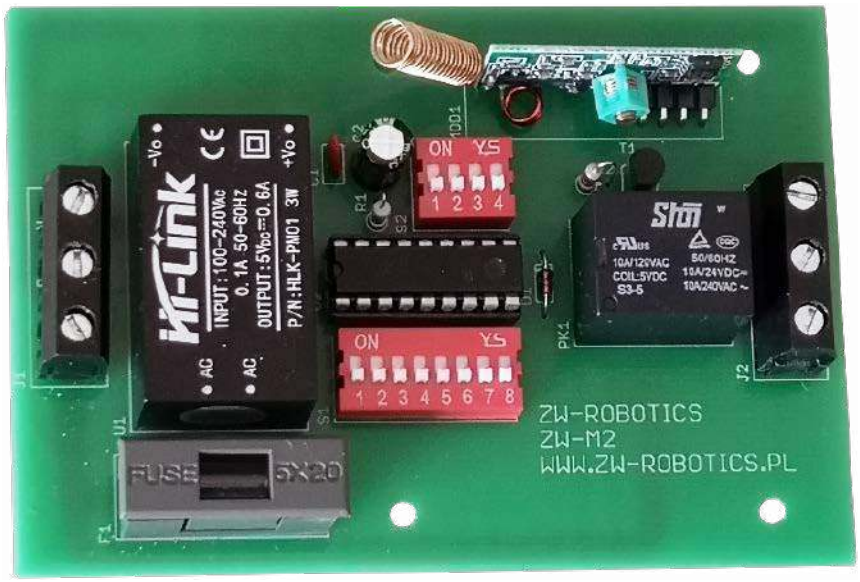
433 MHz. Odebrane sygnały trafiają do dekodera U2 typu HT12D. Przełącznik S1 służy do ustawienia adresu w dekoderze. Jeśli będzie taki sam jak w nadajniku, to urządzenia będą ze sobą współpracowały. Rezystor R1, podobnie jak w nadajniku, wyznacza częstotliwość pracy wbudowanego w układ U2 oscylatora.

Sygnał wyjściowy z dekodera trafia na przełącznik 4-sekcyjny S2. Załączenie jednej sekcji spowoduje, że odbiornik będzie reagował na odpowiadający mu sygnał sterujący doprowadzony do nadajnika. Za przełącznikiem sygnał trafia na rezystor R2 oraz tranzystor T1, który steruje pracą przekaźnika PK1. Zakłócenia generowane przez cewkę przekaźnika są tłumione przez diodę prostowniczą D1. Złącze J2 służy do podłączenia urządzenia, które będzie zdalnie sterowane. Będzie ono zasilane z tego samego napięcia, które doprowadzono na złącze J1.

Schemat płytki drukowanej modułu odbiorczego został pokazany na **rysunku 4**, a wygląd zmontowanego modułu odbiornika pokazuje **fotografia 2**. Kształt płytki drukowanej jest dostosowany do wymiarów obudowy Z66 firmy Kradex.



Rysunek 4. Schemat płytki drukowanej modułu odbiorczego



Fotografia 2. Wygląd płytki drukowanej modułu odbiorczego

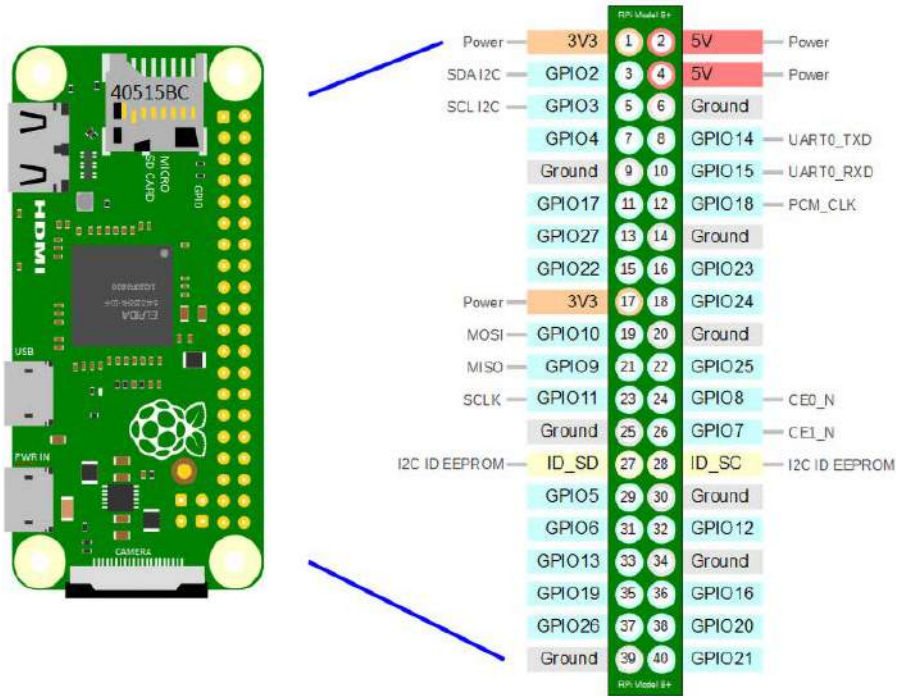
Uruchomienie

Po zmontowaniu wszystkich modułów w pierwszej kolejności należy ustawić takie same adresy w enkoderze oraz dekoderze za pomocą przełączników 8-sekcyjnych. Następnie konieczne jest włączenie jednej z czterech sekcji przełącznika S2 w module odbiorczym – w ten sposób zostanie wybrany kanał sterujący. Przykładowe ustawienia pokazuje fotografia tytułowa.

Do modułu odbiorczego można już podłączyć urządzenie, które będzie sterowane zdalnie, a sam moduł należy dołączyć do zasilania. Moduł nadawczy należy połączyć z minikomputerem Raspberry Pi za pomocą przewodów zakończonych złączami żeńskimi. Zasilanie o napięciu 3,3 V jest dostępne na wyprowadzeniu nr 1, a masa np. na wyprowadzeniu nr 9 (**rysunek 5**). Wyprowadzenia sygnałów sterujących będzie definiowała docelowa aplikacja uruchomiona na Raspberry Pi.

Dla sprawdzenia działania i zademonstrowania możliwości zestawu uruchomimy na nim system sterowania komendami głosowymi. W tym celu dołączamy do komputerka mikrofon USB, a jedno z wejść modułu nadawczego łączymy z wyprowadzeniem nr 8 (GPIO14) komputerka. Przykładowy układ testowy prezentuje **fotografia 3**. Aby komputer Raspberry Pi rozpoznawał polecenia głosowe, konieczne jest zainstalowanie odpowiednich bibliotek języka Python. W tym celu w terminalu wpisujemy polecenia:

```
pi@raspberrypi:~$ sudo pip3
install SpeechRecognition
pi@raspberrypi:~$ sudo pip3
install PyAudio
```



Rysunek 5. Opis wyprowadzeń GPIO komputerka Raspberry Pi

eprasa.pl e16ad6537c

Listing 1. Skrypt testowy, pozwalający na sterowanie głosowe jednym urządzeniem

```
import speech_recognition as sr
import RPi.GPIO as GPIO

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)

GPIO.setup(14, GPIO.OUT)

while True:

   r = sr.Recognizer()
   with sr.Microphone() as źródło_dźwięku:
      r.adjust_for_ambient_noise(źródło_dźwięku)
      try:
         print("Wydaj polecenie")
         wypowiedziane_słowo = r.listen(źródło_dźwięku)
         print("Przetwarzam ...")
         print("Polecenie: \n" + r.recognize_google(wypowiedziane_słowo, language="pl-PL"))
      except sr.UnknownValueError:
         print("Nie rozpoznałem polecenia")
         continue

   polecenie = r.recognize_google(wypowiedziane_słowo, language="pl-PL")

   if polecenie == "Włącz lampę":
      GPIO.output(14, GPIO.LOW)

   if polecenie == "Wyłącz lampę":
      GPIO.output(14, GPIO.HIGH)

   polecenie = ""
```

Fotografia 3. Przykładowy układ testowy

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

Teraz możemy pobrać program prezentujący działanie modułów zdalnego sterowania:

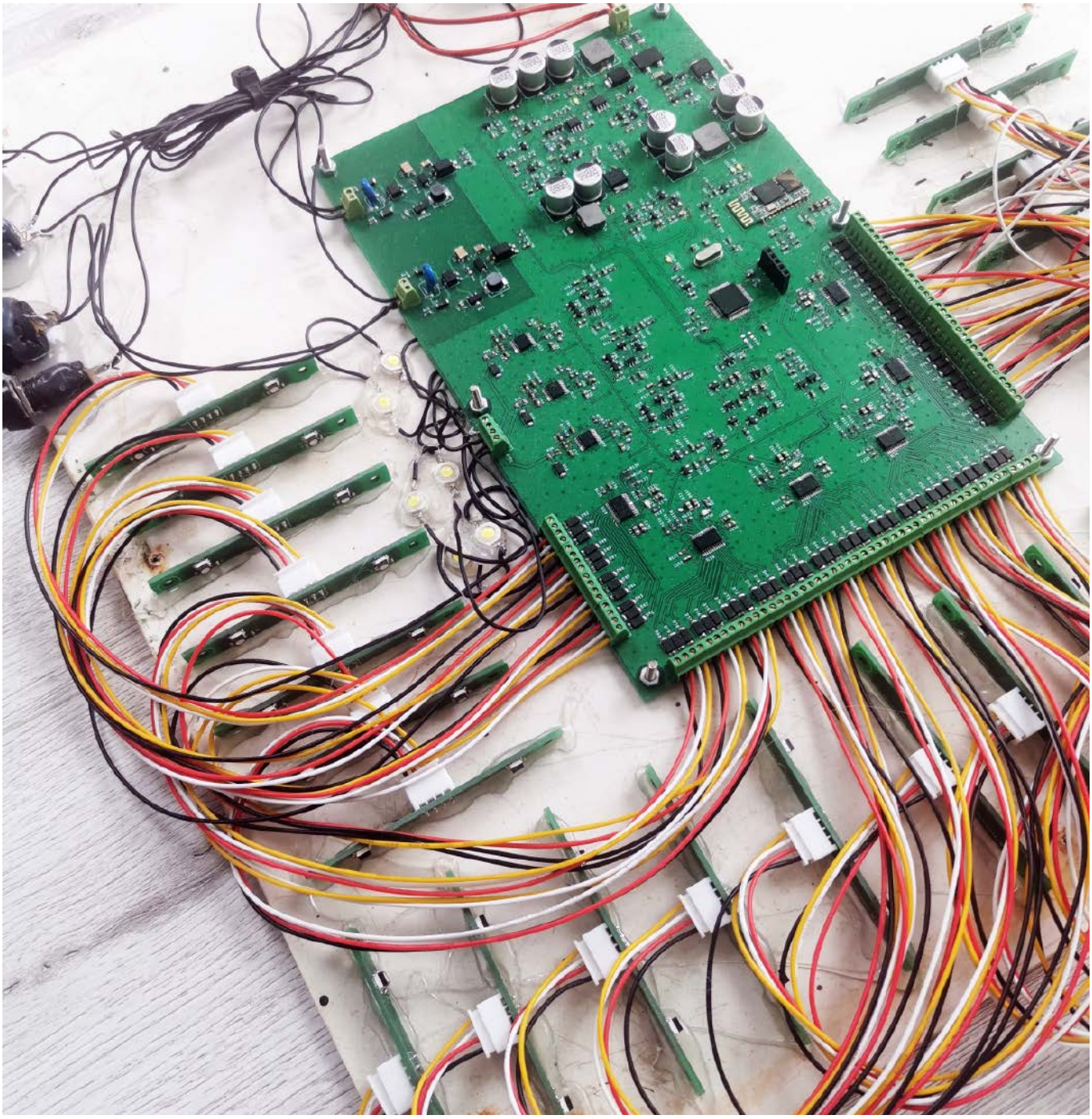
```
pi@raspberrypi:~$ cd Desktop
pi@raspberrypi:~/Desktop $
git clone https://github.com/
ZW-Robotics/Moduly_zdalnego_
sterowania.git
```

Na pulpicie pojawi się folder z programem testowym. Kod skryptu w Pythonie, który realizuje całą funkcjonalność, nie jest skomplikowany i został pokazany na **listingu 1**. Aby algorytm rozpoznawania mowy działał poprawnie, komputer Raspberry Pi musi mieć aktywne połączenie z internetem. Więcej informacji na temat modułów zdalnego sterowania oraz film prezentujący ich działanie można znaleźć na mojej stronie internetowej www.zw-robotics.pl.

Zygmunt Wypich
zygmunt.wypich@zw-robotics.pl

REKLAMA

eprasa.pl e16ad6537c



SCL – zaawansowany sterownik oświetlenia schodowego (1)

Sterownik schodowy steruje niezależnie podświetleniem każdego stopnia schodów. Zastosowano w nim sześć driverów typu TPS929120, co pozwala sterować maksymalnie dwudziestoma czterema stopniami. Urządzenie steruje diodami RGB, dzięki czemu daje możliwość zmiany koloru podświetlenia stopni schodów. Taka rozbudowana konstrukcja w połączeniu z aplikacją dla systemu Android daje możliwość kreowania animacji w momencie załączania oświetlenia oraz jego wyłączania.

Oświetleniem stopni schodów steruje mikrokontroler poprzez wspomniane drivery typu TPS929120. Sygnały umożliwiające załączenie lub wyłączenie oświetlenia schodowego doprowadzane są do dwóch wejść IN1 oraz IN2, do których możemy podłączyć napięcie w zakresie 12...230 V AC/DC. Interesującą cechą

eprasa.pl e16ad6537c

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- steruje niezależnie podświetleniem każdego stopnia schodów,
- steruje diodami RGB i daje możliwość zmiany koloru podświetlenia stopni schodów,
- umożliwia dołączenie aż 24 modułów LED RGB,
- dodatkowe wyjścia do podświetlenia poręczy schodowej,
- konfigurowanie i sterowanie wykonywane jest poprzez aplikację dla systemu Android.

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

AVT5921	Włącznik LED z płynnym rozjaśnianiem i ściemnianiem (EP 3/2022)
AVT5916	Regulator jasności LED sterowany pilotem TV (EP 2/2022)
–––––	Ambient LED controler (EP 1/2022)
AVT5880	Sterownik 12×LED z interfejsem I²C (EP 8/2021)
–––––	Sterownik LED RGB z układem AL1783 sterowany przez I²C (EP 6/2021)
AVT5857	Liniowy sterownik LED 3 W (EP 4/2021)
AVT5839	Minimoduły z driverem I²C do taśm LED RGBW (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**.

zastosowanych driverów jest możliwość pracy w momencie uszkodzenia mikrokontrolera – tryb Stand Alone. Postanowiłem przystosować urządzenie do takiego trybu pracy i zaprojektowałem obwód w taki sposób, aby w momencie uszkodzenia mikrokontrolera sterownik działał dalej. Jedyną różnicą będzie to, że diody LED będą świeciły w jednym kolorze.

W sterowniku zastosowałem także trzy drivery LED typu TPS92630, które kontrolują podświetlenie poręczy schodowej. Do wyjść tych driverów należy podłączyć po dwie diody power LED połączone szeregowo. Sterowniki TPS92630 mają możliwość sterowania za pomocą sygnału PWM, dzięki czemu mogą być sterowane w łatwy sposób z mikrokontrolera i można uzyskać animację stopniowego rozświetlania lub ściemniania poręczy. Pomimo że drivery TPS92630 nie są tak rozbudowane jak drivery zastosowane do podświetlenia schodów, mają one zaimplementowaną diagnostykę wykrywającą zwarcie pojedynczej diody LED (Short LED diagnostic) oraz przerwę w obwodzie diod LED (Open Load diagnostic).

Sterownik należy zasilać napięciem 12...24 V DC/AC. Zaleca się zasilanie drivera z napięcia stałego. Aby ograniczyć straty mocy wydzielane w driverach, każdy z nich mierzy napięcie na diodach LED a następnie przesyła dane do mikrokontrolera. Mikrokontroler reguluje napięcie przetwornicy zasilającej drivery w taki sposób aby zapewnić napięcie tylko nieco wyższe od wymaganego – wyższe o spadek napięcia powstający na driverze (około 0,9 V).

W sterowniku zastosowałem moduł Bluetooth typu HC-05 oraz opracowałem aplikację na telefon z systemem Android, która pozwala na kontrolowanie pracy sterownika. Umożliwia regulację mocy i ustawienie koloru podświetlenia, pozwala załączać lub wyłączać podświetlenie, zmieniać ustawienia animacji i liczbę stopni schodów. Za pomocą aplikacji można wykonać diagnostykę wszystkich wyjść driverów i sprawdzić, czy wszystkie wyjścia oraz diody LED są sprawne.

Budowa i działanie

Na **rysunkach 1**, **2**, **3** i **4** znajduje się schemat urządzenia. Do wejścia POWER należy podłączyć zasilanie sterownika. Za złączem znajdują się dwa rezystory R1, R2, o nieco większej mocy, które mają za zadanie zabezpieczyć układ w momencie wystąpienia zwarcia. Mostek prostowniczy B1 prostuje napięcie w przypadku zasilania napięciem przemiennym, a w przypadku napięcia stałego zwalnia z obowiązku zapewnienia właściwej polaryzacji. Transil TR1 zabezpiecza układ przed ewentualnymi przepięciami, jego napięcie znamionowe wynosi 40 V.

Tranzystor MOSFET Q1 wraz z tranzystorem Q2 oraz diodą Zenera D2 o napięciu 24 V tworzą układ, który ma za zadanie odłączyć napięcie od przetwornicy IC1 w momencie, gdy jego wartość będzie przekraczała ok. 24 V. Zabezpieczenie przetwornicy IC1 jest konieczne, ponieważ ma maksymalną wartość napięcia wejściowego równą 30 V. Kondensatory C1, C2, C3, C4, C5 wraz z dławikiem L1 tworzą filtr Pi, który filtruje napięcie doprowadzone do przetwornicy.

Układ utworzony przez tranzystory Q3, Q4, rezystory R6, R7, R8, R9, R10 oraz kondensatory C7, C6 jest układem zabezpieczenia przed zwarciem po stronie wtórnej przetwornicy. W momencie wystąpienia zwarcia po stronie wtórnej, przetwornica zaczyna pobierać zbyt duży prąd pierwotny, aby nie uległa zniszczeniu układ powoduje zwarcie do masy nóżki EN/SYNC co jest równoznaczne z wyłączeniem przetwornicy. Jako, że w momencie wyłączenia przetwornicy układ przestaje zwierać wejście EN/SYNC do masy, więc aby opóźnić ponowne załączenie przetwornicy zastosowano układ R11, C6. Dioda D3 zabezpiecza przed odpływem ładunku z kondensatora C6 przez rezystor R11 w momencie dużych impulsów poboru prądu z przetwornicy.

Przetwornica IC1 typu MP2482 tworzy typowy układ obniżający napięcie wraz z diodą Schottky'ego D4, dławikiem L2 oraz kondensatorami C13, C14, C15, C16. Rezystory R13, R14 ustanawiają dzielnik napięcia dla pętli sprzężenia zwrotnego FB. Wartość napięcia z dzielnika jest podawana na wzmacniacz różnicowy OA1A (wejście nieodwracające), natomiast napięcie DAC z mikrokontrolera jest podawane na wejście odwracające tego wzmacniacza, dzięki czemu za pomocą mikrokontrolera jest możliwość sterowania napięciem wyjściowym przetwornicy w zależności od maksymalnego spadku na diodach LED w taki sposób, aby ograniczyć moc rozpraszaną na układach TPS929120.

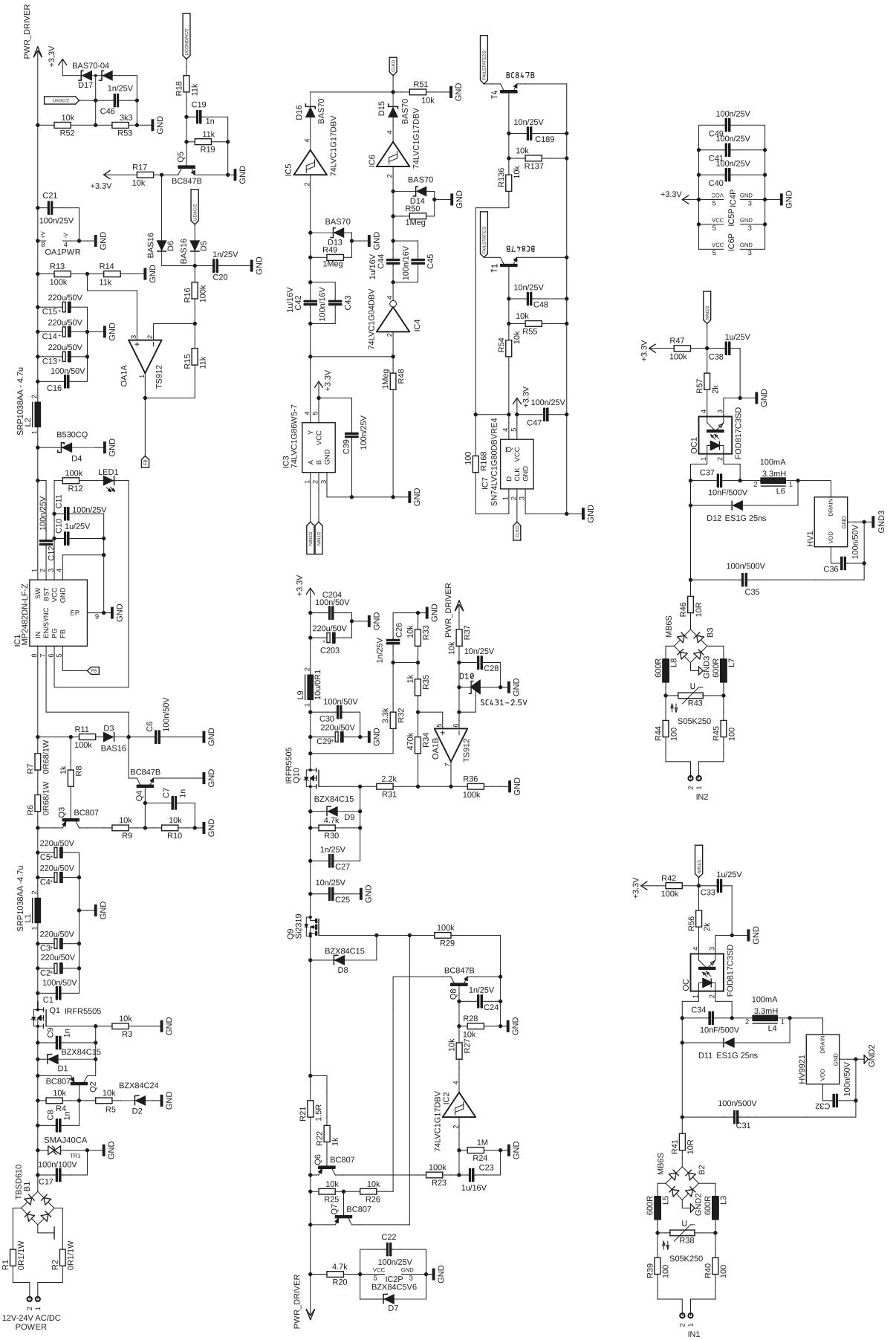
Drivery TPS929120 mają możliwość pomiaru napięcia na każdym wyjściu do diody LED, dlatego mikrokontroler wysyła cyklicznie komunikaty z żądaniem odczytu napięć wyjściowych. Po odczytaniu wartości napięć wyjściowych driverów mikrokontroler wyszukuje największe napięcie spośród wszystkich nieuszkodzonych wyjść (wyjść, które nie mają wystawionej flagi FAULT w rejestrach driverów), a następnie dostosowuje napięcie zasilające drivery tak, aby ograniczyć moc rozpraszaną na driverach. Dostosowując napięcie zasilające drivery, mikrokontroler uwzględnia maksymalny możliwy spadek napięcia na kanałach wyjściowych. Rezystory R52, R53 stanowią dzielnik napięcia dla przetwornika ADC mikrokontrolera. Kondensator C41 dodatkowo filtruje możliwe zakłócenia, aby nie wpływały na pomiar wykonywany przez przetwornik. Podwójna dioda D17 zabezpiecza przetwornik przed zbyt wysokim napięciem wejściowym oraz napięciem o odwróconej polaryzacji.

Tranzystor Q5 wraz z rezystorem R17, R19, R18 i dioda D6 tworzą układ, którego zadanie polega na dostarczeniu w pierwszej chwili napięcia około 3 V na wejście odwracające wzmacniacza różnicowego, zanim mikrokontroler zainicjuje wszystkie swoje peryferia, w tym układ DAC. Dzięki takiemu rozwiązaniu w pierwszej chwili na drivery jest podawane maksymalne napięcie zasilające, co powoduje prawidłowe zainicjowanie wyjść (nasycenie wyjść prądowych driverów) oraz pozwala uniknąć wykrycia błędów typu OPEN LOAD przez sterowniki.

Tranzystor Q9 wraz z elementami Q6, Q7, IC2, Q8, D8, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28 stanowi układ zabezpieczenia zwarcia napięcia z przetwornicy do masy w momencie np. uszkodzenia mikrokontrolera. Ponieważ drivery mają możliwość pracy w trybie STAND ALONE (w którym nie ma komunikacji z mikrokontrolerem), napięcie zasilające je nie może zostać zaburzone. Żeby tranzystor Q9 nie uległ spaleniu na skutek zbyt dużego poboru mocy w momencie uszkodzenia zasilania mikrokontrolera, jest on otwierany co pewien czas, powiązany

eprasa.pl e16ad6537c

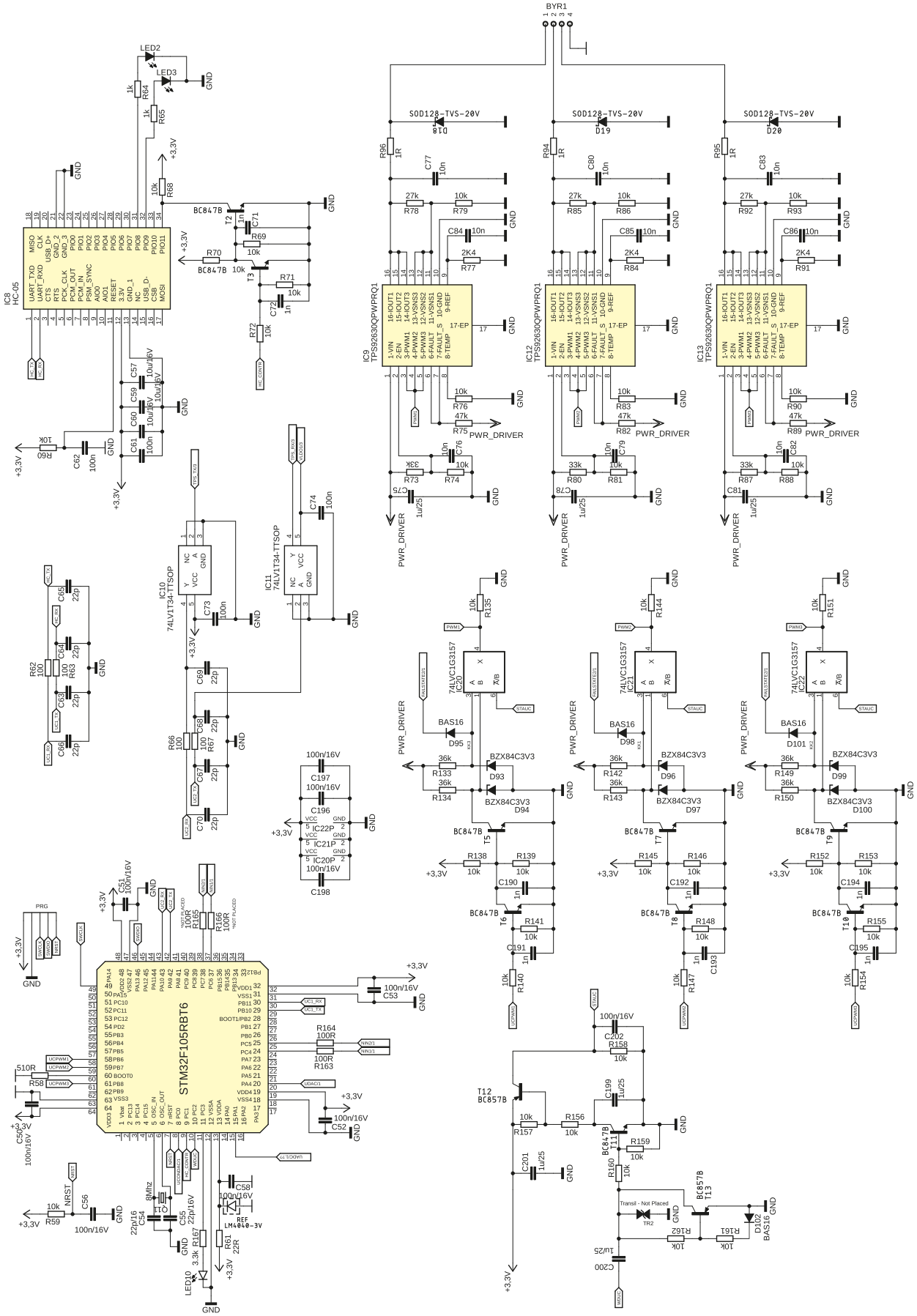
z histerezą układu IC2 oraz zależy od stałej czasowej T=R23×C23. Przerzutnik Schmitta IC2 jest zasilany przez rezystor R20 oraz diodę Zenera D7, która stabilizuje napięcie do wartości 5,6 V. Tranzystor Q10 wraz ze wzmacniaczem operacyjnym OA1B realizuje stabilizator LDO. Napięcie wyjściowe jest mierzone za pomocą dzielnika R32, R33, a następnie porównywane z napięciem odniesienia 2,5 V (dioda D10). Dławik L9 wraz z kondensatorami C29, C203, C30, C204 tworzą filtr Pi dla napięcia zasilającego mikrokontroler.



Rysunek 1. Schemat elektryczny, blok zasilania i obwody wejść

eprasa.pl e16ad6537c

Wejścia IN1 oraz IN2 służą do podania sygnału załącz/wyłącz (dwa punkty na schodach). Do wejść można podać zasilanie 12...230 V AC/DC, ponieważ mają one na swoim wejściu przetwornicę prądową HV9921. Rezystory R39, R40, R44, R45 oraz koraliki ferrytowe L3, L5, L7, L8 wraz z kondensatorami C31, C35 stanowią filtr wejściowy dla przetwornicy oraz ograniczający wszystkie zakłócenia przewodzone (CE, BCI), a oprócz tego elementy te stanowią dodatkowe zabezpieczenie przed zwarciem przetwornicy. Warystory R38, R43

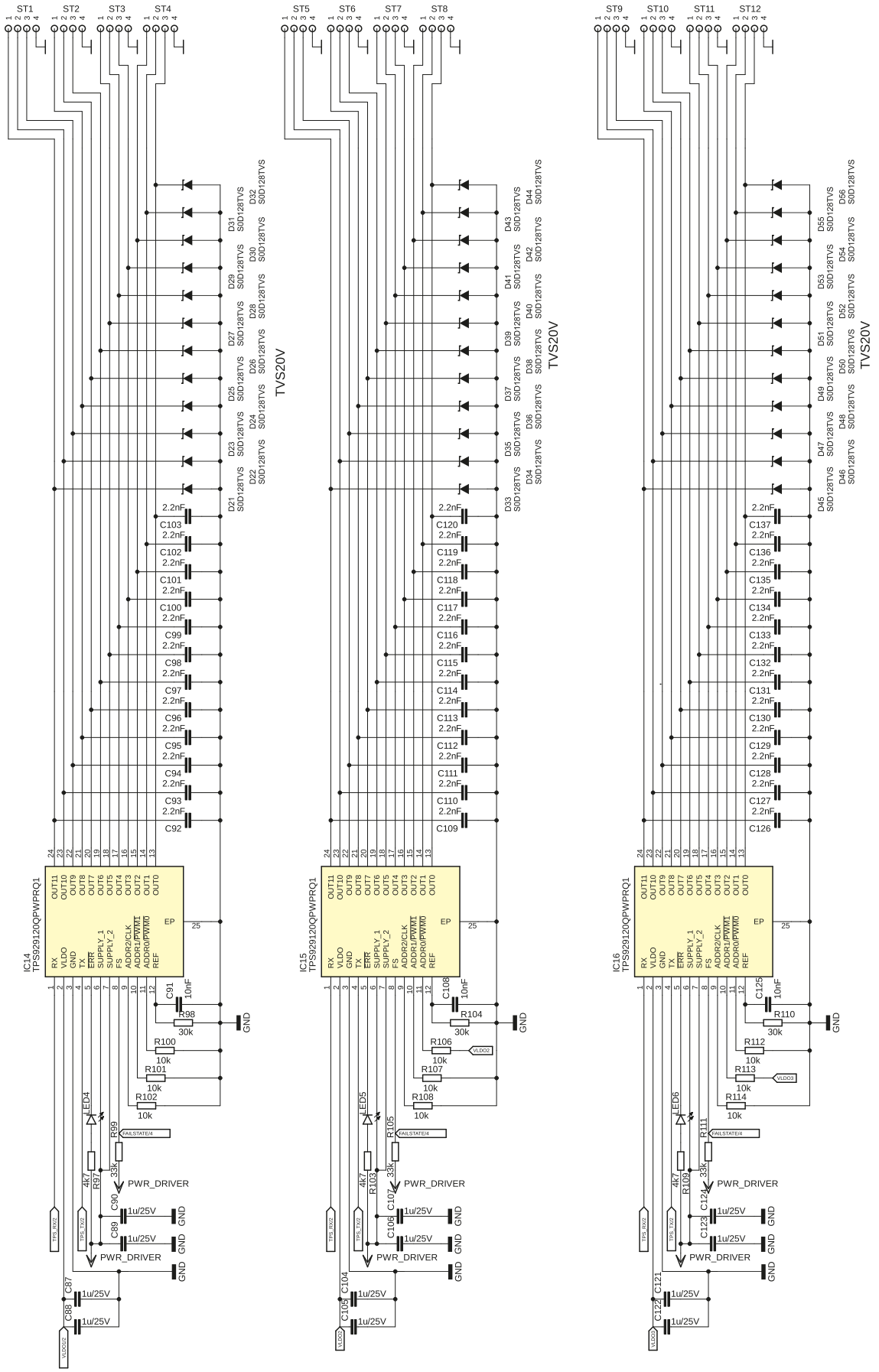


Rysunek 2. Schemat elektryczny, blok sterowania z mikrokontrolerem oraz 3 tory sterowania oświetleniem poręczy

eprasa.pl e16ad6537c

zabezpieczają wejścia przed pojawieniem się zbyt wysokiego napięcia.

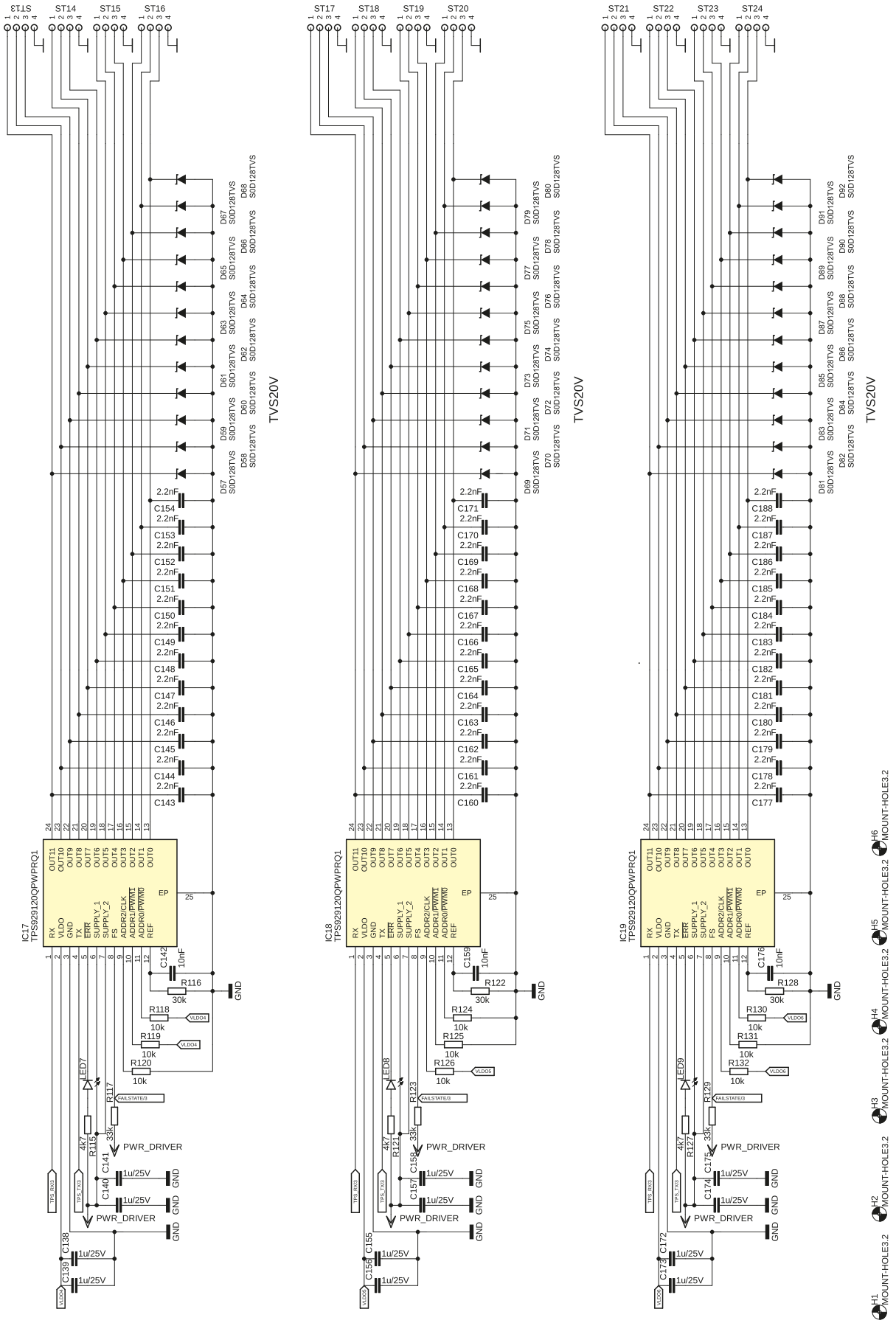
Sterownik może być załączany przyciskiem stabilnym lub niestabilnym, dlatego w trybie STAND ALONE (trybie uszkodzonego mikrokontrolera) potrzebny jest także specjalny układ sprzętowy, który będzie zmieniał sygnał wysterowania driverów w trybie STAND ALONE. Układ taki stanowią elementy IC3, IC4, IC5, IC6, IC7, D16, D15, T1, T4, C42, C43, C45, C44, R50, R49, D14, D13, R51, R168, R54, R55, C48, C180,



Rysunek 3. Schemat elektryczny, pierwsze 12 wyjść oświetlenia stopni schodów

eprasa.pl e16ad6537c

R136, R13. Sygnały przychodzące z przetwornic prądowych wstępnie odfiltrowane za pomocą filtrów RC – R42, C33 oraz R47, C38 trafiają na bramkę EXOR, która na wyjściu generuje impuls przy każdej zmianie stanu któregoś z wejść. Impuls ten jest filtrowany przez filtr RC, zostaje zanegowany za pomocą IC4 i ponownie trafia na filtr RC. Aby uzyskać sygnał prostokątny z filtrów RC, oba sygnały są podawane na przerzutniki Schmitta IC5, IC6. Wyjścia z układów IC5, IC6 są sumowane za pomocą sumatora diodowego D15,



Rysunek 4. Schemat elektryczny, drugie 12 wyjść oświetlenia stopni schodów

eprasa.pl e16ad6537c

D16. Dzięki temu za każdą zmianą któregoś z wejść sterownika SCL dostajemy jeden sygnał prostokątny, który stanowi sygnał zegarowy przerzutnika typu D (IC7). Przerzutnik typu D zmienia stan swojego wejścia na przeciwny przy każdej zmianie wejścia sterownika SCL, niezależnie czy wejścia te będą sterowane za pomocą przełączników stabilnych lub niestabilnych.

Tranzystory T1 oraz T4 służą do przełączania wejść PWM driverów TPS92630 oraz wejść FS driverów TPS929120. Drivery TPS929120 w normalnym trybie, w którym jest zapewniona komunikacja z mikrokontrolerem, nie reagują na zmianę stanu na wejściu FS, dlatego wszystkie podciągnięte wejścia FS są sterowane bezpośrednio z tranzystora T1. Drivery TPS92630 nie mają wejść FS (fail state), dlatego sterowanie wyjść tych driverów musi się odbywać z wejścia PWM, które w normalnym stanie pracy jest kontrolowane przez mikrokontroler. W momencie utraty komunikacji z mikrokontrolerem wejścia PWM zostają przełączone za pomocą kluczy analogowych IC20, IC21, IC22 i są kontrolowane za pomocą tranzystora T4. Klucze analogowe są przełączane z układu, który wykrywa zawieszenie bądź uszkodzenie mikrokontrolera. Mikrokontroler wysyła sygnał prostokątny przez kondensator C220 do tranzystora T11, który w normalnym trybie jest wysterowany, przez to tranzystor T12 także jest wysterowany, a dzięki temu na wejściach sterujących kluczy analogowych pojawia się stan wysoki. Diody D93, D94, D96, D97, D99, D100 zabezpieczają klucze analogowe przed możliwością pojawienia się zbyt wysokiego napięcia na ich wejściu. Drivery IC9, IC12, IC13 służące do sterowania trzema gałęziami dwóch szeregowo połączonych diod power LED (np. podświetlenie poręczy) są sterowane z trzech osobnych sygnałów PWM z mikrokontrolera. Wejścia FAULT oraz FAULT_S są ze sobą połączone, aby driver był w stanie wykrywać awarię OPEN LOAD oraz SINGLE SHORT LED.

Zwarte wejścia sygnalizujące błąd są podciągnięte przez odpowiednie rezystory R75, R82, R89 do stanu wysokiego. Rezystory R75, R76, R85, R86, R92, R93 mają za zadanie ustalenie odpowiedniego progu wykrywania awarii (zwarcia) pojedynczej diody POWER LED. Rezystory R94, R95, R96 są rezystorami kompensującymi, które mają za zadanie zapewnić dodatkowy spadek napięcia, a tym samym zmniejszyć spadek napięcia na driverach i w konsekwencji zmniejszyć moc wydzielaną na driverach. Diody TVS D18, D19, D20 zabezpieczają wyjścia driverów TPS92630.

Komponent oznaczony IC8 to moduł Bluetooth typu HC-05. Tranzystory T2 oraz T3 służą do zmiany trybu pracy modułu. Elementy R62, C62 zapewniają prawidłowy reset. Mikrokontroler komunikuje się z modułem BT za pomocą interfejsu UART, dlatego, aby odfiltrować zakłócenia na linii oraz żeby zmniejszyć nachylenia zboczy, a tym samym zmniejszyć emisję zakłóceń, zastosowano elementy R62, R63, C66, C63, C64, C65, które tworzą dwa filtry PI. Mikrokontroler z driverami także komunikuje się za pomocą interfejsu UART, dlatego w tym przypadku także zostały zaimplementowane dwa filtry PI (R66, R67, C70, C67, C68, C69)

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory:
R1, R2: 0,1Ω/1 W (SMD2010)
R3, R4, R5, R9, R10: 10 kΩ (SMD0805)
R6, R7: 0,68 Ω/1 W (SMD2010)
R8: 1 kΩ (SMD0805)
R11: 100 kΩ (SMD0805)
R12, R13, R16, R23, R29, R36, R42, R47: 100 kΩ (SMD0603)
R14, R15, R18, R19: 11 kΩ (SMD0603)
R17, R25, R26, R27, R28, R33, R37, R51, R52, R54, R55, R59, R60, R68, R69, R70, R71, R72, R74, R76, R79, R81, R83, R86, R88, R90, R93, R100, R101, R102, R106, R107, R108, R112, R113, R114, R118, R119, R120, R124, R125, R126, R130, R131, R132, R135, R136, R137, R138, R139, R140, R141, R144, R145, R146, R147, R148, R151, R152, R153, R154, R155, R156, R157, R158, R159, R160, R161, R162: 10 kΩ (SMD0603)
R20, R30: 4,7 kΩ (SMD0603)
R21: 1,5 Ω (SMD1206)
R22, R35, R64, R65: 1 kΩ (SMD0603)
R24, R48, R49, R50: 1 M Ω (SMD0603)
R31: 2,2 kΩ (SMD0603)
R32, R167: 3,3 kΩ (SMD0603)
R34: 470 kΩ (SMD0603)
R38, R43: S05 kΩ250 kΩ (THT)
R39, R40, R44, R45: 100 Ω (SMD0805)
R41, R46: 10 Ω (SMD0805)
R53: 3,3 kΩ (SMD0603)
R56, R57: 2 kΩ (SMD0603)
R58: 510 Ω (SMD0603)
R61: 22 Ω (SMD0805)
R62, R63, R66, R67, R168: 100 Ω (SMD0603)
R73, R80, R87, R99, R105, R111, R117, R123, R129: 33 kΩ (SMD0603)
R75, R82, R89: 47 kΩ (SMD0603)
R77, R84, R91: 2,4 kΩ (SMD0603)
R78, R85, R92: 27 kΩ (SMD0603)
R94, R95, R96: 1 Ω (SMD1206)
R97, R103, R109, R115, R121, R127: 4,7 kΩ (SMD0603)
R98, R104, R110, R116, R122, R128: 30 kΩ (SMD0603)
R133, R134, R142, R143, R149, R150: 36 kΩ (SMD0603)
R163, R164, R165, R166: 100 Ω (SMD0603)

Kondensatory:
C1, C6, C11, C12, C16, C30, C32, C36, C43, C45, C204: 100 nF (SMD0805)
C2, C3, C4, C5, C13, C14, C15, C29, C203: 220 µF/50 V (10×12)
C7, C8, C9, C19, C20, C24, C26, C27, C46, C71, C72, C190, C191, C192, C193, C194, C195: 1 nF (SMD0603)
C10, C75, C78, C81, C87, C88, C89, C90, C104, C105, C106, C107, C121, C122, C123, C124, C138, C139, C140, C141, C155, C156, C157, C158, C172, C173, C174, C175, C199, C200, C201: 1 µF/25 V (SMD0805)
C17: 100 nF/100 V (SMD1206)
C21, C22, C39, C40, C41, C47, C49, C50, C51, C52, C53, C56, C58, C196, C197, C198, C202, C61, C62, C73, C74: 100 nF (SMD0603)
C22: 100 nF/25 V (SMD0603)
C23, C42, C44: 1 µF/16 V (SMD0805)
C25, C28, C48, C76, C77, C79, C80, C82, C83, C84, C85, C86, C91, C108, C125, C142, C159, C176, C189: 10 nF/25 V (SMD0603)
C31, C35: 100 nF/500 V (C1812)
C33, C38: 1 µF/25 V (SMD0603)
C34, C37: 10 nF/500 V (SMD1206)
C57, C59, C60: 10 µF/16 V (SMD0805)
C63, C64, C65, C66, C67, C68, C69, C70, C55, C54: 22 pF (SMD0603)
C92, C93, C94, C95, C96, C97, C98, C99, C100, C101, C102, C103, C109, C110, C111, C112, C113, C114, C116, C117, C118, C119, C120, C126, C127, C128, C129, C130, C131, C132, C133, C134, C135, C136, C137, C143, C144, C145, C146, C147, C148, C149, C150, C151, C152, C153, C154, C160, C161C162, C163, C164, C165, C166, C167, C168, C169, C170, C171, C177, C178, C179, C180, C181, C182, C183, C184, C185, C187, C188: 2,2 nF (SMD0603)

Półprzewodniki:
D1, D8, D9: BZX84C15 (SOT23)
D2: BZX84C24 (SOT23)
D3, D5, D6, D95, D98, D101, D102: BAS16 (SOT23)
D4: B530CQ (SMC)
D7: BZX84C5,6V (SOT23)
D10: SC431-2,5V (SOT23)
D11, D12: ES1G25ns (DO214AC)
D13, D14, D15, D16: BAS70 (SOT23)
D17: BAS70-04 (SOT23)
D18, D19, D20D21, D22, D23, D24, D25, D26, D27, D28, D29, D30, D31, D32, D33, D34, D35, D36, D37, D38, D39, D40, D41, D42, D43, D44, D45, D46, D47, D48, D49, D50, D51, D52, D53, D54, D55, D56, D57, D58, D59, D60, D61, D62, D63, D64, D65, D66, D67, D68, D69, D70, D71, D72, D73, D74, D75, D76, D77, D78, D79, D80, D81, D82, D83, D84, D85, D86, D87, D88, D89, D90, D91, D92: SOD128-TVS-20V (SOD128)
D93, D94, D96, D97, D99, D100: BZX84C3,3V (SOT23)
LED1, LED2, LED3, LED4, LED5, LED6, LED7, LED8, LED9, LED10: dioda LED (SMD0805)
Q1, Q10: IRFR5505 (TO252)
Q2, Q3, Q6, Q7: BC807 (SOT23)
Q9: Si2319 (SOT23)
Q11: 8 MHz (HC49/S)
T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, Q4, Q5, Q8: BC847B (SOT23)
T12, T13: BC857B (SOT23)
OA1: TS912
OC, OC1: FOD817C3SD
B1: mostek prostowniczy TBSD610 (BTYPIC2)
B2, B3: mostek prostowniczy MB6S (SOIC4)
REF: LM4040-3V (SOT23)
TR1: SMAJ40CA (DO214AC_BIDIR)
IC1: MP2482DN-LF-Z (SOIC127)
IC2, IC5, IC6: 74LVC1G17DB V (SOT23-5)
IC3: 74L VC1G86W5-7 (SOT95)
IC4: 74L VC1G04DB V (SOT23-5)
IC7: SN74LVC1G80DBVR (SOT95)
IC8: HC-05
IC9, IC12, IC13: TPS92630QPWPRQ1 (SOP65)
IC10, IC11: 74LV1T34-TTSOP (SOT65)
IC14, IC15, IC16, IC17, IC18, IC19: TPS929120QPWPRQ (SOP65)
IC20, IC21, IC22: 74LVC1G3157
HV1: HV9921
US3: STM32F105RBT6 (LQFP64)

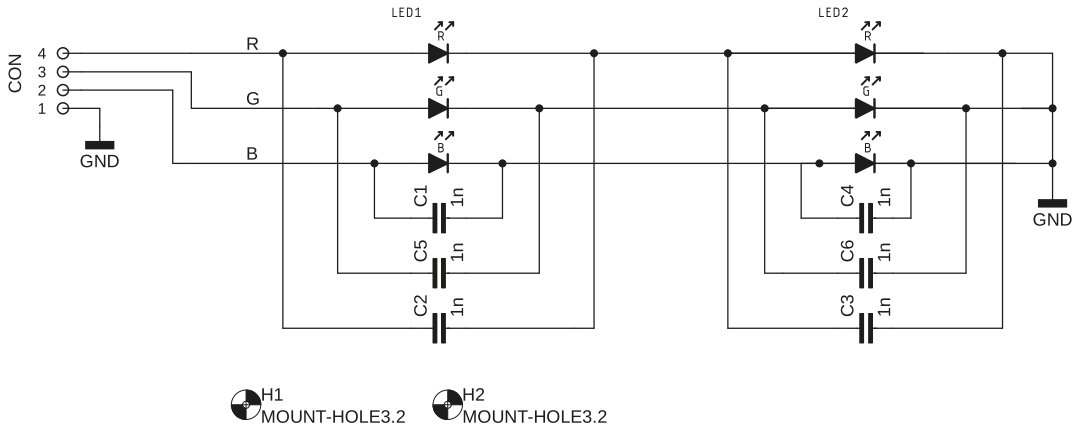
Pozostałe:
BYR1, ST1, ST2, ST3, ST4, ST5, ST6, ST7, ST8, ST9, ST10, ST11, ST12, ST13, ST14, ST15, ST16, ST17, ST18, ST19, ST20, ST21, ST22, ST23, ST24: złącze ARK (ARK2,54-4)
IN1, IN2, POWER: złącze ARK (ARK25,4-2)
L1: dławik SRP1038AA-4,7 µH (DR127)
L2: dławik SRP1038AA-4,7 (DR127)
L3, L5, L7, L8: dławik 600Ω (L3216C)
L4, L6: dławik 3,3 mH (DR74)
L9: dławik 10 µH/0,1 Ω (DR74)
PRG: złącze goldpin (2,54×5)

Moduł oświetlacza stopni schodów
Kondensatory:
C1, C2, C3, C4, C5, C6: 1 nF (SMD0603)

Półprzewodniki:
LED1, LED2: dioda LED RGB (SMD)

Pozostałe:
CON: złącze JST (2,54-4)

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 5. Schemat elektryczny modułu oświetlającego stopień

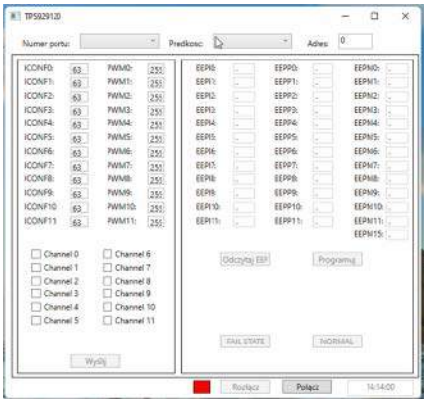
wraz z konwerterami poziomów logicznych IC10, IC11.

Sterownik ma sześć driverów 12-wyjściowych IC14, IC15, IC16, IC17, IC18, IC19. Wszystkie wyjścia są zabezpieczone przed wyładowaniami ESD za pomocą kondensatorów oraz diod transil. Każdy z driverów ma unikalny adres ustawiony za pomocą rezystorów 10 kΩ podłączonych do wejść 9, 10 oraz 11. Sterowanie wszystkimi driverami realizuje mikrokontroler STM32F105RBT6. Rezystor R58 zapewnia prawidłowe bootowanie procesora. Złącze PRG służy do programowania oraz debugowania mikrokontrolera. Dioda LED10 służy do poinformowania użytkownika o prawidłowo zmienionych ustawieniach modułu BT – HC05 w momencie pierwszego uruchomienia urządzenia. Poprzez rezystor R61 oraz diodę referencyjną REF jest zasilana część analogowa mikrokontrolera, dzięki czemu jest zachowana odpowiednia dokładność podczas pomiaru napięcia z przetwornicy. Mikrokontroler jest taktowany z zewnętrznego rezonatora kwarcowego Q11. Diody LED2 oraz LED3 podłączone do wyjść modułu HC-05 służą do informowania użytkownika o stanie nawiązania połączenia ze smartfonem oraz o trybie pracy, w którym znajduje się moduł Bluetooth.

Na **rysunku 5** został umieszczony schemat podłączenia diod LED oraz złączy JST. Diody RGB zostały połączone szeregowo. Na każdej płytce podświetlającej stopień znajdują się po dwie diody LED. Równolegle z diodami LED zostały połączone kondensatory (C1, C2, C3, C4, C5, C6) o małej wartości w celu wyeliminowania przypadkowych zakłóceń indukowanych w długich przewodach.

Oprogramowanie na PC

Sprawdzenie driverów TPS929120 można wykonać za pomocą programu na komputer PC. Można tak sprawdzić, czy dany driver działa i został przylutowany poprawnie. Żeby połączyć się z driverem, należy użyć konwertera USB-UART np. na bazie FT232. Na **rysunku 6** pokazano wygląd okna programu. Po otwarciu programu należy połączyć linie RX, TX odpowiednio z liniami TX, RX drivera. Masy muszą zostać także podłączone, a driver musi mieć podłączone zasilanie. W następnej kolejności należy wybrać port szeregowy, do którego podłączony jest konwerter oraz wybrać prędkość połączenia (preferowana 256 k). Następnie, żeby zapalić dane wyjścia drivera, należy wpisać adres drivera w polu Adres i zaznaczyć odpowiednie wyjście Channel 0...12 i kliknąć Wyślij. Jeżeli ustawiliśmy rejestry ICONFx oraz PWMx na wartość różną od zera, wtedy wybrane wyjście powinno się załączyć. Można za pomocą tego programu także odczytać ustawione wartości pamięci EEPROM oraz wgrać nowe ustawienia. Nie należy tego jednak robić, ponieważ można przez przypadek załączyć timer Watchdog w driverze. Podczas pierwszego uruchomienia mikrokontrolera



Rysunek 6. Oprogramowanie do testowania urządzenia

zostaną przez niego wgrane poprawne ustawienia pamięci EEPROM do driverów, w tym także na samym końcu zostanie uruchomiony timer WDT.

Program ma możliwość wymuszenia i przejścia do trybu FAIL STATE drivera poprzez naciśniecie przycisku FAIL STATE. Żeby powrócić z trybu FAIL STATE, należy nacisnąć przycisk NORMAL.

Na tym zakończę pierwszą część artykułu. Drugą część rozpocznę od opisu aplikacji na system android, a tymczasem zamieszczam odnośniki do filmów, na których można zobaczyć działanie sterownika SCL:

https://youtu.be/v-E2cKX-33g
https://youtu.be/sTKNsB0QFVk

Krzysztof Miękus
lordwest1989@tlen.pl

REKLAMA

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

eprasa.pl e16ad6537c

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- napięcie wyjściowe 5 V o wydajności prądowej 1 A,
- współpracuje z akumulatorem 1S Li-Ion lub $LiFePO_4$,
- konfigurowane napięcie ładowania 3,5/3,6 V dla $LiFePO_4$ lub 4,0/4,1 V dla Li-Ion,
- ładowarka pracuje w trybie CC/CV z automatycznym wznawianiem ładowania i ograniczeniem czasu ładowania.

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

AVT5931	Akumulator z ogniwami $LiFePO_4$ (EP 5/2022)
AVT5834	Zasilacz buforowy 12 V z akumulatorem (EP 2/2021)
–––––	Ultralekki powerbank (EP 3/2019)
AVT5568	Power Bank 14,4 V – nowoczesny moduł zasilania bezprzerwowego z superkondensatorami (EP 1/2017)
AVT5519	PWR_SolarCAP Power bank zasilany przez słońce (EP 11/2015)
AVT2309	Ładowarka akumulatorów żelowych. Zasilacz buforowy (EdW 10/1998)

* **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.

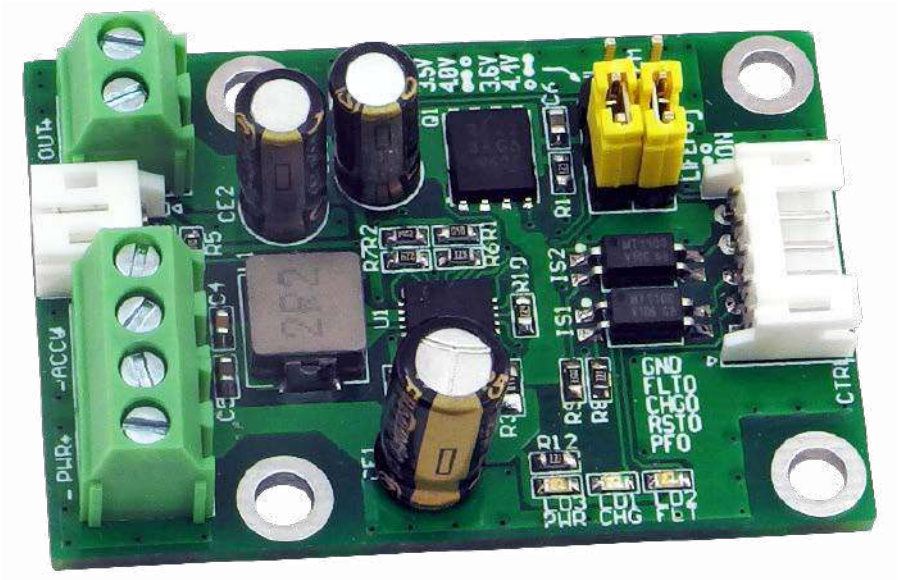
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**.

Zasilacz buforowy 5 V z uniwersalną ładowarką

Zaprezentowany zasilacz buforowy dostarcza napięcia 5 V o maksymalnym natężeniu prądu równym 1 A. Współpracuje z akumulatorem 1S Li-Ion lub $LiFePO_4$, który zapewnia podtrzymanie zasilania na czas od kilku minut do kilku godzin, w zależności od obciążenia. Wbudowana ładowarka może być tak skonfigurowana, aby umożliwiła zwiększenie trwałości akumulatorów kosztem niewielkiego obniżenia zgromadzonej w nich energii.



Dzięki zastosowaniu specjalizowanego kontrolera typu LTC4040, aplikacja zawiera niewiele elementów zewnętrznych ograniczających się do dzielników rezystorowych układów monitorowania napięć, klucza wykonawczego i elementów przetwornicy DC/DC. Strukturę wewnętrzną kontrolera pokazano na **rysunku 1**. Wbudowana ładowarka i przetwornica mają wszystkie niezbędne zabezpieczenia wymagane do bezpiecznej eksploatacji akumulatorów.

Budowa i działanie

Schemat zasilacza został pokazany na **rysunku 2**. Napięcie wejściowe 5 V ze źródła o wydajności do 2,5 A jest doprowadzane poprzez gniazdo PWR. Kondensator CE1 zapewnia wstępną filtrację, a następnie napięcie jest doprowadzone do dzielnika R1, R2 układu wykrywania zaniku zasilania ULVO (U1–19). W modelu wartość graniczna napięcia jest ustalona na ok. 4,6 V, według wzoru:

$$ULVO = 1{,}19 \times (1+(R1/R2))$$

Wbudowany komparator ULVO steruje konfiguracją układu. Jeżeli napięcie na wyprowadzeniu PFI jest wyższe niż wewnętrzny próg 1,19 V, wbudowana przetwornica konfigurowana jest w tryb obniżający i pracuje w funkcji ładowarki akumulatorów. Jednocześnie tranzystor Q1 przekazuje napięcie zasilające V50 na zaciski złącza OUT. Układ monitorowania napięcia wejściowego ustawia wyjście PFO (U1–20, OD) w stan wysoki. Gdy napięcie zasilania spadnie poniżej 1,19 V, na wyjściu PFO jest ustawiony stan niski i układ przechodzi do trybu podtrzymania zasilania, odcinając wejście zasilania i konfigurując przetwornicę w tryb podwyższający, zasilając się energią zgromadzoną w akumulatorze.

Napięcie wyjściowe w trybie podtrzymania ustalone jest dzielnikiem R6, R7 podłączonym do wyprowadzenia BSTFB (U1–18), w modelu wynosi ok. 5,2 V:

$$VSYS = 0{,}8 \times (1+(R6/R7)$$

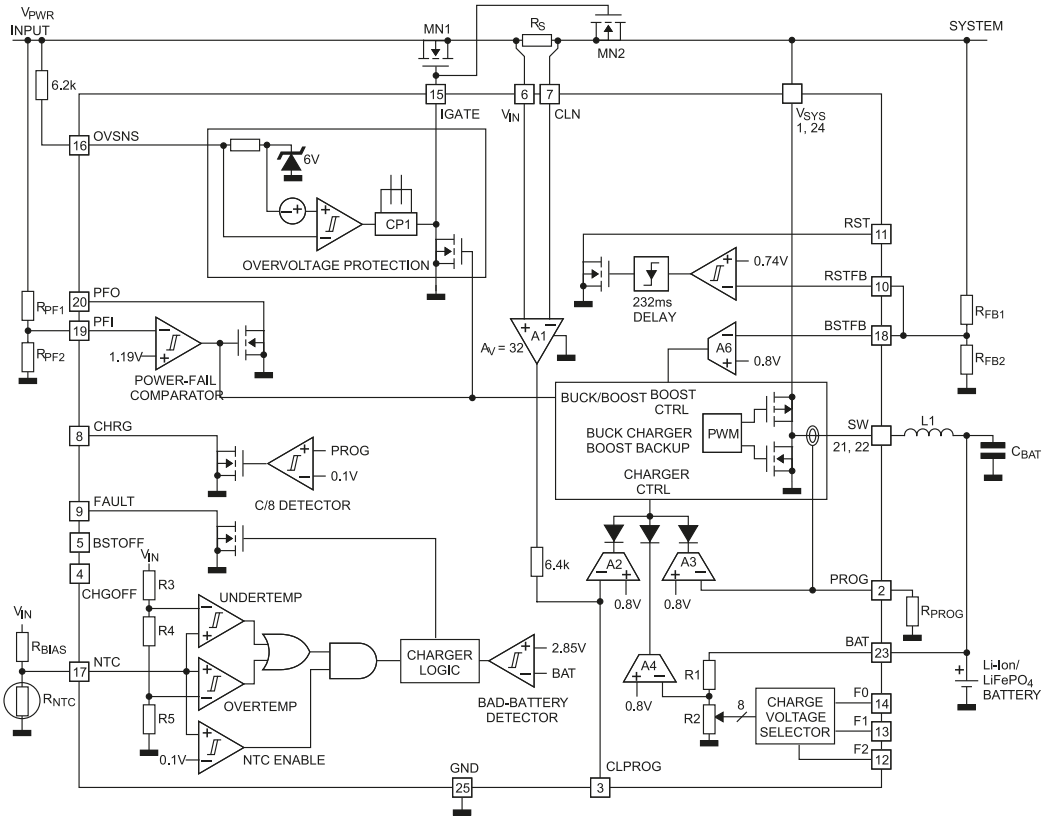
Dodatkowy dzielnik R10, R11 umożliwia użycie wbudowanego komparatora sygnału RESET niezależnie od dzielnika BSTFB, do zatrzymania współpracującego procesora, przed obniżeniem się napięcia wyjściowego, próg komparatora określony jest wzorem:

$$VRES = 0{,}8 \times (1+(R11/R10),$$

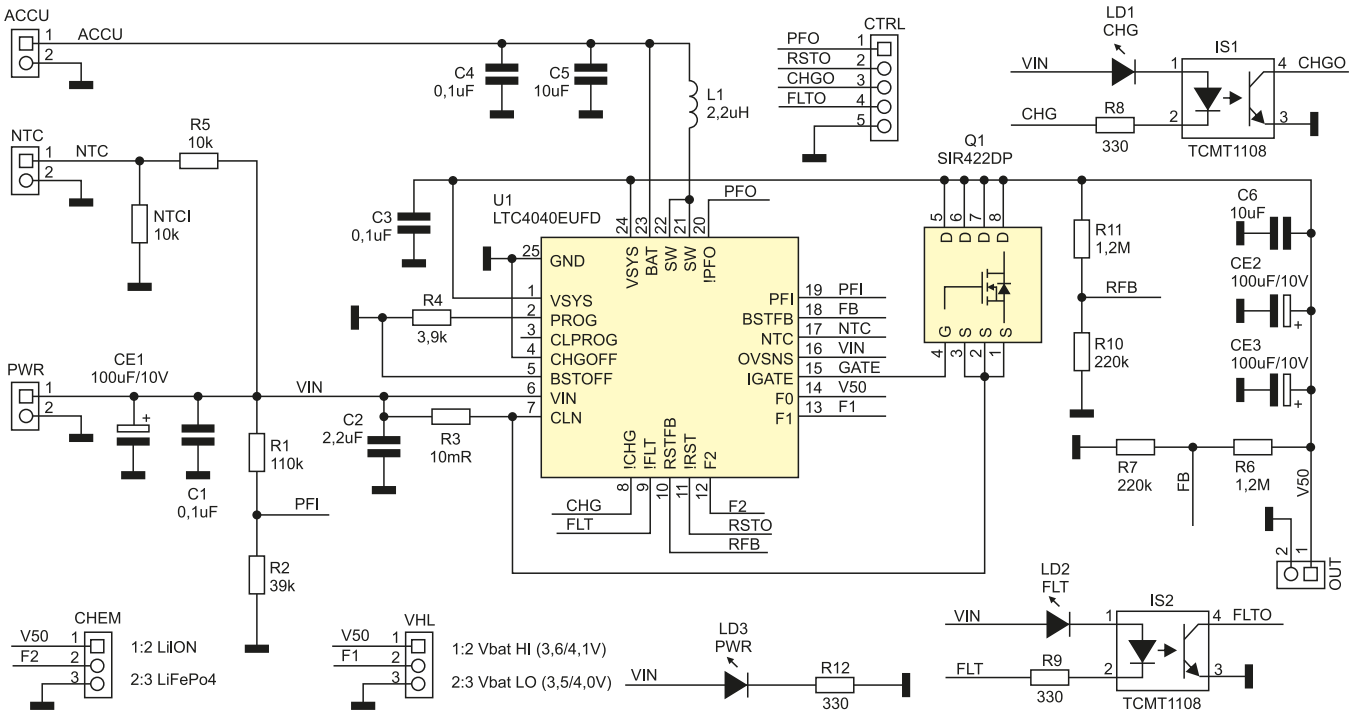
Ładowarka akumulatorów pracuje w trybie CC/CV z automatycznym wznawianiem ładowania i ograniczeniem czasu ładowania. Ładowarka w modelu współpracuje z ogniwem Li-Ion lub $LiFePO_4$, którego typ

Uwaga:
- **niedopuszczalne jest współpraca układu z akumulatorem bez układu zabezpieczeń PCM,**
- **podczas pracy z akumulatorami Li-Ion należy zachować szczególną ostrożność, nie używać ogniw uszkodzonych, rozhermetyzowanych, nie zwierać zacisków akumulatora, nie przechowywać akumulatora w wysokich temperaturach,**
- **dokładne warunki eksploatacji i utylizacji akumulatora zawarte są w notach katalogowych producenta.**

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna kontrolera LTC4040 (za notą Analog Devices)



Rysunek 2. Schemat ideowy zasilacza buforowego

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Półprzewodniki:
LD1: dioda LED SMD czerwona (SMD0603)
LD2: dioda LED SMD żółta (SMD0603)
LD3: dioda LED SMD zielona (SMD0603)
Q1: SIR422DP (POWERPAKSO-8)
U1: LTC4040EUFD (QFN24)

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1: 110 kΩ
R2: 39 kΩ
R3: 10m Ω (SMD0805)
R4: 3,9 kΩ
R5: 10 kΩ
R6, R11: 1,2M Ω
R7, R10: 220 kΩ
R8, R9, R12: 330 Ω

Kondensatory:
C1, C3, C4: 0,1 μF 50 V (SMD0603)
CE1, CE2, CE3: 100 μF/10 V
C2: 2,2 μF 10 V (SMD0603)
C5, C6: 10 μF 10% 10 V (SMD0603)

Pozostałe:
ACCU, OUT, PWR: złącze DG381-3.5-2
CHEM, VHL: złącze SIP3 2,54 +zwora
CTRL: złącze PH5 2,00 mm
IS1, IS2: transoptor TCMT1108 (SSOP4)
L1: dławik 2,2 μH HPI0640-2R2
NTC: złącze PH2 2,00 mm
NTCI: termistor NTC 10 kΩ 3490 (SMD0603)

eprasa.pl e16ad6537c

Tabela 1.

CHG	FLT	Status
0	0	Przekroczenie progów NTC
0	1	Ładowanie prawidłowe
1	0	Uszkodzenie akumulatora
1	1	Zakończenie ładowania

wybierany jest zworą CHEM. Napięcie końcowe ładowania dla obu akumulatorów jest obniżone odpowiednio do 3,6 V lub 4,1 V, w celu podniesienia trwałości akumulatora. Zwora VHL umożliwia dodatkowe zmniejszenie napięcia końcowego do 3,5/4,0 V, co zwiększa trwałość akumulatora kosztem niewielkiego zmniejszenia zgromadzonej energii.

Prąd ładowania ustalany jest rezystorem R4 zgodnie ze wzorem:

$$ICHG = 2000/R3$$

W modelu, dla R4=3,9 kΩ wynosi ok. 500 mA. Dla zapewnienia stabilności ładowarki prąd ładowania nie powinien być niższy niż 500 mA. Wbudowany timer o ustalonym czasie 4 h zabezpiecza ogniwo przed przeładowaniem. Jeżeli w ustalonym czasie nie zostanie osiągnięte napięcie końcowe ładowania, układ wyłączy ładowanie i zasygnalizuje awarię. Podczas doboru pojemności akumulatora i prądu ładowania należy pamiętać o ograniczeniu czasowym.

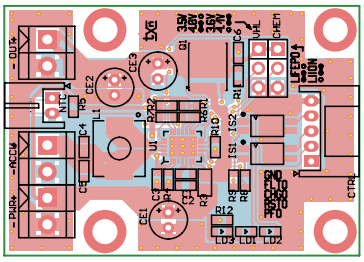
Układ LTC4040 przystosowany jest do pracy z głęboko rozładowanymi akumulatorami. W takim przypadku zostanie rozpoczęta próba ładowania niewielkim prądem (1/8 × ICHG), jeżeli napięcie akumulatora będzie utrzymywać się poniżej 2,85 V dłużej niż 30 minut, układ zasygnalizuje awarię.

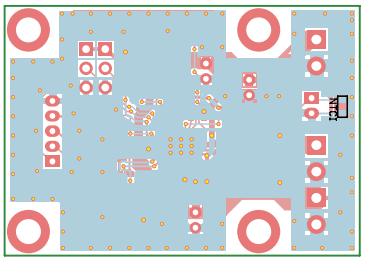
Obwód ładowania wyposażony jest w układ kontroli prądu, zabezpieczający źródło zasilania przed przeciążeniem. Prąd wejściowy rozdzielany jest pomiędzy podłączone obciążenie a ładowarkę. Obwód kontroli prądu mierzy napięcie na rezystorze R3, maksymalna wartość pobieranego przez układ prądu określana jest wzorem:

$$R3=25\ mV/ISYSLIM$$

Jeżeli obciążenie pobiera chwilowo większy prąd, układ ogranicznika zredukuje prąd ładowania akumulatora tak, aby sumaryczny pobór nie przekroczył ustalonej przez R3 wartości, co ma oczywiście wpływ na czas ładowania akumulatora.

Akumulator jest podłączony do zacisków 1 i 2 złącza ACCU. Do współpracy z zasilaczem należy stosować akumulatory z wbudowanym układem zabezpieczeń PCM. Termistor NTC zabezpiecza akumulator przed ładowaniem przy zbyt wysokiej (>40°C) lub niskiej (<0°C) temperaturze. Układ U1 sygnalizuje przekroczenie progów temperatury NTC. Optymalnym rozwiązaniem jest wbudowanie termistora w ogniwo lub przynajmniej umieszczenie go w bezpośrednim jego sąsiedztwie i podłączenie go z użyciem złącza termistora NTC.





Rysunek 3. Schemat płytki PCB

Na płytce pozostawiono miejsce na wlutowanie NTCI, ale to zdecydowanie gorsze rozwiązanie (lepsze niż brak zabezpieczenia termicznego). Termistor zamontowany na płytce wydłuża czas potrzebny do rozpoczęcia ładowania po zakończeniu pracy układu w trybie zasilania z akumulatora, gdyż ze względu na niewielkie wymiary modułu nagrzewa się od elementów przetwornicy. W skrajnym i niezalecanym przypadku można NTC zastąpić rezystorem 10 kΩ, rezygnując z zabezpieczenia termicznego.

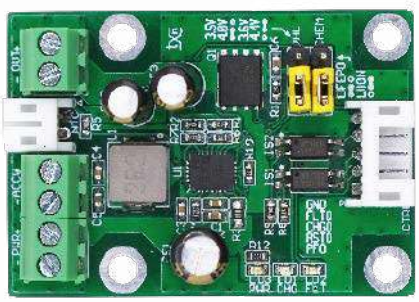
Układ U1 ma zabezpieczenie ULVO odcinające i zabezpieczające akumulator i przetwornicę przed pracą przy napięciu niższym od 2,45 V. Układ U1 zabezpieczony jest także przed przegrzaniem i po osiągnięciu temperatury struktury 125°C wyłączy się.

Urządzenie jest wyposażone w sygnalizację stanu pracy: LD3 PWR sygnalizuje obecność napięcia ładowania, LD2 FLT oznacza błąd ładowarki lub akumulatora, LD1 CHG sygnalizuje proces ładowania. Na złącze CTRL wyprowadzone są sygnały stanów ładowarki PFO – komparatora napięcia zasilania, RSTO – komparatora sygnału RESET, CHGO – aktywnego procesu ładowania, FLTO – awarii w obwodach ładowarki/akumulatora. Wszystkie wyjścia są wyjściami OC/OD i wymagają zewnętrznego podciągnięcia do napięcia dodatniego o wartości maksymalnie 5,5 V. Znaczenie stanów CHG, FLT zestawiono w **tabeli 1**.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż układu należy wykonać zgodnie z ogólnymi zasadami, ale należy szczególnie zadbać o poprawne przylutowanie padów termicznych i o umycie płytki po lutowaniu. Przy montażu może być pomocna **fotografia 1**.

Pierwsze uruchomienie warto przeprowadzić z regulowanego zasilacza laboratoryjnego 0...6 V z ograniczeniem prądowym do 3 A. Do wyjścia V50 należy podłączyć sztuczne obciążenie z ustawionym poborem na 500 mA. Przy wyłączonym obciążeniu i podaniu napięcia zasilania należy sprawdzić napięcie ładowania, powinno mieć wartości 3,6/4,1 V przy zmianie położenia zwory CHEM oraz 3,5/4,0 V przy zmianie położenia zwory VHL.



Fotografia 1. Wygląd zmontowanej płytki zasilacza

Po wyborze typu akumulatora, ustaleniu napięcia końcowego ładowania i podłączeniu akumulatora kontrolujemy prąd ładowania. Zwiększając prąd obciążenia do 2000 mA, sprawdzamy poprawność rozdziału mocy na ładowarkę i obciążenie. Sprawdzamy działanie NTC poprzez ogrzanie gorącym powietrzem, po przekroczeniu progu prąd ładowania powinien zostać zmniejszony.

Sprawdzenie detekcji uszkodzonego akumulatora może zostać wykonane poprzez podłączenie w jego miejsce dwóch szeregowo połączonych diod 3 A/50 V (anoda do plusa), po odczekaniu 30 minut U1 powinien zasygnalizować uszkodzenie (zbyt niskie napięcie) akumulatora. Stany wyjść OC/OD najlepiej sprawdzać miernikiem w trybie pomiaru diody, nie jest wymagane wtedy tymczasowe podwieszenie wyjść do plusa zasilania. Po wyłączeniu obciążenia i podłączeniu akumulatora przeprowadzamy ładowanie do końca cyklu, sprawdzając miernikiem zmiany stanu CHG, FLT. Zmieniając napięcie wejściowe poniżej progu ULVO, sprawdzamy działanie komparatora PFO. W trakcie pracy układu zasilanego tylko z akumulatora w miarę jego rozładowania sprawdzamy komparator RESET oraz napięcie wyjściowe. Jeżeli wszytko działa poprawnie, można zasilacz podłączyć do współpracującego układu.

Należy pamiętać, że układ przeznaczony jest do pracy ciągłej i nie ma wyłącznika zasilania i akumulatora. Przy podłączonym akumulatorze i braku napięcia zasilającego automatycznie uruchamiana jest przetwornica podwyższająca. Po powrocie zasilania będzie konieczne odczekanie czasu niezbędnego do pełnego naładowania akumulatora. W przypadku planowanych przerw w eksploatacji należy trwale odłączyć akumulator.

Adam Tatuś, EP

eprasa.pl e16ad6537c

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- komunikacja w paśmie ISM 433 MHz (radiomodem typu RC1240) lub 868MHz (radiomodem typu RC1280),
- zasięg połączenia dochodzi do kilkuset metrów przy transferze z przepustowością 4,8 kbit/s,
- od strony aplikacji zestawione połączenie radiowe jest obsługiwane jak port szeregowy,
- transmisja może być realizowana w trybie punkt-punkt lub punkt-wiele punktów.

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

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)
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)

* **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**.

Radiomodem ISM do Raspberry Pi Zero

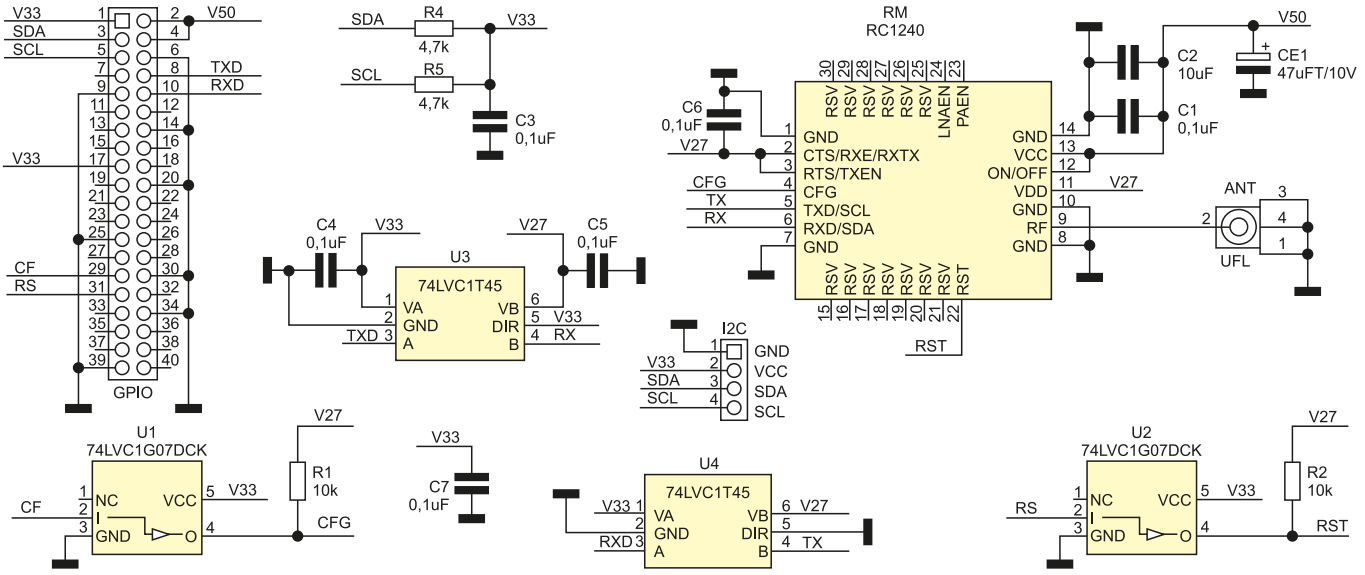
Komputerki Raspberry Pi wyposażone są jest w interfejs radiowy Wi-Fi i Bluetooth zapewniające komunikację drogą radiową. Gdy jednak wymagane jest zapewnienie większego zasięgu transmisji lub np. budowa sieci urządzeń IoT, pod wieloma względami korzystniejsze jest użycie radiomodemu. Opisany projekt to nakładka dla Raspberry Pi Zero zawierająca sprawdzony w wielu aplikacjach radiomodem Radiocrafts RC12xx w wersji z obsługą protokołu RC232.

W zależności od zastosowanego modelu radiomodemu, mamy do dyspozycji dwa pasma komunikacji:
- radiomodem typu RC1240: pasmo ISM 433 MHz, dostępnych 69 kanałów,
- radiomodem typu RC1280: pasmo ISM 868 MHz, dostępnych 80 kanałów.

W zależności od warunków zasięg połączenia dochodzi do kilkuset metrów przy transferze z przepustowością 4,8 kbit/s, w trybie half-duplex. Transmisja może być realizowana w trybie punkt-punkt lub punkt-wiele punktów. Od strony aplikacji zestawione połączenie radiowe jest obsługiwane jak port szeregowy, kontroler modemu zajmuje się adresacją, dekodowaniem i korekcją CRC transmitowanych pakietów.

Budowa i działanie

Schemat nakładki został pokazany na **rysunku 1**. Modem korzysta z portu szeregowego Raspberry Pi. Po konwersji poziomów 2,7/3,3 V w układach U3, U4, sygnały TX/RX doprowadzone są do modemu RM. Modem zasilany jest z V50 (+5 V), zapewnia to pełną moc nadajnika, napięcie jest dodatkowo odfiltrowane przez elementy C1, C2, CE1. Napięcie V27



Rysunek 1. Schemat modułu

eprasa.pl e16ad6537c

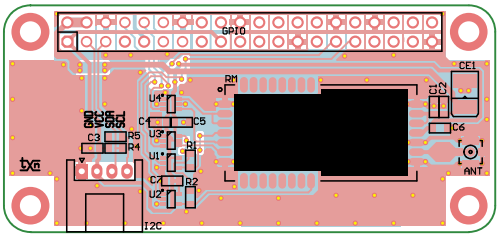
Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1, R2: 10 kΩ
R4, R5: 4,7 kΩ

Kondensatory:
C1, C3, C4, C5, C6, C7: 0,1 µF/10 V (SMD0603)
CE1: 47 µFT/10 V tantalowy (SMD3528)
C2: 10 µF/10 V (SMD0603)

Półprzewodniki:
U1, U2: 74L VC1G07DCK (SC70-5)
U3, U4: 74L VC1T45GW (SC70-6)

Pozostałe:
ANT: UFL (UFL) MX-73412-0114
GPIO: złącze IDC 2×20 pinów żeńskie
RM: moduł Radiocrafts RC1240 lub RC1280



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

z wewnętrznego stabilizatora LDO umieszczonego w RM zasila konwertery poziomów U3, U4 po stronie modemu. Sygnał RF doprowadzony jest go gniazda ANT typu uFL.

Modem wymaga dwóch sygnałów sterujących, pierwszy to RST umożliwiający restart modemu, drugi to CFG wprowadzający modem w tryb konfiguracji. Sygnały podłączone są poprzez bramki U1, U2 do wyprowadzeń GPIO6, GPIO5 Raspberry Pi, umożliwiając programowy restart i konfigurację modemu oraz translację poziomów napięć. Płytkę uzupełnia złącze magistrali I²C, umożliwiające podłączenie np. zewnętrznych czujników.

Montaż i uruchomienie

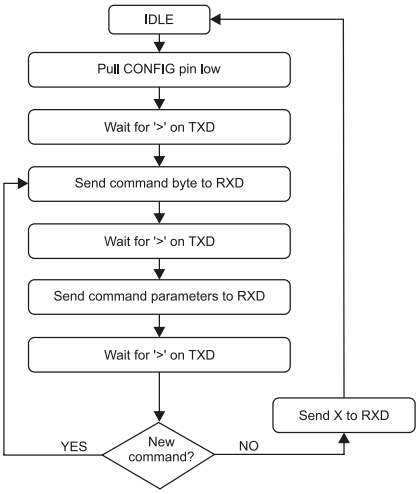
Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej zgodnej rozmiarami z RPi Zero, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż płytki nie wymaga opisu, zmontowany moduł pokazuje fotografia tytułowa. Dla sprawdzenia modułu konieczne jest przygotowanie dwóch komputerków Raspberry Pi z aktywowanym portem szeregowym, czy to poprzez konfigurator raspi-config, czy bezpośrednio w pliku config.txt, poprzez dodanie linii `enable_uart=1`. Należy pamiętać o wyłączeniu w pliku cmdline.sys funkcji SSH, jeżeli korzysta z portu szeregowego. Po restarcie systemu instalujemy w zależności od preferencji, terminal portu szeregowego minicom lub picocom. Konfigurujemy piny GPIO5, GPIO6 sterujące sygnałami CFG, RST oraz ustawiamy je w domyślny stan 1 wpisując:

```
echo 5 > /sys/class/gpio/export
echo out > /sys/class/gpio/
gpio5/direction
cd /sys/class/gpio/gpio5
echo 1 > value

echo 6 > /sys/class/gpio/export
echo out > /sys/class/gpio/
gpio6/direction
cd /sys/class/gpio/gpio6
echo 1 > value
```

Dzięki temu modemy pracują w konfiguracji fabrycznej. Stanem aktywnym sygnału RST jest stan niski, po podaniu którego modem restartuje się. Stanem aktywnym sygnału CFG, jest także stan niski, po podaniu którego modem przechodzi do trybu konfiguracji, podanie stanu wysokiego powoduje przejście do trybu pracy. Po włączeniu zasilania warto zresetować modem impulsem na linii RST i ustawić stan 1 na linii CFG.

Domyślne, fabryczne ustawienie portu szeregowego modemu to: 19200, 8N1 i taką należy



Rysunek 3. Algorytm konfiguracji modemu (za notą Radiocrafts)

Tabela 1. Zestawienie komend modemów RC12xx (za notą Radiocrafts)

Znak ASCII	Wartość hex	Parametr
C	0x43	kanał
M	0x4D	pamięć konfiguracji
P	0x50	moc wyjściowa
S	0x53	siła sygnału (RSSI)
T	0x54	adres przeznaczenia
U	0x55	monitorowanie temperatury
V	0x56	monitorowanie napięcia
X	0x58	wyjście
Y	0x59	odczyt jednego bajtu z pamięci
Z	0x5A	tryb uśpienia
0	0x30	lista pamięci konfiguracji
1	0x31	tryb testowy 1
2	0x32	tryb testowy 2
3	0x33	tryb testowy 3
4	0x34	tryb testowy 4

Tabela 2. Skrócona lista konfigurowalnych parametrów przechowywanych w pamięci nieulotnej

Parametr	Adres	Wartość domyślna	Opis
RF_CHANNEL	0x00		numer kanału RF: 1...69
RF_POWER	0x01		moc nadajnika RF: –14 dBM...8 dBm
RF_DATA_RATE	0x02		prędkość transmisji RF (4800 stała)
PACKET_LENGHT PACKET_LENGTH_L	0x0F	0x80	długość pakietu, po którym modem wysyła dane, domyślnie to rozmiar bufora (128 B)
PACKET_TIMEOUT	0x10	0x7C	czas oczekiwania do wysłania danych z bufora (timeout)
PACKET_END_ CHARACTER	0x11	0x00	znacznik końca danych
ADDRESS_MODE	0x14	0x00	tryb adresacji komunikacji
UID1	0x19	0x01	UniqueID
SID1	0x1A	0x01	SystemID
DID1	0x21	0x01	DestinationID
BID	0x28	0xFF	adres rozgłoszeniowy
UART_BAUD_RATE	0x30	0x05	prędkość transmisji host UART

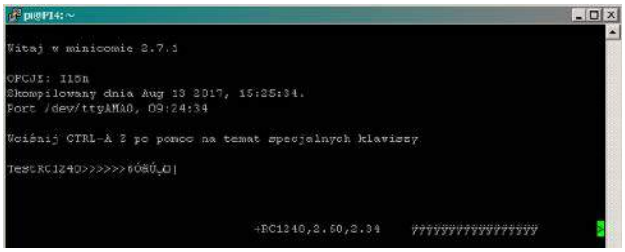
eprasa.pl e16ad6537c

ustawić w uruchamianych terminalach. Wybieramy port odpowiadający sprzętowemu UART na wyprowadzeniach GPIO14, GPIO15, czyli ttyAMA0 dla Pi4 lub ttyS0 dla Pi3 oraz brak emulacji terminala, czyli transmisje znakową ANSI. Fabryczna konfiguracja przewiduje pracę modemów jako jednokanałowy link radiowy dla portu szeregowego, gdzie transmisja danych pomiędzy modemami przeprowadzana jest po zapełnieniu bufora (128 bajtów) lub po przekroczeniu czasu timeout.

Uruchamiając terminale na obu komputerkach z ww. ustawieniami, wpisujemy kilka znaków w jednym terminalu, po chwili powinny pojawić się w drugim. Operację przeprowadzamy też w odwrotnym kierunku, sprawdzając działanie obu torów. Dalsze eksperymenty wymagają już napisania własnej aplikacji, w terminalu możemy sprawdzić jeszcze poprawność wejścia w tryb konfiguracji, zmieniając stan sygnału CFG na 0.

Algorytm konfiguracji pokazano na **rysunku 3**. Po prawidłowym ustawieniu stanu CFG, modem w terminalu zwróci znak zachęty „>” potwierdzając aktywny tryb konfiguracji i rozłączając zestawione wcześniej połączenie. Obsługiwane komendy zestawiono w **tabeli 1**. Nie każda komenda jest potwierdzana odesłaniem znaku „>”. Szczegółowy opis komend zamieszczony jest w dokumentacji RC232 User Manual.pdf, która jest dostępna w materiałach dodatkowych do artykułu lub do pobrania ze strony producenta.

Konfiguracja modemu może być przechowywana w pamięci ulotnej RAM, może być też zapisana w pamięci nieulotnej NVM. Należy pamiętać o ograniczonej liczbie cykli zapisu pamięci NVM (ok. 10000) i ograniczyć zapisy do niezbędnego minimum. Dane zapisane w NVM są przywracane po resecie modemu. Wyjście z trybu konfiguracji wymaga zmiany stanu CFG na 1 oraz wydania komendy X (Exit), która nie zostanie już potwierdzona. Przykład odczytu zawartości pamięci w trybie konfiguracji poleceniem „0” pokazano na rysunku 4.



Rysunek 4. Przykładowy odczyt zawartości pamięci RC12xx

W **tabeli 2** zamieszczono skróconą listę konfigurowalnych parametrów przechowywanych w pamięci nieulotnej. Wartości te mogą być zmieniane za pomocą komendy „M”. Wszystkie adresy i argumenty muszą być wysyłane do modułu jako wartości binarne.

Więcej możliwości

W bardziej zaawansowanych aplikacjach oprócz trybu transparentnego, gdzie dane nie są buforowane i para modułów działa po prostu jako radiowy link UART, przydatny może być tryb adresacji punkt-punkt. W trybie adresacji (ADDRESS_MODE=0x02) każda strona ma swój własny adres, jak również adres podsieci, w której się znajduje, SystemID (SID), UniqueID (UID). SID musi być taki sam dla całej grupy modułów, ale UID jest unikalny dla każdego z modułów. Do transmisji ustawiamy adres przeznaczenia DestinationID (DID) modułu odbierającego i wysyłamy dane. Wszystkie moduły podsieci odbierają pakiety, sprawdzają adresy, weryfikują poprawność odbioru i jeśli identyfikatory są zgodne, to w modemie odbiorczym, odebrane dane po usunięciu adresacji wysyłane są na UART.

Każdy moduł ma również taki parametr jak adres rozgłoszeniowy Broadcast (BID). Jest on potrzebny, jeśli transmisja ma odbywać się jednocześnie do wszystkich modemów odbiorczych. Domyślnie BID = 0xFF, ale można ustawić na dowolną wartość i w ten sposób grupować moduły odbierające komunikat, pamiętając że UID nie może być identyczny z BID. Pozostaje tylko życzyć poprawnych konfiguracji i dobrej propagacji.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

W ofercie AVT*
AVT5959

Podstawowe parametry:
- rozpoznawanie wyższego i niższego potencjału w przyłożonym do układu napięciu stałym,
- sygnalizacja dźwiękowa (wyższy/niższy ton) i wizualna (zielona/czerwona dioda LED),
- zwarta, kompaktowa konstrukcja,
- szeroki zakres dopuszczalnego napięcia stałego: 3...100 V,
- niewielki pobór prądu, już od 300 µA (3 V).

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media
AVT5940 Konwerter napięcia z ujemnego na dodatnie (EP 7/2022)
AVT5933 Miernik napięcia dodatniego i ujemnego (EP 5/2022)

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

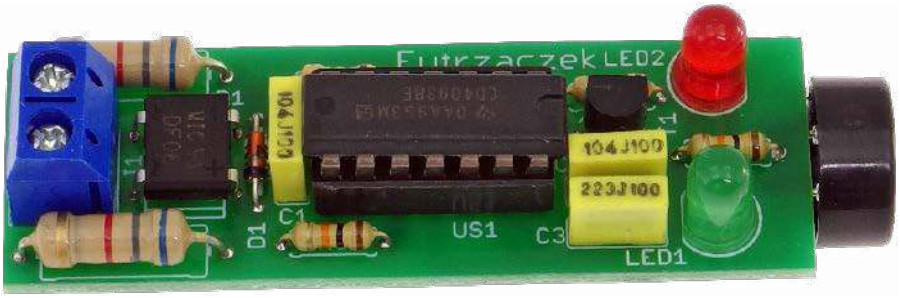
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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

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

Sygnalizator biegunowości zasilania

O tym, jak ważna jest prawidłowa polaryzacja napięcia podanego na układ, chyba nikogo nie trzeba przekonywać. Każdy ma na sumieniu mniej lub bardziej złożone urządzenie, które „poszło z dymem” wskutek pomyłki przy podłączaniu zasilania. Przedstawiony układ sygnalizuje poprawność (lub nie) w wyborze plusa oraz minusa.



Ciasno upakowane przewody, wszystkie w podobnych kolorach, na dodatek bez żadnych opisów. Albo nieznany zasilacz wtyczkowy, który nie ma narysowanej na obudowie polaryzacji napięcia na złączu. Takie sytuacje nie należą do rzadkości, a brak czujności może się skończyć spaleniem zasilanego układu. Można to zweryfikować

eprasa.pl e16ad6537c

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory:
(THT o mocy 0,25 W jeżeli nie napisano inaczej)
R1, R2: 6,8 kΩ 2 W
R3: 1 MΩ
R4...R6: 10 kΩ

Kondensatory:
C1, C2: 100 nF raster 5 mm MKT
C3: 22 nF raster 5 mm MKT

Półprzewodniki:
B1: DF06
D1: Zener 5,1 V 0,5 W
LED1: L-53LGD
LED2: L-53LID
T1: BC546
US1: CD4093 (DIP14)

Pozostałe:
J1: ARK2/500
Przetwornik piezoelektryczny KPT-1340
Podstawka DIP14

multimetrem, lecz nie zawsze mamy go pod ręką albo wpatrywanie się w wyświetlacz jest z różnych względów utrudnione. Wtedy sprawdzi się opisany dalej niewielki układ. Jego obsługa jest banalnie prosta: należy podłączyć do niego napięcie stałe i obserwować reakcję. Jeżeli polaryzacja pokryje się z tą, która została oznaczona na płytce, układ odpowie pozytywnie. W przypadku pomyłki, reakcja będzie negatywna.

Budowa i działanie

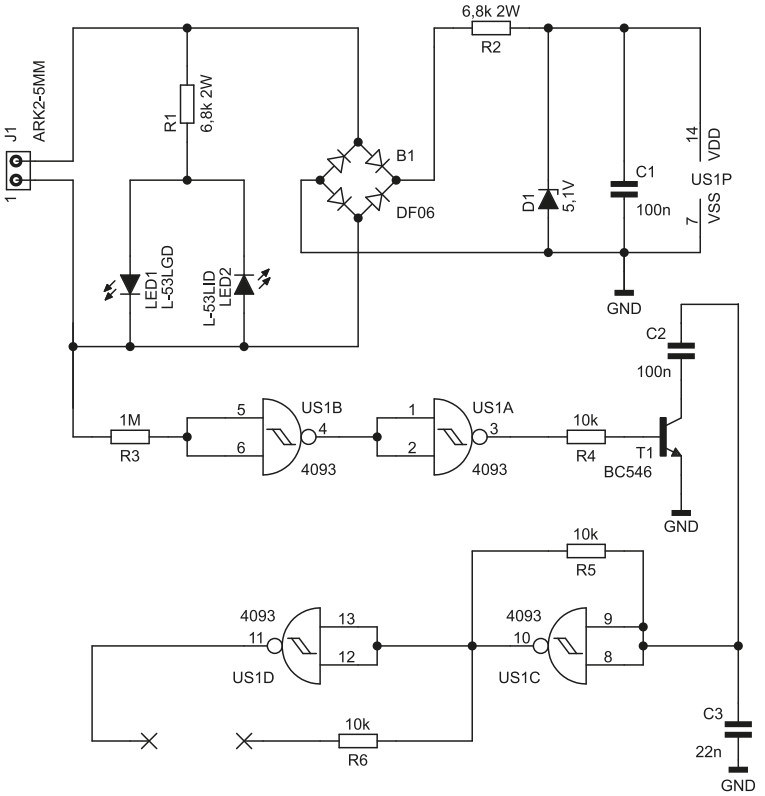
Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Do sygnalizacji wizualnej zostały wykorzystane dwie diody LED o różnych barwach świecenia, połączone antyrównolegle. W ten sposób, zawsze będzie świeciła się dokładnie jedna z nich, zaś druga pozostanie wygaszona. Napięcie wsteczne na jej złączu będzie wynosiło tyle, ile napięcie przewodzenia aktualnie świecącej diody (około 2 V), przez co mamy gwarancję, że nie dojdzie do przebicia złącza. Rezystor R1 ogranicza ich prąd. Warto zauważyć, że wybrane typy diod są nieprzypadkowe: L-53LGD (zielona) i L-53LID (czerwona) mogą świecić przy znacznie mniejszym prądzie przewodzenia niż typowe diody LED.

Dalsza część układu wymaga ustalonej biegunowości zasilania, co wymusza mostek Grateza B1. Dioda Zenera D1 ogranicza jego wartość do około 5 V, co jest wartością stosunkowo niską, za to ogranicza zmienność napięcia zasilającego dalszą część układu w przedziale 3...5 V, o czym dalej. Rezystor R2 ogranicza natężenie prądu płynącego przez diodę D1, a kondensator C1 zmniejsza impedancję wewnętrzną takiego prostego zasilacza. Nie dodano tutaj kondensatora elektrolitycznego, ponieważ wtedy układ długo by go ładował po podłączeniu zasilania, jak również – z uwagi na znikomo mały pobór prądu – powoli go rozładowywał, co generowałoby irytujący efekt zanikającego piszczenia. Założono, że ten układ ma być możliwie szybki w działaniu, czyli podłączenie do badanego zasilacza daje natychmiastową odpowiedź.

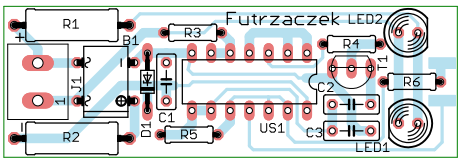
Do generowania dźwięku służy prosty multiwibrator astabilny z bramką US1C, kondensatorem C3 i rezystorem R5. Sygnałem tym jest sterowany przetwornik piezoelektryczny. Bramka US1D służy do podwojenia wartości międzyszczytowej sygnału trafiającego na okładki przetwornika, zaś rezystor R6 ogranicza prąd płynący przez wyjścia obu tych bramek. W ten sposób jest generowany sygnał o wyższej częstotliwości, oznaczający poprawne podłączenie. Niższy ton oznacza pomyłkę. Skąd pomysł na takie skojarzenie? Z popularnego od wielu lat teleturnieju „Jeden z dziesięciu", w którym poprawna odpowiedź uczestnika jest sygnalizowana wysokim dźwiękiem, a błędna – niskim.

Obniżenie częstotliwości wytwarzanego przez US1C sygnału jest możliwe poprzez dołączenie C2 równolegle do C3. Odbywa się to po nasyceniu tranzystora T1. Tranzystor ten jest sterowany przez dwie połączone kaskadowo bramki: US1B i US1A. Zadaniem tej pierwszej jest rozpoznanie potencjału jednego z przewodów wejściowych (niższy lub równy potencjałowi masy układu, za mostkiem Graetza), co ułatwia jej wysoka impedancja wejściowa. Rezystor R3 ogranicza prąd diod zabezpieczających wejścia bramki US1B o niewielkiej wartości, zaś wbudowany przerzutnik Schmitta pozwala na uzyskanie pewnego przełączenia. US1A wprowadza jedynie negację w działaniu bramki US1B.

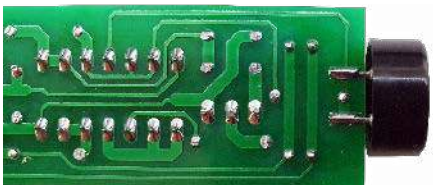
W układzie zastosowano stary i dobrze znany układ CD4093. Pobiera bardzo mały prąd i można zasilać go napięciem z szerokiego przedziału, lecz w tej aplikacji został on zawężony do zaledwie 3...5 V. Powodem jest zależność generowanej częstotliwości od napięcia zasilania. Po przyłożeniu do zacisków wejściowych napięcia 3 V, a potem np. 6 V różnica jest znacząca, lecz między 6 V a znacznie wyższym, na przykład 20 V, znacznie mniejsza. Jest w tym zasługa diody Zenera, która zaczyna przewodzić przy napięciu na wejściu wyższym niż 5 V, ograniczając napięcie zasilające układ cyfrowy US1



Rysunek 1. Schemat ideowy sygnalizatora biegunowości zasilania



Rysunek 2. Schemat płytki PCB



Fotografia 1. Szczegóły montażu przetwornika piezoelektrycznego

eprasa.pl e16ad6537c

i zatrzymując tym samym dalsze zmiany częstotliwości. Jednocześnie, napięcie zasilające o takiej wartości (5 V) daje satysfakcjonującą głośność układu.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 60×20 mm, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Nie zostały na niej uwzględnione otwory montażowe, aby gotowy układ był możliwie mały. Można go zacisnąć w rurce termokurczliwej o dużym przekroju. Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Pod układ US1 proponuję zastosować podstawkę. Rezystory R1 i R2 można wlutować na nieco dłuższych nóżkach, aby ułatwić ich chłodzenie. Jako ostatni powinien zostać przylutowany przetwornik piezoelektryczny, dla którego przewidziano dwa pola lutownicze na spodniej stronie płytki – **fotografia 1**.

Poprawnie zmontowany układ jest gotowy do działania i nie wymaga dodatkowych czynności uruchomieniowych. Napięcie stałe, którego polaryzację chcemy wykrywać, podłącza się do zacisków złącza J1. Jeżeli jest prawidłowa (plus do plusa, minus do minusa – według opisów na płytce), zaświeci się dioda zielona i układ zapiszczy wysokim tonem. Przy błędnej polaryzacji, będzie świecić dioda czerwona, zaś częstotliwość generowanego sygnału będzie około sześciokrotnie niższa. Przy niskich napięciach (rzędu kilku woltów), głośność i wysokość tonu będzie zależała od wartości tego napięcia, zaś przy wyższych ulegnie już stabilizacji na stałym pułapie. Zmienna będzie jasność świecenia diod, ponieważ ich prąd jest ustalany jedynie rezystorem.

Pobór prądu silnie zależy od napięcia zasilającego. Przy 3 V układ już w pełni reaguje na przyłożone napięcie, pobierając przy tym około 300 μA. Wartość ta rośnie mniej-więcej proporcjonalnie, aż do 100 V, które należy uznać za kres wytrzymałości tego układu, głównie z powodu ciepła wydzielanego w rezystorach.

Michał Kurzela, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- załączanie cewki przekaźnika elektromagnetycznego poprzez transoptor,
- prąd diody nadawczej transoptora kontrolowany źródłem prądowym,
- maksymalny prąd przełączany 16 A,
- zasilanie obwodu cewki przekaźnika 24 V DC,
- zasilanie obwodu sterującego 2,5 ... 30 V,
- pobór prądu przez część sterującą 0,5 ... 13 mA,
- pobór prądu przez obwód cewki przekaźnika około 20 mA (24 V).

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

AVT5876	Energooszczędny przekaźnik bistabilny (EP 8/2021)
AVT5794	Moduł przekaźnikowy z gasikami (EP 8/2020)
AVT5710	8-kanałowy moduł przekaźnikowy z USB (EP 8/2019)
AVT5682	Przekaźnik elektromagnetyczny 230 V sterowany optoelektronicznie (EP 6/2019)
AVT5632	Moduł przekaźników z interfejsem USB (EP 3/2019)
AVT5588	Sterownik-timer z 8 przekaźnikami (EP 6/2017)
AVT1916	Konfigurowalny przełącznik 4-kanałowy (EP 8/2016)
AVT1890	Moduł przekaźników z USB (EP 6/2016)
AVT5538	Moduł załączający z triakami (EP 5/2016)
AVT3130	Moduł I/O sterowany przez USB (EdW 5/2015)
AVT1815	4-kanałowy przełącznik sterowany dowolnym pilotem IR (EP 8/2014)
AVT5368	Programowalny moduł przekaźników (EP 11/2012)

W ofercie AVT*
AVT5960

* **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.

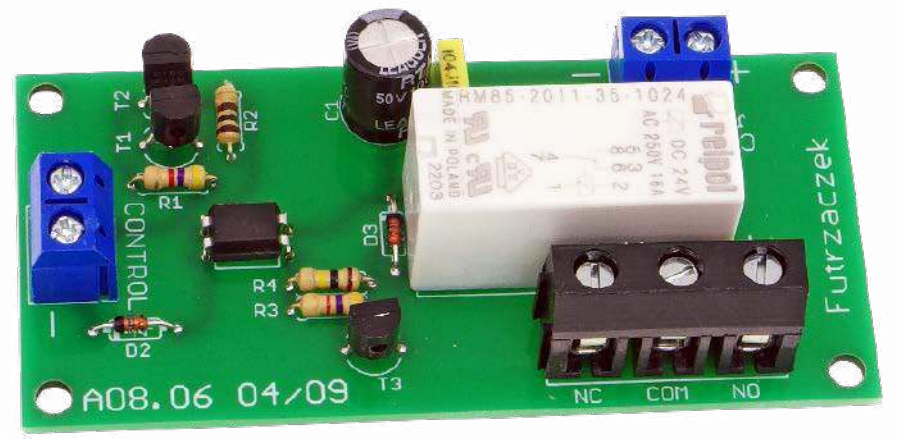
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**.

Przekaźnik elektromagnetyczny sterowany optoelektronicznie

Przekaźniki półprzewodnikowe, znane szeroko jako SSR, mają odizolowany galwanicznie obwód sterujący, który pobiera niewielką moc, za to mają sporo wymagań dotyczących przełączanego obwodu. Z kolei typowe przekaźniki elektromagnetyczne wprowadzają znikomo małe straty mocy podczas przewodzenia, za to wymagają niemałej (z punktu widzenia zaawansowanych układów cyfrowych) mocy do przełączenia styków. Ten układ łączy zalety obu tych rozwiązań.



Przekaźniki są chętnie stosowane jako elementy wykonawcze do przełączania obwodów małej i średniej mocy. Niestety, te elektromagnetyczne mogą zakłócać działanie systemów mikroprocesorowych z uwagi na zakłócenia, jakie generują podczas przełączania. Półprzewodnikowe zamienniki, czyli SSR, które od strony sterującej są niemal idealne: izolowany galwanicznie obwód pobierający niewielki prąd o znanym natężeniu, do tego dosyć dobrze kontrolowany, żadnego pola magnetycznego, żadnego iskrzenia. Jednak SSR mają też swoje wady: nie tolerują składowej stałej prądu, mogą wprowadzać do kilku woltów spadku napięcia (przez co wymagają chłodzenia) czy też są mało odporne na chwilowe przeciążenia.

Zaprezentowany układ łączy zalety obu tych rozwiązań. Steruje się nim jak zwykłym modułem SSR, ponieważ ma bardzo szeroki

eprasa.pl e16ad6537c

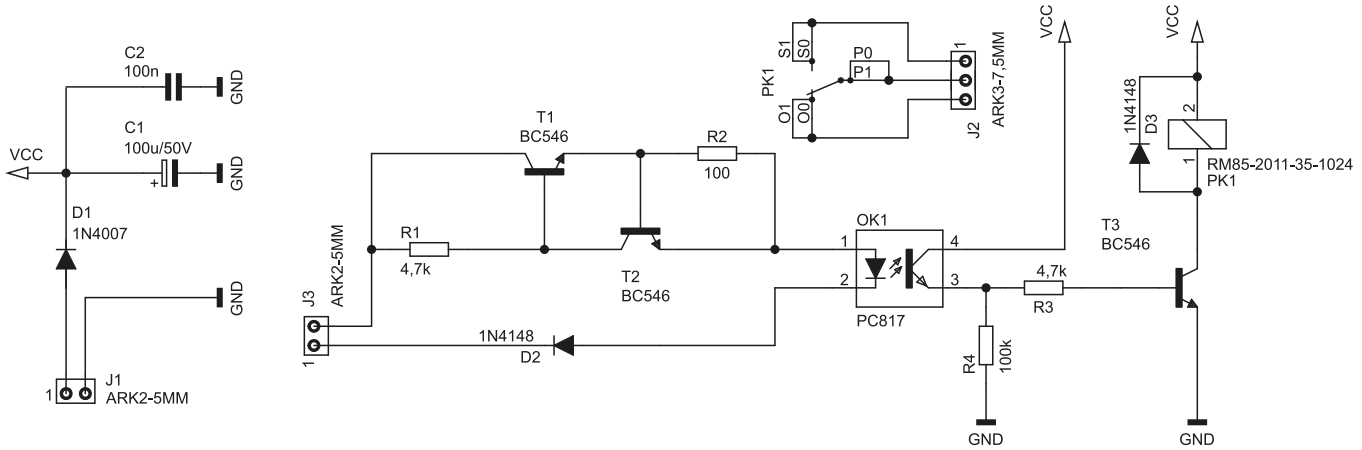
Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1, R3: 4,7 kΩ
R2: 100 Ω
R4: 100 kΩ

Kondensatory:
C1: 100 µF 50 V raster 3,5 mm
C2: 100 nF raster 5 mm MKT

Półprzewodniki:
D1: 1N4007
D2, D3: 1N4148
OK1: PC817
T1...T3: BC546

Pozostałe:
J1, J3: ARK2/500
J2: ARK3/750
PK1: RM85-2011-35-1024



Rysunek 1. Schemat ideowy przekaźnika sterowanego optoelektronicznie

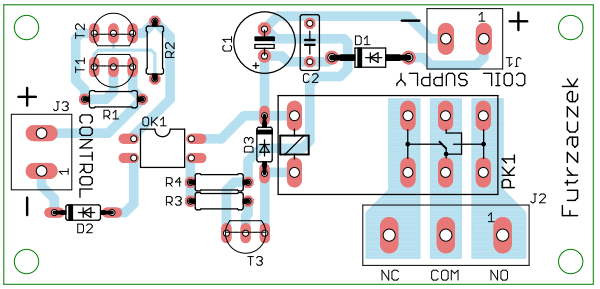
zakres dopuszczalnych napięć na wejściu, jest lepiej przystosowany do sterowania z niskonapięciowych mikrokontrolerów niż typowe moduły 3…32 V. Od strony styków jest to natomiast zwykły przekaźnik elektromagnetyczny, przez który może płynąć dowolny prąd w dowolnym kierunku z bardzo niewielkimi stratami – oczywiście, wszystko w granicach akceptowalnych przez sam przekaźnik. Jednak, w przeciwieństwie do typowego SSR, wymaga podłączenia zewnętrznego zasilania dla cewki.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Izolację galwaniczną między obwodem sterującym a cewką przekaźnika zapewnia transoptor OK1. Prąd jego diody nadawczej jest kontrolowany przez prosty układ źródła prądowego z tranzystorami T1 i T2. Wymuszają one przepływ prądu rzędu kilku miliamperów. W odróżnieniu od zwykłego rezystora, który mógłby zostać użyty w tej roli, natężenie tego prądu zmienia się w mniejszym stopniu, co pozwala na uzyskanie szerokiego zakresu dopuszczalnych napięć wejściowych. Dioda D2 blokuje przepływ prądu przez obwód sterujący w przypadku omyłkowej zamiany polaryzacji napięcia sterującego.

Fototranzystor transoptora OK1 jest w stanie załączyć tranzystor T3 poprzez wejście w nasycenie lub chociaż stan przewodzenia. Nie został wykorzystany wprost do sterowania cewką przekaźnika, ponieważ CTR transoptorów silnie zależy od temperatury, toteż nie byłoby gwarancji, że w każdych warunkach uzyskałby stan nasycenia. Dodanie prostego wzmacniacza prądu w postaci tranzystora T3 w konfiguracji wspólnego emitera rozwiązuje ten problem. T3 wejdzie prawidłowo w nasycenie nawet pod wpływem niewielkiego prądu, jaki dostarczy mu emiter transoptora OK1. Rezystor R4 utrzymuje T3 w stanie zatkania po wyłączeniu diody nadawczej w OK1: odprowadza do masy prąd zerowy kolektora fototranzystora i nie pozwala na otwarcie złącza baza-emiter T3.

Obwód zasilający cewkę przekaźnika PK1 jest zabezpieczony diodą D1, która zatka się w przypadku wystąpienia nieprawidłowej polaryzacji napięcia przyłożonego do zacisków złącza J1. Kondensatory C1 i C2 stanowią podręczny magazyn energii dla przełączającej się cewki.



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 78×37 mm, której schemat pokazuje **rysunek 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Ścieżki łączące styki przekaźnika z zaciskami złącza J2 zostały odsłonięte spod maski lutowniczej i można je pogrubić spoiwem lutowniczym.

Poprawnie zmontowany układ jest gotowy do działania i nie wymaga dodatkowych czynności uruchomieniowych. Napięcie stałe zasilające cewkę przekaźnika należy podłączyć do zacisków złącza J1. Jego nominalna wartość powinna wynosić 24 V, ale, uwzględniając wytrzymałość pozostałych elementów układu, napięcie może pochodzić z przedziału 18…30 V. Pobór prądu z tego wejścia jest zerowy przy wyłączonym przekaźniku i wzrasta do około 21 mA po wymuszeniu jego załączenia (przy założeniu napięcia 24 V na zaciskach J1).

Złącze J3 służy do podłączenia sygnału sterującego. Minimalna wartość napięcia, która spowoduje załączenie przekaźnika, to około 2,5 V – do sterowania można podać sygnał z mikrokontrolera zasilanego napięciem 3,3 V albo 5 V. Maksymalne napięcie, jakie można podać na to złącze, wynosi około 30 V. Pobór prądu przez nie może zmieniać się od 0,5 mA do 13 mA, zależnie od wartości przyłożonego napięcia.

Maksymalny prąd łączeniowy tego przekaźnika wynosi 16 A, jednak wartość ta może ulec zmniejszeniu w razie wystąpienia silnie niekorzystnych warunków pracy styków. Jest to, przede wszystkim, wysoka wartość napięcia stałego: ten parametr utrzymuje swoją wartość do napięcia 24 V, a potem silnie maleje. Dla 120 V jest to 0,22 A, zaś dla 250 V tylko 0,1 A. Szczegóły można znaleźć w nocie katalogowej przekaźnika RM85.

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl e16ad6537c

AVT sklep

W ofercie AVT*
AVT5961

Podstawowe parametry:
- generowanie ciągu impulsów prostokątnych o krótkim czasie narastania i opadania,
- czas trwania impulsu regulowany w zakresie 0...46 ns (5 V),
- częstotliwość powtarzania impulsów regulowana w zakresie 1...45 kHz (5 V),
- zasilanie napięciem stałym 2...6 V,
- pobór prądu około 10 mA (5 V).

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

AVT5795	Generator pojedynczego impulsu (EP 8/2020)
AVT5709	Generator przebiegu prostokątnego 10 kHz...33 MHz (EP 8/2019)
AVT5684	Cyfrowy generator sygnału prostokątnego 1 Hz...499 kHz (EP 7/2019)
AVT5665	Generator cyfrowy (EP 3/2019)
AVT1993	Kieszonkowy generator funkcyjny (EP 8/2018)
AVT3111	Cyfrowy generator DDS z układem AD9850 – DDS wg SQ5RWQ (SR 9/2014)
AVT5418	Cyfrowy generator sygnału prostokątnego (EP 10/2013)
AVT1728	Generator HF z powielaniem częstotliwości (EP 3/2013)
AVT1569	Generator akustyczny 20 Hz...20 kHz (EP 5/2010)
AVT1474	Generator fali prostokątnej o regulowanym współczynniku wypełnienia (EP 8/2008)
AVT5124	Generator funkcyjny DDS (EP 2/2008)

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

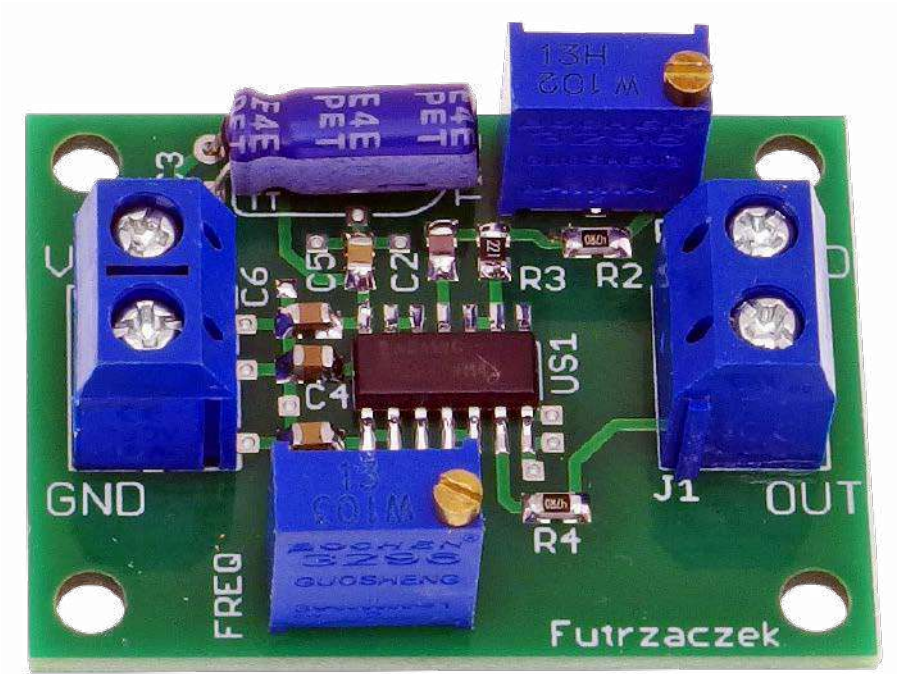
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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

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

Generator impulsów szpilkowych

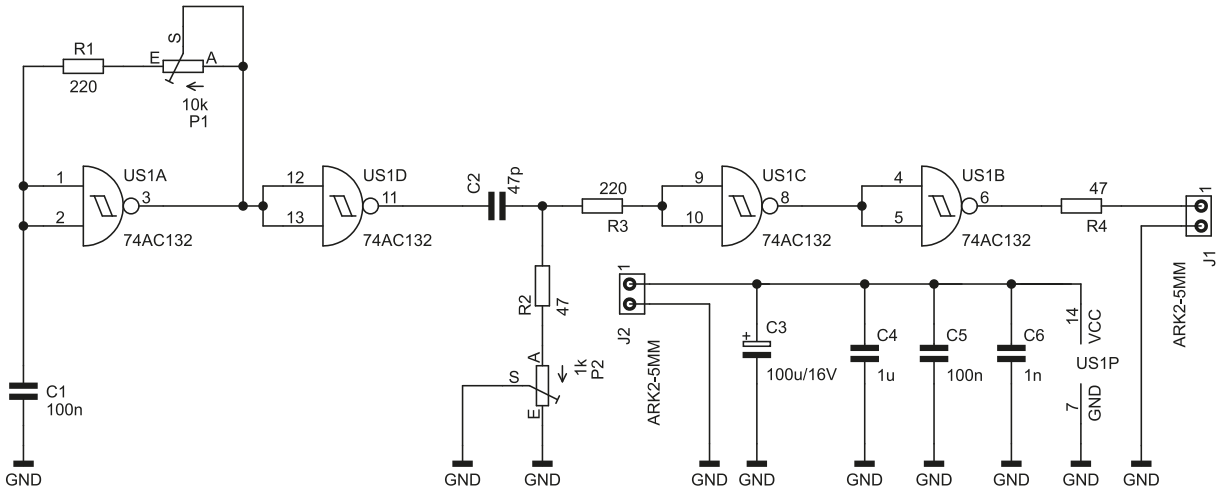
Sygnały prostokątne o bardzo krótkim czasie trwania, zwane szpilkami, mają wiele zastosowań w pracowni elektronika. Można ich używać do testowania, na przykład, odporności nowo budowanych urządzeń na zakłócenia. Ten projekt pozwala na generowanie ciągu takich impulsów o płynnie regulowanych parametrach: częstotliwości i czasie trwania.



Większość generatorów sygnału prostokątnego ma w swej strukturze relatywnie wolne układy cyfrowe, jak 555 czy z serii CMOS 4000. Za ich pomocą można wygenerować impuls o czasie trwania rzędu setek mikrosekund, ale nanosekundowe odcinki czasu są zdecydowanie poza ich zasięgiem. Tymczasem, takie układy bywają przydatne – na przykład, do symulowania obecności zakłóceń w magistrali. Zaprezentowany prosty układ pozwala na wytwarzanie impulsów o czasie trwania rzędu kilku nanosekund dzięki szybkiemu układowi cyfrowemu.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Zawiera cztery bramki NAND typu 74AC132. Podzespoły te mają wejścia wyposażone w przerzutniki Schmitta. Pierwsza taka bramka, US1A, wytwarza sygnał prostokątny o wypełnieniu około 50% i częstotliwości regulowanej przy pomocy potencjometru P1. Z uwagi na wysoki stosunek rezystancji R1 do P1, możliwe jest



Rysunek 1. Schemat ideowy sygnalizatora biegunowości zasilania

eprasa.pl e16ad6537c

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory:
R1, R3: 220 Ω (SMD0805)
R2, R4: 47 Ω (SMD0805)
P1: 10 kΩ montażowy pionowy 3296W
P2: 1 kΩ montażowy pionowy 3296W

Kondensatory:
C1, C5: 100 nF (SMD0805)
C2: 47 pF (SMD0805)
C3: 100 µF 25 V raster 2,5 mm
C4: 1 µF (SMD0805)
C6: 1 nF (SMD0805)

Półprzewodniki:
US1: 74AC132 (SO14)

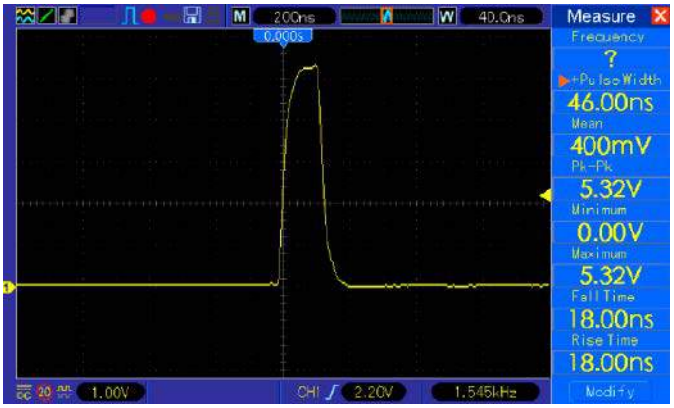
Pozostałe:
J1, J2: ARK2/500

przestrajanie tego parametru w bardzo szerokich granicach. Uzyskany sygnał prostokątny jest buforowany przez bramkę US1D. Przy okazji odwraca jego fazę o 180°, co jednak nie ma najmniejszego znaczenia w tym układzie. Chodziło o to, aby wyjście generatora sygnału prostokątnego miało możliwie krótkie czasy przełączania, a obciążenie obwodem R1 + P1 może wpływać na ten parametr niekorzystnie.

Kolejny obwód to układ różniczkujący, zbudowany z użyciem kondensatora C2 oraz wypadkowej rezystancji R2 i potencjometru P2. Reaguje na zbocze narastające sygnału prostokątnego, dając na wyjściu tego bloku krótkotrwały impuls o polaryzacji dodatniej. Jego długość jest ustalana przez położenie ślizgacza P2. Zapewnia to niezależną regulację czasu trwania wygenerowanych impulsów szpilkowych i częstotliwości ich pojawiania się. Rezystor R3 ogranicza prąd diod zabezpieczających wejście następnej bramki, które otwierają się podczas nadejścia zbocza opadającego na wejście obwodu różniczkującego.

Bramka US1C formuje finalny sygnał prostokątny, lecz jest on zanegowany. Dlatego za nią znajduje się następna bramka, która odwraca ten sygnał, dając na swoim wyjściu oczekiwane impulsy napięcia dodatniego o bardzo krótkim czasie trwania. Rezystor R4 umożliwia dopasowanie wyjścia do kabla koncentrycznego o impedancji 50 Ω.

Zasilanie dla tego prostego układu podaje się na złącze J2. Kondensatory C3…C6 zmniejszają impedancję wewnętrzną źródła zasilania, umożliwiając uzyskanie bardzo krótkich czasów przełączania wyjść bramek logicznych. Na **rysunku 2** został pokazany oscylogram pojedynczego impulsu przy ustawionym maksymalnym czasie jego trwania oraz napięciu zasilania wynoszącym 5 V. Widać monotoniczne i gładkie zbocza, lecz czasy narastania i opadania są znacząco wydłużone przez sam oscyloskop, którego pasmo wynosi 60 MHz. Według noty katalogowej użytego układu scalonego, czas przełączania może wynosić nawet 1,5 ns!

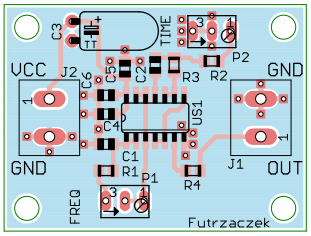


Rysunek 2. Oscylogram impulsu napięcia wyjściowego

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 30×40 mm, której schemat został pokazany na rysunku 3. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Lutowanie proponuję rozpocząć od elementów montowanych powierzchniowo. Ta technologia montażu dominuje w tym układzie, bowiem zapewnia ona znacznie mniejsze indukcyjności pasożytnicze niż przewlekany sposób montażu podzespołów. Na koniec trzeba wlutować złącza, potencjometry i kondensator elektrolityczny (można go położyć na powierzchni laminatu).

Poprawnie zmontowany układ jest gotowy do działania i nie wymaga dodatkowych czynności uruchomieniowych. Potencjometr P1 służy do ustawienia częstotliwości w zakresie 1…45 kHz, a za pomocą P2 ustawiany jest czas trwania impulsów w zakresie 0…46 ns – są to wartości zmierzone w układzie prototypowym, przy zasilaniu napięciem 5 V. Wartości te mogą ulec zmianie przy innym napięciu zasilającym. Pobór prądu wynosi około 10 mA przy braku obciążenia wyjścia, napięciu zasilającym równym 5 V i minimalnej częstotliwości.



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

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

eprasa.pl e16ad6537c

Obudowy na każde warunki

Obudowa bez wątpienia stanowi jeden z najważniejszych komponentów urządzenia elektronicznego. Zapewnia ochronę układów przed uszkodzeniami mechanicznymi i wpływem środowiska zewnętrznego, zabezpiecza użytkownika przed porażeniem elektrycznym lub uszkodzeniami ciała (w przypadku sprzętu wyposażonego w wewnętrzne napędy), stanowi barierę optyczną przed otoczeniem (np. dla urządzeń laserowych), redukuje poziom zakłóceń RFI, czy wreszcie pełni rolę podstawy montażowej dla wszystkich komponentów urządzenia. W niektórych obszarach aplikacyjnych obudowy muszą wytrzymać szczególnie trudne warunki – w tym artykule przyjrzyjmy się zatem najważniejszym parametrom stanowiącym o możliwości zastosowania obudowy w danej branży, a nasz opis uzupełnimy o przegląd wybranych modeli obudów i powiązanych z tą tematyką technologii.

Konstruowanie urządzeń elektronicznych w oparciu o obudowy uniwersalne z roku na rok staje się zadaniem coraz prostszym – oferta gotowych obudów wykonanych z rozmaitych materiałów, w szerokim zakresie wymiarów, kształtów oraz wykończeń rozrasta się coraz bardziej i to w każdym segmencie cenowym. Dość powiedzieć, że w chwili pisania niniejszego artykułu czołowi dystrybutorzy elektroniki mogą poszczycić się portfolio obudów metalowych oraz niemetalowych o imponującej rozpiętości rzędu kilkunastu tysięcy modeli (!). A mówimy przecież tylko o mainstreamowych produktach, dostępnych z półki – istnieją tysiące firm, które same zapewniają dystrybucję własnych produktów i oprócz modeli standardowych (z możliwością personalizacji, np. zastosowania odpowiednich pokryć bądź wykonania dodatkowych otworów lub struktur montażowych) wychodzą naprzeciw nawet najbardziej złożonym potrzebom odbiorców, dostarczając rozwiązania szyte na miarę konkretnego projektu.

Parametry i cechy konstrukcyjne obudów

Niezależnie od obszaru zastosowań, w przypadku każdej obudowy należy określić szereg parametrów i cech konstrukcyjnych, które przesądzają o możliwości użycia danego modelu w określonej aplikacji. Pokrótce wymieńmy zatem i scharakteryzujmy najważniejsze z nich.

Wymiary i masa własna

Ograniczenia rozmiaru oraz wagi obudowy są szczególnie istotne w branży urządzeń ubieralnych (wearable), choć w niewiele mniejszym stopniu dotyczą także wszelkiego sprzętu przenośnego (np. drobnej aparatury pomiarowej, pilotów przewodowych i bezprzewodowych, urządzeń medycznych, itd.). Najmniejsze urządzenia – takie jak opaski sportowe, smartwatche czy też elektrokardiograficzne pasy piersiowe – z uwagi na krytyczne ograniczenia wymiarowe, praktycznie w 100% przypadków korzystają z tworzywowych obudów projektowanych i produkowanych na zamówienie, a wynika to z konieczności optymalnego wykorzystania każdego ułamka milimetra przestrzeni wewnątrz urządzenia (**fotografia 1**). Nieliczni producenci pokusili się o przygotowanie portfolio małych obudów ubieralnych, przeznaczonych do urządzeń wytwarzanych w małych i średnich seriach – przykładem mogą być tutaj niewielkie obudowy BODY-CASE, MINITEC czy ERGO-CASE, oferowane przez niemiecką firmę OKW (**fotografia 2**). W zależności od wersji są one wykonywane z ABS, ASA, wytrzymałego poliwęglanu (PC) lub przeziernego dla podczerwieni PMMA. Co ważne, producent zadbał także o szeroki wybór akcesoriów dodatkowych – kompatybilne paski naręczne, pasy naramienne lub biodrowe, a także… elementy przeznaczone do budowy stacji ładowania bezprzewodowego (**fotografia 3**). Innym interesującym przykładem nieco zbliżonych (zarówno pod względem wymiarowym, jak i aplikacyjnym) produktów są obudowy „zegarkowe" SUITEK marki Teko (**fotografia 4**). I choć trudno byłoby wyobrazić sobie

Fotografia 1. Wnętrze zegarka Samsung Galaxy Watch 3. Widoczna wkładka montażowa, wyprofilowana w sposób ściśle odpowiadający zamontowanym na niej komponentom elektronicznym (https://bit.ly/3MBWKaS)

Fotografia 2. Portfolio obudów marki OKW, przeznaczonych do urządzeń ubieralnych oraz niewielkich przyrządów przenośnych (https://bit.ly/3TKHtHt)

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 3. Obudowa z serii BODY-CASE marki OKW wraz z elementami do budowy 3-gniazdowej stacji ładowania bezprzewodowego (https://bit.ly/3s2Ky9L)

flagowe modele smartwatchy wykonane w tego typu tworzywowych obudowach, to z pewnością świetnie nadają się one do rozmaitych systemów przywoławczych, urządzeń zapewniających bezpieczeństwo osób starszych i niedołężnych, trackerów GPS, aktywnych tagów RFID, niewielkich przyrządów pomiarowych, itd.

Wraz ze wzrostem dopuszczalnych wymiarów urządzenia, gwałtownie zwiększa się też zakres dostępnych modeli obudów. O ile wykonania biurkowe (desktop) są przeważnie oferowane w rozmiarach nieprzekraczających 450...500 mm – dwa przykłady pokazano na **fotografiach 5** i **6** – to większe obudowy mają zwykle mocowanie do szafy typu RACK (zwykle 19" – **fotografia 7**, rzadziej 10") bądź przyjmują postać uniwersalnej szafy instalacyjnej (współpracującej np. z szynami DIN).

Stopień ochrony IP

Jednym z kluczowych parametrów świadczących o odporności środowiskowej obudowy – niezależnie od materiału, z którego została wykonana – jest stopień ochrony IP, zwany też klasą szczelności IP i w równym stopniu dotyczący także wszelkich elementów zewnętrznych (np. złączy, dławnic i przepustów kablowych). Na rodzimym gruncie tematykę tę reguluje norma PN-EN 60529:2003, obejmująca obudowy urządzeń elektrycznych o napięciu znamionowym nieprzekraczającym 72500 V. Pierwsza cyfra oznaczenia informuje o stopniu ochrony przed penetracją przez ciała stałe i to w bardzo szerokim zakresie rozmiarów (od większych obiektów rzędu 50 mm, aż do drobnych pyłów), druga zaś koduje ochronę przed przenikaniem wody do wnętrza obudowy. Im wyższy numer, tym lepsza odporność produktu w zakresie kierunkowości i ciśnienia wody: przykładowo, klasa IPx1 chroni zaledwie przed wodą swobodnie spadającą (pionowo), zaś IPx2 dopuszcza także obrócenie obudowy o 15°. Klasy IPx7 i IPx8 dotyczą już produktów odpornych na zanurzenie w wodzie. W niektórych przypadkach można także spotkać się z oznaczeniem zawierającym więcej znaków – dodatkowe litery (A, B, C, D, H, M, S lub W) stosuje się jako nieobowiązkowe uzupełnienia (przykładowo: H dotyczy aplikacji wysokonapięciowych). Podstawowe klasy IP (do IP68 włącznie) zebrano w **tabeli 1**.

W praktyce dość istotne może być rozróżnienie definicji wyższych klas IP69 oraz IP69K. Pierwsza z nich pochodzi z oryginalnej normy „elektrycznej" IEC 60529 (w normie tej nie figuruje dodatkowy prefiks K, a cały dokument dotyczy aparatury elektrycznej jako takiej) i oznacza ochronę przed bardzo silną strugą wody pod wysokim ciśnieniem i o podwyższonej temperaturze (do 80°C), przy czym standard definiuje też odległość powierzchni obudowy od dyszy (175 mm ±25 mm) i siłę wywieraną przez strumień na badaną powierzchnię (0,9...1,2 N). Dość

Fotografia 4. Obudowy do urządzeń ubieralnych z serii SUI-TEK marki Teko (https://bit.ly/3TsObSe)

Fotografia 5. Duża obudowa metalowa UNICASE 6 (M5506119) w klasycznym wykonaniu z dwoma panelami oraz dwuczęściowym korpusem. Wymiary: 474×300×134,5 mm (https://bit.ly/3MJNYIe)

często spotykana klasa IP69K pochodzi natomiast z motoryzacyjnej normy ISO 20653 – zamiast siły wywieranej przez wodę uderzającą w powierzchnię badanego obiektu, definiuje ona zakres ciśnienia wody (80....100 bar z przepływem 14...16 l/min). Nieco inny jest także przedział odległości od dyszy do powierzchni (100...150 mm). Porównanie zapisów obu norm pokazano w **tabeli 2**.

Tabela 1. Podstawowe klasy IP wg normy 60529 (https://bit.ly/3EMndRr)

Pierwsza Cyfra	Znaczenie	Druga Cyfra	Znaczenie
0	Brak ochrony	0	Brak ochrony
1	Ochrona przed obiektami większymi niż 50 mm	1	Ochrona przed pionowo spadającą wodą
2	Ochrona przed obiektami większymi niż 12 mm	2	Ochrona przed spadającą wodą, jeśli przedmiot jest obrócony do 15°
3	Ochrona przed obiektami większymi niż 2,5 mm	3	Ochrona przed spadającą wodą, jeśli przedmiot jest obrócony do 60°
4	Ochrona przed obiektami większymi niż 1 mm	4	Ochrona przed wodą bryzgającą ze wszystkich kierunków
5	Ochrona przed kurzem	5	Ochrona przed strumieniami wody
6	Całkowita ochrona przed kurzem	6	Ochrona przed bardzo sinymi strumieniami wody
7	–	7	Ochrona przed efektami zanurzenia w wodzie o głębokości do 1 m
8	–	8	Ochrona przed efektami długotrwałego zanurzenia w wodzie

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 6. Obudowa biurkowa 1456WL1WHBU marki Hammond Manufacturing Ltd. Wymiary: 508×287×89 mm (https://bit.ly/3EQOlOZ)

Fotografia 7. Przykładowa obudowa z mocowaniem typu RACK 19" z serii RatiopacPRO marki Nvent Schroff (widok bez panelu czołowego oraz płyty tylnej). Źródło: https://bit.ly/3D9hALX

Warto zwrócić uwagę, że nawet w przypadku najwyższych klas IP69(K) mamy do czynienia z silnym strumieniem wody, a nie z pracą ciągłą na dużej głębokości. Przykładowo – według ISO 20653 obudowa klasy IPx7 musi wytrzymać 30-minutowe zanurzenie na głębokości 1 metra (licząc dla najniższego punktu obudowy), zaś w przypadku gdy obudowa jest wyższa niż 85 cm – najwyższy jej punkt powinien znajdować się podczas testu 15 cm pod powierzchnią wody. Klasa IPx8 dotyczy już długotrwałej pracy w zanurzeniu, ale norma (podobnie zresztą, jak IEC 60529) nie specyfikuje limitów głębokości (a co za tym idzie – także ciśnienia hydrostatycznego), zostawiając furtkę dla producentów – mogą oni bowiem sami określić poziom odporności zanurzeniowej, o ile tylko jest ona wyższa, niż dla produktów klasyfikowanych jako IPx7.

W materiałach amerykańskich producentów można spotkać się z klasyfikacją NEMA, która – choć dotyczy tych samych zagadnień – nie daje się bezpośrednio odnieść do oznakowań normy 60529. Oznacza to, że numeracja wg NEMA nie biegnie w sposób monotoniczny, jak ma to miejsce w opisanych wcześniej standardach – przykładowo, NEMA 1 stanowi odpowiednik IP10 (ochrona przed dostępem ciał stałych >= 50 mm i brak ochrony przed wnikaniem cieczy), NEMA 3 jest zbliżona do IP54 (ochrona przed pyłem i bryzgami wody z dowolnego kierunku), zaś NEMA 12 określa stopień ochrony porównywalny z… IP52 (sic!).

Odporność na promieniowanie UV

Wielodniowa ekspozycja tworzywa sztucznego na działanie promieniowania UV (w znaczącej większości przypadków pochodzenia słonecznego) powoduje istotną degradację materiału na drodze przerywania łańcuchów polimerowych, produkcji wolnych rodników oraz zmniejszenia masy cząsteczkowej. O ile pogorszenie estetyki produktu (z uwagi na odbarwienia powierzchni) samo w sobie jest już pewnym problemem, to znacznie gorsze okazuje się osłabienie wytrzymałości mechanicznej tworzywa, co w dłuższej perspektywie prowadzi do powstania nieodwracalnych uszkodzeń (np. pęknięć – **fotografia 8**). W przypadku urządzeń pracujących na zewnątrz budynków dodatkowym czynnikiem narażenia są też szerokie wahania

Obudowy nigdy dotąd nie były tak uniwersalne

Modułowe obudowy ICS dla nowoczesnych urządzeń IoT.

- Wysoka elastyczność zastosowania dzięki systemowi modułowemu
- Zintegrowana technika przyłączeniowa
- Optymalne wykorzystanie przestrzeni oraz możliwość dostosowania konstrukcji, kolorów i nadruku
- 8-biegunowe łączniki T-BUS na szynę DIN do łatwej komunikacji między modułami

Odwiedź naszą stronę internetową i dowiedz się więcej!

www.phoenixcontact.pl/Obudowy

PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

REKLAMA

© Phoenix Contact 2021

eprasa.pl e16ad6

Tabela 2. Porównanie warunków badania szczelności obudów dla stopni ochrony IPx9 (wg IEC 60529) oraz IPx9K (według ISO 20653). Źródło: https://bit.ly/3eAcqz7

	Przepływ	Kierunki natrysku	Prędkość stołu obrotowego	Czas badania	Odległość	Temperatura	Siła nacisku lub ciśnienie wody
IPX9	15 ±1 l/min.	0°, 30°, 60°, 90°	5 ±1 obr./mm	30 sekund/pozycję dla małych obudów, 1 min./m	175 ±25 mm	80 ±5°C	0,9...1,2 N
IPX9K	14...16 l/min.	0°, 30°, 60°, 90°	5 ±1 obr./mm	30 sekund na pozycję	100...150 mm	80 ±5°C	ok. 8000...10000 kPa

temperatury, które w połączeniu z promieniowaniem UV znacznie przyspieszają degradację struktury materiału. Dlatego też producenci dbający o długotrwałą niezawodność swoich wyrobów wytwarzają obudowy z materiałów odpornych na działanie ultrafioletu, np. ASA – kopolimeru zbliżonego do ABS, w którym zamiast butadienu stosowany jest akryl; szeroko stosowanego m.in. w motoryzacji. Doskonale sprawdzają się też polimery mieszane – np. ASA + PC-FR (ASA połączony z poliwęglanem wzmacnianym włóknem szklanym).

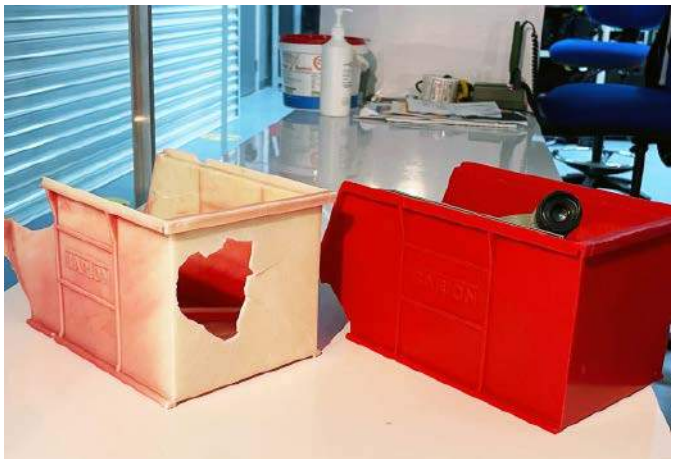
Odporność temperaturowa

Oczekiwana wytrzymałość termiczna obudowy w danym obszarze aplikacyjnym stanowi kluczowy czynnik, decydujący o możliwości zastosowania określonego materiału do jej produkcji. Choć problem ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadku urządzeń przeznaczonych do użycia w środowiskach wyjątkowo gorących (np. sprzęt ratunkowy wykorzystywany przez straż pożarną) lub zimnych (np. osprzęt alpinistyczny) – na duże wahania temperatury narażone są też wszystkie urządzenia stacjonarne pracujące na zewnątrz budynków, instalacje samochodowe czy kolejowe, sprzęt militarny, wyposażenie AGD, itd. Co więcej – nawet w przypadku urządzeń pracujących w bardzo przyjaznych warunkach domowych (np. wzmacniaczy audio) należy przewidzieć wpływ ciepła wydzielanego przez samą elektronikę na potencjalne odkształcenia delikatniejszych elementów obudowy.

O ile przy zastosowaniu obudów metalowych (zwykle aluminiowych lub stalowych) zagadnienie odporności termicznej nabiera znaczenia dopiero przy skrajnie wysokich temperaturach (rzecz jasna całkowicie osobny temat to wytrzymałość znajdującej się wewnątrz elektroniki), o tyle w przypadku tworzyw sztucznych problem pojawia się w znacznie niższym zakresie temperatur. Przekroczenie temperatury zeszklenia (oznaczanej zwykle jako Tg) powoduje zapoczątkowanie stopniowego mięknięcia materiału przez zmiany ułożenia łańcuchów polimeru na poziomie makroskopowym. W przypadku większości popularnych tworzyw sztucznych (**tabela 3**) temperatura zeszklenia nie przekracza 105°C, stąd też bezpieczny zakres temperatur pracy tych materiałów dochodzi zaledwie do kilkudziesięciu stopni Celsjusza (w przypadku ABS podaje się zwykle wartość graniczną na poziomie 70...80°C).

Kolejnym niezwykle istotnym parametrem termicznym tworzyw sztucznych pozostaje temperatura mięknienia, wyznaczana metodą Vicata. Pomiar okazuje się konieczny z użytkowego punktu widzenia – podczas gdy temperatura zeszklenia jest parametrem stosowanym szeroko w materiałoznawstwie, ale wymagającym zaawansowanych technik pomiarowych, metoda Vicata jest znacznie bardziej użytecznym narzędziem z punktu widzenia zastosowań konstruktorskich. Podczas pomiaru niewielką sondę – w postaci igły o płaskiej końcówce o powierzchni 1 mm² (**fotografia 9**) – dociska się stałą siłą (10 N dla metody Vicat A lub 50 N dla Vicat B) do powierzchni stopniowo podgrzewanej próbki materiału. Zagłębienie końcówki na głębokość 1 mm wyznacza koniec testu, a panująca wtedy temperatura oznacza wartość progu mięknięcia (Vicat softening point), podawaną przez producentów w notach katalogowych. I tak, ABS UL 94 HB stosowany przez markę OKW ma temperaturę mięknięcia (wg metody B50, tj. przy wzroście temperatury o 50°C/h) równą 90°C. Metoda Vicata jest określana przez normy ISO 306 oraz ASTM D1525.

W praktyce często spotkać się można także z odniesieniami do badań wg standardów ISO 75 i ASTM D648 – w tym przypadku mierzone



Fotografia 8. Porównanie stanu dwóch tworzywowych pojemników (wyprodukowanych 15 lat przed wykonaniem fotografii): po lewej – pojemnik wystawiony na działanie światła słonecznego, po prawej – przedmiot przechowywany przez ten czas z dala od bezpośredniej ekspozycji na światło słoneczne (https://bit.ly/3s2yi9l)

Tabela 3. Właściwości termiczne najczęściej spotykanych polimerów (na podstawie: https://bit.ly/3Tf1sOi, https://bit.ly/3D8oUqY, https://bit.ly/3EUp9au,

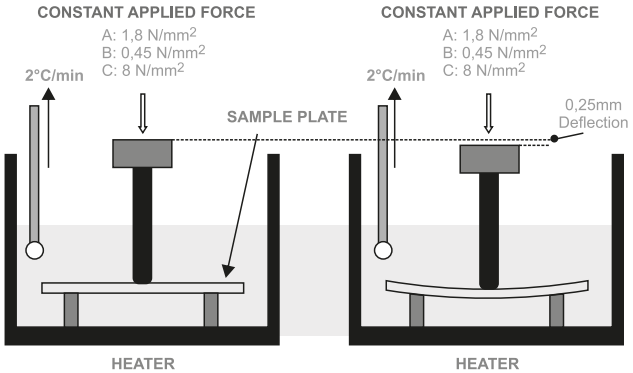
Materiał	Tg [°C]	Tm [°C]
Polietylen o małej gęstości (LDPE)	–100	110
Polietylen o dużej gęstości (HDPE)	–100	130
Polipropylen (PP)	–25	170
Akrylonitryl-butadien-styren (ABS)	105	200...230
Poliwęglan (PC)	149	149
Nylon 6,6	49	250
Poli(tereftalan etylenu) (PET)	70	240
Tlenek polifenylenu (PPO)	200	300
Polistyren (PS)	95	240
Akrylonitryl-styren-akrylan (ASA)	95...112	170...280

Fotografia 9. Stacja pomiarowa do badań temperatury mięknienia metodą Vicata (https://bit.ly/3MGGzco)

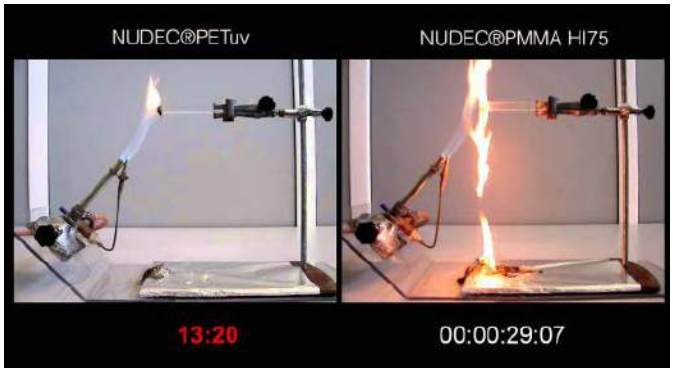
eprasa.pl e16ad6537c

Tabela 4. Podstawowe wytyczne dot. testów palności wg UL 94 (https://bit.ly/3ScmgEX)

Klasa	Ułożenie próbki	Definicja	Dopuszczalny czas palenia	Obecność cząstek kapiących		Dopuszczalność wystąpienia przepalonego otworu w próbce o kształcie płytki
				Zapalonych	Niezapalonych	
UL 94 HB	Poziome	Powolne palenie	Szybkość palenia poniżej 76 mm/min dla próbki o grubości < 3 mm; płomień zatrzymany po 100 mm			
UL 94 V-2	Pionowe	Zatrzymanie płomienia	30 s	Tak	Tak	
UL 94 V-1	Pionowe	Zatrzymanie płomienia	30 s	Nie	Tak	
UL 94 V-0	Pionowe	Zatrzymanie płomienia	10 s	Nie	Tak	
UL 94 5VB	Pionowe	Zatrzymanie płomienia	60 s	Nie	Nie	Tak
UL 94 5VA	Pionowe	Zatrzymanie płomienia	60 s	Nie	Nie	Nie



Rysunek 1. Metoda pomiaru temperatury ugięcia pod obciążeniem wg normy ASTM D648 (https://bit.ly/3MGcJVE)



Fotografia 10. Przebieg testu palności dwóch materiałów: PET oraz PMMA (https://bit.ly/3DaYyos)

jest jednak nie zagłębienie igły w powierzchni materiału, ale ugięcie podłużnej próbki (belki) w układzie wg **rysunku 1**. W przypadku wspomnianego wcześniej ABS, wykorzystywanego przez firmę OKW, temperatury ugięcia pod obciążeniem mierzone metodą ISO 75 wynoszą: 89°C dla nacisku 0,45 MPa oraz 76°C dla nacisku 1,80 MPa.

Po stronie niskich temperatur ilość tworzyw sztucznych możliwych do bezpiecznego stosowania przez dłuższy czas znów znacząco maleje. Przykładowo, obudowy z ABS nie powinny być używane poniżej –20°C, zaś PET radzi sobie nawet w zakresie do –70°C. Jeżeli przesuwamy się jeszcze dalej, w kierunku temperatur kriogenicznych (–150°C i niżej), do wykorzystania pozostaje naprawdę niewiele materiałów – oprócz teflonu (PTFE) odpowiednim wyborem są niektóre odmiany poliimidu (do tej grupy należy m.in. niezwykle popularny Kapton, wykorzystywany jednak w postaci folii i taśm samoprzylepnych, a nie jako polimer konstrukcyjny).

Palność

Oprócz odporności temperaturowej, polimery wykorzystywane do produkcji obudów muszą przechodzić także skrupulatne testy palności, których celem jest zniwelowanie ryzyka podtrzymywania oraz rozprzestrzeniania pożaru. W tym celu materiały poddawane są badaniom wg standardu UL 94, zharmonizowanego zresztą z normami IEC 60707, IEC 60695-11-10, IEC 60695-11-20, ISO 9772 oraz ISO 9773. W **tabeli 4** pokazano podsumowanie warunków testu dla sześciu klas zdefiniowanych przez UL 94.

Oprócz całkowitego czasu lub szybkości palenia, materiał jest oceniany także pod kątem skłonności do kapania rozgrzanymi cząstkami – żeby było trudniej, pod próbką podpalaną przez palnik (o ściśle kontrolowanej wysokości płomienia) umieszcza się… watę bawełnianą, której zapłon przez rozżarzone krople stanowi przesłankę do zakończenia testu z wynikiem negatywnym (w przypadku klas V-1, V-0, 5VB oraz 5VA). Przedmiotem badania jest także obecność otworów, przepalonych w płaskich płytkach testowanego materiału (w przypadku badań na klasę UL 94 5VB oraz UL 94 5VA). Przykład efektownego przebiegu testu dla dwóch różnych materiałów (PET oraz PMMA) pokazano na **fotografii 10**.

Odporność na udary mechaniczne

Inżynierowie projektujący urządzenia przeznaczone do instalacji w miejscach publicznych muszą liczyć się z niezbyt cywilizowanym zachowaniem pewnych jednostek, a upowszechnianie się idei inteligentnych miast niestety wcale nie idzie w parze ze wzrostem poziomu inteligencji niektórych ich mieszkańców. Dlatego też szereg producentów oferuje obudowy wandaloodporne, wykonane najczęściej z wytrzymałej blachy stalowej, choć – w zależności od wymaganej odporności na uszkodzenia – do produkcji tego typu obudów mogą być stosowane także niektóre tworzywa sztuczne (np. poliwęglan wzmacniany włóknem szklanym) i aluminium. Wbrew pozorom, problem nie dotyczy tylko bankomatów, biletomatów czy też parkometrów – z równą pieczołowitością trzeba także chronić m.in. cenny sprzęt telemetryczny. Obudowy odporne na udary mechaniczne są także wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu – wszędzie tam, gdzie ukryta w nich elektronika mogłaby być narażona na przypadkowe uderzenia. Z oczywistych przyczyn, obudowy typu heavy-duty zwykle zapewniają (oprócz wysokiej wytrzymałości mechanicznej) także pewien stopień szczelności, zwykle nie niższy, niż IP65.

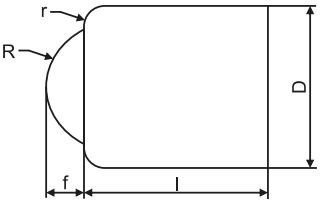
Badanie stopnia ochrony przed uderzeniami mechanicznymi obejmuje polska norma PN-EN 62262:2003, wprowadzająca na polskim gruncie metodologię testów wg EN 62262:2002 oraz IEC 62262:2002. Podobnie, jak PN-EN 60529:2003, standard także dotyczy urządzeń o napięciu znamionowym do 72,5 kV, pokrywa zatem niemal wszystkie możliwe zastosowania w przemyśle elektronicznym. Podstawowa klasyfikacja IK obejmuje klasy od IK00 do IK10 – im wyższy numer (**tabela 5**), tym większą energię uderzenia jest w stanie przetrwać badana obudowa (Kod IK11 do polskiej wersji normy został wprowadzony dopiero dokumentem PN-EN 62262:2003/A1:2022-06). Test

eprasa.pl e16ad6537c

Tabela 5. Klasyfikacja IK według normy EN/IEC 62262 oraz przykładowe uderzenia odpowiadające poszczególnym warunkom testów (https://t.ly/icHb)

00	brak ochrony oraz odporności na uderzenia	–
01	odporność na uderzenia o energii 0,15 J	uderzenie lekkim młotkiem
02	odporność na uderzenia o energii 0,20 J	uderzenie lekkim młotkiem
03	odporność na uderzenia o energii 0,35 J	uderzenie lekkim młotkiem
04	odporność na uderzenia o energii 0,50 J	uderzenie lekkim młotkiem
05	odporność na uderzenia o energii 0,70 J	uderzenie lekkim młotkiem
06	odporność na uderzenia o energii 1 J	uderzenie młotkiem 0,5 kg z wysokości 20 cm
07	odporność na uderzenia o energii 2 J	uderzenie młotkiem 0,5 kg z wysokości 40 cm
08	odporność na uderzenia o energii 5 J	uderzenie młotkiem 1,7 kg z wysokości 29,5 cm
09	odporność na uderzenia o energii 10 J	uderzenie młotkiem 5 kg z wysokości 20 cm
10	odporność na uderzenia o energii 20 J	uderzenie młotkiem 5 kg z wysokości 40 cm

jest zwykle wykonywany z użyciem młota o ściśle określonych wymiarach i masie (**tabela 6**, **rysunek 2**), zrzucanego swobodnie na badaną powierzchnię. Co ważne, szczegółowe parametry zestawu testowego są określone nie przez normę 62262:2002, ale przez osobny dokument: EN 60068-2-75, w Polsce wprowadzony przez PN-EN 60068-2-75:2015-01. Stopień ochrony IK definiują m.in. producenci kamer monitoringu, które z uwagi na wysokie ryzyko celowego uszkodzenia muszą wytrzymać znacznie silniejsze uderzenia, niż zwykłe kamery CCTV w tworzywowych obudowach (**fotografie 11** i **12**).



Rysunek 2. Wymiary młota testowego wg EN 60068-2-75 (https://bit.ly/3ScXiFt)

Odporność na inne uszkodzenia mechaniczne

Urządzenia przenośne z oczywistych przyczyn także narażone są na przypadkowe upuszczenia, uderzenia czy wibracje, nie wspominając o innych typach zagrożeń (np. przez zalanie, ekspozycję na promieniowanie UV bądź duże wahania temperatur). Aparatura pomiarowa (multimetry, mierniki parametrów środowiskowych, dalmierze laserowe, itd.), przenośne urządzenia medyczne czy też osobiste radiotelefony muszą zatem wykazywać wysoką odporność na tego typu zdarzenia. W aplikacjach, dla których konwencjonalne obudowy tworzywowe okazują się niewystarczające do zapewnienia pożądanego poziomu ochrony wbudowanej elektroniki, niezbędne bywają więc obudowy typu heavy-duty o zwiększonej wytrzymałości mechanicznej, a często także wyższej szczelności czy też odporności chemicznej.

Fotografia 11. Wandaloodporna kamera kopułkowa DS-2CD1143G0-I w obudowie aluminiowej z kloszem poliwęglanowym o klasie odporności udarowej IK10 (https://t.ly/viQu)

Jako przykład wymagań stawianych urządzeniom elektronicznym pod względem wytrzymałości mechanicznej przywołamy normę 60601-1, dotyczącą zagadnień bezpieczeństwa podstawowego i funkcjonowania zasadniczego elektrycznych urządzeń medycznych, która w sekcji 15.3.1 definiuje tabelę stosowalności testów wytrzymałości mechanicznej (**tabela 7**). Jak widać, urządzenia ręczne i przenośne są poddawane testom nacisku, swobodnego spadku oraz zaniku naprężeń pomontażowych, a – dodatkowo – sprzęt przenośny musi być także sprawdzony pod względem odporności na udar:

- Próba nacisku polega na sprawdzeniu sztywności obudowy poprzez poddanie jej działaniu siły 250 N (±10 N) przez czas 5 sekund za pomocą próbnika o okrągłej, płaskiej powierzchni i średnicy 30 mm;
- Próba udaru polega na spuszczeniu metalowej, półkilogramowej kuli o średnicy 50 mm z wysokości 1,3 m na powierzchnię obudowy (na szczęście dla projektantów, próby nie stosuje się do wyświetlaczy i kilku innych rodzajów elementów);

Fotografia 12. Wandaloodporna obudowa kamery PoE marki Bosh (klasa IK10). Źródło: https://t.ly/fAou

Tabela 6. Parametry młota stosowanego w badaniach odporności udarowej wg normy EN 60068-2-75 (https://bit.ly/3ScXiFt). Wyjaśnienia:

Klasa IK	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10	IK11
Energia uderzenia [J]	–	0,14	0,20	0,35	0,50	0,70	1,00	2,00	5,00	10.00	20.00	50.00
Wysokości upuszczenia [mm]	–	56	80	140	200	280	400	400	300	200	400	500
Masa [kg]	–	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	1,70	5,00	5,00	10.00
Materiał	–	p[1]	p[1]	p[1]	p[1]	p[1]	p[1]	s[2]	s[2]	s[2]	s[2]	s[2]
R [mm]	–	10	10	10	10	10	10	25	25	50	50	50
D [mm]	–	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	35	60	80	100	125
f [mm]	–	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	7	10	20	20	25
r [m]	–	–	–	–	–	–	–	–	6	–	10	17
L [mm]	–	Odpowiedni do wymaganej masy										
Młot wahadłowy	–	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Młot sprężynowy	–	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	nie	nie	nie
Młot wolnospadowy	–	nie	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak

eprasa.pl e16ad6537c

Tabela 7. Stosowalność testów wytrzymałości mechanicznej urządzeń medycznych wg normy PNEN 60601-1:2006

Typ urządzenia medycznego	Próba
Ręczne	Nacisk
	Swobodny spadek
	Zanik naprężeń pomontażowych
Przenośne	Nacisk
	Udar
	Swobodny spadek
	Zanik naprężeń pomontażowych
Ruchome	Nacisk
	Udar
	Nieostrożna obsługa
	Zanik naprężeń pomontażowych
Mocowane na stałe lub stacjonarne	Nacisk
	Udar
	Zanik naprężeń pomontażowych

- Próba spadku polega na zrzucaniu urządzenia z wysokości 1 m (lub wysokości użytkowej, np. ~1,8 m w przypadku urządzeń nagłownych) na twardą płytę drewnianą.

W każdym z powyższych przypadków urządzenie przechodzi test, jeżeli narażenie mechaniczne nie spowoduje nieakceptowalnego zagrożenia dla użytkownika (pacjenta lub operatora) – nie oznacza to zatem, że obudowa pozostanie nietknięta, ale że ewentualne uszkodzenie będące wynikiem działania danej siły nie obniży np. parametrów izolacji czy też nie spowoduje powstania pęknięć o ostrych krawędziach.

Certyfikacja ATEX

Niektóre urządzenia i systemy elektroniczne są przeznaczone do pracy w środowiskach zagrożonych eksplozją, w których najmniejsza nawet iskra może doprowadzić do katastrofy. Taka sytuacja ma miejsce m.in. w zakładach petrochemicznych, zakładach energetycznych, kopalniach, fabrykach spożywczych, zakładach wojskowych, itp. – wszędzie tam, gdzie w otoczeniu urządzenia mogą występować łatwopalne gazy, mgły, pyły lub opary, które w połączeniu z tlenem atmosferycznym stanowią mieszaninę wybuchową.

Tematykę zabezpieczeń stosowanych w urządzeniach pracujących w atmosferach wybuchowych obejmuje Dyrektywa Parlamentu Europejskiego I Rady 2014/34/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej oraz obszerna lista norm zharmonizowanych z ww. dyrektywą.

Na liście znalazł się m.in. szereg norm z serii PN-EN 60079, obejmujących różne rodzaje budowy urządzeń elektrycznych, których wspólnym celem jest ograniczenie ryzyka zapłonu, np. w wyniku pojawienia się iskry wewnątrz urządzenia – w przypadku obudów zgodnych z ATEX (**rysunek 3**) najczęściej można spotkać się z odniesieniami do EN 60079-0 (norma podstawowa), EN 60079-1 (obudowy ognioszczelne typu „d"), EN 60079-7 (budowa wzmocniona „e"), EN 60079-11 (iskrobezpieczeństwo „i"), EN 60079-31 (obudowy typu „t" chroniące przez zapłonem pyłu) czy też EN 60079-15 (zabezpieczenia typu „n" – zastosowanie uszczelnień). Zagadnienia dyrektywy ATEX i metod ochrony przeciwwybuchowej stanowią niezwykle szeroki obszar inżynierii na styku elektryki, elektroniki, mechaniki, materiałoznawstwa, chemii oraz fizyki, stąd nie sposób w krótkim artykule przeglądowym zamieścić choćby pobieżnego omówienia najważniejszych zagadnień iskrobezpieczeństwa – zainteresowanych Czytelników odsyłamy do następujących źródeł:

Rysunek 3. Oznakowanie certyfikacji produktu zgodnie z dyrektywą ATEX (https://t.ly/FsPc)

Fotografia 13. Przykładowe obudowy zgodne z dyrektywą ATEX (https://t.ly/VVP7)

Fotografia 14. Obudowa ognioszczelna Ex d- ATEX zgodna z normą 60079-1 (https://t.ly/5bie)

- https://t.ly/Rnvr – oficjalny tekst Dyrektywy 2014/34/UE w wersji polskojęzycznej,
- https://t.ly/PPR5 – lista norm zharmonizowanych z Dyrektywą 2014/34/UE,
- https://t.ly/X33R – decyzja wykonawcza Komisji UE w spr. powyższej listy norm,
- https://www.iecex.com/ – strona oficjalna międzynarodowej organizacji IECEx (International Electrotechnical Commission System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Explosive Atmospheres).

Na fotografiach 13...16 pokazano przykładowe obudowy ogniotrwałe i iskrobezpieczne, zarówno uniwersalne (**fotografie 13** i **14**), jak i przeznaczone do zabudowy konwencjonalnych komputerów PC w otoczeniu atmosfery wybuchowej (**fotografia 15**). Warto jednak pamiętać, że obudowy zgodne z dyrektywą ATEX w żadnym razie nie powinny być utożsamiane tylko i wyłącznie z masywnymi, stalowymi obudowami, zdolnymi przetrwać nawet w tak trudnych warunkach, jak ekspozycja na temperatury rzędu 970°C i to przez czas do 2 h (przykład

Fotografia 15. Iskrobezpieczna budowa ze stali nierdzewnej typu 316, przeznaczona do zabudowy klasycznego komputera stacjonarnego (https://t.ly/tvY-)

eprasa.pl e16ad6537c

na **fotografii 16**)! Wykonania iskrobezpieczne dotyczą też niewielkich, lekkich obudów z tworzywa sztucznego (np. poliamidu – **fotografia 17**), przeznaczonych do użycia w projektach rozmaitych urządzeń pomiarowych czy kontrolnych. Należy pamiętać, że w tym przypadku certyfikacja dotyczy przede wszystkim samego materiału obudowy, gdyż po wykonaniu otworów do umieszczenia wyświetlaczy bądź elementów elektromechanicznych, kwestia ewentualnej szczelności i tak musi zostać poddana osobnej ocenie i badaniom dopuszczającym do użytku w atmosferach wybuchowych. Co więcej – ograniczenia dotyczące m.in. maksymalnych wartości pojemności i indukcyjności, a także prądów, napięć i mocy w obwodach urządzenia są przedmiotem kolejnych norm branżowych i samo użycie obudowy wykonanej z certyfikowanego materiału w żaden sposób nie gwarantuje wymaganego normami zharmonizowanymi poziomu bezpieczeństwa.

Fotografia 16. Obudowy ognio-trwałe z serii ACEX marki CE-TEK (https://t.ly/Ekb8)

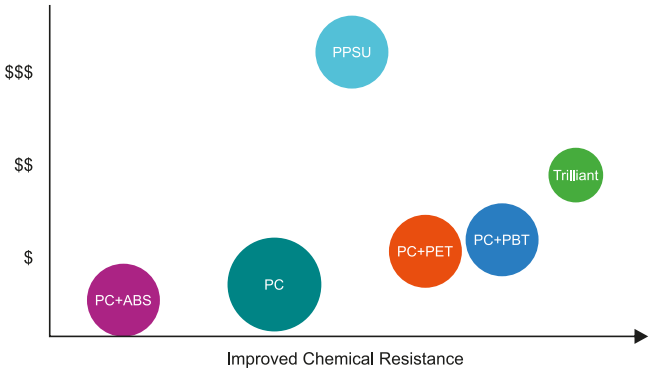
Fotografia 17. Przeciwwybuchowe obudowy poliamidowe do urządzeń ręcznych z serii Beluga Ex (https://t.ly/Nfe7)

Odporność na środki chemiczne

Błędem byłoby stwierdzenie, że lista czynników środowiskowych, jakim poddawane są rozmaite urządzenia elektroniczne, kończy się na promieniowaniu UV, wpływie wilgoci, silnych udarach mechanicznych, wibracjach, skrajnych temperaturach, czy też zagrożeniu wybuchem. Do listy należy bowiem dodać pełne spektrum różnorodnych substancji, a problem nie dotyczy tylko przemysłu chemicznego czy maszynowego (oleje, smary, rozpuszczalniki, itd.). Branże: medyczna, farmaceutyczna, spożywcza czy kosmetyczna, a także aplikacje laboratoryjne, wymagają odporności materiału, z którego wykonana jest obudowa (podobnie, jak inne elementy zewnętrzne, w tym osłony wyświetlaczy, panele czołowe, klawiatury, itd.) na działanie detergentów oraz środków dezynfekcyjnych.

Dobrym przykładem będzie tutaj „biblia" inżynierów biomedycznych, czyli norma 60601-1. Punkt 7.1.3 standardu opisuje wymogi dotyczące trwałości oznakowań, ważnych z punktu widzenia bezpieczeństwa oraz identyfikowalności i umieszczanych na obudowie bądź innych elementach urządzenia (np. rodzaj i wartość napięcia zasilania, moc pobierana przez urządzenie, zakres ciśnienia w przypadku urządzeń pneumatycznych, pozycje załączenia/wyłączenia elementów elektromechanicznych, oznakowania ostrzegawcze o zagrożeniach, czy wreszcie znak firmowy i oznaczenie modelu bądź typu wyrobu). Według normy PN-EN 60601-1:2011: „oznakowanie (....) powinno być usuwalne tylko za pomocą narzędzia lub znacznej siły i powinno być wystarczająco trwałe, aby pozostawało wyraźnie czytelne przez oczekiwany okres użyteczności urządzenia medycznego".

Badanie zgodności z wymogiem 7.1.3 realizuje się poprzez ręczne pocieranie szmatkami zwilżonymi (kolejno) wodą destylowaną, spirytusem skażonym oraz alkoholem izopropylowym, w każdym przypadku przez czas 15 sekund. Celem badania jest sprawdzenie odporności nadruków na działanie środków dezynfekcyjnych – jeżeli oznakowanie (istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania sprzętu) uległoby starciu, mogłoby to prowadzić do istotnego zagrożenia dla pacjenta i/lub personelu medycznego. Choć oczywiście trwałość samych nadruków zależy głównie od rodzaju zastosowanych farb i metody przeniesienia rysunku (np. druk cyfrowy, tampondruk, sitodruk), to z punktu widzenia estetyki i trwałości samej obudowy, ważny okazuje się także odpowiedni dobór materiału, z którego jest ona wykonana. Powierzchnia niektórych tworzyw sztucznych ulega bowiem nie tylko matowieniu lub blaknięciu pod wpływem stężonego alkoholu – znacznie bardziej szkodliwe okazują się zarówno większe pęknięcia wynikające z osłabienia struktury materiału (cracking), jak i rozwijające się sieci mikroskopijnych rys (zjawisko to nosi nazwę crazing).



Rysunek 4. Porównanie kosztów w funkcji odporności chemicznej kilku wybranych materiałów polimerowych (https://t.ly/MoDWM)

Co gorsza, wraz ze zwiększaniem odporności chemicznej polimeru rośnie także jego cena (**rysunek 4**), dlatego też producenci urządzeń medycznych muszą optymalizować dobór materiału zgodnie z jego rzeczywistym zakresem aplikacji. Nie ma bowiem sensu stosowanie wysoce odpornego na temperaturę i wilgoć (obecne podczas sterylizacji w autoklawie) tworzywa do wykonania obudowy pulsoksymetru bądź głowicy USG – w tych przypadkach konieczna będzie za to odporność na najczęściej stosowane środki dezynfekcyjne oraz promieniowanie UV (używane do sterylizacji pomieszczeń), ale równie ważne z punktu widzenia użytkowników będą wrażenia dotykowe – przedstawiciele ochrony zdrowia są przyzwyczajeni do wysokiej jakości materiałów z wykończeniem typu soft-touch. Z kolei niektóre elementy urządzeń radiologicznych (np. stacjonarnych i mobilnych aparatów RTG, angiografów, tomografów komputerowych czy też sprzętu do radioterapii) mogą pracować w środowisku podwyższonej temperatury, wysokich napięć, a dodatkowo wymagać bardzo dobrej stabilności wymiarowej oraz odporności na wieloletnią ekspozycję na promieniowanie jonizujące (rentgenowskie oraz gamma). W takich sytuacjach doskonale sprawdza się (wyjątkowo kosztowny) polisulfon fenylenu – oznaczany skrótem PPSU i spotykany m.in. pod nazwą handlową TECASON P (**fotografia 18**).

Fotografia 18. TECASON P – polisulfon fenylenu (PPSU), czyli wysoce odporne tworzywo specjalistyczne do aplikacji medycznych (https://t.ly/xus-)

Zastosowania powłok antybakteryjnych

Kolejnym tematem związanym z chemicznymi właściwościami tworzyw sztucznych stosowanych w medycynie – choć nie tylko – jest dezynfekcja powierzchni dotykowych. Od przeszło 175 lat wiemy o zgubnym wpływie

eprasa.pl e16ad6537c

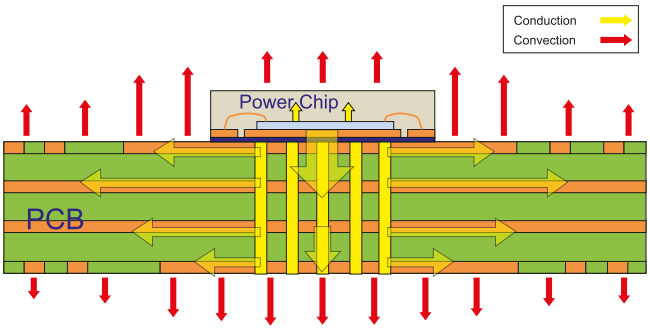
Fotografia 19. Przykładowy ekran do zabudowy (Open Frame), wyposażony w szkło o właściwościach antybakteryjnych – GVision AB32ZD-OV-45P0 (https://t.ly/yxBT)

bakterii (i innych patogenów) przenoszonych głównie poprzez ręce (zarówno pacjentów, jak i – co gorsza – personelu medycznego). Samoczynne redukowanie rozwoju bakterii przez powierzchnie obudów oraz uchwytów wydaje się być zatem doskonałym rozwiązaniem, które wspiera usuwanie mikrobów niejako obok czynnych procedur dezynfekcyjnych, wykonywanych przez pracowników ochrony zdrowia. Aby zrealizować taką funkcjonalność, coraz częściej wykorzystuje się odpowiednie polimery funkcjonalne, bazujące na połączeniu konwencjonalnego tworzywa sztucznego z materiałami na bazie jonów srebra – dodawanymi jeszcze przed etapem wtrysku, co zapewnia długotrwały efekt antybakteryjny (a także przeciwgrzybiczy i przeciwwirusowy), znacznie trwalszy w porównaniu do powłok nakładanych na gotowy produkt. Warto dodać, że w obudowach antybakteryjnych dostępne są na rynku także gotowe podzespoły (np. ekrany dotykowe typu Open Frame – **fotografia 19**), a nawet całe urządzenia (np. komputery przemysłowe – **fotografia 20**).

Chłodzenie

Omówiona wcześniej odporność temperaturowa obudów oraz ich ewentualne właściwości ogniotrwałe, w żadnym wypadku nie wyczerpują tematyki zagadnień termicznych. Oprócz wytrzymałości na działanie zewnętrznych źródeł ciepła, w wielu przypadkach konieczne jest także zapewnienie odpowiedniego odprowadzania go z elementów znajdujących się wewnątrz obudowy urządzenia. Jeżeli moc strat jest niewielka, często w zupełności wystarczającym sposobem chłodzenia okazuje się odpowiednio zaprojektowana płytka drukowana,

Fotografia 20. 15-calowy komputer panelowy klasy medycznej w bezwentylatorowej obudowie o właściwościach antybakteryjnych (https://t.ly/nw_D)



Rysunek 5. Schematyczne przedstawienie dróg odbioru ciepła z układu scalonego zamontowanego na wielowarstwowej płytce PCB (https://t.ly/j3u1)

która – za pomocą ścieżek, pól masy oraz przelotek – jest w stanie skutecznie odbierać ciepło (na drodze przewodzenia) z układów scalonych i/lub elementów dyskretnych, a następnie odprowadzać je do otoczenia poprzez konwekcję oraz – w znacznie mniejszym stopniu – promieniowanie termiczne (**rysunek 5**). Tak zaprojektowane urządzenia mogą z powodzeniem pracować nawet w najbardziej kompaktowych obudowach hermetycznych, o ile oczywiście nie zostaną przekroczone dopuszczalne granice temperatury otoczenia.

Jeżeli ilość traconej mocy nie pozwala na efektywne obniżenie temperatury za pomocą wspomnianych wyżej środków, koniecznie okazuje się zastosowanie radiatorów i chłodzenia z wykorzystaniem konwekcji swobodnej lub wymuszonej – obudowa musi być wyposażona w szereg otworów wentylacyjnych, które z jednej strony umożliwią optymalne warunki przepływu prądów konwekcyjnych, a z drugiej – uniemożliwią występowanie sytuacji ryzyka, związanych z przypadkowym włożeniem przewodzącego narzędzia (np. wkrętaka) lub innego przedmiotu do wnętrza obudowy. Wykonywanie otworów w obudowach z litymi ścianami wiąże się z koniecznością ich frezowania numerycznego, co generuje dodatkowe (i to często niemałe) koszty dla producenta końcowego. Z tego też względu wiele marek operujących na rynku obudów uniwersalnych wdrożyło produkty wyposażone

Fotografia 21. Przykładowa obudowa przyrządowa marki OKW (EURO CASE 42 TE) z widocznymi rzędami otworów wentylacyjnych (https://t.ly/uAio)

Fotografia 22. Miniaturowa obudowa tworzywowa marki Hammond – 1551V1BK (https://t.ly/eNQC)

Fotografia 23. Obudowa metalowa marki Hammond z pokrywą wykonaną z blachy perforowanej (https://t.ly/kTf8)

eprasa.pl e16ad6537c

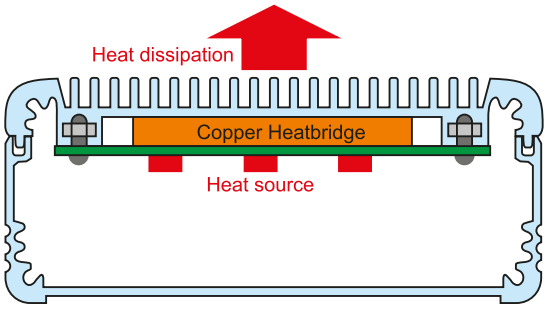
Fotografia 24. Typowe obudowy uniwersalne z wytłaczanego aluminium (https://t.ly/Pz3L)

Fotografia 25. Obudowa aluminiowa z radiatorami zintegrowanymi z płytą dolną oraz górną (widoczne także wewnętrzne prowadnice montażowe). Źródło: https://t.ly/VEy2

Fotografia 26. Przykładowy komputer przemysłowy zamontowany w obudowie ze zintegrowanym radiatorem: IM03-1165G7-00 (https://t.ly/5Vgd)

w przemyślane zestawy gotowych otworów wentylacyjnych (przykłady na **fotografiach 21** i **22**), a niektóre wykonania – przeznaczone do aplikacji, w których ilość generowanego ciepła jest szczególnie wysoka – są wyposażone w pokrywy w znacznej części wykonane z blachy perforowanej (**fotografia 23**), co umożliwia niemal niezakłóconą konwekcję swobodną lub wymuszoną.

Bardziej zaawansowanym technologicznie – i często znacznie efektywniejszym pod względem termicznym – rozwiązaniem problemu chłodzenia elektroniki jest zintegrowanie radiatora z obudową. O ile w przypadku znacznej części popularnych, aluminiowych obudów wytłaczanych (**fotografia 24**) sprzężenie chłodzonego elementu (np. tranzystora) z obudową jest utrudnione i możliwe praktycznie tylko poprzez jego przyklejenie za pomocą kleju termoprzewodzącego, to specjalne obudowy ze zintegrowanym radiatorem (**fotografia 25**) mają przewidziane nie tylko odpowiednie, wewnętrzne szyny montażowe, ale także użebrowaną powierzchnię zewnętrzną wyjmowanej płyty górnej, która zapewnia bardzo dużą powierzchnię chłodzenia, nieosiągalną przy zastosowaniu radiatorów montowanych na poziomie PCB. Prawidłowy sposób montażu PCB w tego typu obudowach pokazano na **rysunku 6**. Obudowy ze zintegrowanym radiatorem są chętnie stosowane przez producentów zasilaczy modułowych, przetwornic DC/AC, prostowników samochodowych, a także… komputerów przemysłowych (**fotografia 26**). Warto zwrócić uwagę, że płytka drukowana w większości przypadków powinna być montowana w górnej części obudowy (po przeciwnej stronie od podłoża), co zapewni odpowiednie warunki chłodzenia konwekcyjnego zewnętrznej powierzchni radiatora.



Rysunek 6. Sposób montażu płytki drukowanej do radiatora zintegrowanego z obudową wytłaczaną (https://t.ly/PmX6)

Ekranowanie RFI

Niezwykle ważnym aspektem obudów urządzeń elektronicznych jest zapewnienie właściwego ekranowania układom zamontowanym w ich wnętrzu. Warto podkreślić, że mówimy tutaj zarówno o redukcji zaburzeń emitowanych przez urządzenie, jak i zakłóceń przez nie odbieranych, a pochodzących z zewnątrz. Najlepsze warunki ekranowania zapewniają oczywiście obudowy metalowe, które przy odpowiednim zamocowaniu elementów panelowych (wyświetlaczy, elementów stykowych, złączy czy też wentylatorów) są w stanie praktycznie w 100% pokryć ekranem otoczenie układów elektronicznych. Istnieją jednak także metody ekranowania obudów z tworzywa sztucznego, nie można także zapominać o sposobach zabezpieczania otworów, które stanowią najsłabsze punkty ochrony przed RFI. Tematu kompatybilności elektromagnetycznej w odniesieniu do obudów nie będziemy jednak szerzej rozwijać w ramach tego artykułu, gdyż tej ciekawej i szerokiej tematyce poświęcimy osobny materiał.

Obudowy podwodne

Opisana wcześniej klasyfikacja szczelności IP nie definiuje konkretnych wymogów dla urządzeń pracujących w zanurzeniu głębszym, niż 1 metr. Samo odniesienie do klasy IP68 nie wystarczy – producenci muszą zatem określić, dla każdej obudowy do aplikacji podwodnych, jej dopuszczalny zakres pracy.

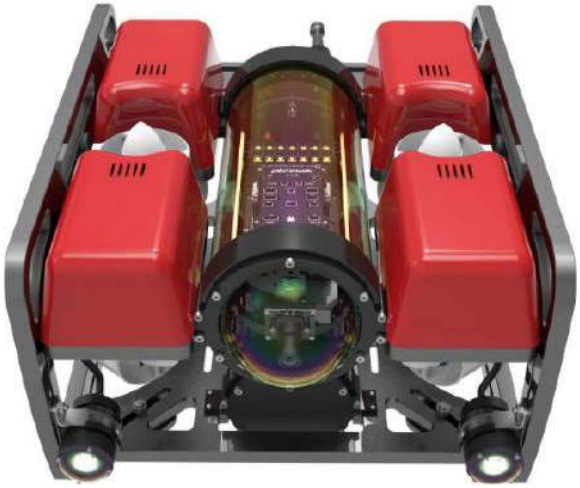
Podstawowe modele obudów tego typu mogą pracować na głębokości – zazwyczaj – do 3 lub 5 metrów, przy czym materiałem może być zarówno poliester, jak i aluminium (**fotografia 27**). Niektórzy producenci postanowili jednak pójść znacznie dalej, tworząc super wytrzymałe, masywne obudowy stalowe o ratingu rzędu 300 m, a – w wykonaniach specjalnych – nawet 3000 metrów (!). Oprócz odpowiedniego materiału (gruba blacha ze stali austenitycznej 316L, stosowanej m.in. w chirurgii ortopedycznej), za szczelność odpowiadają także szerokie

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 27. Wodoszczelne obudowy APO marki CE-TEK z ratingiem zanurzeniowym równym 3 m (https://t.ly/a1GWx)

kołnierze służące do mocowania pokrywy za pomocą zestawu kilkudziesięciu śrub (**fotografia 28**). Nie bez znaczenia są również przemyślane użebrowania, chroniące duże powierzchnie boczne oraz pokrywę – jakakolwiek deformacja, spowodowana ogromnym ciśnieniem hydrostatycznym panującym na dnie morza lub oceanu, mogłaby bowiem z łatwością rozszczelnić obudowę.

Fotografia 28. Obudowa z serii CEX marki CE-TEK o ratingu zanurzeniowym 300 metrów (https://t.ly/m_iq9)



Fotografia 29. Przykładowy pojazd podwodny typu ROV z widoczną centralną kapsułą, zakończoną sferyczną kopułą dla celów obrazowania (https://t.ly/zP8t)

Fotografia 30. Wodoszczelna kapsuła do zdalnie sterowanych pojazdów podwodnych (ROV) wraz z mocowaniem i podstawowym zestawem elektroniki pokładowej – produkt marki ROVMAKER (https://t.ly/JkIW)

Zaprezentowane powyżej serie obudów są przeznaczone do aplikacji stacjonarnych, nie należy jednak zapominać także o rozmaitych pojazdach zdalnie sterowanych (ROV – **fotografia 29**), stosowanych m.in. do badania dna oceanicznego, poszukiwania wraków okrętów, wykonywania podwodnej dokumentacji fotograficznej i filmowej, itd. Także i w tym przypadku producenci nie zawiedli, wprowadzając na rynek zróżnicowane modele obudów w postaci podłużnych kapsuł, zbudowanych na bazie odcinka wytrzymałej rury akrylowej lub aluminiowej, na której końcu (a dokładniej jednym z końców) znajduje się sferyczna kapsuła akrylowa, umożliwiająca dokonywanie obserwacji otoczenia za pomocą niewielkiej kamery płytkowej (zwykle montowanej na obrotnicy – **fotografia 30**). Niektóre marki wdrożyły obszerne serie takich produktów, przeznaczonych do montowania w pojazdach ROV – przykładowo, firma Blue Robotics opracowała linię produktów bazujących na akrylowych lub aluminiowych rurach o średnicy 50, 75 lub 100 mm i długości 100, 150, 200, 240, 300 lub 400 mm (**fotografia 31**). Nie sposób nie wspomnieć, że wybrane modele mogą pracować na głębokościach rzędu nawet 950 m, co w zupełności wystarczy, by stosować je w pojazdach przeznaczonych do trudnych misji na dnie oceanicznym.

Fotografia 31. Seria kapsuł marki BlueRobotics (https://t.ly/al1b)

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 32. Przykładowe obudowy z serii LCT w osłonach amortyzujących (https://t.ly/VWMi)

Fotografia 34. Aluminiowe obudowy przyrządowe z osłonami silikonowymi (https://t.ly/DMLB)

Obudowy heavy-duty do urządzeń przenośnych

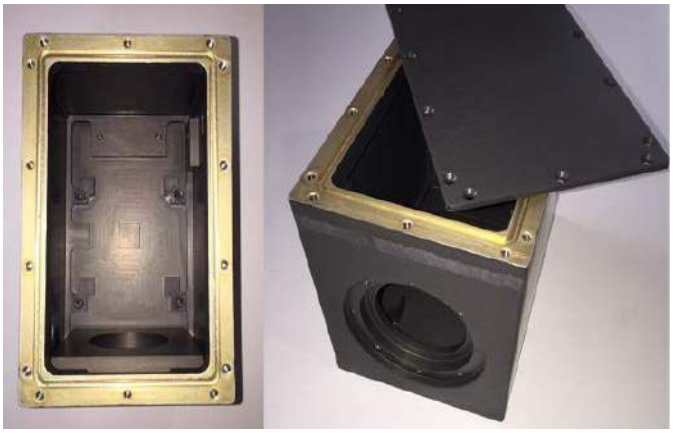
W sekcji Odporność na inne uszkodzenia mechaniczne opisaliśmy zagadnienie badań najczęściej występujących narażeń udarowych, nacisków oraz spadku swobodnego. Wytrzymałość sprzętu na takie (dość brutalne) testy zależy oczywiście w znacznej części od całości konstrukcji urządzenia (w tym projektu PCB, doboru elementów, sposobu zamocowania płytki, obecności ew. układów optycznych lub innych delikatnych struktur). Niektóre rozwiązania stosowane przez producentów obudów uniwersalnych są jednak w stanie w dużej części złagodzić skutki tego typu zdarzeń. Jednym z najprostszych i zarazem bardzo efektywnych sposobów zabezpieczenia przed uszkodzeniami spowodowanymi spadkiem swobodnym i udarem jest użycie silikonowej osłony (określanej czasem mianem holster), nakładanej na brzegi i tylną powierzchnię obudowy (**fotografia 32**). Choć rozwiązanie takie nie chroni przed naciskiem ani udarem skierowanym od strony panelu czołowego, to w znakomitej większości przypadków pozwoli ono uniknąć pęknięć i odprysków spowodowanych upadkiem na narożnik obudowy, a także zarysowań i udarów dotyczących tylnej części obudowy. Niektóre modele są oferowane w wersji z gotowym przedziałem na baterie lub akumulatorki wymienne (**rysunek 7**). Warto dodać, że podobne osłony – znane m.in. z wysokiej klasy sprzętu laboratoryjnego – można znaleźć także w większych obudowach i to zarówno tworzywowych (**fotografia 33**), jak i aluminiowych (**fotografia 34**).

Rysunek 7. Widok rozstrzelony obudowy z serii LCT marki Takachi (https://t.ly/xG1k)

Fotografia 33. Tworzywowe obudowy biurkowe z osłonami narożników z serii PFG marki Takachi (https://t.ly/wBsI)

Obudowy do aplikacji wojskowych, lotniczych i kosmicznych

Przemysł wojskowy oraz branża lotnicza należą do najbardziej wymagających gałęzi współczesnej technologii, zarówno ze względu na niezbędną niezawodność aparatury sterującej, kontrolnej czy telekomunikacyjnej, jak i z uwagi na szczególnie trudne warunki, panujące na polu walki oraz w pojazdach bojowych. Bez cienia wątpliwości można stwierdzić, ze urządzenia te muszą przetrwać wszystkie opisane wcześniej narażenia i to w wyjątkowo wysokich dawkach – silne wibracje, wstrząsy, udary mechaniczne, ekstremalne zmiany temperatury, wysoką wilgotność, zakłócenia elektromagnetyczne, a w niektórych przypadkach także ekspozycję na chemikalia. Stąd też niczym zaskakującym nie są tutaj obudowy wykonane z solidnej blachy, a nawet frezowane w bloku metalu (**fotografia 35**),



Fotografia 35. Prosta obudowa aparatury wojskowej wykonana poprzez frezowanie litego bloku metalu (https://t.ly/8bZM)

Fotografia 36. Obudowa klasy wojskowej z serii E190 marki Aitech ze zintegrowanymi radiatorami (https://t.ly/tuHIo)

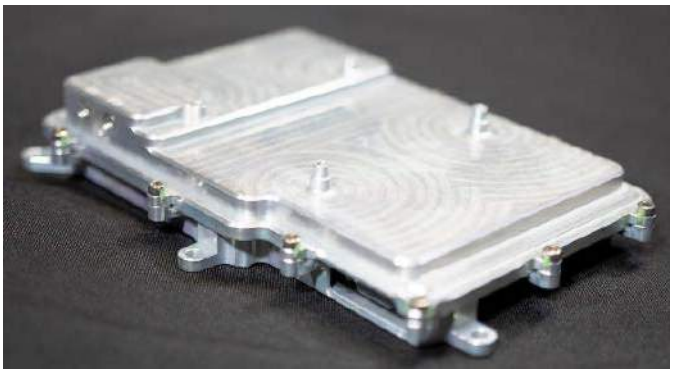
eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 37. Obudowa osprzętu ATR z chłodzeniem wodnym umieszczonym w ścianach bocznych (https://t.ly/ZzDi)

o ścianach grubości kilku milimetrów lub więcej. Konieczność efektywnego chłodzenia elektroniki w warunkach wysokiej temperatury zewnętrznej, rosnące zapotrzebowanie na moc (np. w przypadku wydajnych komputerów modułowych oraz nadajników telekomunikacyjnych), a także – nierzadko – wymóg całkowitej szczelności, znacząco utrudniają, a nawet uniemożliwiają użycie konwencjonalnych metod chłodzenia przez przewodzenie, konwekcję swobodną, a nawet wymuszoną.

Jeżeli warunki pracy danego urządzenia pozwalają na zastosowanie chłodzenia konwekcyjnego z użyciem radiatorów, producenci aparatury lotniczej i wojskowej mogą oczywiście korzystać z obszernego zakresu obudów zintegrowanych z radiatorami (przykład na **fotografii 36**). W bardziej ekstremalnych sytuacjach konstruktorzy sięgają jednak po rozwiązania o znacznie wyższym stopniu zaawansowania – świetnym przykładem mogą być tutaj ultra-nowoczesne obudowy przeznaczone do zastosowania w modułowym osprzęcie lotniczym w standardzie ATR. Choć pod względem mechanicznym pozostał on niemal niezmieniony od przeszło pięciu dekad, to rosnące wymagania w zakresie poboru mocy urządzeń wymuszają stosowanie nowych technologii chłodzenia. Dobrym przykładem będzie tutaj zaawansowana seria obudów LHE (**fotografia 37**), które doskonałe warunki chłodzenia zawdzięczają modułowemu systemowi kanałów wodnych, umieszczonych w bocznych ścianach obudowy. Takie rozwiązanie pozwala na bardzo efektywne odprowadzanie ciepła z kart umieszczonych w poszczególnych slotach – 10-gniazdowa obudowa może z powodzeniem pracować przy łącznej mocy strat na poziomie aż 1500 W (!). Co więcej – odpowiednie rozwiązania techniczne umożliwiają chłodzenie za pomocą amoniaku, alkoholu, a nawet… wody morskiej.

W branży kosmicznej dodatkowym problemem okazują się rygorystyczne ograniczenia masy, szczególnie dotkliwe w przypadku minisatelitów. Z tego też względu – a także z uwagi na znacznie mniejszą (często jednostkową) objętość produkcji – konstruktorzy najczęściej decydują się na wykonanie obudów ściśle dopasowanych do wymogów danego systemu. Głównym materiałem, znów z uwagi na konieczność redukcji masy własnej obudowy, jest zwykle odpowiednia odmiana aluminium. Na **fotografii 38** zaprezentowano interesujący przykład szytego na miarę rozwiązania obudowy dla modułu transceivera kosmicznego, przystosowanego do pracy zarówno w aplikacjach orbitalnych (okołoziemskich), jak i w dalekiej przestrzeni kosmicznej.

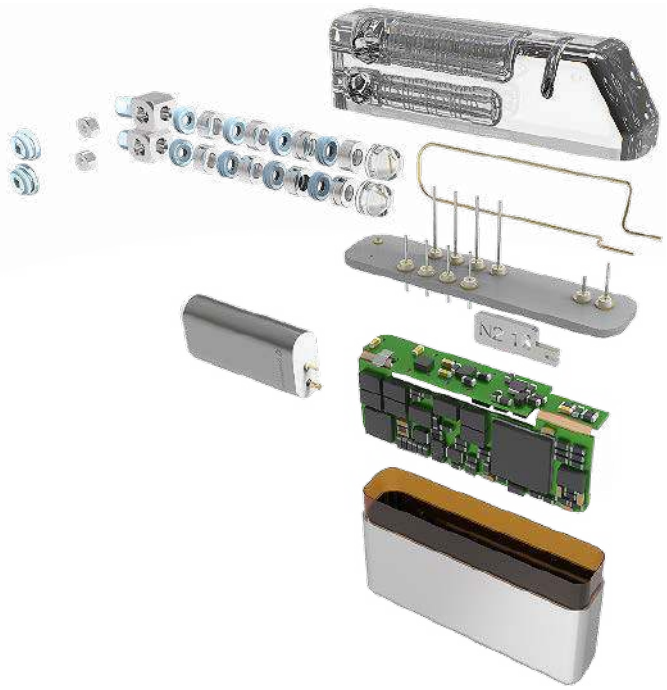


Fotografia 38. Miniaturowy moduł telekomunikacyjny SDR marki Rocket Lab USA, wykonany w customowej obudowie z frezowanego aluminium (w podłużnym wycięciu widoczne złącze, prawdopodobnie w standardzie D-Sub Nano). Źródło: https://t.ly/ovTv

Obudowy urządzeń implantowalnych

Omówione dotąd obszary aplikacyjne wiązały się z ochroną urządzeń elektronicznych przed wpływem czynników środowiska atmosferycznego, wodnego bądź otwartej przestrzeni kosmicznej. Co ciekawe, nie mniej trudne – choć z diametralnie innych przyczyn – są warunki pracy urządzeń przeznaczonych do funkcjonowania wewnątrz ludzkiego ciała. Rynek aktywnych implantowalnych wyrobów medycznych rozwija się od kilkudziesięciu lat i obecnie obejmuje m.in. wszczepialne stymulatory serca, kardiowertery-defibrylatory, neurostymulatory, pompy centryfugalne do wspomagania pracy lewej komory serca i wiele, wiele innych urządzeń na kosmicznym wręcz poziomie zaawansowania technologicznego i o niebywale wysokiej niezawodności.

Produkty na stałe umieszczone w ludzkim organizmie są narażone przede wszystkim na działanie agresywnych substancji chemicznych – wbrew pozorom, płyny ustrojowe mają działanie silnie korozyjne, a wymogi biozgodności – koniecznej dla ograniczenia rozwoju stanów zapalnych wokół miejsca implantacji oraz zapewnienia długotrwałej pracy bez szkodliwych dla pacjenta powikłań – znacząco ograniczają zakres materiałów możliwych do zastosowania w budowie aktywnych implantów. W większości przypadków konstrukcja urządzeń tego typu ma dość charakterystyczną postać – elektronika sterująca oraz bateria (lub akumulator) są zamknięte wewnątrz metalowej puszki, sprzężonej hermetycznie z blokiem połączeniowym, zawierającym precyzyjnie wyprofilowane wycięcia przeznaczone do umiejscowienia styków (**rysunek 8**). Styki te współpracują zaś elektrodami, wszczepianymi w określony rejon anatomiczny – np. jamę serca, nerw czy też mózgowie.



Rysunek 8. Konstrukcja typowego stymulatora implantowalnego (https://t.ly/Bh1E0)

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 39. Jedno- i dwuczęściowe obudowy do implantowalnych urządzeń medycznych (https://t.ly/SXlo)

Warto dodać, że na rynku istnieją producenci oferujący usługi produkcji i projektowania obudów, a nawet całych urządzeń implantowalnych. Przykładowo, amerykański holding Integer wytwarza szyte na miarę obudowy (zarówno w formie półotwartych puszek, jak i konstrukcji dwuczęściowych) z różnych odmian tytanu, aluminium, a także stali nierdzewnej 304, 304L i 420 (**fotografia 39**).

Obudowy High-End

Na koniec naszej prezentacji pozostawiliśmy nieco „lżejszy" temat. W przypadku elektroniki konsumenckiej (np. audiofilskiego sprzętu audio) zachodzi potrzeba wykorzystania obudów o niestandardowym designie i najwyższej jakości wykończenia. Producenci wysokiej klasy

Fotografia 40. Aluminiowe obudowy klasy high-end marki Takachi – seria HD (https://t.ly/dqfh)

Fotografia 41. Przykład aplikacji obudowy z serii ALR marki Takachi – lampowy wzmacniacz audio (https://t.ly/M5GQ)

Fotografia 42. Aluminiowa obudowa do urządzeń przenośnych i stacjonarnych z wystającymi osłonami tworzywowymi, pełniącymi rolę dodatkowej ochrony przed kurzem oraz upadkiem (https://t.ly/MEI0)

aparatury pomiarowej, laboratoryjnej bądź medycznej poszukują natomiast metod na uzyskanie wyglądu, który błyskawicznie skojarzy się odbiorcom z innymi, topowymi rozwiązaniami w danej branży.

W takich przypadkach najwięksi wytwórcy obudów także nie pozostają w tyle za potrzebami rynku, wprowadzając do swoich ofert obudowy, które już na pierwszy rzut oka świadczą o nietuzinkowej jakości. Dobrym przykładem będzie tutaj seria aluminiowych obudów HD marki Takachi (**fotografia 40**) – silnie zaokrąglony kształt krawędzi oraz stylowo wyprofilowane podstawy nóżek zapewniają wyjątkowy wygląd i doskonale sprawdzają się w konstrukcjach wzmacniaczy audio czy też nowoczesnych przyrządów laboratoryjnych. Produkty z serii ALR tego samego producenta już dość jednoznacznie przywołują na myśl designerski sprzęt audio, a to za sprawą charakterystycznych, okrągłych kolumn, umieszczonych we wszystkich czterech narożnikach obudowy i zakończonych wystającymi, radełkowanymi pokrętłami, służącymi do montażu mechanicznego całości (**fotografia 41**). Konstruktorzy niewielkich, przenośnych i stacjonarnych urządzeń pomiarowych, medycznych, itd. mogą natomiast skorzystać z obszernej oferty firmy Yongu, która wprowadziła na rynek estetyczne obudowy z wytłaczanego aluminium, wyposażone w wydłużone osłony chroniące panele (przedni i tylny) przed nadmiernym gromadzeniem kurzu lub uszkodzeniem w wyniku upadku (**fotografia 42**).

Podsumowanie

W artykule zaprezentowaliśmy szereg zagadnień związanych z odpornością środowiskową oraz dodatkowymi funkcjami, pełnionymi przez obudowy urządzeń elektronicznych, zwracając przy tym, szczególną uwagę na normy branżowe i przyjęte na arenie międzynarodowej klasyfikacje stopni ochrony. Niemożliwe byłoby jednak wyczerpanie tej niezwykle szerokiej tematyki w ramach jednego artykułu, nie wspomnieliśmy zatem o wielu ważnych branżach, które – jak to zwykle bywa w technice – rządzą się własnymi prawami. Do takich działów przemysłu należy m.in. motoryzacja, branża kolejowa, a nawet… zabawkarska – wszak współczesne artykuły dla dzieci często bywają naszpikowane inteligentną elektroniką. Mimo wszystko staraliśmy się zwrócić uwagę Czytelników na najważniejsze zagadnienia, związane m.in. z odpornością na narażenia mechaniczne, promieniowanie UV, wahania temperatur, wpływ wilgoci (a nawet wody pod wysokim ciśnieniem), substancje chemiczne; wspomnieliśmy też o branży medycznej oraz wyrobach certyfikowanych wg dyrektywy ATEX. Mamy nadzieję, że przedstawione omówienie zagadnień teoretycznych, jak i praktyczne przykłady produktów ze stajni największych światowych producentów obudów uniwersalnych, pozwolą naszym Czytelnikom łatwiej i szybciej wybierać właściwe (często niestandardowe) obudowy do kolejnych projektów.

inż. Przemysław Musz, EP

eprasa.pl e16ad6537c

Obudowy urządzeń elektronicznych

Zagadnienia kompatybilności elektromagnetycznej

Za zgodność sprzętu elektronicznego z wymogami kompatybilności elektromagnetycznej odpowiada szereg czynników – przemyślany projekt płytki drukowanej, właściwe ekranowanie okablowania zewnętrznego, a nawet odpowiednio zoptymalizowane oprogramowanie wbudowane pozwalają znacząco zredukować poziom zakłóceń emitowanych bądź odbieranych przez obwody urządzenia. Niezwykle ważnym czynnikiem, często o decydującym znaczeniu, pozostaje niezmiennie obudowa wraz z jej wykończeniem oraz zaopatrzeniem w dodatkowe elementy ekranujące.

Nie ulega wątpliwości, że solidna, metalowa obudowa jest jednym z najlepszych sposobów na ekranowanie urządzenia elektronicznego. Należy jednak pamiętać, że spełnienie wymogów kompatybilności elektromagnetycznej rzadko sprowadza się tylko do umieszczenia płytki drukowanej w aluminiowej bądź stalowej obudowie w sposób umożliwiający elektryczne podłączenie jej do masy urządzenia. W wielu przypadkach konieczne będą dodatkowe zabiegi, chroniące przed propagacją fal elektromagnetycznych (a czasem też pól elektrycznych i magnetycznych o niskiej częstotliwości) do/z wnętrza sprzętu. W tym artykule zaprezentowaliśmy szereg istotnych zagadnień praktycznych, związanych z zastosowaniem obudowy jako bariery chroniącej przez zakłóceniami.

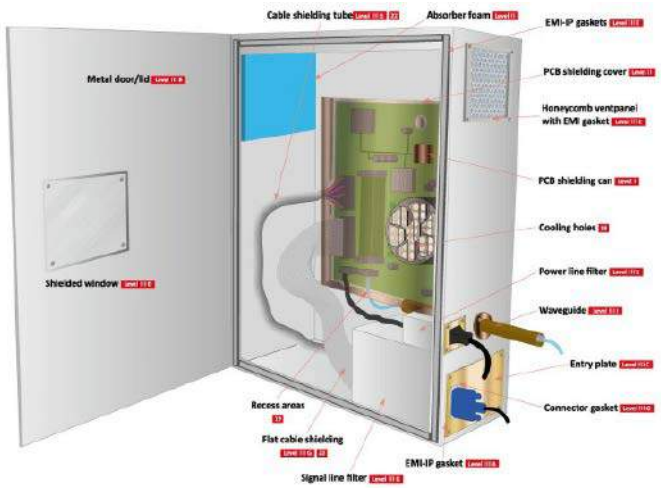
Ogólne uwagi dotyczące ekranowania

Ekranowanie elektroniki obejmuje bardzo szeroki zakres technik, stosowanych na różnych poziomach konstrukcji urządzenia. Na **rysunku 1** zaprezentowano schematycznie przykładowe urządzenie wraz z oznaczeniem poszczególnych elementów przeciwzakłóceniowych. Jak widać, zdecydowana większość z nich – oprócz ekranów montowanych bezpośrednio nad kluczowymi obszarami PCB oraz kilku innych detali – dotyczy obudowy urządzenia lub komponentów ściśle z nią współpracujących.

Przystępując do planowania sposobu montażu PCB, okablowania oraz elementów mocowanych w ścianach obudowy, należy zatem przemyśleć szereg aspektów:

- drogi przenoszenia zakłóceń (fale radiowe, pole magnetyczne, pole elektryczne) oraz zakres częstotliwości,
- materiał obudowy,
- wielkość obudowy,
- obecność i ewentualne zabezpieczenia RFI otworów wentylacyjnych,
- ekranowanie wyświetlaczy,
- sposób podłączenia przewodów zewnętrznych (poprzez złącza lub wprowadzenie bezpośrednio do wnętrza obudowy),
- konieczność zastosowania otwieranych pokryw (zarówno w celach serwisowych, jak i w ramach normalnego użytkowania).

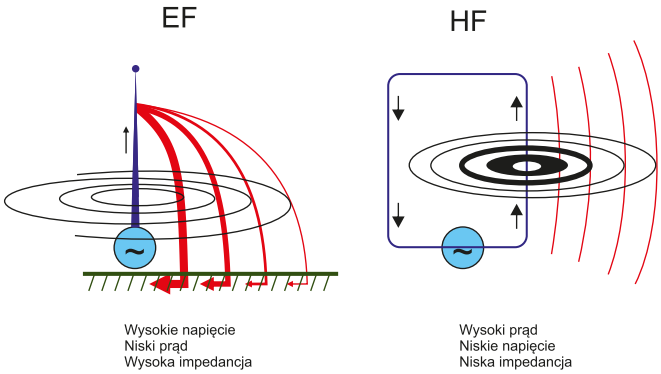
W dalszej części artykułu zajmiemy się wymienionymi powyżej zagadnieniami.



Rysunek 1. Schematyczne przedstawienie różnych poziomów ekranowania urządzenia elektronicznego (https://t.ly/_Iah)

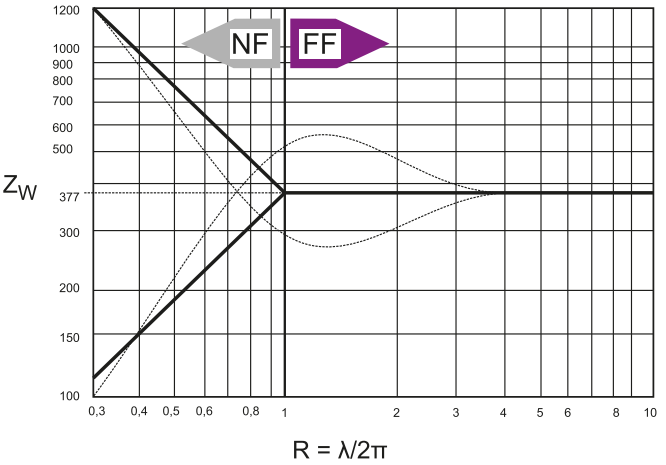
Drogi przenoszenia zakłóceń vs. zakres częstotliwości

Celem naszego omówienia nie jest wprawdzie zagłębianie się w meandry teorii elektromagnetyzmu, ale pewne podstawowe zagadnienia warto zasygnalizować, aby lepiej zrozumieć sens różnych rodzajów ekranowania. Napięcie panujące w obwodach elektrycznych i elektronicznych jest źródłem pola elektrycznego, a do istnienia tegoż pola nie jest wymagany przepływ prądu – z tego też względu obwody o wysokiej impedancji mogą z powodzeniem być źródłem nawet silnego pola elektrycznego, „odczuwalnego" przez układy elektroniczne znajdujące się w pobliżu. Z drugiej strony, ruch ładunków (nawet przy niewielkim napięciu) powoduje powstawanie pola magnetycznego, zmieniającego się rzecz jasna w rytm ewentualnych zmian natężenia prądu – głównym źródłem pola magnetycznego są zatem obwody o relatywnie niskiej impedancji. Oba rodzaje źródeł pokazano koncepcyjnie na **rysunku 2**. Rzecz jasna, stałe napięcie prowadzi do powstania stałego pola elektrycznego, zaś stały prąd generuje stałe pole magnetyczne – rzadko zdarza się natomiast, by były one przedmiotem



Rysunek 2. Źródła pól elektrycznych (po lewej) i magnetycznych (po prawej) – https://t.ly/Hsmq

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 3. Impedancja falowa w funkcji odległości od źródła fali (https://t.ly/QBLm)

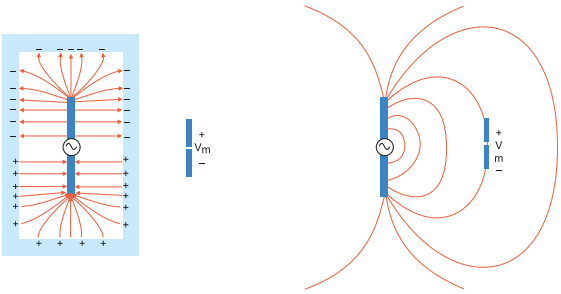
zainteresowania konstruktorów w kwestii ekranowania. Warto jednak zwrócić uwagę na fakt, iż impedancja obwodów urządzenia ma już znaczenie w kwestii podatności na działanie pól zmiennych o niskich częstotliwościach – przykładowo, obwody wysokoimpedancyjne mogą „odczuwać" działanie wolnozmiennych pól elektrycznych, co widać doskonale na przykładzie czułych wzmacniaczy pomiarowych: niewłaściwie (lub niekompletnie) ekranowane przewody wejściowe z łatwością zbierają zakłócenia sieciowe (50/60 Hz) na drodze sprzężenia pojemnościowego z instalacją energetyczną. Ponadto nawet stałe lub wolnozmienne pola magnetyczne mogą z powodzeniem zakłócić działanie rozmaitych czujników (np. hallotronów) bądź urządzeń bazujących na wiązkach elektronów (mikroskopy elektronowe, lampy katodowe).

W przypadku przebiegów zmiennych o wyższych częstotliwościach sytuacja staje się diametralnie inna. W pobliżu obwodu (tj. w tzw. polu bliskim) rozróżnienie generowanych przez niego pól elektrycznego oraz magnetycznego jest (z praktycznego punktu widzenia) dość wyraźne, ale gdy oddalamy się od źródła, jego impedancja falowa przestaje mieć znaczenie – odpowiednio daleko (tj. za umowną granicą pola bliskiego i dalekiego równą $\lambda/2\pi$) uzyskuje ona wartość określaną jako impedancja wolnej przestrzeni (około 377 Ω – **rysunek 3**). Sprzężone pola elektryczne i magnetyczne formują falę elektromagnetyczną, która propaguje w przestrzeni (w idealnym przypadku) we wszystkich kierunkach, a w relatywnie znacznej odległości od źródła nie sposób już ustalić jego charakteru (magnetycznego lub elektrycznego).

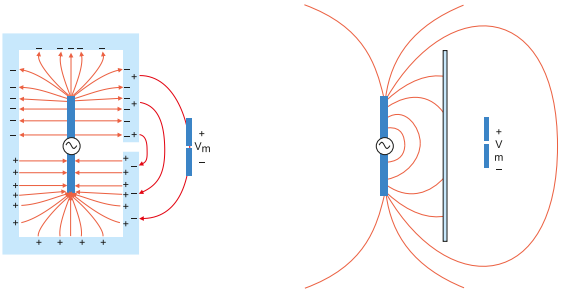
Projektując ekranowanie urządzenia elektronicznego, należy mieć zatem na uwadze rodzaj zakłóceń, na które podatne jest (lub które generuje) urządzenie oraz ich pasmo częstotliwości. W większości przypadków celem ekranowania jest redukcja zakłóceń w paśmie radiowym, a także wspomnianych wcześniej zaburzeń o charakterze pola elektrycznego niskiej częstotliwości (np. przydźwięku sieciowego), przenoszonych przez sprzężenie pojemnościowe. W takich sytuacjach skuteczny ekran może mieć postać cienkiej blachy, oplotu, tkaniny przewodzącej, a nawet warstwy lakieru przewodzącego bądź metalizacji. Jeżeli jednak projektowane urządzenie wymaga także ochrony przed zmiennym polem magnetycznym (zwłaszcza o bardzo niskiej częstotliwości, a w rzadkich przypadkach – także przed polem stałym), opisane powyżej rozwiązania nie zdają egzaminu i konieczne staje się użycie innych technik.

Ekranowanie elektryczne vs. magnetyczne

Istotna różnica pomiędzy ekranowaniem pól elektrycznych i magnetycznych wynika z natury obu zjawisk. W przypadku pól elektrycznych skuteczne ekranowanie wnętrza urządzenia może być relatywnie łatwo wykonane za pomocą przewodzącej obudowy, w całości pokrywającej przestrzeń wokół układów elektronicznych – jest to zatem nic innego, jak praktyczna realizacja klasycznej klatki



Rysunek 4. Szczelna klatka Faradaya (a) skutecznie ekranuje urządzenie od wszelkich zewnętrznych pól elektrycznych, uniemożliwia też ich wydostawanie się z wnętrza ekranu. Sprzężenie pojemnościowe dwóch obwodów (b) jest najsilniejsze, gdy nie znajdują się pomiędzy nimi przewodzące przeszkody o ustalonym potencjale (https://t.ly/HXDB)



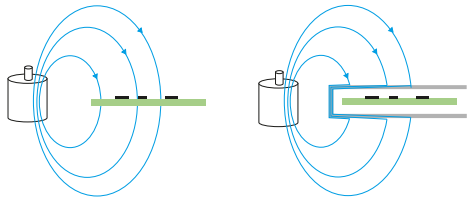
Rysunek 5. Jakiekolwiek niezabezpieczone elektromagnetycznie otwory w obudowie stają się źródłem przecieków pola elektrycznego (a). Część zakłóceń może propagować pomiędzy wnętrzem, a otoczeniem obudowy. Nawet niepełny ekran pomiędzy źródłem zakłóceń, a ich odbiornikiem (b), może w pewnym stopniu osłabić sprzężenie pojemnościowe, co prowadzi do obniżenia poziomu zaburzeń pola elektrycznego (https://t.ly/HXDB)

Faradaya (**rysunek 4**). W rzeczywistości jednak zastosowanie takiej idealnej obudowy byłoby nie tylko niepraktyczne, ale także bardzo trudne, a zwykle wręcz niemożliwe – trudno wszak wyobrazić sobie urządzenie elektroniczne, niewyposażone w żadne elementy przerywające ciągłość ścian obudowy (wyświetlacze, złącza czy przełączniki). W takich sytuacjach pozostaje zatem jedna możliwość – ograniczenie źródeł przecieków pola (**rysunek 5**) do absolutnego minimum. Tematyką uszczelnień i rozmaitych osłon RFI zajmiemy się w dalszej części artykułu.

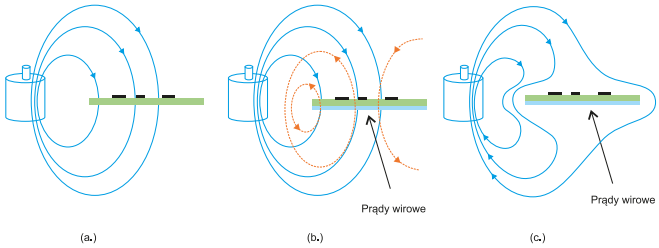
W przypadku ekranowania magnetycznego zasada działania jest diametralnie inna i aby lepiej ją zrozumieć, posłużymy się przykładem… kopuły pancernej (**fotografia 1**). Osłony stanowisk obserwacyjnych i strzelniczych, stosowanych w umocnieniach z czasu II WŚ, miały często obły kształt, pozbawiony całkowicie jakichkolwiek pionowych ścian, w które

Fotografia 1. Kopuła pancerna jako obrazowa analogia ekranowania magnetycznego. Pochyły kształt czaszy zmienia kierunek biegu pocisków po ich uderzeniu w powierzchnię kopuły, co powoduje ślizganie się amunicji po pancerzu. Analogicznie – ekran magnetyczny nie absorbuje pola magnetycznego, ale zmienia bieg jego linii w sposób, który chroni wnętrze ekranowanego urządzenia (https://t.ly/6rTy)

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 6. Idea działania ekranu z materiału o dużej przenikalności magnetycznej; a) zakłócenia od silnika działające na pobliską, nieosłoniętą płytkę drukowaną; b) linie pola są przekierowywane z dala od PCB z użyciem osłony magnetycznej o wysokiej wartości μr (https://t.ly/P-a3)

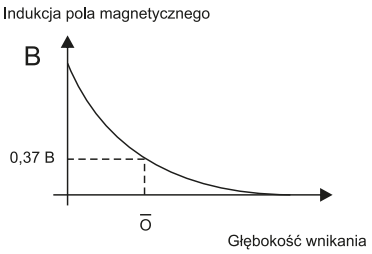


Rysunek 7. Ekranowanie pól magnetycznych o wysokiej częstotliwości; a) linie sił pola wokół PCB pozbawionej jednolitej płaszczyzny masy; b) analogiczna sytuacja w przypadku płytki z płaszczyzną masy, w której indukują się prądy wirowe; c) pole magnetyczne, będące efektem prądów wirowych, częściowo „znosi" linie oryginalnego pola, co daje efekt ekranowania magnetycznego płytki (https://t.ly/P-a3)

mógłby uderzyć pocisk nieprzyjaciela. Rozpędzona amunicja, po uderzeniu w powierzchnię kopuły, zmieniała swój kierunek ruchu – ześlizgiwała się po czaszy, co chroniło zarówno jej wnętrze, jak i ją samą.

Nieco podobna sytuacja ma miejsce w przypadku pola magnetycznego (także o bardzo niskiej częstotliwości), które natrafia na płytę z materiału o dużej przenikalności magnetycznej. Materiał taki powoduje zakrzywienie (uwięzienie) linii pola – choć sam w sobie nie pochłania pola, to skutecznie przekierowuje jego działanie w sposób, który pozwala ominąć czułe układy elektroniczne (**rysunek 6**). Bardzo ważna informacja – ekran nie może mieć postaci prostej płytki (co częściowo zadziałałoby w przypadku ekranowania elektrycznego – por. z rysunkiem 5b), ale musi niejako obejmować chronioną przestrzeń, rozpościerając wokół niej swego rodzaju magnetowód.

Co ciekawe, w przypadku pól magnetycznych o wyższej częstotliwości (powyżej kilkuset kiloherców) rolę ekranu magnetycznego może pełnić nawet… płaszczyzna masy na płytce drukowanej (**rysunek 7**). Choć tutaj także mamy do czynienia z odkształcaniem linii pola w celu ominięcia płytki drukowanej, to w rzeczywistości mechanizm działania takiego ekranu jest diametralnie inny. Szybkozmienne pole magnetyczne wytwarza w płaszczyźnie przewodnika prądy wirowe, które stają się źródłem nowego pola magnetycznego. Wypadkowe linie sił są sumą wektorów indukcji magnetycznej pola oryginalnego oraz tego nowego, które im przeciwdziała. W efekcie można zauważyć efekt przekierowania wypadkowych linii sił pola magnetycznego do otoczenia płytki drukowanej.



Rysunek 8. Eksponencjalna zależność indukcji pola od głębokości penetracji (zaznaczono umowną głębokość wnikania δ). Źródło: https://t.ly/xm8l

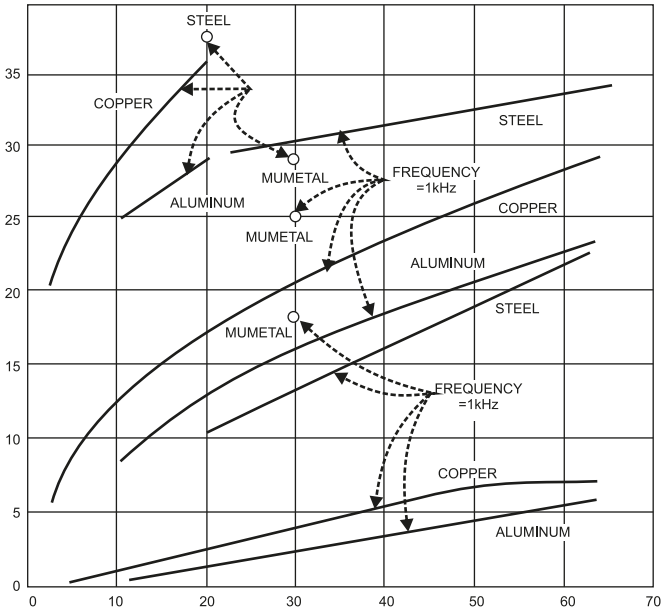
Opisane powyżej zjawiska pozwalają podzielić metody ekranowania na dwie główne grupy:

- **ekranowanie za pomocą materiałów o dużej przewodności** – skuteczne w przypadku pól elektrycznych, pól magnetycznych wysokiej częstotliwości oraz fal radiowych,
- **ekranowanie za pomocą materiałów o dużej przenikalności magnetycznej** – stosowane do ochrony przed stałymi i niskoczęstotliwościowymi polami magnetycznymi.

Skuteczność ekranowania w zależności od materiału obudowy

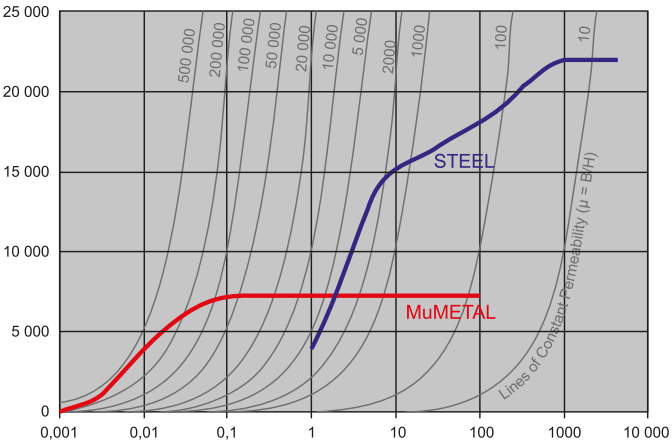
Istotnym zagadnieniem, związanym z ekranowaniem realizowanym przez obudowę, jest materiał użyty do jej wyprodukowania. Zastosowanie obudowy metalowej – z uwagi na niską rezystywność – wydaje się być idealnym rozwiązaniem niezależnie od wyboru konkretnego rodzaju metalu, ale tylko w przypadku, gdy celem ekranowania jest ograniczenie zakłóceń radiowych i bliskich pól elektrycznych. Skuteczność ekranowania przed polami magnetycznymi jest bowiem diametralnie różna dla najczęściej stosowanych materiałów: stali, aluminium czy też miedzi. Indukcja pola magnetycznego maleje wykładniczo wraz ze wzrostem głębokości materiału, zaś wielkością jednoznacznie opisującą tę charakterystykę jest tzw. głębokość wnikania (δ), przy której indukcja pola spada do około 37% jej wartości w otoczeniu rozpatrywanego metalu (**rysunek 8**). Zjawisko to wiąże się z niczym innym, jak tylko dobrze znanym efektem naskórkowości – skuteczność ekranowania jest zatem tym wyższa, im grubsza warstwa metalu, jednak jeszcze istotniejszy okazuje się jego rodzaj. Na **rysunku 9** zostało pokazane porównanie skuteczności tłumienia pola magnetycznego dla stali, aluminium, miedzi oraz mu-metalu (stop na bazie niklu i żelaza o niezwykle wysokiej przenikalności magnetycznej) przy częstotliwościach 1 kHz, 10 kHz oraz 100 kHz. Jak widać, skuteczność dla wszystkich pokazanych materiałów rośnie w funkcji częstotliwości oraz grubości. Warto jednak zwrócić uwagę, że wymagana grubość ekranu w danym punkcie widma jest zdecydowanie najmniejsza dla mu-metalu, ale… tylko w zakresie najniższych częstotliwości – już dla 10 kHz stal wyprzedza mu-metal (przy grubości rzędu 30 milsów) pod względem tłumienności o ponad 5 dB. Co więcej – osiągi tego materiału dla 100 kHz są najgorsze spośród wszystkich umieszczonych na wykresie.

Dodatkowym ograniczeniem mu-metalu jest skłonność do dość szybkiej saturacji w miarę wzrostu natężenia pola – w porównaniu



Rysunek 9. Skuteczność tłumienia zmiennego pola magnetycznego w funkcji odległości; wykresy dla stali, aluminium, miedzi oraz mu-metalu (https://t.ly/jW8Jo)

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 10. Zależność indukcji magnetycznej od natężenia pola dla stali i mu-metalu. Widoczna silna skłonność tego ostatniego do saturacji już przy bardzo słabych polach magnetycznych (https://t.ly/BRl3)

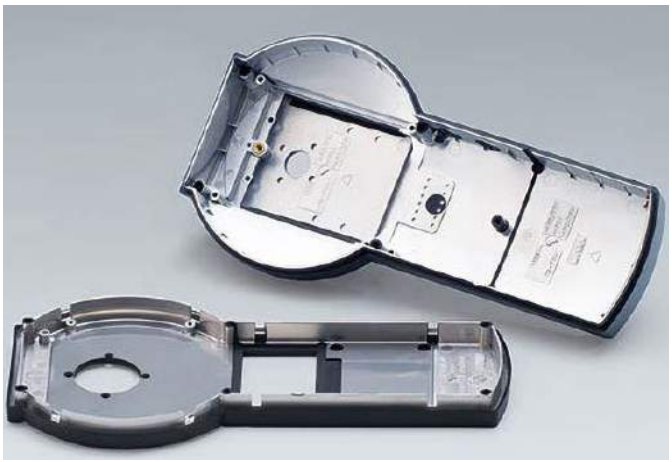
do stali (**rysunek 10**) materiał ten ulega nasyceniu przy nieporównanie słabszych polach, w wyniku czego jego (potężna w przypadku słabych pól o niskiej częstotliwości) przenikalność magnetyczna drastycznie spada o wiele rzędów wielkości.

Przytoczone powyżej informacje jasno pokazują, że jeżeli mamy pewną dowolność w wyborze materiału obudowy, warto zastanowić się, jakie są pasma częstotliwości zakłóceń emitowanych oraz w jakim zakresie widma należy ograniczyć podatność urządzenia – podczas gdy w przypadku wyższych częstotliwości (rzędu setek megaherców i gigaherców) sprawdzi się nawet cieniuteńki ekran z niemal dowolnego spośród przytoczonych materiałów (oprócz mu-metalu), to w zakresie niskich częstotliwości należy dokładnie rozważyć charakterystyki materiałowe, gdyż nawet solidna, aluminiowa obudowa o relatywnie grubych ściankach przegra w przedbiegach z dowolną obudową stalową.

Ekranowanie obudów z tworzywa sztucznego

W wielu aplikacjach zastosowanie obudowy metalowej jest niemożliwe lub nieoptymalne, np. z uwagi na koszty, dostępność, złożony kształt trudny do powielania w masowej produkcji, czy też wysoką masę własną. Jeżeli dane urządzenie nie wymaga szczelnego ekranowania całości lub taki zabieg byłby niewskazany z uwagi na obecność wewnętrznych anten (np. routery, piloty radiowe, urządzenia IoT i IIoT), projektanci stosują ekranowanie selektywne na poziomie PCB, najczęściej w postaci osłon montowanych wokół krytycznych obwodów.

Jeśli jednak zastosowanie całościowego ekranowania jest niezbędne, do dyspozycji pozostają rozmaite techniki, pozwalające na pokrycie



Fotografia 2. Wnętrze obudowy tworzywowej z metalizacją powierzchni (https://t.ly/wt-B)

Fotografia 3. Obudowa tworzywowa z lakierem przewodzącym naniesionym na jej wewnętrzną powierzchnię (https://t.ly/o-CR)

wewnętrznej powierzchni obudowy dość skutecznym ekranem, chroniącym przed zakłóceniami RFI i polami elektrycznymi. Do najczęściej stosowanych należą:

- **Metalizacja próżniowa** – stosowana do nanoszenia cienkich warstw metalu (zwykle aluminium o wysokiej czystości) na obudowy tworzywowe. Metoda polega na umieszczeniu odpowiednio zabezpieczonej części obudowy w komorze próżniowej, a następnie odparowaniu niewielkiej ilości stopionego metalu na powierzchnię obrabianego detalu. Technologia metalizacji próżniowej pozwala na uzyskanie cienkich, jednorodnych warstw metalicznych w obudowach o niemal dowolnych kształtach (**fotografia 2**).
- **Lakiery przewodzące** – na rynku istnieje szereg preparatów w formie lakieru intensywnie domieszkowanego sproszkowanym metalem, zwykle miedzią (**fotografia 3**), zapewniającego relatywnie dobrą przewodność elektryczną (gorszą jednak w porównaniu do innych metod ekranowania). W tym przypadku także istnieje możliwość dość dokładnego pokrycia wewnętrznej powierzchni obudowy, niezabezpieczona warstwa lakieru nie jest jednak zbyt odporna na uszkodzenia mechaniczne (zarysowania).
- **Folie metalizowane** – w przypadku obudów o relatywnie prostym kształcie wnętrza można rozważyć zastosowanie ekranów w postaci wstępnie ukształtowanej folii metalizowanej (**fotografia 4**). Niewątpliwą wadą tego rozwiązania w porównaniu do wcześniej opisanych metod jest konieczność montażu ekranu jako osobnego elementu, co utrudnia i wydłuża proces produkcji urządzenia. Z drugiej strony, folia jest znacznie bardziej odporna mechanicznie od warstwy lakieru przewodzącego, a ponadto umożliwia uzyskanie grubszych warstw ekranujących. Dodajmy ponadto, że istnieje możliwość wykonania ekranów nie

Fotografia 4. Ekrany w postaci wstępnie ukształtowanej folii metalizowanej, dopasowanej do wnętrza obudowy urządzenia (https://t.ly/j5w1)

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 5. Przykładowe ekrany kształtowe wykonane z mu-metalu (https://t.ly/eCGzs)

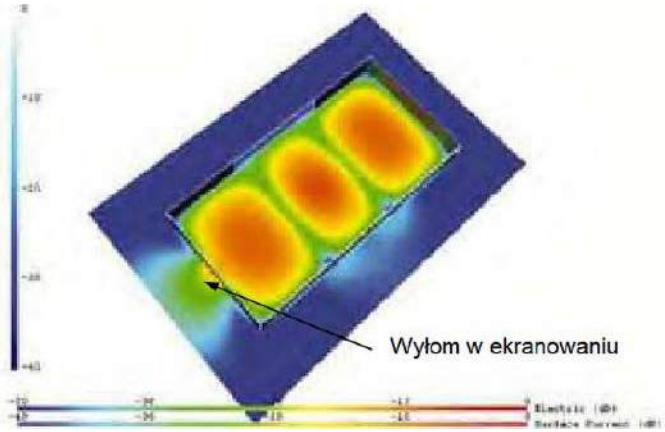
Fotografia 6. Obudowa aluminiowa z tworzywowymi panelami – w tym przypadku skuteczne ekranowanie wymaga zastosowania dodatkowych procesów w celu metalizacji paneli (https://t.ly/KETS)

tylko na bazie aluminium czy miedzi, ale także mu-metalu, choć ten ostatni materiał występuje też jako samodzielny budulec do produkcji ekranów magnetycznych (**fotografia 5**).

Warto mieć na uwadze, że problem ekranowania poprzez metalizację, lakierowanie lub wyklejanie folią RFI wbrew pozorom nie dotyczy jedynie obudów w całości wykonanych z tworzywa sztucznego. W równym stopniu odnosi się on także m.in. do obudów z wytłaczanego aluminium, wyposażonych jednak w tworzywowe panele (**fotografia 6**). Jeżeli chcemy uniknąć konieczności nakładania dodatkowych warstw metalu (co wiąże się z kolejnymi kosztami), dobrym rozwiązaniem może okazać się zastosowanie podobnej obudowy z panelami aluminiowymi, które oczywiście nierzadko występują w komplecie z nakładkami polimerowymi (**fotografia 7**).

Uszczelki elektromagnetyczne i absorbery EM

Zastosowanie obudowy metalowej lub tworzywowej z pełną metalizacją to jednak nadal dopiero połowa sukcesu w zakresie ekranowania EMI. Okazuje się bowiem, że wszelkie nieciągłości – przerwy, otwory, czy też miejsca o pogorszonej przewodności elektrycznej i/lub magnetycznej – skutecznie obniżają poziom tłumienia zaburzeń elektromagnetycznych. Pracownicy laboratoriów EMC z lubością opowiadają o efektownych przykładach wycieków zakłóceń spowodowanych np. niewłaściwym montażem PCB wewnątrz obudowy czy



Rysunek 11. Zjawisko rezonansu elektromagnetycznego, będącego wynikiem przypadkowego dopasowania wymiarów obudowy do długości fali, przy jednoczesnej obecności nieuszczelnionego miejsca, stanowiącego wyłom w ekranie (https://t.ly/XAk1X)

Fotografia 8. Uszczelki EMI wykonane z elastomerów przewodzących (https://t.ly/zl4d)

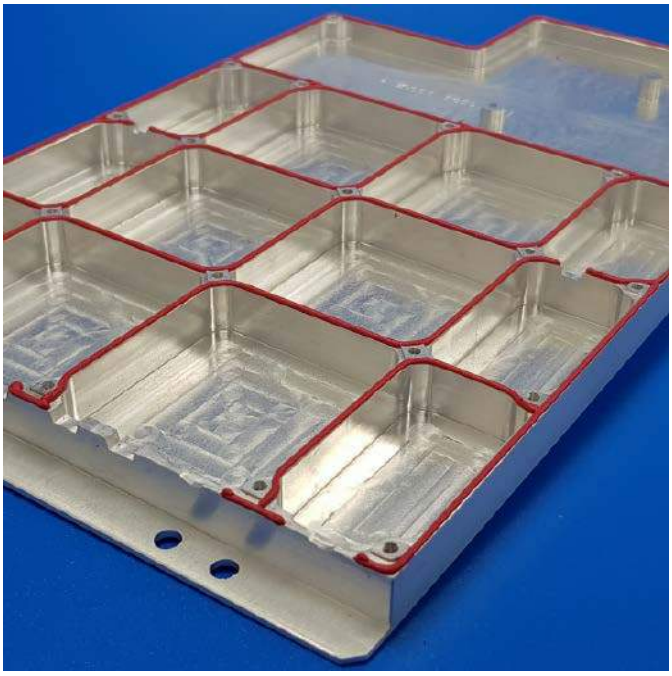
też efektami rezonansu, będącego wynikiem niefortunnego dobrania wymiarów obudowy w porównaniu do długości fali dominujących zaburzeń. Niebagatelne znaczenie ma także występowanie wewnątrz urządzenia niepożądanych wnęk rezonansowych (**rysunek 11**). O ile temat rezonansu można byłoby z powodzeniem rozwinąć do osobnego artykułu, to w tym momencie skupimy się na zagadnieniu praktycznych metod ograniczania elektromagnetycznych nieszczelności obudowy.

Co ciekawe, jedna z podstawowych zasad postępowania w przypadku problemów z wyciekami zakłóceń jest identyczna, jak w kwestii szczelności rozumianej w kontekście ochrony przed wnikaniem wody bądź pyłu do wnętrza obudowy – mowa o uszczelnieniach EMI. Elementy te przyjmują różnorodne postacie, zależne od szeregu czynników – wymaganego poziomu tłumienności, liczby cykli mechanicznych

Fotografia 7. Widok rozstrzelony obudowy z aluminium wytłaczanego, wyposażonej w metalowe panele i ochronne nakładki silikonowe (https://t.ly/RiOR)

Fotografia 9. Uszczelnienia kształtowe współpracujące ze złączami (https://t.ly/i__Ru)

eprasa.pl e16ad6537c

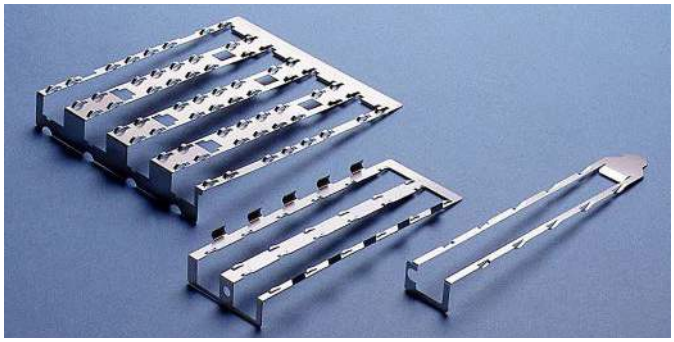


Fotografia 10. Uszczelnienia elektromagnetyczne typu form-in-place (https://t.ly/fpG0)

Fotografia 11. Przykładowe uszczelki sprężynowe przeznaczone do montażu zatrzaskowego (https://t.ly/FLsZ)

(otwieranie/zamykanie pokrywy), zakresu temperatur pracy, wilgotności, obecności zanieczyszczeń chemicznych w otoczeniu urządzenia, czy wreszcie dopuszczalnych kosztów wdrożenia danego rozwiązania.

- **Elastomery przewodzące** (**fotografia 8**) zapewniają wysoką odporność na korozję i stosunkowo niski koszt instalacji, a także umożliwiają realizację dodatkowej funkcji – uszczelnienia środowiskowego (przed wilgocią i pyłem). Oprócz uszczelnień w postaci korytek, rurek czy oringów, elastomery przewodzące są także spotykane jako gotowe kształtki (podkładki) do ekranowania złączy panelowych (**fotografia 9**). Jednym z ciekawszych przykładów aplikacji omawianych polimerów są uszczelki typu Form-In-Place – nakładane za pomocą zrobotyzowanych, 3-osiowych dyspenserów, na brzegi obudów oraz ich wewnętrznych komór (**fotografia 10**). Rozwiązanie takie umożliwia wygodny montaż urządzenia bez konieczności ręcznego pozycjonowania uszczelnień kształtowych, wycinanych z płaskich arkuszy polimeru.
- **Uszczelnienia sprężynowe** (**fotografia 11**) mają postać specjalnie wyprofilowanych, sprężystych blach, mocowanych zwykle poprzez zatrzaski, współpracujące z kołnierzem obudowy. Zapewniają wysoką wytrzymałość mechaniczną, długookresową stabilność elektryczną oraz doskonałe właściwości przewodzące.



Fotografia 12. Uszczelki sprężynowe specjalnego przeznaczenia, wykorzystywane do współpracy ze slotami kart w systemach modułowych (np. komputerach stacjonarnych). Źródło: https://t.ly/lYgH

Fotografia 13. Elektromagnetyczne uszczelnienia siatkowe (https://t.ly/FLsZ)

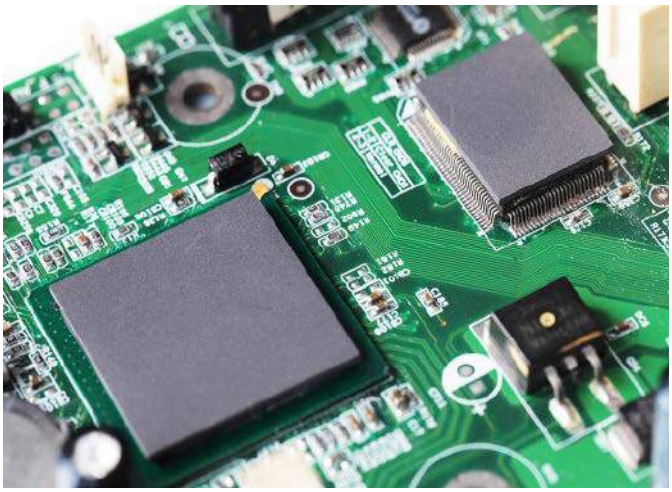
Uniemożliwiają natomiast zachowanie szczelności środowiskowej, dlatego nie mogą zastępować konwencjonalnych uszczelnień technicznych (w przeciwieństwie do uszczelek polimerowych). Swego rodzaju odmianą uszczelek sprężynowych są specjalne nakładki z cienkiej blachy, stosowane do ochrony szczelin pomiędzy obudową, a znajdującymi się w niej kartami rozszerzeń (**fotografia 12**) – rozwiązanie takie znane jest doskonale m.in. z komputerów stacjonarnych, choć tam często można spotkać się z blaszkami sprężynowymi zintegrowanymi bezpośrednio ze złączami.

- **Uszczelnienia siatkowe** są wykonywane z cienkiego splotu miedzi berylowej i mają formę kształtek o zadanych wymiarach (**fotografia 13**). Zapewniają dobre przewodnictwo oraz parametry odkształcalności. Mogą być montowane do podłoża poprzez przyklejenie, zgrzewanie punktowe, czy też lutowanie.
- **Uszczelnienia piankowe** – podobnie, jak polimerowe – występują w wersjach o rozmaitych kształtach przekroju poprzecznego, rozmiarach oraz wykończeniu. Charakteryzują się wysoką podatnością na nacisk, dlatego dobrze wypełniają nierówności brzegów obudowy. Uszczelki tego typu składają się z pianki poliuretanowej, neoprenowej bądź silikonowej, obleczonej przewodzącą tkaniną (**fotografia 14**) bądź siatką z cienkich, metalowych

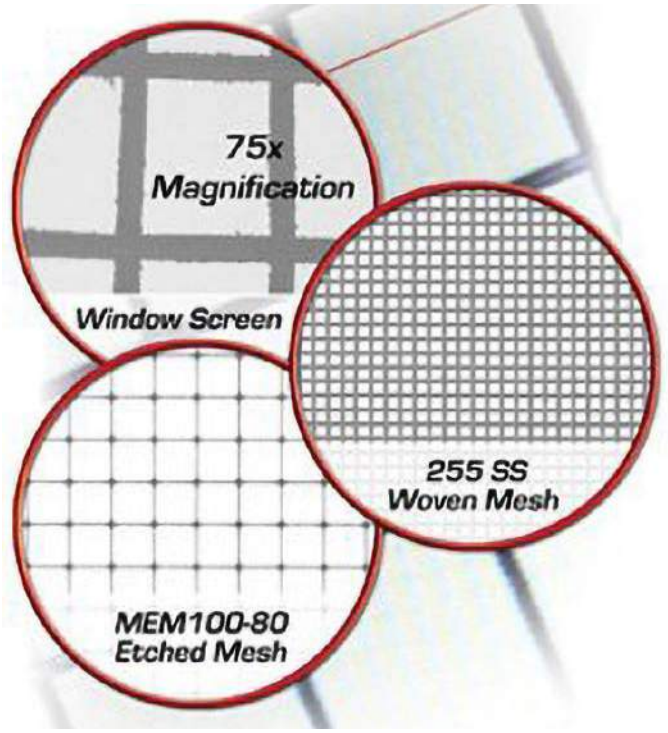
Fotografia 14. Uszczelki EMI z pianki obleczonej tkaniną przewodzącą (https://t.ly/_dHz)

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 15. Uszczelka piankowa z oplotem siatkowym (https://t.ly/bAbo)



Fotografia 16. Przykład zastosowania samoprzylepnych absorberów EMI do tłumienia zakłóceń RFI w bezpośrednim otoczeniu układów scalonych (https://t.ly/-jX-)



Rysunek 12. Siatkowe osłony EMI do wyświetlaczy są wykonywane z wykorzystaniem zróżnicowanych technologii oraz na szerokiej gamie materiałów podłoża (https://t.ly/PKKk)

drutów (**fotografia 15**). Najczęściej stosowanym rozwiązaniem w kwestii montażu uszczelek piankowych do kołnierza bądź krawędzi obudowy jest dwustronna taśma samoprzylepna. Sporą zaletą niektórych typów uszczelek są doskonałe parametry mechaniczne i elektryczne – produkt pokazany na fotografii 14 zapewnia efektywne tłumienie na poziomie ponad 90 dB w paśmie od 10 MHz do 10 GHz i to nawet po 10 tysiącach cykli odkształcenia mechanicznego (!).

W celu ochrony przed powstawaniem rezonansów w pustych przestrzeniach wewnątrz ekranowanej obudowy stosowane są absorbery energii fal radiowych. Materiały te mają najczęściej postać specjalnych elastomerów, domieszkowanych cząstkami o właściwościach magnetycznych oraz wyposażonych w warstwę samoprzylepną, umożliwiającą łatwe zamocowanie na powierzchni układu scalonego, płytki drukowanej bądź obudowy (**fotografia 16**). W niektórych przypadkach absorbery ułatwiają też przepływ ciepła z obudowy układu scalonego, pełniąc tym samym rolę podkładki termoprzewodzącej.

Ekranowanie wyświetlaczy i wentylatorów

Jak zaznaczyliśmy już wcześniej, wszelkie otwory w obudowie stanowią źródło potencjalnych nieszczelności ekranowania. Skoro tak ważne jest zapewnienie ciągłości ekranu poprzez stosowanie uszczelek do ochrony nawet wąskich szczelin obudowy, to co należy robić w przypadku nieuniknionych, wielkopowierzchniowych otworów, przeznaczonych do montażu wyświetlaczy czy też wentylatorów? Na szczęście, na rynku dostępna jest szeroka gama produktów skutecznie rozwiązujących ten problem.

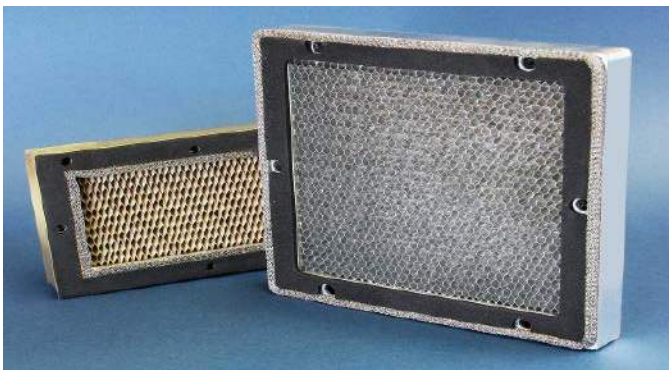
Fotografia 17. Osłony EMI w formie płytek oraz folii z naniesioną warstwą tlenku ITO (https://t.ly/Fcrp)

- **Osłony ITO** bazują na przezroczystym podłożu (np. szkle lub folii polimerowej, w tym PET), na które naniesiona została cienka warstwa tlenku indu-cyny (indium tin oxide) o wysokiej przewodności elektrycznej, przy czym metoda pokrywania substratu tlenkiem ITO jest nieco zbliżona do opisanej wcześniej metalizacji próżniowej – przykładowe realizacje prezentuje **fotografia 17**. Zaletą tego typu rozwiązań jest niemal całkowita przezierność optyczna, zaś wadą – niższy poziom tłumienności w porównaniu do mikrosiatek metalowych.
- **Osłony siatkowe** (**rysunek 12**) są wykonywane w oparciu o podłoża szklane lub polimerowe (PET, TAC), trwale połączone z niezwykle cienką siatką tkaną bądź wytrawianą, co pozwala uzyskać bardzo wysoką skuteczność ekranowania przy minimalnych stratach optycznych. Materiałem siatki może być stal nierdzewna pokrywana srebrem bądź miedź, zaś osiągalne poziomy tłumienia (w zależności od pasma częstotliwości,

Fotografia 18. Podstawowe modele siatkowych ekranów RFI do wentylatorów (https://t.ly/FgFV)

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 19. Struktura plastra miodu w filtrze RFI przeznaczonym do wentylacji obudowy (https://t.ly/ePLk)

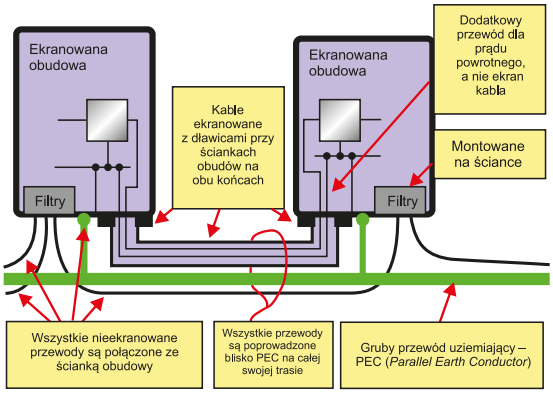


Fotografia 20. Duże osłony EMI przeznaczone do ochrony otworów wentylacyjnych oraz wycięć obudowy dla wentylatorów. Widoczne są uszczelki dwufunkcyjne (pełnią rolę dodatkowego uszczelnienia EMI oraz chronią przed zasysaniem pyłu i kurzu). Źródło: https://t.ly/C68Q

grubości przewodnika oraz wymiarów oczek) dochodzą nawet do niemal 100 dB.

W przypadku wentylatorów oraz otworów wentylacyjnych także istnieje możliwość skutecznego ekranowania – w tym przypadku kluczowym parametrem (oprócz tłumienności) jest oczywiście stopień oporu, stawianego przez filtr EMI przepływającemu przezeń strumieniowi powietrza, choć praktyczne znaczenie ma także wynikający z zastosowania osłony wzrost poziomu szumu akustycznego.

Istnieje kilka rodzajów tego typu osłon – najprostsze mają postać metalowych siatek o zróżnicowanych gęstościach, umocowanych w ramkach z otworami montażowymi (**fotografia 18**). Znacznie większe możliwości daje natomiast zastosowanie filtrów o trójwymiarowej strukturze przypominającej plaster miodu (**fotografia 19**). Zasada ich działania może być na pierwszy rzut oka dość zaskakująca – opiera się ona na podejściu *waveguide beyond cutoff*, czyli dosłownie… falowodzie o częstotliwości odcięcia leżącej powyżej pasma zakłóceń. Innymi słowy – zastosowanie struktury typu plaster miodu pozwala uzyskać doskonałe parametry przepływu powietrza przy wysokiej skuteczności tłumienia fal radiowych o wysokiej częstotliwości (od kilkuset megaherców do wielu gigaherców). Każda z komórek stanowi miniaturowy falowód, który skutecznie tłumi sygnały w paśmie leżącym poniżej jego częstotliwości odcięcia, a wynikającej z wymiarów oraz geometrii. W ten sposób odpowiednie zastosowanie wiedzy z zakresu techniki mikrofalowej pozwala uzyskać parametry nieosiągalne przy użyciu konwencjonalnych siatek metalowych. Warto dodać, że opisywane rozwiązanie jest nierzadko łączone z dodatkowymi funkcjami, np. filtrami przeciwpyłowymi, w ramach pojedynczego, rozbudowanego elementu (**fotografia 20**). „Falowodowe" osłony wentylatorów są szczególnie chętnie stosowane w aparaturze wojskowej, głównie ze względu na szerokie pasmo częstotliwości oraz wysoką wydajność chłodzenia.



Rysunek 13. Zastosowanie metalowych złączy połączonych z oplotem kabla zapewnia ciągłość ekranowania całego systemu (https://t.ly/9qNQ)

Ekranowanie przewodów i złączy

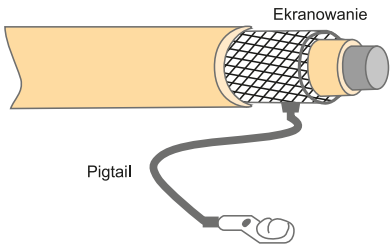
Na koniec powróćmy jeszcze raz do tematyki uszczelniania ekranu urządzenia, tym razem zajmując się jednak znacznie mniejszymi otworami. W przypadku połączeń zewnętrznych realizowanych za pomocą złączy, problem właściwego podłączenia oplotów kabli do obudowy w zasadzie znika w naturalny sposób – poprzez przykręcenie metalowego złącza do (również metalowej) obudowy. Takie proste rozwiązanie zapewnia doskonałe, dookólne ekranowanie żył sygnałowych i zasilających oraz umożliwia zachowanie ciągłości ochrony przeciwzakłóceniowej na poziomie całego systemu (**rysunek 13**).

Jeżeli przewody muszą być wprowadzone do wnętrza obudowy bezpośrednio, zdecydowanie nie należy podłączać oplotów kabli za pomocą (nawet krótkich) przewodów, określanych mianem pigtail (**rysunek 14**). Powód jest prosty – każdy odcinek przewodu wprowadza pewną niezerową indukcyjność pomiędzy oplotem, a ekranem urządzenia, co pogarsza skuteczność tłumienia zaburzeń RFI w wyższych pasmach częstotliwości.

Istnieje kilka zalecanych rozwiązań problemu podłączenia oplotu kabla do obudowy lub chassis urządzenia:

- **Dławnice metalowe** w wykonaniach EMC zawierają specjalną sprężynkę, umieszczaną pomiędzy korpusem przepustu, a nakrętką dociskową. Element ten współpracuje z odsłoniętym oplotem kabla (**fotografia 21**).
- **Przeciwnakrętki ekranujące** umożliwiają uzyskanie efektywnego ekranowania nawet przy zastosowaniu konwencjonalnych dławnic tworzywowych. Kontakt elektryczny oplotu z obudową zapewnia specjalna, gęsta szczotka mosiężna (**fotografia 22**), obejmująca dookólnie oplot kabla.

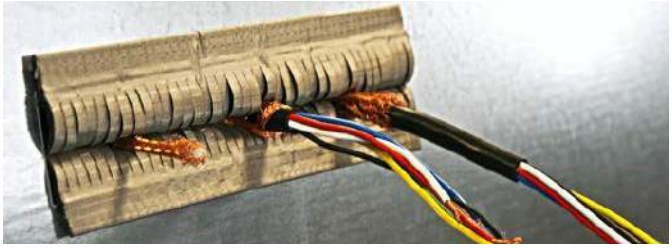
Fotografia 21. Dławnica EMC (https://t.ly/vLUT)



Rysunek 14. Podłączenie ekranu metodą pigtail (https://t.ly/VMwD)

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 22. Przeciwnakrętka ekranująca, zamontowana na dławnicy tworzywowej (https://t.ly/kzfh)



Fotografia 23. Ekran przelotowy do jednoczesnego podłączenia oplotów kilku przewodów (https://t.ly/5tkr)

- **Ekrany przelotowe** ułatwiają podłączenie oplotów wielu przewodów wprowadzonych do obudowy na tej samej wysokości (**fotografia 23**). Zapewniają tłumienie zakłóceń w bardzo szerokim pasmie od 1 MHz do nawet 10 GHz, zaś kontakt elektryczny jest zrealizowany poprzez docisk elastycznych „szczęk", dopasowujących się do średnicy i położenia kabla.
- **Zaciski kablowe** występują w szerokim wachlarzu odmian – istnieją wersje przeznaczone do montażu na szynie DIN (**fotografia 24**), przykręcenia bezpośrednio do obudowy lub chassis, a nawet do lutowania w otworach płytki drukowanej.

Fotografia 24. Zaciski na szynę DIN umożliwiające podłączenie oplotów kabli do chassis urządzenia (https://t.ly/eYml4)

Podsumowanie

W artykule omówiliśmy obszerny zestaw technik ekranowania, ściśle powiązanych z obudową urządzenia. Okazuje się bowiem, że sama obudowa ekranująca nie wystarczy – do prawidłowego ograniczenia emisji oraz podatności na zaburzenia EMI konieczne jest zastosowanie szeregu rozwiązań, których wspólny cel to zapewnienie szczelności elektromagnetycznej obudowy. Rozwój materiałoznawstwa elektronicznego (na przykładzie mu-metalu, polimerów przewodzących, czy też absorberów RFI) podąża za rozwojem technologii, zapewniając możliwość ekranowania wszystkich rodzajów zakłóceń – od stałych pól magnetycznych, aż po mikrofale w pasmach rzędu kilkudziesięciu gigaherców.

inż. Przemysław Musz, EP

REKLAMA

eprasa.pl e16ad6537c

Obudowy gotowe na każde warunki

Brak dostępu do stałego zasilania dla wielu aplikacji nie stanowi już bariery – mamy do dyspozycji wydajne układy, które mogą być zasilane nawet ze źródeł odnawialnych. Brak infrastruktury telekomunikacyjnej też przestaje być przeszkodą – komunikacja bezprzewodowa oferuje globalny zasięg. Zniesienie tych zasadniczych ograniczeń poszerza zakres zastosowań wielu aplikacji. Teraz potrzebne są obudowy, które umożliwią niezawodną pracę urządzeń w różnorodnych warunkach. Wiele modeli z oferty firmy Maszczyk doskonale się do tego nadaje.

Nowoczesne obudowy uniwersalne z tworzywa to doskonałe połączenie dobrej jakości i przystępnej ceny. Dostępne są w bogatej palecie wzorów i kolorów, a dodatkowo mogą być wykonane z trwałych materiałów, takich jak ABS lub polistyren. W ofercie firmy Maszczyk dostępne są nie tylko typowe rozwiązania, ale także innowacyjne modele, np. transparentne, hermetyczne, o wysokiej odporności na działanie wilgoci, zapewniające klasy szczelności IP65 i IP67 czy wykonane z materiałów niepalnych w klasie V0. Poniżej zaprezentowaliśmy najciekawsze z nich.

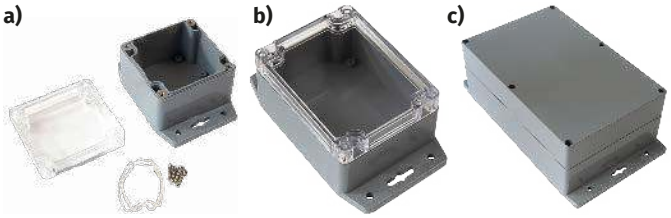
Więcej informacji:
MASZCZYK – obudowy dla elektroniki
www.maszczyk.pl
tel. +48 602 726 086
maszczyk@maszczyk.pl

Obudowy z mocowaniem o podwyższonej klasie szczelności

Obudowy serii TC to nowoczesne obudowy hermetyczne wyposażone w uchwyty umożliwiające przymocowanie do płaskiej powierzchni np. do ściany. Składają się z dwóch części – podstawy i pokrywy (**fotografia 1**). Materiałem ciemnoszarej podstawy jest ABS, pokrywa może być wykonana z tego samego materiału lub z poliwęglanu jako transparentna.

Dzięki wzmocnionej konstrukcji obudowa może być stosowana wszędzie tam, gdzie panują trudne warunki. Pomiędzy pokrywą a podstawą znajduje się uszczelka obwodowa, a obie części są łączone za pomocą śrub i mosiężnych insertów. Takie rozwiązania gwarantują, że cała konstrukcja osiąga stopień szczelności na poziomie IP67. Zatem obudowy te są idealnym wyborem dla miejsc, gdzie mamy do czynienia z dużą ilością pyłu lub wody.

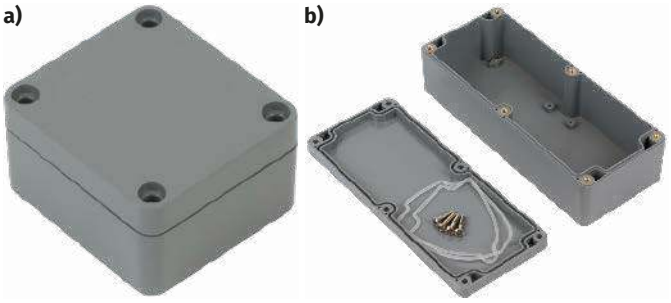
eprasa.pl e16ad6537c



Fotografia 1. Wybrane modele obudów serii TC: a) obudowa typu TC--206; b) obudowa typu TC-222; c) obudowa typu TC-258

Obudowy serii TC dostępne są w 18 wersjach różniących się wymiarami – od modelu TC-202 o wymiarach 50×52×39 mm (dł.×szer.×wys.), do modelu TC-269 o wymiarach 250×250×120 mm. Wewnątrz obudów znajdują się kołki mocujące umożliwiające zamocowanie płytki PCB.

Pełne zestawienie modeli można znaleźć na stronie: http://bit.ly/3W7nxR4.



Fotografia 2. Wybrane modele obudów serii TH: a) obudowa typu TH--204; b) obudowa typu TH-234

Wzmocnione obudowy hermetyczne

Seria TH to nowoczesna, dwuczęściowa obudowa hermetyczna o klasycznym prostopadłościennym kształcie z zaokrąglonymi pionowymi krawędziami bocznymi, które nadają im estetyczny wygląd (**fotografia 2**). Wzmocniona konstrukcja i odporne tworzywo ABS umożliwiają stosowanie obudów w miejscach narażonych na czynniki środowiskowe. Podobnie jak w serii TC, na połączeniu obu części znajduje się uszczelka obwodowa, która wraz z zamknięciem za pomocą śrub i mosiężnych insertów zapewnia stopień szczelności na poziomie IP67.

Obudowy serii TH dostępne są w kilkudziesięciu wersjach różniących się wymiarami – od modelu TH-202 o wymiarach 52×50×35 mm (dł.×szer.×wys.), do modelu TC-272 o wymiarach 360×200×150 mm. Wewnątrz obudów znajdują się kołki mocujące umożliwiające zamocowanie płytki PCB. Niektóre modele, jak TH-214 (**fotografia 3**), mają wgłębienie na ściance frontowej, które umożliwia

Fotografia 3. Obudowa typu TH-214 z wgłębieniem na ściance frontowej

Fotografia 4. Obudowa TH-203, w której pokrywa jest połączona z podstawą za pomocą zawiasu

umieszczenie tam nalepki informacyjnej urządzenia lub tabliczki znamionowej. To proste rozwiązanie sprawi, że nalepka zrówna się z płaszczyzną ścianki frontowej i nie będzie narażona na przypadkowe zerwanie.

Szczególnie interesującym modelem jest niewielka obudowa TH--203 (**fotografia 4**). Dwuczęściowa konstrukcja ma pokrywę połączoną z podstawą za pomocą zawiasu. Pomimo tego niestandardowego rozwiązania utrzymuje klasę szczelności IP65. Obudowa TH-203 będzie idealna np. do urządzeń zasilanych z baterii, którą trzeba będzie okresowo wymieniać.

Pełne zestawienie modeli można znaleźć na stronie: http://bit.ly/3TWXj1D.

Wielofunkcyjne obudowy do instalacji elektrycznych

Obudowy przystosowane do trudnych warunków to też tzw. puszki montażowe do instalacji elektrycznych. Odznaczają się dobrą szczelnością, dużą odpornością na szkodliwe czynniki zewnętrzne, a dodatkowo mają wysoki indeks niepalności, co zwiększa bezpieczeństwo ich używania nawet w trudnych warunkach. W ofercie firmy Maszczyk dostępne są różne specjalistyczne wersje, m.in. z pokrywką transparentną, z otworami pod dławnice kablowe czy z wysoką kopułą (**fotografia 5**).

Pełne zestawienie modeli do instalacji elektrycznych można znaleźć na stronie: http://bit.ly/3gML5Ks.

Fotografia 5. Wybrane modele obudów do instalacji elektrycznych: a) obudowa typu PW-31SZT; b) obudowa typu PW-32SZD; c) obudowa typu PW-38SZ

Podsumowanie

Firma Maszczyk to producent uniwersalnych obudów do elektroniki, który wychodzi naprzeciw oczekiwaniom klientów. Oferta firmy obejmuje ponad 1000 gotowych produktów oraz liczne akcesoria do obudów, klawiatury membranowe oraz elektronikę. Oprócz tego wyspecjalizowani projektanci z dziedziny wzornictwa przemysłowego pomogą w wykonaniu nowych projektów obudów, wstępnych wizualizacji i pierwszych prototypów.

eprasa.pl e16ad6537c

Uniwersalne obudowy dla systemów embedded i nie tylko

Niezależnie od tego, czy projekt zawiera gotową płytkę PCB, czy jest ona opracowywana indywidualnie, potrzebna jest obudowa, która będzie ją skutecznie chroniła. Rynek oferuje bardzo dużą liczbę systemów produkowanych specjalnie pod wymogi projektowe lub standardowych, wymagających dodatkowych modyfikacji, zarówno do zastosowań wewnętrznych jak i zewnętrznych. Ważne jest, aby obudowa umożliwiała szybkie zmiany dotyczące specyficznych wymagań klientów i co ważniejsze, pozwalała na wyróżnienie się wyglądem na tle konkurencji. Modułowy system obudów UCS od Phoenix Contact powstał po to, aby sprostać tym wymaganiom.

Bardzo wydajne, łatwo adaptowalne i szeroko dostępne systemy wbudowane od dłuższego czasu są czymś więcej niż tylko niewidocznymi minikomputerami. W zdecentralizowanych systemach automatyki spełniają szereg funkcji sterowania i komunikacji. Dzięki szybkiemu wzrostowi wydajności zintegrowanego oprogramowania i sprzętu, odgrywają kluczową rolę w wydajnym łączeniu autonomicznych funkcji w złożonych systemach. Przemysł 4.0, Internet Rzeczy, e-mobilność, efektywność energetyczna – wymagają od twórców systemów wbudowanych spełnienia różnorodnych wymagań. Miniaturyzacja, stale rosnąca moc obliczeniowa i wydajna komunikacja między systemami w sieci już dawno stały się standardem.

Głównymi obszarami zainteresowania użytkowników systemów wbudowanych jest niezawodność elektroniki oraz elastyczność zastosowań. Opracowywanie urządzeń bazujących na systemach wbudowanych ma wiele zalet. Pozwala zaoszczędzić czas potrzebny na prace projektowe, co oprócz korzyści ekonomicznych, pozwala szybko reagować na zmieniający się rynek. W zakresie obudów do elektroniki oraz ustandaryzowanych interfejsów do przesyłania sygnałów, danych i zasilania, Phoenix Contact oferuje niezawodne rozwiązania zgodne z różnymi wymaganiami rynkowymi (**rysunek 1**).

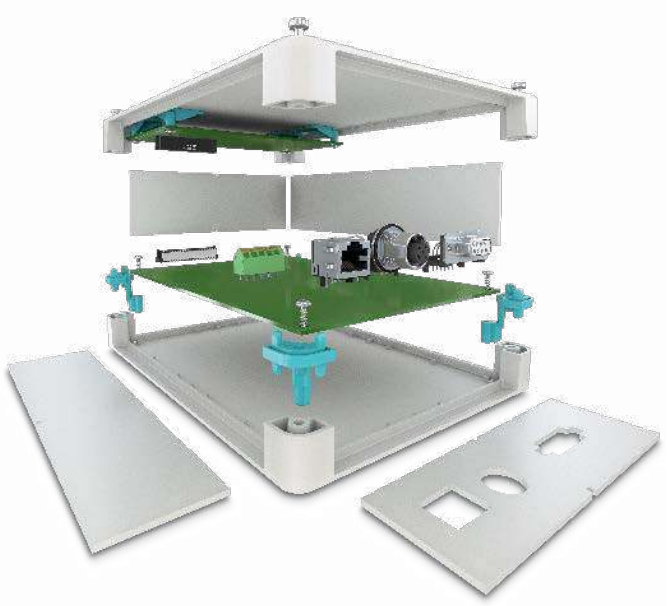
UCS – Universal Case System

Obudowa UCS składa się z dwóch identycznych elementów tworzących korpus obudowy oraz zdejmowanych paneli bocznych. Jeśli potrzebna jest większa przestrzeń montażowa przy zachowaniu tej samej powierzchni, przy użyciu odpowiednich akcesoriów możliwe jest rozbudowanie systemu do wersji o 20 mm wyższej. Dalsze modyfikacje są możliwe m.in. przez użycie elementów w różnych wariantach

Rysunek 1. Dostępne warianty montażu systemu UCS

Rysunek 2. Uniwersalna obudowa USC wraz z różnymi interfejsami dla sygnałów, danych oraz zasilania

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 3. Modułowość i wszechstronność: liczne interfejsy i opcje montażu ułatwiają integrację urządzenia

kolorystycznych. Zdejmowane panele boczne, łatwe w obróbce, umożliwiają tworzenie różnych wersji projektu dostosowanych do użytych w nim interfejsów (**rysunek 2**). Przy użyciu adapterów na szynę DIN i dalszych akcesoriów, np. nóżek lub uchwytów naściennych, obudowa do elektroniki UCS może mieć jeszcze bardziej uniwersalne zastosowanie – również w szafie sterowniczej.

Sposoby mocowana PCB

System UCS oferuje dwa sposoby montażu PCB. Aby maksymalnie wykorzystać powierzchnię płytki drukowanej, jest ona mocowana bezpośrednio do wkładki narożnej. Jeśli rozmiar obudowy jest większy od PCB, dodatkowe akcesoria umożliwiają montaż płytki w dowolnie wybranej pozycji. Jeśli jest taka potrzeba, umożliwi to również montaż większej ilości płytek PCB w jednej obudowie (**rysunek 3**).

Niezawodna technika przyłączeniowa

Inteligentne urządzenia bazujące na systemach wbudowanych osiągają wysoką funkcjonalność dopiero dzięki odpowiednim interfejsom, które określają jak elastyczne jest zastosowanie urządzenia w różnych aplikacjach. Szeroki wybór złącz, na płytce drukowanej jak i na zewnątrz urządzenia, to kolejna mocna strona systemu UCS. Oferta Phoenix Contact obejmuje rozwiązania śrubowe i sprężynowe Push-In w terminalach lub połączeniach wtykowych (**rysunek 4**). Złącza M5 lub M12 idealnie nadają się realizacji połączeń sygnałowych lub zasilania. Dostępne w różnych wariantach montażu nie stanowią problemu w integracji z użytą elektroniką. Oferta obejmuje również szereg złącz do transmisji danych przewodami miedzianymi lub światłowodami.

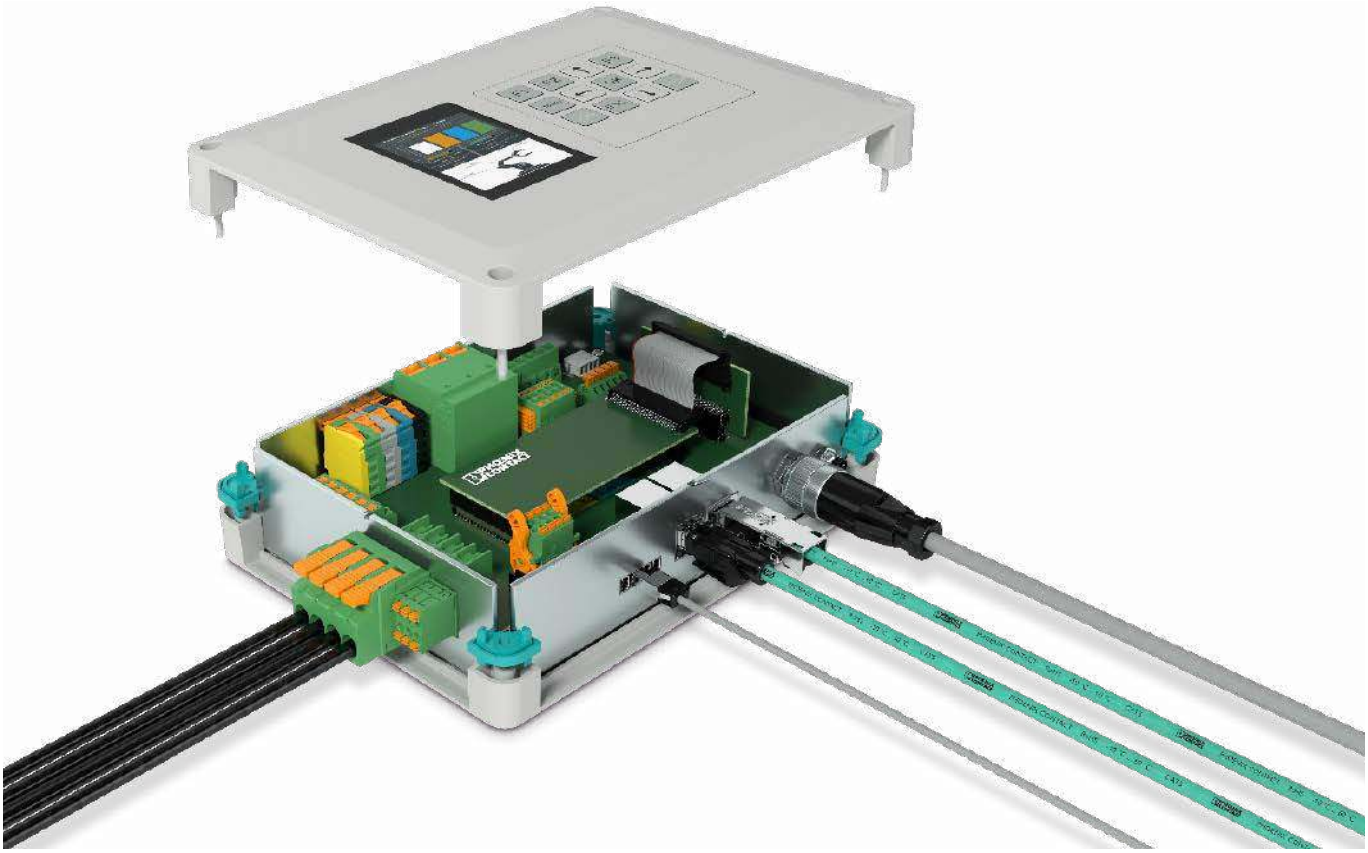
Ogromny potencjał

Rynek systemów wbudowanych będzie nadal silnie się rozwijał, zwłaszcza w obliczu zmian, jakie przynoszą Przemysł 4.0 i Internet Rzeczy. W tym dynamicznym środowisku producenci urządzeń elektronicznych potrzebują rozwiązań elastycznych i uniwersalnych. System UCS i liczne technologie połączeń oferują producentom ogromny potencjał do realizacji kreatywnych projektów. Modułowa konstrukcja obudowy i ustandaryzowane techniki połączeń obniżają koszty produkcji i umożliwiają producentowi urządzenia szybkie i łatwe sprostanie wymaganiom rynku.

Więcej informacji znajduje się na stronie: http://bit.ly/3DPBPP2.

Jest tam również konfigurator, który w zaledwie kilku krokach pozwoli skonfigurować własne rozwiązanie dla dowolnego systemu obudów z oferty Phoenix Contact. Aby być na bieżąco z nowościami warto zapisać się na newsletter już dziś: https://bit.ly/3NsRuHc.

Phoenix Contact
www.phoenixcontact.pl



Rysunek 4. Integracja różnych technik i standardów zapewnia systemowi UCS wysoką elastyczność i funkcjonalność

eprasa.pl e16ad6537c

Systemy zintegrowanej optoelektroniki obrazowej

Nowe możliwości w ochronie zdrowia i aplikacjach kosmicznych

Znane chińskie przysłowie mówi, że „jeden obraz wart jest tysiąca słów". W XXI wieku oznacza to, że jeden obraz jest nośnikiem informacji, które należy przetworzyć do postaci danych użytecznych dla użytkownika. Otaczający nas świat jest światem analogowym. Obrazy, które widzimy (lub których nie dostrzegamy ze względu na ograniczenia ludzkiego oka, ale są rejestrowane przez urządzenia elektroniczne), przetwarzane są do postaci sygnału elektronicznego (analogowego i później cyfrowego) oraz analizowane przez specjalizowane rozwiązania sprzętowe i algorytmy programowe tak, aby uzyskać poszukiwane dane. Wystarczy wziąć do ręki smartfon i zlokalizować zainstalowane kamery (zwykle jest ich kilka), aby zrozumieć, jak wielki postęp w dziedzinie systemów obrazowania i ich integracji oraz miniaturyzacji dokonał się w ostatniej dekadzie. Czy systemy te służą tylko do upamiętniania wakacyjnych wyjazdów, spotkań ze znajomymi i wydarzeń, które za chwilę będą tylko wspomnieniem?

Dla zdrowia i kosmosu

Miniaturyzacja i integracja systemów optoelektroniki obrazowej otworzyła nowe możliwości aplikacyjne w wielu obszarach działalności człowieka. Ostatnie 2–3 lata to czas zogniskowania naszej uwagi z jednej strony na zagadnienia związane z ochroną zdrowia, w tym szczególnie wykrywaniem wirusa SARS-CoV-2 (lub szeroko rozumianych zagrożeń biologicznych) oraz z drugiej strony – okres komercyjnego podboju kosmosu i wielu spektakularnych misji kosmicznych zrealizowanych i planowanych w najbliższych latach. W obydwu tych obszarach zminiaturyzowane i zintegrowane systemy obrazowania pełnią istotną funkcję.

Współczesna diagnostyka medyczna wykorzystuje tzw. diagnostykę molekularną. W diagnostyce tej bada się kwasy nukleinowe (DNA lub RNA), będące nośnikiem informacji na temat chorób genetycznych, zarówno dziedzicznych, jak i nowotworowych, a także chorób infekcyjnych oraz pasożytniczych. Metoda ta wykorzystuje specyficzną reakcję łańcuchową polimerazy (*polymerase chain reaction*, PCR) lub inną technikę namnażania materiału genetycznego do powielenia niewielkich ilości DNA lub RNA (odpowiednik wzmacniacza elektronicznego sygnału). Identyfikacja tego materiału następuje dzięki rejestracji emitowanego przez oddziałujący z DNA barwnik fluorescencyjny światła w trakcie namnażania lub po namnożeniu w procesie elektroforezy żelowej.

Pojawia się zatem konieczność wzbudzenia fluorescencji światłem o odpowiedniej długości i rejestracji fluorescencji z wykluczeniem (filtrowaniem) światła wzbudzającego. Zwykle urządzenia przeznaczone do prowadzenia reakcji PCR z odczytem sygnału świetlnego są duże i drogie. Jednym z najdroższych i najbardziej skomplikowanych elementów reaktora PCR jest właśnie moduł wzbudzania i detekcji fluorescencji. Jednakże w dobie miniaturyzacji, przez odpowiedni dobór elementów optoelektronicznych i inteligentne podejście do zagadnienia, możliwe jest budowanie i stosowanie z powodzeniem małych, kompaktowych reaktorów PCR. Kluczowe jest tutaj oddzielenie bardzo intensywnego światła wzbudzającego fluorescencję od emitowanego światła fluorescencji. Intensywność światła wzbudzającego jest nawet 1000-krotnie wyższa od intensywności fluorescencji, a przesunięcie długości fali między tymi sygnałami to zwykle kilkanaście do kilkudziesięciu nanometrów.

Politechnika Wrocławska

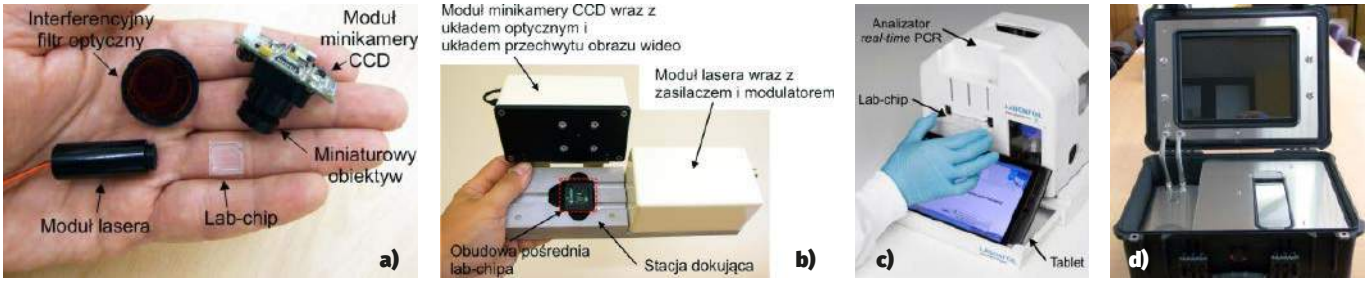
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów

Laboratorium na chipie

Jeden z najmniejszych reaktorów PCR, i pierwszych tak małych w Europie, został opracowany przez naukowców z Politechniki Wrocławskiej (Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów) w ramach europejskiego projektu OPTOLABCARD. Urządzenie mieszczące się na dłoni zawierało prosty, ale efektywny system wzbudzania i detekcji fluorescencji z miniaturowego zbiornika zawierającego materiał genetyczny bakterii lub wirusów (tzw. laboratorium na chipie). Objętość cieczy w mikrozbiorniku wynosiła zaledwie 10 mikrolitrów czyli 10^{-6} litra, czyli tyle, ile mała kropla deszczu. System składał się z miniaturowego czerwonego (λ = 635 nm) półprzewodnikowego lasera, jednego filtra interferencyjnego, który przepuszczał światło o długości fali powyżej 650 nm i miniaturowej, zintegrowanej z obiektywem kamery (CCD lub CMOS). Inteligencja zaproponowanego rozwiązania polega na ułożeniu pod kątem 90° wiązek światła wzbudzającego fluorescencję i emitowanego przez próbkę (ortogonalna separacja geometryczna światła), zastopowaniu jednego filtra górnoprzepustowego przepuszczającego tylko światło fluorescencji i blokującego światło wzbudzające (separacja optyczna), doborze optymalnej matrycy obrazowej dostrojonej do rejestrowanego światła oraz wreszcie programowej analizie rejestrowanego obrazu tak, aby automatycznie wyszukać sygnał fluorescencji w obrazie mikrozbiorniczka i skupić uwagę programu analizującego na tym obszarze [1].

Takie podejście do budowy zintegrowanych systemów optoelektroniki obrazowej zostało z powodzeniem zastosowane w przenośnych urządzeniach wykorzystujących reakcję PCR do wykrywania patogenów żywności (projekt europejski OPTOLABCARD), raka jelita grubego lub złotych alg u wybrzeży Wielkiej Brytanii (projekt europejski LABONFOIL) czy broni biologicznej (projekt SFORA na rzecz obronności państwa [2]) (**rysunek 1**).

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 1. Miniaturowy system wzbudzania i detekcji fluorescencji: a) wygląd kluczowych komponentów inteligentnego rozwiązania, b) przykłady miniaturowych instrumentów analitycznych do wykrywania materiału genetycznego patogenów – minireaktor PCR z odczytem optycznym do wykrywania patogenów żywności, c) instrument diagnostyczny do wykrywania zakażeń wirusowych, nowotworu raka jelita oraz złotych alg, d) przenośny (walizkowy) minireaktor PCR do wykrawania broni biologicznej w warunkach polowych

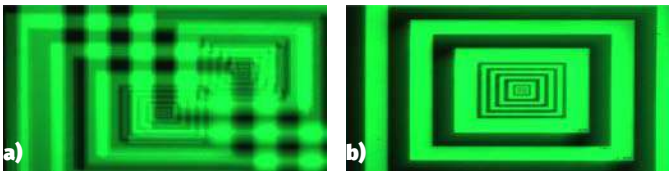
Dokładność i skuteczność

Drugą z powszechnie stosowanych technik identyfikacji materiału genetycznego jest kapilarna elektroforeza żelowa (*capillary gel electrophoresis*, CGE) [2]. Podstawą tej metody jest rozdzielenie mieszaniny fragmentów DNA w polu elektrycznym w rurce o średnicy porównywalnej do średnicy ludzkiego włosa (około 100 mikrometrów) ze względu na ich masę cząsteczkową (długość), sekwencję nukleotydów lub określoną strukturę przestrzenną (konformację). Adaptowany na potrzeby CGE system detekcji optycznej musi zapewniać detekcję sygnałów z bardzo małej objętości (nawet poniżej 10^{-9} litra) i zmienność w czasie sygnału, który generowany jest w trakcie migrujących przez obszar detekcji fragmentów DNA z przyłączonym barwnikiem fluorescencyjnym. Analiza obrazu przeprowadzana jest podobnie jak dla urządzenia PCR, przy czym algorytm jest nastawiony na wykrywanie dynamicznych zmian sygnału fluorescencji fragmentów DNA. Instrument walizkowy do CGE umożliwił wykrycie m.in. markerów wysokopatogennego szczepu wirusa ptasiej grypy A(H7N7) na tle szczepu niskopatogennego w zaledwie 5 minut. W innych testach szklanego lab-chipa potwierdzono separację fragmentów jednoniciowego DNA ze sprawnością przekraczającą 7 milionów półek teoretycznych na metr, co jest jednym z najlepszych wyników na świecie [3, 4].

Miniaturowy satelita

Postępująca miniaturyzacja dotyczy nie tylko obiektów znajdujących się na Ziemi. Nie inaczej dzieje się w domenie kosmicznej, gdzie wciąż rosnące znaczenie zyskują mikro- lub nanosatelity (QubeSats). Taki miniaturowy satelita, o wymiarach będących wielokrotnością 1 U (10×10×10 cm³) to umieszczony w przestrzeni kosmicznej pełnoprawny obiekt kosmiczny. Zawiera on wszystkie komponenty związane z zasilaniem, komunikacją, utrzymaniem orientacji w przestrzeni oraz ładunek, tak zwany *payload*.

Autorzy tego artykułu uczestniczą w realizacji projektu pt. „Opracowanie rewolucyjnej usługi obrazowania Ziemi przy użyciu satelitarnej konstelacji REC", którego zadaniem jest opracowanie innowacyjnej technologii obrazowania Ziemi przy użyciu konstelacji REC, składającej się z wysokorozdzielczych nanosatelitów optoelektronicznych ScopeSat. Szczególnie istotnymi i nowatorskimi rozwiązaniami dla tego satelity obserwacyjnego jest instrument optyczny z segmentowaną aperturą zwierciadeł pierwotnego i wtórnego. Jak dotąd możliwość zastosowania segmentowanej apertury udowodniono tylko teoretycznie. W Katedrze Mikrosystemów Politechniki Wrocławskiej powstał pierwszy na świecie instrument optyczny z segmentowana aperturą oraz mechanizmy umożliwiające ultraprecyzyjną (nanometrową rozdzielczość) korekcję położenia zwierciadeł.



Rysunek 2. Obrazowanie z zastosowaniem wzoru testowego: a) przed kalibracją segmentów zwierciadła wtórnego widoczne dwa przesunięte obrazy, b) wynik prawidłowo przeprowadzonej kalibracji

Teleskop składa się z aż siedmiu zwierciadeł, a dwa z nich składają się z trzech segmentów. Układ taki należy traktować jako trzy tory optyczne (teleskopy) w jednej obudowie. Zwierciadła te muszą być precyzyjnie ułożone względem siebie. Jest to ogromne wyzwanie, ponieważ układ optyczny w trakcie wystrzelenia i przygotowania do pracy jest złożony jak origami. Po osiągnięciu docelowej orbity i orientacji układ ten jest rozkładany i poszczególne zwierciadła pozycjonowane są względem siebie. Niezbędna jest tutaj również autokalibracja tych zwierciadeł, tak aby obraz był wyraźny i jasny (**rysunek 2**). Brak autokalibracji skutkuje rozmyciem obrazu. Precyzyjne mechanizmy korekcji ustawienia segmentów wybranych zwierciadeł wtórnych umożliwiają ich ruch w pięciu stopniach swobody i dopasowanie obrazów, co pozwala otrzymać jeden ostry, jasny obraz. A wszystkie te operacje prowadzane są w przestrzeni kosmicznej w urządzeniu wielkości pudełka po butach.

Opisane systemy obrazowania powstały w ramach wielu krajowych i europejskich programów badawczych realizowanych w Katedrze Mikrosystemów Wydziału Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów Politechniki Wrocławskiej. Wyniki tych programów są również prezentowane studentom jako przykłady praktycznego wykorzystania wiedzy z zakresu elektroniki, fotoniki, mechatroniki, inżynierii precyzyjnej i technik informacyjnych. Synergia wielu obszarów nauk inżynieryjno-technicznych w połączeniu z naukami o życiu i podstawowymi to dziś cecha charakterystyczna nowoczesnego nauczania i warunek rozwoju technologicznego.

Rafał Walczak, Wojciech Kubicki, Paweł Knapkiewicz
Politechnika Wrocławska
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów,
Katedra Mikrosystemów

Odnośniki:

1. R. Walczak, „Laboratoria chipowe z detekcją optyczną: konstrukcja, technologia i przykłady wykorzystania", Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2014
2. R. Walczak, W. Kubicki, W. Kosek, P. Śniadek, P. Knapkiewicz, A. Górecka-Drzazga, J. Dziuban, „Mobilne laboratorium do poboru próbek środowiskowych i identyfikacji zagrożeń biologicznych" – Systemy mikrofluidyczne do analizy materiału genetycznego (rozdział), pod red. J. Kocika, J. Dziubana, A. Góreckiej-Drzazgi, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 2014, 45–72
3. R. Walczak, W. Kubicki, J. Dziuban, „Low cost fluorescence detection using a CCD array and image processing for on-chip gel electrophoresis", Sensors and Actuators B, 240, 2017, 46–54
4. W. Kubicki, B. Pająk, K. Kucharczyk, R. Walczak, J. Dziuban, „Rapid detection of highly pathogenic A(H7N7) avian influenza virus genetic markers in heterogenic samples utilizing on-chip SSCP-CE method", Sensors and Actuators B, 236, 2016, 926–936

eprasa.pl e16ad6537c

Inteligentna stacja pogodowa z pomiarem jakości powietrza

Stacje pogodowe to zawsze wdzięczny temat na projekty elektroniczne. Zaprezentowana wersja wyróżnia się tym, że korzysta z możliwości sztucznej inteligencji do prognozowania pogody. Dodatkową funkcją jest monitorowanie poziomu ozonu, który jest szkodliwy, w atmosferze przy powierzchni Ziemi. Ten ciekawy projekt będzie jest tylko praktycznym urządzeniem, ale też doskonale nadaje się do nauki algorytmów AI.

Na przestrzeni ostatnich dekad poziom zanieczyszczenia powietrza stale się zwiększa, ale w ostatnim czasie mamy też do czynienia z okresowymi falami kumulacji zanieczyszczeń. Zależą one od pory roku, warunków pogodowych, miejsca itp. Oddychanie powietrzem o złej jakości ma wiele negatywnych następstw, zwłaszcza dla osób z problemami układu oddechowego. Monitorowanie jakości powietrza w celu podjęcia środków ostrożności, aby utrzymać zdrowy układ oddechowy, ma kluczowe znaczenie dla osób wrażliwych, takich jak chorzy na astmę i inne choroby płuc, osoby starsze, dzieci, młodzież i osoby aktywnie spędzające czas na świeżym powietrzu.

Mimo że podejmowane są międzynarodowe wysiłki na rzecz zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza, lokalne śledzenie jakości powietrza w celu uzyskania wyprzedzających ostrzeżeń dotyczących czynników ryzyka jest cały czas ważną kwestią. Chociaż wiele czynników może prowadzić do złej jakości powietrza, dwa najczęstsze są związane z podwyższonym stężeniem ozonu w warstwie przyziemnej oraz nadmierna koncentracją cząstek stałych w powietrzu. Ozon w warstwie przyziemnej powstaje, gdy tlenki azotu (NOx) ze źródeł takich jak spaliny samochodowe i emisje przemysłowe reagują ze związkami organicznymi w obecności ciepła i światła słonecznego. Innymi słowy, ozon powstaje, gdy dwa rodzaje zanieczyszczeń (lotne związki organiczne – LZO i tlenki azotu – NOx) reagują przy udziale światła słonecznego. Zanieczyszczenia te zwykle pochodzą ze spalin pojazdów, przemysłu, elektrowni czy produktów takich jak rozpuszczalniki i farby. Ozon w warstwie przyziemnej (O3) może powodować trudności w oddychaniu, nasilać przewlekłe

eprasa.pl e16ad6537c

choroby układu oddechowego, zwiększać podatność płuc na infekcje i zwiększać częstotliwość ataków astmy. W związku z tym stężenie ozonu w powietrzu może posłużyć, jako parametr (oprócz lokalnych danych pogodowych) do prognozowania jakości powietrza. Z kolei drugi czynnik – pył zawieszony w powietrzu – składa się z cząstek stałych i ciekłych, w tym dymu, pyłu i innych aerozoli – niektóre z nich są produktami ubocznymi przemian chemicznych.

Zanieczyszczenia powietrza mogą wpływać na ludzi w różny sposób w zależności od warunków pogodowych. Ponieważ różne aspekty pogody wpływają na ilość ozonu i cząstek stałych obecnych na określonym obszarze, zmiany pogody mają realny wpływ, na jakość powietrza, jakie nas otacza. Nasłonecznienie, deszcz, wyższe temperatury, prędkość wiatru, turbulencje powietrza i głębokość mieszania zmieniają stężenie zanieczyszczeń. Dlatego lokalne śledzenie poziomów parametrów, przekładających się, na jakość powietrza jest niezbędne, aby zapobiegać ryzyku chorób układu oddechowego, zwłaszcza w przypadku grup wrażliwych, wymienianych wcześniej.

Jak zauważa autor projektu, Kutluhan Aktar, w wielu miejscach na świecie, lokalne monitory parametrów powietrza są niedostępne lub są kiepskiej jakości. Dlatego też, zdecydował się na samodzielne wykonanie niedrogiej stacji meteorologicznej, która prognozuje poziom jakości powietrza.

Zaprezentowany system bazuje na module Arduino Nano 33 z interfejsem Bluetooth Low Energy (BLE) i zestawia lokalne dane pogodowe ze zmierzonym poziomem stężenia ozonu, a następnie wysyła te informacje przez BLE do Raspberry Pi, gdzie tworzony jest zestaw danych podawanych do wcześniej wytrenowanej sieci neuronowej. Sieć bazująca na frameworku TensorFlow pozwala na predykcję poziomu jakości powietrza, a wynik jest wyświetlany na samej stacji pogodowej. Cała stacja pogodowa zamknięta jest w kompaktowej obudowie wykonanej w druku 3D, która pozwala na umieszczenie jej w dogodnym miejscu, pozwalającym monitorować warunki otoczenia.

Potrzebne elementy

Omawiany system zbudowany jest z szeregu gotowych, komercyjnych modułów elektronicznych, dzięki czemu samodzielne zmontowanie podobnego urządzenia nie jest problemem. Do zestawienia systemu potrzebne są:

- moduł Arduino Nano 33 BLE,
- komputer jednopłytkowy Raspberry Pi 3B+ lub 4,
- sensor ozonu od DFRobot na I²C,
- zestaw anemometru DFRobot,
- dotykowy wyświetlacz IPS o przekątnej 8,9 cala i rozdzielczości 1920×1200 od DFRobot,
- sensor BMP180,
- wyświetlacz OLED z kontrolerem SSD1306,
- płytka z przetwornicą zasilaną z USB do stabilizacji napięcia zasilania dla modułów.

Oprócz tego potrzebne są drobne elementy elektroniczne, takie jak:

- zielona dioda LED 5 mm,
- opornik 2,2 kΩ,
- opornik 3,3 kΩ,
- kable połączeniowe do modułów z goldpinami 2,54 mm.

Dodatkowo potrzebna jest płytka stykowa bądź płytka uniwersalna, aby połączyć ze sobą wszystkie elementy oraz źródło zasilania. Autor rekomenduje zastosowanie powerbanka o dużej pojemności (np. 20 000 mAh) z wyjściem USB.

Do wyprodukowania obudowy potrzebna jest oczywiście drukarka 3D oraz odpowiedni filament (autor drukował obudowę z czarnego PLA, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby użyć innego koloru czy materiału, (oczywiście po zmianie parametrów druku).

Sztuczna inteligencja

Ponieważ jakość powietrza zmienia się w zależności od różnych zjawisk, z których niektóre nie są jeszcze w pełni zbadane, nie można ekstrapolować i interpretować jakości powietrza przy użyciu jedynie ograniczonych lokalnych danych pogodowych o stężeniu ozonu bez utworzenia bardziej złożonych algorytmów czy uwzględniania innych danych. Dlatego też autor zdecydował się na wykorzystanie lokalnej oceny wskaźnika jakości powietrza (AQI) dostarczone przez portal IQAir, jako etykiety, aby zbudować i wytrenować model sztucznej sieci neuronowej do prognozowania poziomów jakości powietrza na podstawie lokalnych danych pogodowych o stężeniu ozonu.

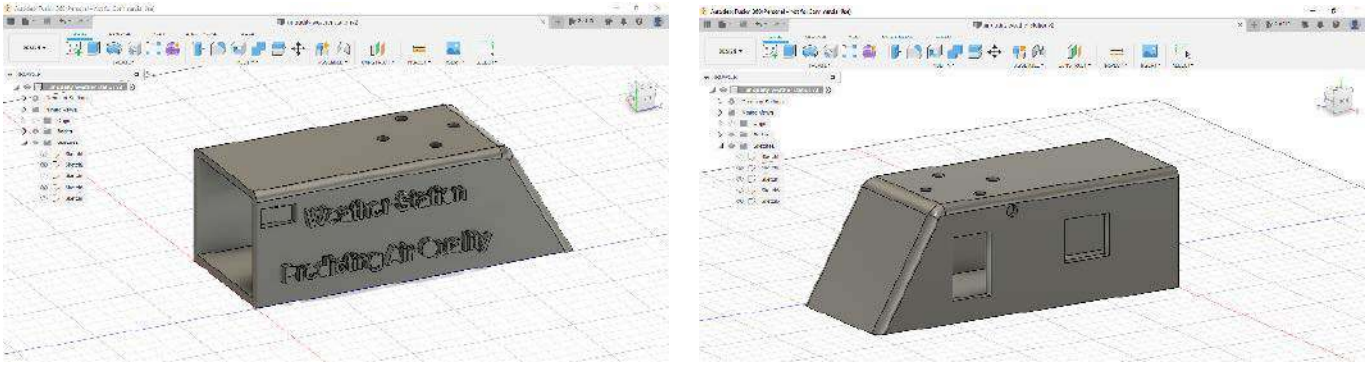
Moduł Arduino Nano 33 BLE został użyty w projekcie, ponieważ może on z łatwością zbierać lokalne dane pogodowe o stężeniu ozonu i może uruchamiać wyuczoną sieć neuronową (po przeszkoleniu na zewnątrz – na wydajniejszym sprzęcie). Aby zebrać wymagane dane do trenowania modelu, do układu podłączono czujnik ozonu, anemometr i precyzyjny czujnik BMP180. Wszystko sterowane jest z poziomu Nano 33 BLE, które wyświetla informacje na ekranie OLED, co pozwala na monitorowanie zebranych danych w dowolnej sytuacji.

Ponieważ dane zbierane były lokalnie (na balkonie mieszkania autora systemu) można było przesłać je z Arduino Nano 33 do Raspberry Pi 4, które znajdowało się w domu. Dane przesyłano w czasie rzeczywistym przez Bluetooth Low Energy. Uprościło to zbieranie danych, gdyż nie trzeba było posiłkować się pośrednim magazynowaniem ich w chmurze itp.

Po skompletowaniu zestawu danych uczących, możliwe było zbudowanie modelu sztucznej sieci neuronowej (ANN) za pomocą TensorFlow, aby przewidywać poziomy (klas) jakości powietrza na podstawie lokalnych danych pogodowych o stężeniu ozonu. Aby wytrenować ANN konieczne było opisywanie danych – każdy wpis z danymi pogodowymi, zebranymi przez Arduino, musiał być w odpowiedni sposób opisany. Aby uprościć sobie ten opis, każdy pomiar został opisany klasą jakości powietrza w odniesieniu do lokalnej oceny wskaźnika jakości powietrza (AQI) dostarczonej przez IQAir. Autor zdecydował się na trzy klasy czystości powietrza:

- dobre powietrze,
- umiarkowana jakość powietrza,
- powietrze szkodliwe dla zdrowia.

Po przeszkoleniu i przetestowaniu modelu sieci neuronowej został on przekonwertowany z modelu TensorFlow Keras H5 na macierz w C



Rysunek 1. Projekt obudowy układu

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 1. Wydrukowana obudowa i ozdabiający nią model wiatraka

Tabela 1. Zestawienie połączeń między modułami

Arduino Nano 33 BLE	Linie modułów peryferyjnych	
A4	sensor ozonu DFRobot IIIC	SDA
A5		SCL
A4	sensor ciśnienia, temperatury i wysokości BMP180	SDA
A5		SCL
A4	wyświetlacz OLED (128×64) z kontrolerem SSD1306	SDA
A5		SCL
A0	anemometr DFRobot	S (żółty przewód – sygnałowy)
D2	zielona dioda LED	
D3	przycisk	

(plik *.h), aby uruchomić ten model na Arduino Nano 33 BLE. Dzięki temu stacja pogodowa jest w stanie estymować poziomy (klasy) jakości powietrza poprzez uruchomienie modelu w terenie na podstawie zbieranych z otoczenia danych – wszystko bez konieczności komunikacji np. z usługą w chmurze.

W dalszej części artykułu przyjrzymy się bliżej całemu opisowi zbierania danych uczących za pomocą Arduino, anotacji ich danymi dotyczącymi jakości powietrza, treningowi sieci i implementacji wyuczonego modelu na platformie Arduino Nano.

Obudowa urządzenia

Ponieważ lokalne dane pogodowe o stężeniu ozonu itd. miały być zbierane na balkonie na zewnątrz, obudowa systemu musi zapewnić mu ochronę przed warunkami środowiskowymi, przy jednoczesnym zapewnieniu bezbłędnej pracy sensorów. Autor zaprojektował w tym celu obudowę (**rysunek 1**), która zabezpiecza poszczególne elementy.

Obudowa została zaprojektowana w Autodesk Fusion 360. Można pobrać wynikowy plik STL ze strony z projektem. Projekt uzupełniony jest ozdobną figurką wiatraka, która powstała z elementów pobranych z Thingverse. Projekty zostały pocięte w Ultimaker Cura i wydrukowane z PLA z czarnego filamentu (obudowa) i filamentu z domieszką drewna (wiatrak). Wydrukowane elementy pokazano na **fotografii 1**. Wszystkie części zostały wydrukowane za pomocą drukarki 3D Creality CR-6 SE. Chociaż są to jedne z pierwszych wydruków, jakie autor wykonał, okazało się, że bez wielkiego wysiłku udało mu się osiągnąć bardzo zadowalający efekt.

Połączenie modułów

Aby zbierać i wyświetlać lokalne dane pogodowe ze stężeniem ozonu do Nano 33 BLE podłączony został czujnik ozonu z interfejsem I²C, a także anemometr, precyzyjny sensor BMP180 oraz wyświetlacz OLED z kontrolerem SSD1306. Do układu dodano również zieloną diodę LED o średnicy 5 mm, która wskazuje wyniki działania funkcji oraz przycisk do uruchamiania sieci neuronowej, jak pokazano w **tabeli 1**.

Ponieważ anemometr wymaga napięcia zasilania w zakresie od 9 V do 24 V i generuje napięcie wyjściowe w zakresie od 0 V do 5 V (sygnał analogowy), nie można go podłączyć bezpośrednio do Nano 33 BLE pracującego przy zasilaniu 3,3 V. Dlatego do źródła zasilania w układzie (powerbanka z wyjściem USB 5 V) podłączono moduł przetwornicy buck-boost, która pozwala na wyjściu uzyskać stabilizowane napięcie 20 V. To napięcie może być użyte do zasilania anemometru. Następnie należy dobudować prosty obwód obniżający napięcie – oporniki 2,2 kΩ i 3,3 kΩ formujące dzielnik napięcia, aby przekonwertować sygnał wyjściowy anemometru (5 V) na wejście o zakresie około 3,3 V.

W zaprezentowanym systemie wszystkie sensory (oprócz anemometru, wyposażonego w wyjście analogowe) mają wyjście cyfrowe – interfejs I²C. Jest to dwuprzewodowa magistrala szeregowa zawierająca linię zegarową (SCL) i linię danych (SDA). Dzięki temu, że każde urządzenie w sieci I²C zawiera swój unikalny adres, można je wszystkie połączyć w jednej sieci. Stąd też wszystkie linie SDA i SCL połączone są ze sobą i podłączone do wyprowadzeń odpowiednio A4 i A5, modułu z mikrokontrolerem.

Gdy czujnik ozonu jest włączany po raz pierwszy, wymaga pracy przez około 24...48 godzin, aby możliwe było wygenerowanie stabilnych wyników. W przypadku opisanego prototypu, czujnik ozonu zaczął generować stabilne wyniki dopiero o po 29 godzinach pracy. Chociaż czujnik ten wymaga tylko jednorazowej kalibracji, czas wstępnego nagrzewania po włączeniu wynosi około 3 minut. Dopiero po tym czasie jest w stanie zmierzyć poziom ozonu. Anemometr należy podłączyć do zasilania 20 V oraz do wejścia analogowego Arduino Nano 3 BLE. Sygnał analogowy z sensora wyprowadzony jest na żółtym przewodzie. Połączenia można przylutować bezpośrednio do płytki z mikrokontrolerem, można użyć przewodów połączeniowych lub zastosować płytkę stykową.

Ostatnim etapem montażu modułów, jest umieszczenie całości w wydrukowanej obudowie. Punkty styku modułów i płytki stykowej z obudową dobrze jest usztywnić za pomocą kleju na ciepło. Na koniec na wierzchu obudowy autor zamocował ozdobną figurkę wiatraka.

Konfiguracja Arduino

Ponieważ Arduino Nano 33 BLE może przesyłać pakiety danych przez Bluetooth tylko na niewielką odległość – z balkonu do domu, co daje zasięg około 3 metrów, autor zdecydował się użyć Raspberry Pi 4 do odbierania danych i rejestrowania zebranych lokalnie danych pogodowych ze stężeniem ozonu bez stosowania dodatkowych procedur. Jednak przed wykonaniem poniższych kroków należy odpowiednio skonfigurować Arduino Nano 33 BLE, a w Arduino IDE zainstalować wymagane biblioteki dla tego projektu.

Pierwszą czynnością, jaką należy wykonać, to w menu Tools należy wybrać Board → Boards Manager i wyszukać tam Arduino Mbed OS Nano. Następnie, aby wybrać Nano 33 BLE, trzeba przejść do Tools → Board i wybrać Arduino Mbed OS Nano Boards. Aby pobrać bibliotekę ArduinoBLE do Arduino IDE, należy przejść do Sketch → Include Library i finalnie Manage Libraries. Tam należy wyszukać ArduinoBLE.

Finalnie nalezy jeszcze doinstalować biblioteki dla czujnika ozonu, układu BMP180 i wyświetlacza OLED SSD1306: DFRobot_OzoneSensor, Adafruit-BMP085-Library, Adafruit_SSD1306 oraz Adafruit-GFX-Library.

eprasa.pl e16ad6537c

Zbieranie danych za pomocą Raspberry Pi

Po skonfigurowaniu Arduino Nano 33 BLE można przystąpić do zbierania danych pogodowych i dotyczących koncentracji ozonu. W sieci Bluetooth Low Energy urządzenie może pełnić dwie role – centralną lub peryferyjną. Peryferium, nazywane czasami klientem, przekazuje informacje na swój temat urządzeniom dookoła siebie, a urządzenie centralne, zwane serwerem, skanuje otoczenie w poszukiwaniu tego rodzaju informacji. Aby uniknąć opóźnień lub utraty pakietów podczas przesyłania lokalnych danych pogodowych ze stężeniem ozonu przez BLE, wszystkie parametry (2 zmiennoprzecinkowe i 3 liczby całkowite) umieszczone zostały w jednej strukturze. Takie rozwiązanie pozwala na przekazywanie jednocześnie wszystkich 20 bajtów.

Ze strony z projektem można pobrać szkic Arduino ozone-enabled_weather_station_data_collect.ino, aby przetestować kod do zbierania lokalnych danych pogodowych ze stężeniem ozonu i przesyłania informacji przez BLE. Na stronie z projektem, oprócz samego kodu źródłowego, znaleźć można również dokładniejszy opis zasady działania programu krok po kroku. Z uwagi na objętość opis ten zostanie skrócony.

W pierwszej kolejności oprogramowanie w Arduino musi uruchomić usługę BLE i przygotować tzw. charakterystykę danych. Pozwala to zdalnemu urządzeniu centralnemu na zapis i odczyt danych (**listing 1**). Następnie definiowane są elementy potrzebne do odczytu danych z sensora ozonu – timer i interfejs I²C. Przy tym ostatnim należy pamiętać o wybraniu odpowiedniego adresu urządzenia. Następnie w analogiczny sposób definiowane są elementy dla sensora BMP180 oraz konfigurowane jest wejście analogowe do pomiaru napięcia wyjściowego z anemometru.

Kolejnym krokiem jest zdefiniowanie stałych konfigurujących ekran OLED – rozdzielczość i podłączenie pinu OLED_RESET, co potrzebne jest do inicjalizacji kontrolera SSD1306 (**listing 2**). Następnie definiowana jest struktura data, która wykorzystywana jest do przesyłania danych (**listing 3**).

Następnie system inicjalizuje i konfiguruje poszczególne elementy systemu i wyświetla na ekranie OLED (i przez interfejs szeregowy, jeśli takowy jest aktywowany w oprogramowaniu) ewentualne błędy przy rozruchu poszczególnych elementów urządzenia. Finalnie, Arduino uruchamia Bluetooth – konfigurowana jest lokalna nazwa (AirQuality) Nano 33 BLE i definiowany jest UUID usługi, jaką rozgłasza Arduino. Do usługi dodawana jest charakterystyka, a finalnie usługa łączona jest z urządzeniem. Do obsługi podłączających i odłączających się urządzeń w kodzie znajduje się odpowiednia funkcja (event handler). Po ustawieniu domyślnych/początkowych danych w systemie, układ zaczyna rozgłaszać informacje przez Bluetooth, aby nawiązać połączenie z urządzeniem centralnym (**listing 4**).

Funkcja update_characteristics aktualizuje dane, używając do tego zdefiniowanej wcześniej struktury, aby przesłać wszystkie dane naraz. Po uruchomieniu program przez 3 minuty czeka, aż sensor ozonu się nagrzeje. Następnie rozpoczyna transmisję danych, wysyłając co 20 sekund paczkę danych do Raspberry Pi przez Bluetooth Low Energy.

W dalszej części szkicu znaleźć można niskopoziomowe funkcje odpowiedzialne za odczyt poziomu stężenia ozonu, prędkości wiatru, temperatury itp. przez poszczególne sensory. Wszystkie mierzone wartości są również wyświetlane na ekranie OLED stacji pogodowej. Są to:

- stężenie ozonu (ppb),
- prędkość wiatru,
- temperatura (°C),
- ciśnienie (Pa),
- wysokość nad poziomem morza (m).

Po załadowaniu kodu i jego uruchomieniu dane pogodowe będą automatycznie zbierane przez Bluetooth i zapisywane w pamięci komputera jednopłytkowego Raspberry Pi. Po poprawnym przesłaniu pakietu danych na stacji pogodowej mruga zielona dioda LED, a na ekranie OLED pokazywany jest komunikat o powodzeniu transmisji. Ponadto stacja pogodowa drukuje zebrane lokalne dane pogodowe ze stężeniem ozonu na porcie szeregowym (jeśli jest on uruchomiony). W razie potrzeby stacja pogodowa podaje tam również informacje adresowe Nano 33 BLE (urządzenie peryferyjne) na porcie szeregowym:

```
MAC Address: 4c:f9:a9:9a:b2:da
Service UUID Address:
19B10000-E8F2-537E-4F6C-D104768A1214
Characteristic UUID Address:
19B10001-E8F2-537E-4F6C-D104768A1214
```

Po skonfigurowaniu klienta, można przystąpić do oprogramowania centralnego urządzenia – Raspberry Pi. Loguje ono dane, za pomocą skryptu napisanego w Pythonie. Wykorzystuje on moduł bluepy, który należy zainstalować przed przystąpieniem do uruchamiania skryptów poprzez wspisanie w konsoli:

```
sudo pip install bluepy
```

W repozytorium projektu znaleźć można prostą aplikację do logowania danych z Arduino w pliku CSV. Aplikacja składa się z dwóch plików:

```
air_quality_BLE_data_collection.py
air_quality_data_set.csv
```

Kluczowym elementem skryptu jest klasa air_quality. Po zainicjalizowaniu obiektu tej klasy Raspberry Pi jest gotowe do odbierania danych przez Bluetooth (__init__ konfiguruje adres MAC, UUID usługi i charakterystyki danych itd). Kluczową metodą obiektu jest obtain_characteristics (**listing 5**). Funkcja ta odbiera dane i umieszcza je w macierzy (air_data). Następnie

Listing 1. Uruchomienie usługi BLE i przygotowanie tzw. charakterystyki danych

```
BLEService air_quality_service("19B10000-E8F2-537E-4F6C-D104768A1214");
BLECharacteristic airDataCharacteristic("19B10001-E8F2-537E-4F6C-D104768A1214", BLERead | BLEWrite, 20);
```

Listing 2. Inicjalizacja kontrolera SSD1306

```
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
```

Listing 3. Struktura do przesyłania danych

```
struct data {
  float _temperature;
  float _altitude;
  int ozoneConcentration;
  int _pressure;
  int wind_speed;
};
struct data air_Quality_Data;
```

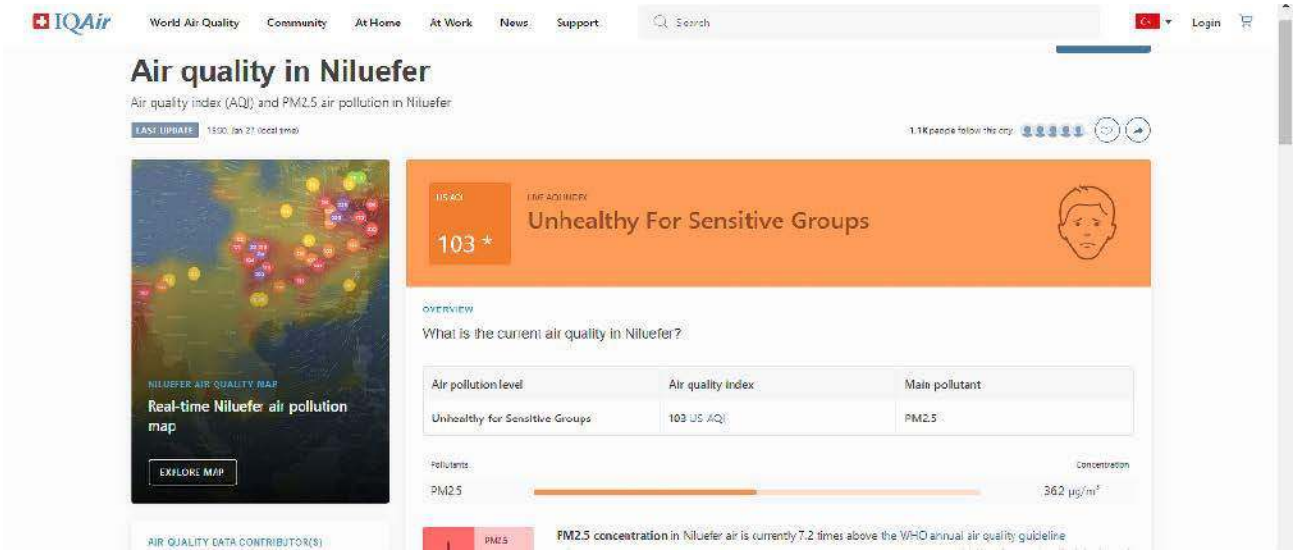
Listing 4. Po ustawieniu domyślnych/początkowych danych układ zaczyna rozgłaszać informacje przez Bluetooth, aby nawiązać połączenie z urządzeniem centralnym

```
BLE.setLocalName("AirQuality");
BLE.setAdvertisedService(air_quality_service);
air_quality_service.addCharacteristic(airDataCharacteristic);
BLE.addService(air_quality_service);
BLE.setEventHandler(BLEConnected, blePeripheralConnectHandler);
BLE.setEventHandler(BLEDisconnected, blePeripheralDisconnectHandler);
airDataCharacteristic.writeValue((byte)0);
BLE.advertise();
```

Listing 5. Funkcja, która odbiera dane i umieszcza je w macierzy

```
def obtain_characteristics(self):
    self.air_data = []
    for data in self.characteristics:
        if(data.uuid == self.Characteristic_UUID_Address):
            self.air_data.extend(unpack('ffiii', data.read()))
            _date = datetime.datetime.now().strftime("%m-%d-%y_%H:%M:%S")
            self.air_data.append(_date)
    sleep(1)
```


eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 2. Serwis IQAir, pokazujący jakość powietrza w wielu miejscach na świecie

dane odebrane z Arduino do macierzy w pamięci Raspberry Pi zapisywane są w pliku CSV z użyciem metody insert_data_to_CSV w kodzie. Każdy nowy wpis – nowa macierz z pamięci Raspberry Pi to jedna transmisja danych i jedna linijka pliku CSV. Dane zapisywane są do pliku CSV co 30 sekund. Jeżeli program wykryje przerwanie z klawiatury (naciśnięty zostanie jakiś przycisk) odłącza się on od urządzenia Bluetooth.

Anotacja danych – określenie jakości powietrza

Ponieważ zjawiska i kaprysy pogody, z których niektóre nie są nawet jeszcze w pełni zbadane, mają realny wpływ, na jakość powietrza, algorytm, tworzony w tym systemie, stara się ekstrapolować i estymować poziom jakości powietrza, wykorzystując do tego jedynie ograniczone lokalne dane pogodowe o stężeniu ozonu itp. bez stosowania predefiniowanych algorytmów. Tego rodzaju zadanie może być realizowane przez sieć neuronową. Problemem jednak jest to, że aby zastosować sieć neuronową do prognozowania poziomu jakości powietrza ze stacją pogodową w terenie, należy ją najpierw wytrenować.

Do wytrenowania algorytmu potrzebny jest odpowiednio duży zbiór danych uczących. Aby dane takie nadawały się do trenowania sieci neuronowej trzeba przypisać odpowiednie etykiety do każdego rekordu danych, aby precyzyjnie prognozować poziomy jakości powietrza przy ograniczonej ilości danych. Czynność ta nazywa się anotacją. Autor skorzystał z serwisu internetowego IQAir (**rysunek 2**), który podaje estymację wskaźnika jakości powietrza (AQI) dla danego terenu na podstawie danych satelitarnych dotyczących stężenia pyłów PM2,5 w danej lokalizacji. Dzięki temu możliwe jest automatyczne oznaczenie każdego wpisu z danymi zmierzonymi przez system etykietą pochodzącą z IQAir. Aby łatwiej synchronizować wszystkie pomiary do paczki danych, wysyłanej przez Arduino, dodawana jest data i godzina.

Dane zawierają następujące wartości:

- temperatura,
- wysokość,
- stężenie ozonu,
- ciśnienie,
- prędkość wiatru,
- data.

Korzystając z elementu data, dodawane są etykiety dla każdego rekordu danych wykorzystując oceny AQI dla danej lokalizacji dostarczonych przez IQAir:

- 0 – dobra jakość powietrza,
- 1 – umiarkowana jakość powietrza
- 2 – powietrze szkodliwe dla zdrowia.

Po zebraniu lokalnych danych pogodowych ze stężeniem ozonu przez 15 dni, skrypt labels.py pozwolił na automatyczną anotację w tablicy labels (kod źródłowy, dostępny w repozytorium).

Przygotowanie sieci neuronowej

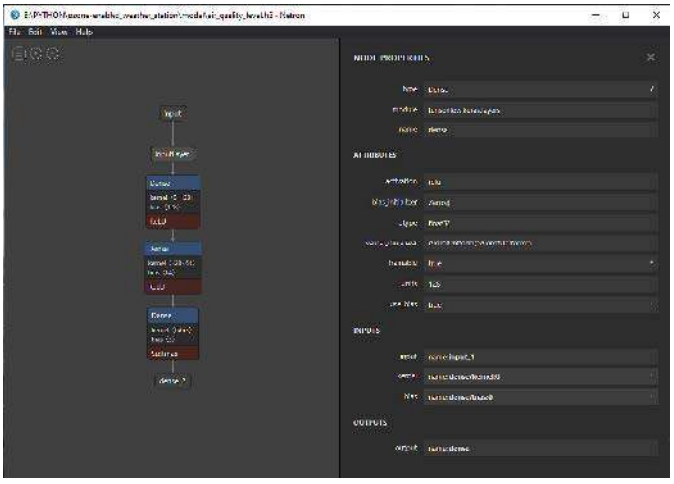
Po zestawieniu danych uczących i wyprowadzeniu etykiet, autor rozpoczął pracę nad modelem sztucznej sieci neuronowej (ANN). Jako framework wybrano TensorFlow w Pythonie. W związku z tym rozpoczęto od wykonania poniższych kroków, aby lepiej zrozumieć zestaw danych i dostosować do nich budowę modelu:

- wizualizacja danych,
- skalowanie danych (normalizacja),
- wstępne przetwarzanie danych,
- dzielenie danych.

Po skalowaniu (normalizowaniu) i wstępnym przetwarzaniu danych wejściowych uzyskano pięć zmiennych wejściowych i jedną etykietę dla każdego rekordu danych w zbiorze danych. Następnie zbudowano model sztucznej sieci neuronowej za pomocą TensorFlow. Został on wytrenowany za pomocą zestawu danych treningowych, tak, aby uzyskać najlepsze możliwe wyniki i przewidywania. Sieć składa się z czterech warstw:

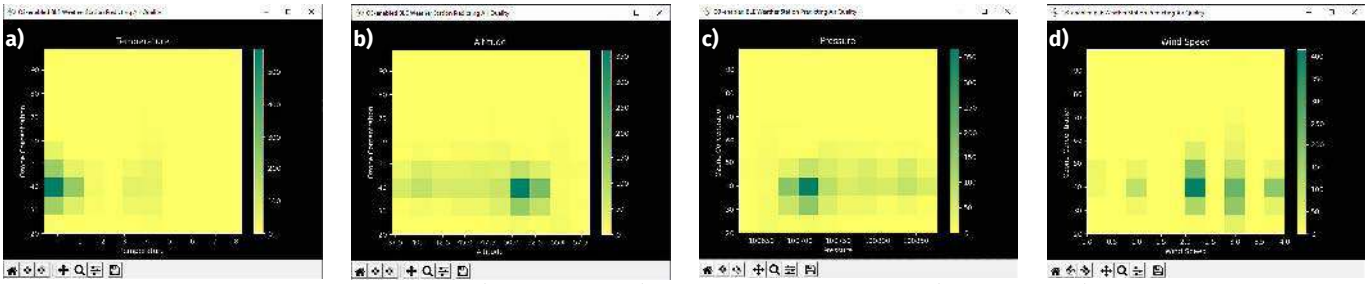
1. Warstwa wejściowa, 5 neuronów,
2. Warstwa ukryta, 128 neuronów,
3. Warstwa ukryta, 64 neuronów,
4. Warstwa wyjściowa, 3 neurony.

Model tej sieci wizualnie zaprezentowano na **rysunku 3**, pokazującym zrzut ekranu z aplikacji Netron, graficznego interfejsu do prezentacji sieci neuronowych różnego rodzaju. Wszystkie powyższe kroki realizowane są w skrypcie napisanym w Pythonie. Aplikacja ta składa się z trzech plików *.py i dwóch folderów.



Rysunek 3. Graficzna prezentacja sieci neuronowej, zastosowanej do estymacji jakości powietrza

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 4. Mapa korelacji koncentracji ozonu z: a) temperaturą, b) wysokością barometryczną, c) ciśnieniem i d) prędkością wiatru

Wszystkie podstawowe operacje realizowane są w klasie Air_Quality_Level w pliku main.py.

Normalizacja wektorów danych wejściowych

Po zapoznaniu się z danymi przy pomocy prostych wizualizacji (**rysunek 4**), należy przygotować pięć wejść do sieci neuronowej. Zastosowano następujące parametry:

- temperatura,
- wysokość nad poziomem morza,
- stężenie ozonu,
- ciśnienie,
- prędkość wiatru.

Następnie każda z tych wartości została przeskalowana (znormalizowana), aby podać je na neurony wejściowe CNN. W ten sposób otrzymano rekord:

- scaled_Temperature,
- scaled_Altitude,
- scaled_Ozone,
- scaled_Pressure,
- scaled_Wind_Speed.

Za skalowanie danych odpowiada funkcja scale_data_and_define_inputs (**listing 7**), która dzieli każdą zmienną przez odpowiedni współczynnik tak, aby każda wartość była równa bądź mniejsza 1. Następnie dane te zostały skonwertowane do wektora NumPy, który można podać do algorytmu uczącego sieć.

Etykiety anotujące dane oznaczają jakość powietrza i mogą przyjmować wartość 0, 1 oraz 2. Funkcja define_and_assign_labels przypisuje każdemu wektorowi z danymi odpowiednią wartość etykiety. Tak przygotowane dane mogą być wykorzystane do treningu wcześniej przygotowanej sieci neuronowej.

Trening sieci neuronowej i ocena jej dokładności

Po przygotowaniu zbioru uczącego i jego normalizacji, dane są dzielone na zespół treningowy (95% wpisów) i zespół testowy (5%). Podział jest konieczny, gdyż w treningu sieci neuronowej wymagane są właśnie dwa zespoły – jeden do treningu, a drugi do sprawdzenia jego jakości. Następnie zbudowano sieć neuronową z użyciem Keras i przystąpiono do jej treningu przez 100 epok (tak określa się liczbę przejścia przez cały zbiór uczący).

Po przeprowadzeniu treningu sieci i zbudowaniu jej modelu (w postaci pliku w formacie TensorFlow Keras H5 – air_quality_level.h5) można było przekazać sieć do testów. Badania z wykorzystaniem przygotowanego wcześniej zestawu danych testowych, wykazały dokładność działania modelu wynoszącą 91,58%.

Implementacja modelu na Arduino

Uruchomienie modelu TensorFlow Keras H5 na Arduino Nano 33 BLE nie jest zbyt rozsądne, z uwagi na rozmiar modelu, wprowadzane opóźnienia i bardzo wysokie zużyci energii takiego systemu. Z tego powodu model musi zostać przekonwertowany z sieci neuronowej TensorFlow Keras H5 (.h5) na model TensorFlow Lite (.tflite). Następnie autor zmodyfikował otrzymany model TensorFlow Lite, aby utworzyć tablicę dla języka C (plik .h), która pozwala pomyślnie uruchomić model na Nano 33 BLE.

Listing 6. Funkcja zapisująca dane w pliku CSV

```
def insert_data_to_CSV(self, file_name):
    with open(file_name, "a", newline="") as f:
        writer(f).writerow(self.air_data)
        f.close()
```

Listing 7. Funkcja odpowiedzialna za skalowanie danych

```
def scale_data_and_define_inputs(self):
    self.df["scaled_Temperature"] = self.df["Temperature"] / 100
    self.df["scaled_Altitude"] = self.df["Altitude"] / 100
    self.df["scaled_Ozone"] = self.df["Ozone_Concentration"] / 1000
    self.df["scaled_Pressure"] = self.df["Pressure"] / 100000
    self.df["scaled_Wind_Speed"] = self.df["Wind Speed"] / 30
    for i in range(len(self.df)):
        self.inputs.append(np.array([self.df["scaled_Temperature"][i], self.df["scaled_Altitude"]
        [i],self.df["scaled_Ozone"][i], self.df["scaled_Pressure"][i],
        self.df["scaled_Wind_Speed" [i]]))
    self.inputs = np.asarray(self.inputs)
```

Listing 8. Funkcja, która konwertuje ostatnio trenowany i oceniany model na model TensorFlow Lite

```
def convert_TF_model(self, path):
    converter = tf.lite.TFLiteConverter.from_keras_model(self.model)
    tflite_model = converter.convert()
    with open(path + '.tflite', 'wb') as f:
        f.write(tflite_model)
    with open("model/{}.h".format(self.model_name), 'w') as file:
        file.write(hex_to_c_array(tflite_model, self.model_name))
```

REKLAMA

eprasa.pl e16ad6537c

Aby zmienić model TensorFlow Lite na macierz w C, autor wykorzystał funkcję hex_to_c_array, skopiowaną z samouczka do pliku tflite_to_c_array.py. Funkcja convert_TF_model (**listing 8**) konwertuje ostatnio trenowany i oceniany model na model TensorFlow Lite, stosując konwerter TensorFlow Lite. Następnie wygenerowany model jest zapisywany w folderze modelu. Zapisany model jest finalnie konwertowany na macierz w C, która zapisywana jest w pliku air_quality_level.h.

Po zbudowaniu, przeszkoleniu i przekonwertowaniu modelu sieci neuronowej na tablicę C (plik .h), można ją przesłać i uruchomić model bezpośrednio na Arduino Nano 33 BLE, aby utworzyć wydajną stację pogodową, działającą bez żadnych dodatkowych elementów czy połączenia z Internetem. Skompilowanie szkicu Arduino z modelem TensorFlow wymaga użycia biblioteki TensorFlow Lite for Microcontrollers. Framework ten nie wymaga obsługi systemu operacyjnego, żadnych dodatkowych bibliotek C lub C++ ani dynamicznej alokacji pamięci, doskonale sprawdza się na platformach takich jak Arduino Nano 33 BLE. Aby pobrać oficjalną bibliotekę TensorFlow w Arduino IDE, należy w menu Sketch wybrać, Include Library, a następnie Manage Libraries… i tam wyszukać TensorFlow. Można z poziomu tego menu zainstalować potrzebną nam bibliotekę. Po jej zainstalowaniu trzeba zaimportować model sieci neuronowej (air_quality_level.h) i już można rozpocząć wnioskowanie.

Ostatnim krokiem jest zdefiniowanie wartości progowej (domyślnie jest to 0,75) dla wyjść modelu (wyników) oraz zdefiniowanie nazw poziomów (klas) jakości powietrza, np. jako:

- dobrze,
- umiarkowanie,
- powietrze niezdrowe.

Oba te aspekty zaimplementowane są w szkicu Arduino (**listing 9**).

Implementując model w szkicu Arduino należy pamiętać o uzupełnieniu implementacji biblioteki o niezbędnej jej do działania rzeczy – przydzielenie pamięci dla sieci neuronowej oraz zdefiniowanie wskaźników, które posłużą do przekazywania danych z i do sieci. Finalnie, podając do sieci dane pomiarowe do analizy, trzeba pamiętać o ich normalizacji w taki sam sposób, jak robiono to na potrzeby danych trenujących sieć. Po zakończeniu każdej inferencji (wnioskowania) układ mignie diodą LED, co oznacza że układ działa. W programie sieć neuronowa nie jest uruchamiana cały czas, a działa na życzenie – po naciśnięciu przycisku jest ona uruchamiana, a wyniki wyświetlane są na ekranie OLED układu.

Listing 9. Zdefiniowanie wartości progowej dla wyjść modelu oraz zdefiniowanie nazw poziomów (klas) jakości powietrza

```
float threshold = 0.75;
String classes[] = {"Dobrze", "Umiarkowanie", "Powietrze niezdrowe"};
```

Podsumowanie

Model sieci neuronowej przewiduje klasę jakości powietrza dla każdego podanego wejścia – zmierzonych warunków pogodowych. Sieć neuronową zaprojektowano tak, aby miała trzy wyjścia, odpowiadające trzem klasom jakości powietrza. Na ich wyjściach sieć podaje prawdopodobieństwo, że warunki za oknem są właśnie tej klasy. To właśnie na podstawie tych parametrów urządzenie ocenia, jaka jest aktualna klasa jakości powietrza.

Sieć neuronowa, użyta w systemie została utworzona z zastosowaniem frameworku TensowFlow, a następnie skonwertowana do wersji nadającej się do uruchomienia na mikrokontrolerze w środowisku Arduino. Jest ono wyposażone w specjalnie doinstalowane biblioteki, pozwalające na uruchamianie TensorFlow Lite. Aby oszczędzać energię, układ działa na żądanie. Po fazie rozruchu, która trwa aż 3 minuty (tyle potrzebuje sensor ozonu, aby wykonywać poprawne pomiary), układ mierzy parametry środowiska:

- stężenie ozonu,
- prędkość wiatru,
- temperaturę,
- ciśnienie,
- wysokość nad poziomem morza.

Jeśli przycisk modelu zostanie naciśnięty, stacja pogodowa przeprowadza wnioskowanie w sieci neuronowej, wykorzystując, jako dane wejściowe ostatnio wygenerowane lokalne dane pogodowe ze stężeniem ozonu. Następnie stacja pogodowa wyświetla dane wyjściowe, które reprezentują najdokładniejszą etykietę (klasę jakości powietrza) przewidywaną przez model. Po pomyślnym przeprowadzeniu wnioskowania, stacja pogodowa powiadamia miganiem zielonej diody LED i wyświetla informację na ekranie OLED.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła: http://bit.ly/3sLPZui, http://bit.ly/3sK5brC

REKLAMA

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

Pomiary, zakresy:

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

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

145,00 zł

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

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

eprasa.pl e16ad6537c

Thin client na Arduino

Czasami komputer jest nam potrzebny tylko do zalogowania się do zdalnej usługi i jego parametry nie mają znaczenia. W takiej sytuacji typowy komputer może zastąpić tzw. thin client, który, jak się okazuje, może być skonstruowany na bazie mikrokontrolera i oprogramowany w środowisku Arduino. Poniższy artykuł opisuje, w jaki sposób skonstruować komputer typu thin client (cienki klient) na dowolnej płytce deweloperskiej obsługującej ekosystem Arduino, takiej jak liczne moduły z ESP32 czy płytka Raspberry Pi Pico W.

Jedynym wymaganiem, stawianym modułom Arduino, z których chcemy budować cienkiego klienta jest możliwość połączenia się z Internetem, dlatego też wybrano do prezentacji dwa moduły, wyposażone w interfejs Wi-Fi. Dodatkowo, z uwagi na ergonomię obsługi, dobrze jest wybrać moduł, który pozwala na obsługę ekranu dotykowego i wyświetlacza o relatywnie dużej rozdzielczości.

Czym jest maszyna typu thin client

Thin Client to minimalistyczny sprzęt, który zapewnia interfejs użytkownika łączący się z rzeczywistą maszyną przetwarzającą tam, gdzie użytkownik pracuje. Taki system można realizować np. używając taniego laptopa z VNC lub RDP do połączenia się do serwera Windows. Tutaj laptop jest cienkim klientem.

Cienki klient nie wymaga urządzenia o dużej mocy obliczeniowej, ponieważ wszystkie zadania są uruchomione na serwerze, dlatego nazywa się właśnie cienkim. Rozwiązanie to nie jest niczym nowym, w ubiegłym stuleciu często stosowano takie systemy w postaci terminali i komputerów klasy mainframe. Terminal to też cienki klient.

Architektura taka ma wiele zalet, jeśli może być wykonana z taniego sprzętu. Ale jak tani może on być? Sun Microsystems Sun Ray jest dobrym przykładem Thin Clienta z ubiegłego wieku, ma nawet specjalny, tani procesor o niskim poborze mocy, jednak koszt jednostkowy takiej maszyny jest nadal bardzo wysoki. Następnym przykładem może być Intel, który wprowadził tanie procesor ATOM. Wielu dostawców komputerów, w tym cienkich klientów (np. HP, Dell itp.) korzysta z CPU ATOM, dostarczając rozwiązanie typu Thin Client. Jednak nadal komputer taki wymaga podłączenia monitora, klawiatury i myszy. Po przeliczeniu kosztów tych komponentów, całkowity koszt jest niewiele niższy niż w przypadku standardowego komputera stacjonarnego.

Jak zatem uzyskać realną oszczędność? Co powiecie na użycie do zbudowania cienkiego klienta jakiegoś modułu oprogramowanego w Arduino IDE, który obsługuje Wi-Fi i jest wyposażony w ekran dotykowy? Tak niski koszt powinien być wystarczający, aby nazwać tego klienta rzeczywiście cienkim.

W pierwszej kolejności przyjrzyjmy się wymaganiom poszczególnych elementów, protokołów i interfejsów. W dalszej części artykułu zaprezentowano przykładowe realizacje tego rodzaju systemu.

Protokół komunikacyjny

Wiele firm próbowało opracować własnego Thin Clienta, więc pojawiło się wiele protokołów komunikacyjnych. Sun Ray ma własny protokół komunikacyjny SRSS umożliwiający dostęp do serwera, a następnie obsługuje protokół RDP. RDP jest powszechnym protokołem dla zdalnego łączenia się do komputera z systemem Microsoft Windows, ale serwer RDP nie jest łatwy do uruchomienia na innym systemie operacyjnym.

VNC to wspólna nazwa szeregu różnych zdalnych programów, które używają protokołu RFB do komunikacji między klientem a serwerem. Ponieważ jest to protokół open-source, strona serwera może być zaimplementowana w różnych systemach operacyjnych, takich jak Linux, MacOS i Windows. Po stronie klienta aplikacja również zaimplementowana może być w różnych środowiskach desktopowych i mobilnych. VNC ma nawet klienta w wersji Java i może działać w przeglądarce internetowej. Ponieważ protokół RFB jest open source, można go rozszerzyć na dowolne platformy. Links2004 zaimplementował klienta VNC na platformie Arduino i to jest punkt wyjścia tego projektu.

Wąskie gardła

Klient VNC stworzony przez Links2004 jest odpowiedni dla normalnego wyświetlacza Arduino z kontrolerem ILI9341. Ale ILI9341 ma rozdzielczość zaledwie 320×240. Jest ona znacznie niższa niż rozdzielczość normalnego monitora biurkowego. Najnowszy menedżer okien dla współczesnego systemu operacyjnego zakłada, że mamy znacznie większą rozdzielczość.

Niektóre większe wyświetlacze dla Arduino mogą mieć rozdzielczość 800×480, co wystarczy do prostej zdalnej obsługi GUI. Jednak większy wyświetlacz wprowadza kilka wąskich gardeł:

- Częstotliwość zegara danych interfejsu SPI w ESP32 może osiągnąć maksymalnie 80 MHz, co oznacza, że częstotliwość odświeżania pełnej klatki wynosi około 80 MHz / (800×480×16-bitowy kolor), czyli 13 klatek na sekundę;
- Prędkość transmisji danych przez sieć bezprzewodową, zarówno ESP32, jak i Pico W, może jest jedynie nieco wyższa niż 1 Mb/s. Jeśli używa się kodowania VNC Hextile, to pozwala to na osiągnięcie tylko 6...7 klatek na sekundę, jeśli oczekujemy ciągłego odświeżania przynajmniej części ekranu.

Potrzebny jest więc szybszy interfejs do wyświetlania obrazu, jak i lepszy sposób kodowania danych VNC, aby przezwyciężyć wąskie gardła, na jakie napotyka się w tego rodzaju aplikacjach.

Szybszy interfejs wyświetlania

W rzeczywistości typowe wyświetlacze o rozdzielczości 800×480 rzadko mają tylko interfejs SPI. Na ogół pracują one z takimi interfejsami jak:

eprasa.pl e16ad6537c

- 8-bitowy interfejs równoległy – zawiera zbyt wiele operacji bitowych podczas rzeczywistego użytkowania i ma tylko połowę przepustowości 16-bitowego interfejsu równoległego, więc preferowany jest tryb 16-bitowy niż 8-bitowy;
- interfejs RGB – jest tańszy, szczególnie w przypadku większego ekranu, ale obecnie tylko ESP32-S3 obsługuje ten interfejs i zużywa sporą część czasu procesora nawet bez aktualizowania treści ekranu;
- szeregowy MIPI – nie jest otwarty i wymaga opłaty licencyjnej za korzystanie z niego, więc nie jest przeznaczony dla hobbystów.

Implementacja ZRLE

Virtual Network Computing (VNC) to graficzny system udostępniania pulpitu, który korzysta z protokołu Remote Frame Buffer (RFB) do zdalnego sterowania innym komputerem. RFB jest bardzo elastyczny, klient i serwer mogą określić kodowanie komunikacji w drodze negocjacji. Links2004 zaimplementował protokoły Raw, RRE, CorRE i Hextile w swoim kliencie VNC dla Arduino. Przez większość czasu serwer wybiera kodowanie Hextile, ponieważ nie jest dostępne lepsze kodowanie dla tej aplikacji. W RFC6143 wciąż nie zaimplementowano jednak kodowania ZRLE. Przedrostek Z w nazwie tego kodowania oznacza, że dane są skompresowane za pomocą zlib. Oznacza to, że przed dekodowaniem wymagana jest dekompresja danych zlib, więc potrzeba więcej zasobów pamięci i większej mocy obliczeniowej. Ale jak wspomniano powyżej, jednym z wąskich gardeł systemu jest przepustowość transferu danych, kompresja danych może pomóc w pokonaniu tego limitu. W przybliżeniu, kodowanie ZRLE może pomóc poprawić szybkość ciągłej częściowej aktualizacji ekranu z 6...7 fps do 15...20 fps. Klienta VNC z obsługą kodowania ZRLE można znaleźć w repozytorium forka arduinoVNC użytkownika moononournation na GitHubie (link znajduje się na końcu tego artykułu). Zastosowanie tej implementacji jest wysoce wskazane.

Serwer VNC

Na rynku są dostępne różne serwery VNC. Wybór konkretnego jest zależny od między innymi systemu operacyjnego, jaki działa na komputerze. W większości przypadków najprostsze, darmowe rozwiązanie będzie dostatecznie dobre, aby je zainstalować i korzystać. Jeśli nie mamy jeszcze serwera VNC i działamy na Linuxie, to wystarczy skorzystać z dockera, aby uruchomić w kontenerze odpowiedni serwer, wpisując w terminalu:

```
docker run -p 5901:5901 -e VNC_COL_DEPTH=16
-e VNC_PW=XXX --shm-size=256m accetto/
ubuntu-vnc-xfce-firefox-g3
```

gdzie, jako XXX podstawiamy wybrane przez nas hasło.

Oprogramowanie

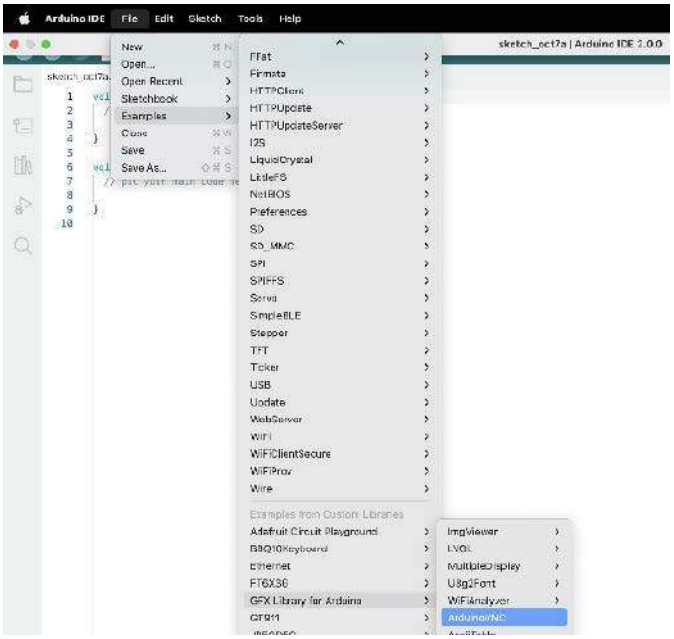
Do skompilowania aplikacji na mikrokontroler potrzebne będzie odpowiednie oprogramowanie. Oto lista zasobów, jakie trzeba pobrać i zainstalować, aby z powodzeniem skompilować firmware dla naszego cienkiego klienta:

- środowisko Arduino IDE,
- biblioteki Arduino-ESP32 (jeśli korzystamy z tego układu),
- biblioteki Arduino-Pico (jeśli korzystamy z Raspberry Pico),
- biblioteka Arduino_GFX,
- blblioteka ArduinoVNC od moononournation (zmodyfikowana wersja rozbudowana o kodowanie ZRLE).

Konfiguracja

W pierwszej kolejności wybieramy w menu File w Arduino IDE → Examples → GFX Library for Arduino → ArduinoVNC (**rysunek 1**). W przykładzie tym musimy zmodyfikować kilka ustawień. Kluczowym są dane do logowania do naszej sieci Wi-Fi:

```
const char *SSID_NAME = "SSID";
const char *SSID_PASSWORD = "HASLO";
```



Rysunek 1. Lokalizacja gotowego oprogramowania Thin Clienta wśród tutoriali zainstalowanych w Arduino IDE

gdzie SSID i HASLO to, odpowiednio, jak łatwo się domyślić, SSID naszej sieci Wi-Fi i hasło do zalogowania do niej.

Następnie uzupełniamy dane konfiguracyjne serwera VNC:

```
const char *VNC_IP = "192.168.12.34";
const uint16_t VNC_PORT = 5901;
const char *VNC_PASSWORD = "PleaseInputYourPasswordHere";
```

gdzie VNC_IP, VNC_PORT i VNC_PASSWORD to, odpowiednio, adres IP serwera, port, na którym należy się połączyć z usługą VNC i hasło, potrzebne do połączenia się z serwerem. W pliku keyboard.h można zmienić konfigurację klawiatury, a w pliku touch.h ustawienia ekranu dotykowego.

Wejście myszy

Cienki klient ma 2 główne urządzenia wejściowe: klawiaturę i mysz. W trybie graficznym użycie myszy jest nawet bardziej powszechne niż klawiatury. Jednak najpierw musimy znaleźć urządzenie wejściowe, kompatybilne z naszym systemem. Układy Arduino nie mogą generalnie bezpośrednio używać myszy USB, ale nadal dostępny jest rezystancyjny lub pojemnościowy ekran dotykowy, można używać również analogowego joysticka lub przycisków. Ponieważ obsługa smartfona jest znana niemalże każdemu, ekran dotykowy wydaje się być najbardziej intuicyjny.

W pliku touch.h znajdują się implementacje dla trzech różnych kontrolerów (w nawiasach podano ścieżki do pobrania biblioteki dla danego sterownika).

- FT6X36: https://github.com/strange-v/FT6X36.git
- GT911: https://github.com/TAMCTec/gt911-arduino.git
- XPT2046: https://github.com/PaulStoffregen/XPT2046_Touchscreen.git

Jednak nie jest to zamknięta lista. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby dopisać obsługę innego sterownika panelu dotykowego. Jeśli mamy potrzebę dodać obsługę innego kontrolera, wystarczy postąpić z implementacją podobnie, jak ma to miejsce z już zaimplementowanymi sterownikami.

Wejście klawiatury

W przypadku korzystania z interfejsu graficznego, klawiatura jest tylko opcjonalna, jednak szalenie wygodna. Dla Arduino dostępne są dwie klawiatury z interfejsem I²C:

- M5Stack CardKB Mini Keyboard,
- LILYGO BBQ10 Keyboard,

eprasa.pl e16ad6537c

Na portalach, takich jak Tindie można znaleźć większą liczbę projektów klawiatur, jeśli chcielibyśmy samodzielnie takową wykonać.

Wybór urządzenia klienckiego

Istnieją różne urządzenia deweloperskie Arduino z obsługą Wi-Fi, głównie z rodziny ESP32, a także niektóre moduły ESP8266, Raspberry Pi Pico W lub moduły bazujące na RTL8720. W przypadku tego projektu lepiej jest wybrać urządzenie deweloperskie z ekranem dotykowym. Rozmiar ekranu i jego rozdzielczość zależą od rzeczywistego przypadku użycia systemu.

Podłączenie klawiatury przez I²C wymaga portu I²C, więc wybrany układ powinien mieć tego rodzaju interfejs, najlepiej w postaci złącza Grove, z uwagi na to, że takie złącze posiada wybrana klawiatura. Jeśli układ nie posiada I²C, to na przykład w modułach z ESP32 można użyć dowolnej dwójki pinów GPIO, jako portu I²C.

Warto pamiętać jeszcze, że oprócz Wi-Fi, nadal można użyć połączenia przewodowego, ale nie ma na rynku zbyt wielu urządzeń z takim interfejsem. Teensy 4.1 z RJ45 to jakaś opcja, podobnie jak płytki z ESP32 i wejściem Ethernet RJ45. Autor projektu jednak nie testował takiego połączenia.

Raspberry Pi Pico W

Nie jest łatwo znaleźć urządzenie deweloperskie Pico W z dużym ekranem. Arduino_GFX zaimplementowało 16-bitowy interfejs równoległy w Pico W (Arduino_RPiPicoPAR16), dzięki czemu można łatwo znaleźć większy ekran (prawdopodobnie nawet i 4 cale) z modułem dotykowym.

RTL8720

RTL8720 obsługuje interfejs SPI i programowy 8-bitowy interfejs równoległy, dzięki czemu może kontrolować duży ekran, ale nie ma, co oczekiwać zbyt dużej częstotliwości odświeżania wyświetlacza.

Dodatkowo, moduł ten, to chyba jedyna płytka na rynku, dostępna obecnie i spełniająca pozostałe wymagania, która obsługuje Wi-Fi 5 GHz, więc ma pewne zalety w zakresie łączności.

Podsumowanie

Teraz można zaimplementować wszystko, co opisano powyżej, na dowolnej platformie, która oczywiście oferuje odpowiednią wydajność procesora itp. Na tym jednak nie kończą się plany autora, który zapierza wprowadzić dodatkowe funkcje, takie jak:

- zasilanie bateryjne, aby terminal był bardziej przenośny,
- lepszy kontroler klawiatury, na przykład z interfejsem I²C,
- obudowa, pozwalająca na umieszczenie urządzenia na biurku, jak i wygodne trzymanie go w dłoniach,

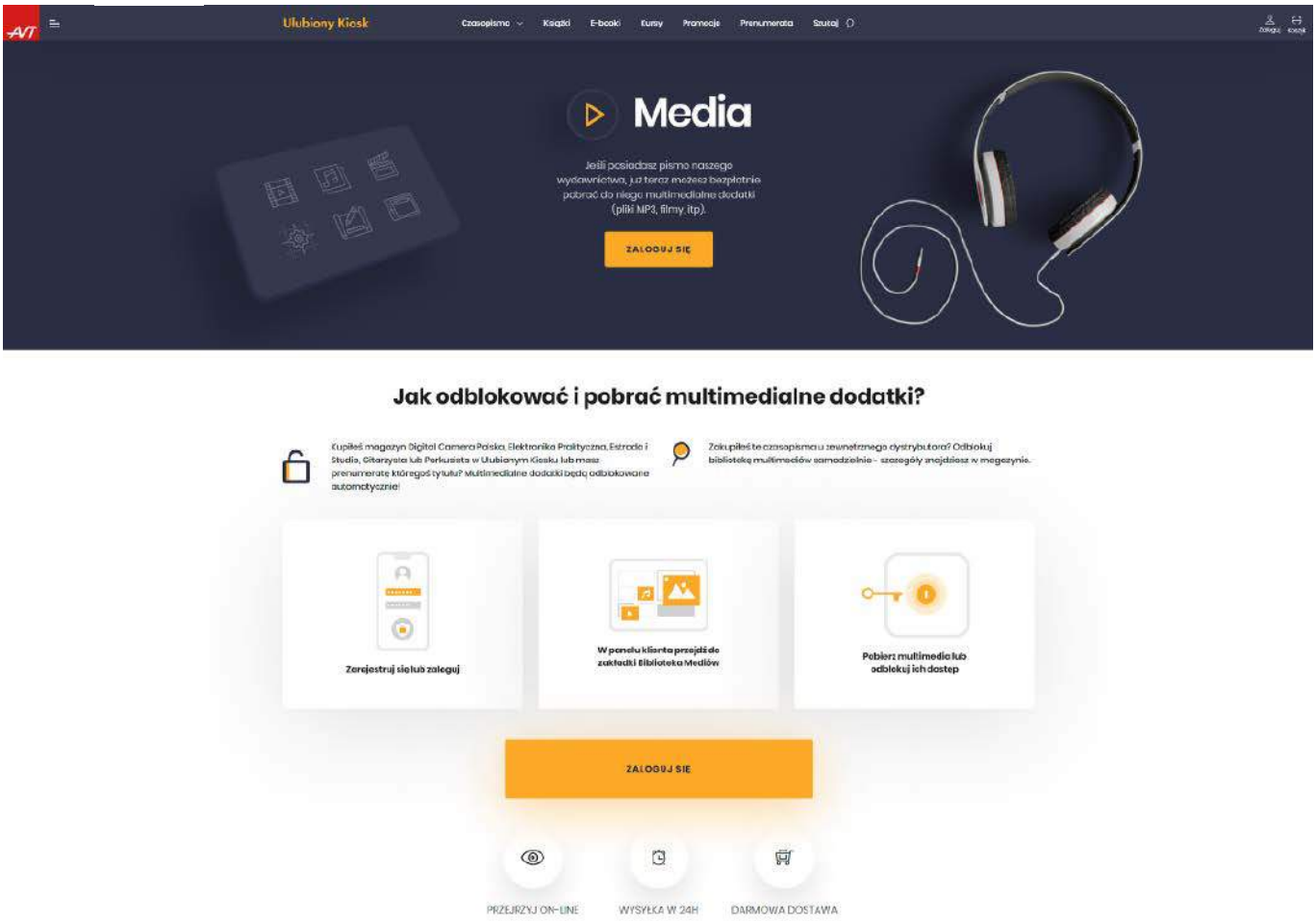
Ulepszenie obsługi protokołów szyfrowania, aby zwiększyć poziom bezpieczeństwa transmisji, przy łączeniu się z chmurą.

Nikodem Czechowski, EP

Bibliografia:

- https://www.instructables.com/Arduino-Thin-Client/
- https://github.com/Links2004/arduinoVNC
- https://github.com/moononournation/arduinoVNC.git

REKLAMA



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

eprasa.pl e16ad6537c

Wyświetlacze jako interfejsy pomiędzy człowiekiem i maszyną

Panel HMI oznacza interfejs umożliwiający człowiekowi interakcję z urządzeniem – Human-Machine Interface. Jednak oczekiwania stawiane rozwiązaniom tej grupy dosyć jednoznacznie określiły ich konstrukcję i funkcje. Kluczowym elementem jest wyświetlacz wyposażony w panel dotykowy, który pozwala prezentować dane w czasie rzeczywistym i pozwala użytkownikowi sterować urządzeniem za pomocą graficznego interfejsu użytkownika. W artykule omówimy budowę i rodzaje paneli dotykowych zamieniających wyświetlacze w interfejsy oraz wskażemy kilka interesujących modeli urządzeń HMI.

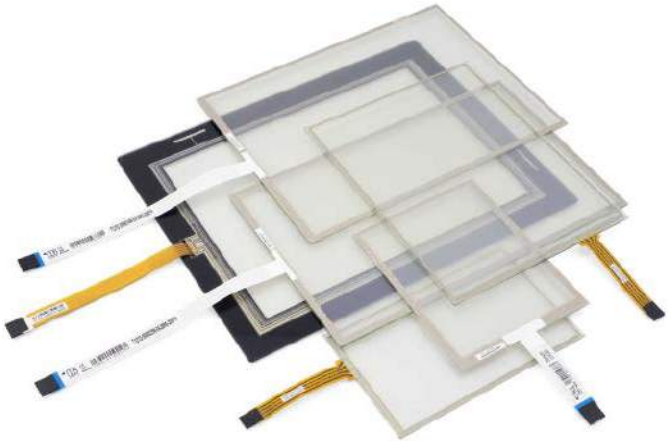
Panele HMI to w dużej mierze rozbudowane, wyposażone w wiele sprzętowych interfejsów i oferujące mnóstwo funkcji, komponenty do zastosowań przemysłowych. Jednak w artykule omówimy drugą grupę tych produktów, którą stanowią mniej skomplikowane urządzenia zoptymalizowane przede wszystkim do tego, aby w efektywny sposób realizować graficzne interfejsy użytkownika. Oferta rynkowa takich urządzeń stale się powiększa, co świadczy o rosnącym zapotrzebowaniu na nie oraz zmieniających się wymaganiach stawianych podzespołom tego typu.

Po pierwsze – panel dotykowy

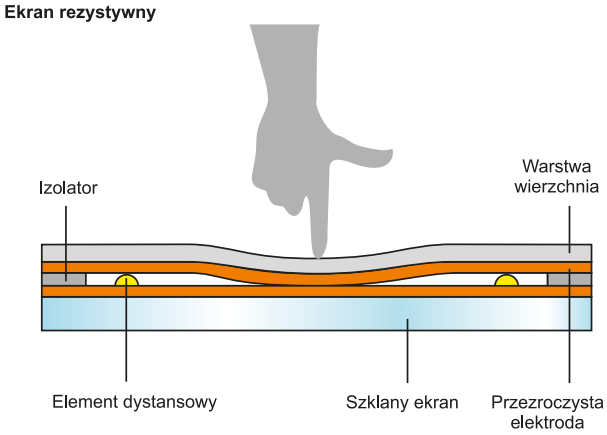
Panele dotykowe zostały zdominowane przez dwie technologie: pojemnościową i rezystancyjną. Co prawda dostępne są jeszcze inne rozwiązania m.in. optyczne, czy ultradźwiękowe, ale mają relatywnie mały zakres zastosowań, np. tam, gdzie powierzchnia ekranu musi być chroniona grubym szkłem. Panele rezystancyjne są niedrogie w produkcji i łatwe w obsłudze z poziomu aplikacji, dlatego są chętnie stosowane w ekranach o mniejszych rozmiarach przeznaczonych do prostych aplikacji. Panele pojemnościowe mogą być obsługiwane poprzez delikatne dotknięcia, niemal zawsze obsługują wiele punktów dotyku (multi touch) i są bardzo trwałe. Wyjaśnimy teraz budowę i zasadę działania tych rozwiązań.

Panele rezystancyjne

Rezystancyje panele dotykowe RTP (Resistive Touch Panel) to urządzenia autonomiczne, które nie zawsze muszą pracować w połączeniu z wyświetlaczem (**fotografia 1**). Składają się z kilku warstw, z których najważniejsze są dwie warstwy oporowe tzw. ITO (związek indu, cyny i tlenu) oraz jedna (zwykle o strukturze siatki) pełniąca rolę dystansu pomiędzy nimi. Miejsca dołączenia wyprowadzeń elektrod na krawędziach obu warstw krzyżują się, ale nie są ze sobą zwarte, ponieważ pomiędzy nimi jest umieszczona warstwa dystansująca. Odczytanie miejsca dotyku wymaga wykonania prostej sekwencji. Napięcie zasilające jest przykładane do jednej z warstw i mierzone na drugiej. Na skutek docisku za pomocą specjalnego rysika lub palca warstwy

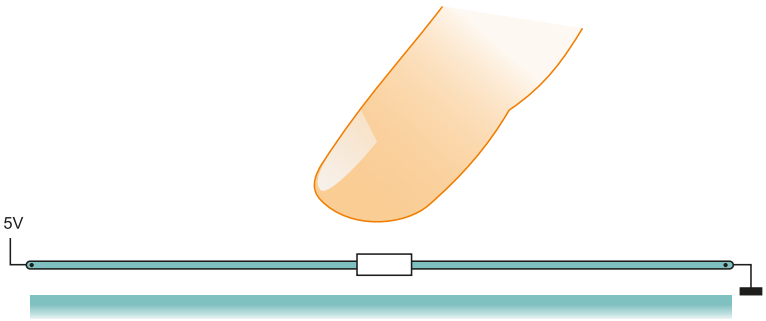


Fotografia 1. Różne wykonania paneli dotykowych rezystancyjnych

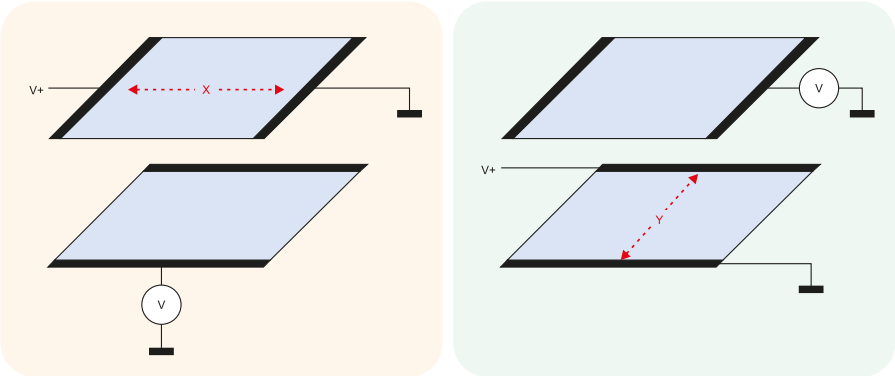


Rysunek 1. Uproszczona budowa rezystancyjnego panelu dotykowego

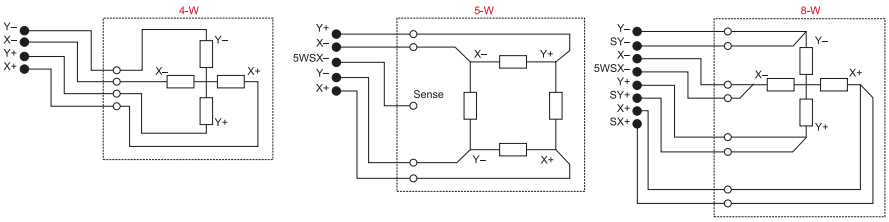
eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 2. Warstwa rezystancyja ITO tworzy dzielnik rezystancyjny o napięciu wyjściowym charakterystycznym dla danego miejsca



Rysunek 3. Obsługa panelu rezystancyjnego sprowadza się do pomiaru dwóch napięć za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego i określaniu na tej podstawie współrzędnych X i Y punktu nacisku



Rysunek 4. Struktury elektryczne paneli rezystancyjnych o różnej ilości wyprowadzeń

zwierają się (**rysunek 1**). W ten sposób na zasilanej warstwie tworzy się dzielnik rezystancyjny o napięciu wyjściowym charakterystycznym dla danego miejsca (**rysunek 2**). Napięcie to można odczytać z drugiej warstwy, która w tym momencie nie jest zasilana (**rysunek 3**). Następnie należy zamienić działania na warstwach. Zatem obsługa takiego panelu sprowadza się do pomiaru dwóch napięć za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego i określaniu na tej podstawie współrzędnych X i Y punktu nacisku. Typowe wartości rezystancji warstw wynoszą kilkaset Ω.

Użytkownik musi użyć niewielkiej siły, aby ścisnąć dwie warstwy folii i spowodować zwarcie ich powierzchni. Dlatego ekranów rezystancyjnych nie da się obsługiwać samym dotykiem. Obniża to ich trwałość (zależnie od producenta, typowo ok. 1 mln naciśnięć rysika) i powoduje niewielki dyskomfort obsługi. Wśród wad należy również wymienić nieznaczne pogorszenie kontrastu i jasności świecenia wyświetlacza leżącego pod panelem na skutek przejścia światła przez warstwy z naniesionymi ścieżkami rezystancyjnymi działającymi jak polaryzatory i niską odporność mechaniczną samego panelu (można je łatwo uszkodzić zarysowując, nacinając, przekłuwając). Dodatkowo, na skutek rozrzutu parametrów oraz starzenia się, panel rezystancyjny wymaga kalibracji przed użyciem i czasami w trakcie eksploatacji.

Najbardziej powszechne są panele rezystancyjne z 4-wyprowadzeniami, jednak dostępne są także wersje 5- i 8-wyprowadzeniowe, ich struktury elektryczne pokazuje **rysunek 4**. Z panelami tego typu praktycznie nie da się wykonać interfejsu multi touch. Istnieją co prawda rozwiązania, w których panel jest dzielony na obszary i dzięki temu staje się możliwa detekcja kilku dotknięć jednocześnie (**rysunek 5**), ale ten rodzaj interfejsu jest trudno dostępny i w porównaniu z panelem pojemnościowym, ma dosyć ograniczone możliwości.

Głównymi zaletami tej technologii są jej niska cena oraz odporność na oddziaływanie środowiska. Panel rezystancyjny, nawet mokry lub zakurzony, nadal będzie działał, o ile tylko woda nie dostanie się pomiędzy warstwy przewodzące. Ponadto, same panele są stosunkowo

REKLAMA

Dla TWOJEGO sukcesu!

1 złącze…

1 napięcie…

1 interfejs…

25 wyświetlaczy!

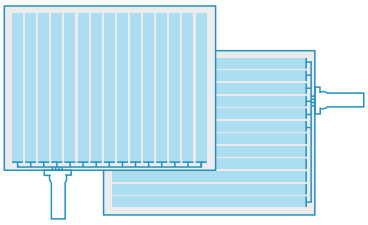
Rodzina wyświetlaczy TFT

www.glyn.com/Products

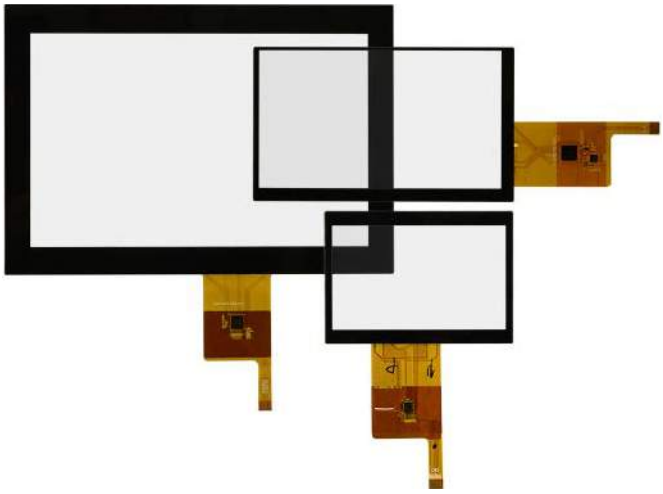
FIRST CLASS PREMIUM SUPPORT

GLYN High-Tech Distribution

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 5. Sposób realizacji funkcji multi touch w panelu rezystancyjnym



Fotografia 2. Różne wykonania paneli dotykowych pojemnościowych

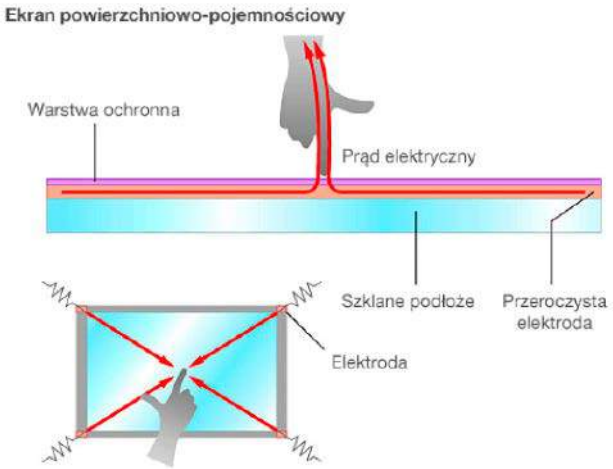
cienkie i pomimo ramki na obrzeżach tylko nieznacznie powiększają grubość wyświetlacza.

Panel pojemnościowy

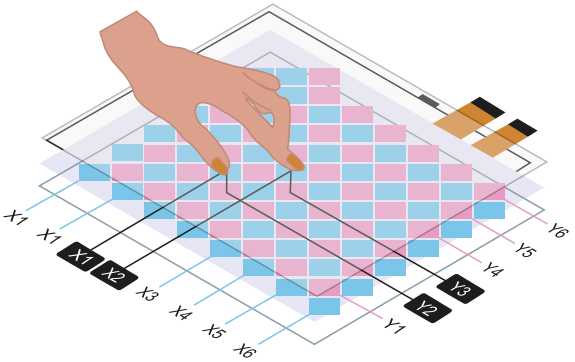
Zasada działania pojemnościowych paneli dotykowych CTP (Capacitive Touch Panel) polega na pomiarze zmian pojemności kondensatorów utworzonych przez elektrody rozmieszczone na powierzchni panelu. Ten rodzaj paneli dotykowych ma szereg zalet, do najważniejszych należy to, że do jego obsługi wystarczą delikatne dotknięcia i doskonale nadaje się do budowy interfejsów multi touch. Ponadto, panele tego typu tylko nieznacznie pogarszają widzialność umieszczonego pod nimi wyświetlacza. Zazwyczaj mają też wbudowane kontrolery, co zwalnia konstruktora z konieczności implementacji skomplikowanych procedur obsługi (**fotografia 2**). Dodatkowo, są też bardzo odporne na zarysowania czy nakłucia, ponieważ zwykle są wykonane na bazie szkła hartowanego. Pojemnościowy panel dotykowy zwykle działa nawet po stłuczeniu szkła. Dzięki temu, że do zarejestrowania dotyku nie jest konieczny silny nacisk, a panel nie zawiera uginających się elementów, jego konstrukcja jest bardzo trwała. Wytrzymuje nawet 20 milionów dotknięć, czyli około 20-krotnie więcej niż klasyczne touch panele rezystancyjne. Ważnym aspektem, jest także odporność na środki chemiczne, dzięki czemu panel pojemnościowy może być z łatwością czyszczony. Dla wymagających aplikacji, takich jak na przykład terminale POS/POI wykonywane są również wersje wandaloodporne.

Zasadniczą wadą paneli pojemnościowych jest ich znacznie wyższa cena, niż paneli rezystancyjnych. Ponadto w większości modeli obsługa jest możliwa tylko przy użyciu palca (lub przedmiotami przewodzącymi elektryczność).

Istnieją dwa rodzaje pojemnościowych paneli dotykowych. Pierwszy rodzaj to panel powierzchniowo-pojemnościowy (Surface Capacitive), najczęściej stosowany przy relatywnie dużych wyświetlaczach. Zawiera przeźroczystą elektrodę naniesioną na całej powierzchni szklanego podłoża i dodatkowo przykrytą warstwą ochronną. Do czterech rogów elektrody jest przykładane napięcie,



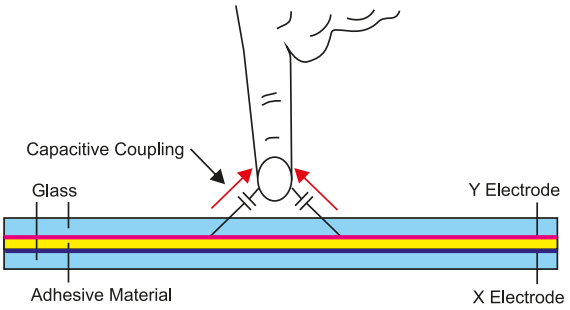
Rysunek 6. Budowa i działanie panelu powierzchniowo-pojemnościowego (Surface Capacitive)



Rysunek 7. Budowa i działanie panelu z projekcją pojemnościową PCAP (Projected Capacitive)

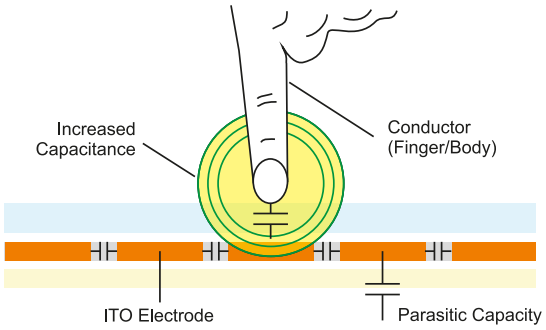
generujące na całym panelu jednolite, niskonapięciowe pole elektryczne (**rysunek 6**). Dotknięcie palcem do panelu powoduje zmiany pola elektrycznego w tym punkcie. Współrzędne miejsca są obliczane na podstawie pomiaru zmian w pojemności elektrostatycznej w czterech narożnikach ekranu. Panele powierzchniowo-pojemnościowe są dość tanie i proste w budowie, dlatego zwykle są stosowane w większych lub mniej skomplikowanych urządzeniach. Są niestety mniej precyzyjne od nowszych rozwiązań i mogą mieć trudności z obsługą multi touch.

Wraz z rozwojem i udoskonalaniem scalonych kontrolerów, powstały ekrany dotykowe z projekcją pojemnościową PCAP (Projected Capacitive) i stały się preferowaną technologią dotykową w większości zastosowań, m.in. w tabletach, laptopach i smartfonach. Panel PCAP stanowi matryca przeźroczystych przewodzących pół lub pasów, rozmieszczonych na całej powierzchni ekranu (**rysunek 7**). Każde pole działa jak kondensator i ma niewielką pojemność. Gdy użytkownik dotyka ekranu, przewodzący palec

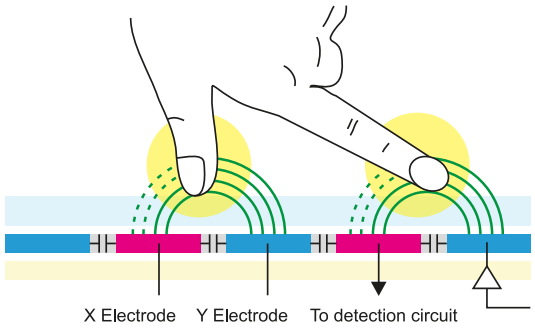


Rysunek 8. Przewodzący palec lub przedmiot zmienia pole elektryczne wokół najbliższego pola i w efekcie zmienia pojemność kondensatora

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 9. Panel PCAP typu Self-Capacitive Touch Sensor



Rysunek 10. Panel PCAP typu Mutual-Capacitive Touch Sensor

lub przedmiot zmienia pole elektryczne wokół najbliższego pola i w efekcie zmienia pojemność kondensatora (**rysunek 8**). Kontroler dotykowy lokalizuje obszar, w którym zaszły zmiany i udostępnia tę informację jako gotowe współrzędne X, Y.

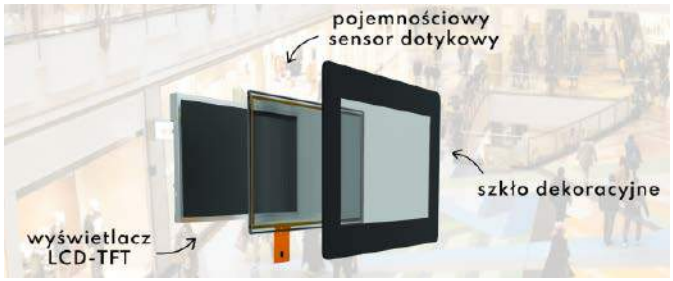
Panele PCAP występują w dwóch wersjach. Rozwiązanie określane, jako Self-Capacitive Touch Sensor polega na wykrywaniu wzrostu pojemności spowodowanego przez ciało ludzkie, które działa, jak kondensator połączony z uziemieniem – GND (**rysunek 9**). Jest to metoda o wysokiej czułości i może działać nawet przez grubą warstwę ochronną (np. szkło). Wadą jest to, że różne zjawiska (np. zabrudzenie i wilgoć) mogą powodować obszarowe zmiany pojemności pasożytniczej i będą zakłócały działanie panelu.

Drugim rozwiązaniem jest Mutual-Capacitive Touch Sensor, które bazuje na wykrywaniu zmian pola elektrycznego między dwiema elektrodami warstwy X i Y. Na elektrodę jednej warstwy, np. X jest podawany odpowiednio modulowany sygnał elektryczny, a elektroda drugiej warstwy – tym razem Y, pozwala mierzyć siłę oddziaływania tego sygnału. Pojemność pomiędzy elektrodami będzie redukowana jeśli pole elektryczne zostanie zakłócone przyłożeniem palca do ekranu (**rysunek 10**).

Unikalną cechą ekranów pojemnościowo-projekcyjnych jest to, że duża ilość elektrod umożliwia dokładne wykrywanie wielu punktów dotyku. Ekrany tego typu mają elektrody wykonane z materiału oporowego ITO i niezbyt dobrze sprawdzają się sprawdzają w przypadku dużych ekranów. Wynika to ze zwiększenia rezystancji połączeń i w efekcie zwiększenie ilości błędów i zakłóceń w dokładności wykrywania dotyku. W większych pojemnościowo-projekcyjnych ekranach dotykowych jako warstwę przeźroczystych elektrod stosuje się siatkę bardzo cienkich przewodów elektrycznych. O ile dzięki zmniejszonej w ten sposób oporności stają się one bardzo czułe, to technologia zdecydowanie nie nadaje się do zastosowania w masowej produkcji, w przeciwieństwie do wytrawiania warstwy ITO.

Zalety paneli dotykowych PCAP

Wartość związana z rozpoznawaniem wielu wejść jest wyraźnym i pozytywnym wyróżnikiem ekranów dotykowych PCAP. Użytkownicy mogą inicjować różne polecenia, zapewniając większą funkcjonalność. W bardziej wyspecjalizowanych konfiguracjach,



Fotografia 3. Ekrany dotykowe pojemnościowe mogą działać za osłoną ze szkła lub tworzywa

takich jak aplikacje do gier, ekrany dotykowe PCAP mogą obsługiwać jednocześnie więcej niż 10 punktów dotyku.

Ekrany dotykowe PCAP nie wymagają wstępnej kalibracji, a pomimo tego są bardzo dokładne, nawet jeśli obsługują różnorodne gesty. Ponieważ ich górna warstwa jest zwykle wykonana ze szkła, oferują wysoki stopień transmisji optycznej i zapobiegają pojawianiu się zamglenia. Dodatkowo szklana warstwa wierzchnia zapewnia lepszą trwałość w porównaniu do foliowej górnej warstwy rezystancyjnych paneli dotykowych – nawet w przypadku największych rozmiarów.

Praca w środowiskach, w których ekran PCAP może być narażony na działanie cieczy lub wilgoci, w tym płynów przewodzących, takich jak słona woda, jest możliwa dzięki wyspecjalizowanym algorytmom kontrolera i strojeniu. Technologia PCAP jest na tyle zaawansowana, że wspiera obsługę rękawic medycznych i grubych rękawic przemysłowych, a także obsługę pasywnego rysika.

W zależności od potrzeb konkretnego zastosowania ekrany dotykowe PCAP można dostosować, za pomocą różnych osłon (**fotografia 3**). Mogą być odporne na środki chemiczne, czy odporne na uderzenia, co będzie szczególnie istotne w przypadku zastosowań publicznych, takich jak bankomaty i urządzenia przemysłowe. Jednocześnie jest to element, który może nadać projektowanemu urządzeniu unikalny wygląd. Obecnie możliwe jest dostosowanie kształtu szkła do najbardziej nietypowych form, jakie wymyśli projektant. Problemem nie jest także wykonywanie otworów pod elementy mechaniczne, np. przyciski, gałki itp. Dodatkowo rozwój technik drukarskich zapewnił możliwość nanoszenia na szkło nie tylko logotypów, ale także fotorealistycznych grafik i zdjęć.

REKLAMA

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 4. Moduł HMI typu DWIN DMG48270C043

Fotografia 5. Moduł HMI typu Nextion NX4827T043

Fotografia 6. Moduł HMI typu mikromedia HMI 7

Dodatkowym rozwinięciem funkcjonalności paneli pojemnościowych jest możliwość stosowania powłok, które wpływają na komfort użytkowników korzystających z urządzenia. Są to m.in. powłoki anti-glare (AG) i anti-reflective (AR), które redukują odbicia świetlne, anti-fingerprint (AF) – zapobiegające przywieraniu zanieczyszczeń, anti-shatter (AS) – ograniczające rozprzestrzenianie się odłamków szkła w przypadku uszkodzenia modułu, a także zyskujące na popularności szczególnie w przestrzeniach publicznych powłoki anti-microbial/anti-bacterial (AM/AB), które redukują ilość drobnoustrojów pozostających na powierzchni urządzenia.

Jeśli koszt jest głównym ograniczeniem dla projektu, PCAP może zostać odrzucony. Jest to technologia wyraźnie droższa niż panele rezystancyjne, chociaż w miarę postępu i poprawy technologii staje się bardziej dostępna pod względem ceny.

Gotowe komponenty HMI

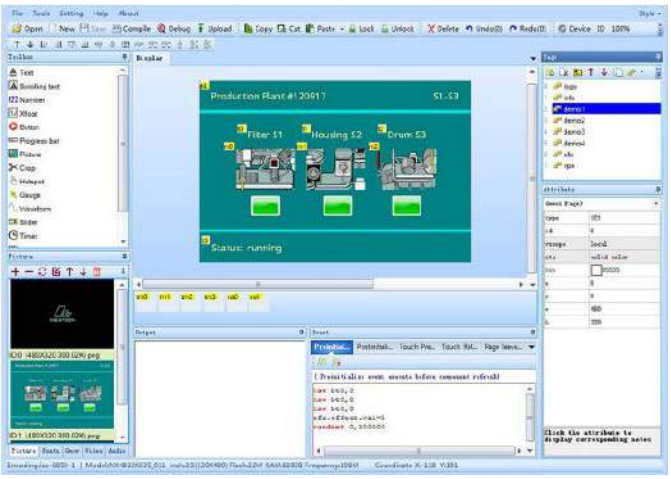
Funkcja paneli HMI kończy się na prezentowaniu i zadawaniu parametrów w konkretnym urządzeniu lub części procesu produkcyjnego. Jeśli istnieje potrzeba kontrolowania złożonych procesów to należy zastosować system SCADA. Jest to rozbudowane narzędzie, które kontroluje całe procesy produkcyjne, umożliwia rozbudowaną obsługę archiwizacji i analiz w bazach danych. Nawigacja w małych systemach SCADA możliwe jest tworzenie kilkunastu, czy nawet kilkudziesięciu ekranów HMI. Największe systemy SCADA pozwalają na obsługę setek czy tysięcy ekranów.

Najważniejszym zadaniem HMI jest dostarczanie operatorowi aktualnych, rzeczywistych informacji w formie, która pozwoli na podjęcie najlepszej decyzji w danym momencie. Gotowe panele HMI zwykle mają własny system operacyjny oraz wyspecjalizowane oprogramowanie do tworzenia wizualizacji. Interfejs jest najczęściej dotykowy ale warto zwrócić uwagę na wybór typu panelu dotykowego. Aby łatwo zintegrować panel HMI z maszyną lub fragmentem procesu, potrzebne są różne protokoły komunikacyjne. Tego typu urządzenia mają zwykle takie porty, jak RS232/485 czy Ethernet oraz obsługują popularne protokoły komunikacyjne. Poniżej prezentujemy kilka komponentów tego typu.

DWIN DMG48270C043

Moduł HMI z kolorowym wyświetlaczem LCD TFT 4,3" o rozdzielczości 480×272 px. z pojemnościowym panelem dotykowym (**fotografia 4**). Moduł ma wbudowany moduł SoM typu T5L0 działający na komercyjnym systemie DGUS II. Dodatkowo na płytce znajduje się gniazdo kart microSD, buzzer oraz wbudowana pamięć Flash 8 MB. Moduł komunikuje się z zewnętrznym sterownikiem za pomocą interfejsu UART. Zasilany jest napięciem 5 V i może pobierać prąd o natężeniu do 210 mA. Znakomicie sprawdzi się we

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 11. Oprogramowanie Nextion Editor dla paneli tej firmy

wszystkich projektach, gdzie wymagany jest nieskomplikowany panel do obsługi urządzenia przez użytkownika np. na liniach produkcyjnych.

Nextion NX4827T043

Moduł HMI z kolorowym wyświetlaczem LCD TFT 4,3" o rozdzielczości 480×272 px., wyposażony został w rezystancyjny panel dotykowym (**fotografia 5**). Moduł ma wbudowany mikrokontroler, który steruje pracą wyświetlacza, gniazdo kart microSD oraz pamięć Flash 16 MB. Komunikuje się z zewnętrznym sterownikiem za pomocą interfejsu UART, dzięki czemu może współpracować z popularnymi zestawami rozwojowymi, jak Arduino, Raspberry Pi czy STM32. Zasilany jest napięciem 5 V. Projektowanie wyglądu oraz funkcjonalności graficznego interfejsu użytkownika za pomocą oprogramowania Nextion Editor jest szybkie i intuicyjne (**rysunek 11**). Umożliwia przygotowanie interfejsu przy użyciu uniwersalnych bloków, przycisków czy suwaków, dzięki czemu użytkownik oszczędza czas. Projekt ładowany jest do urządzenia przez interfejs UART. Dokładna instrukcja obsługi edytora dostępna jest na stronie producenta.

mikromedia HMI 7

Moduły mikromedia HMI (**fotografia 6**) są sterowane poprzez układ FT900Q firmy FTDI Chip z opatentowanym 32-bitowym rdzeniem RISC o wiodącej w branży wydajności. Ideą mikromedia HMI jest zachowanie tylko podstawowych komponentów, które upraszczają jego integrację z produktem końcowym, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów całkowitych. Płytka zawiera gniazdo karty microSD, interfejs dotykowy, mały głośnik audio i złącze micro USB. Dostępne jest też złącze do połączenia MCU z zewnętrzną elektroniką, wraz z osobnym złączem do równoległego interfejsu kamery FT900Q. mikromedia HMI 7 ma wysokiej jakości wyświetlacz Riverdi z 16-milionową głębią kolorów i jasnością 540 nitów.

Podsumowanie

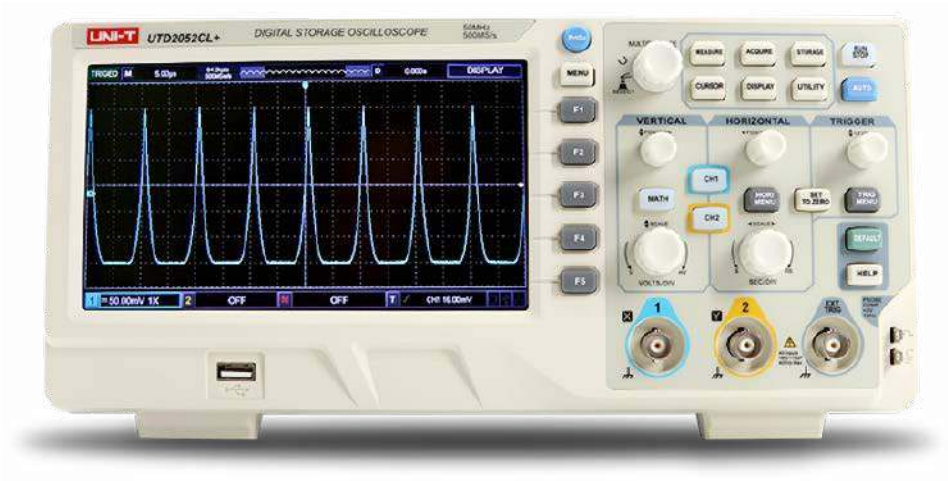
Pomimo definicja komponentu HMI nie jest skomplikowana, to może być wykonany na wiele sposobów. Najważniejsze to zdawać sobie sprawę z tego, jakie zadanie ma wykonywać i jakie kryteria jakości musi spełniać. Tylko wtedy możliwe jest wytypowanie rozwiązania optymalnego oraz wystarczająco łatwego w implementacji.

Damian Sosnowski, EP

REKLAMA

Oscyloskop UNI-T UTD2052CL+

1 169,00 zł



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

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

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

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

eprasa.pl e16ad6537c

Systemy zasilania awaryjnego z technologią IoT

Innowacyjne zasilacze UPS marki PowerWalker

Globalny trend Internetu Rzeczy nie ominął systemów zasilania awaryjnego, czego efektem są innowacyjne zasilacze UPS PowerWalker z serii ICT/ICR IoT. Wyposażono je w funkcje IoT, które udostępniają ważne informacje o stanie urządzenia oraz umożliwiają zdalną kontrolę z użyciem zabezpieczonej chmury Microsoft Azure. Dostęp do systemu ma każdy autoryzowany użytkownik, niezależnie od miejsca, w którym się znajduje.

Internet rzeczy – IoT (Internet of Things), to system składający się z fizycznych urządzeń podłączonych do Internetu, zdolny do gromadzenia, przetwarzania i wymiany danych w sieci. Jego działanie pozwala na automatyzację pracy urządzeń w rozwiązaniach prywatnych, publicznych czy przemysłowych. Oferuje także poprawę efektywności zarządzania nimi poprzez zapewnienie łączności, dostępu do informacji o ich stanie, a także zdalnej kontroli i sterowania ich pracą, np. z poziomu komputera czy aplikacji mobilnej. Rozwój Internetu rzeczy rozpoczął się w 1990 roku i od tego czasu nabiera tempa. Przewiduje się, że liczba inteligentnych urządzeń i maszyn, które do komunikowania się ze sobą (oraz z użytkownikiem) wykorzystują technologię bezprzewodową ma wynieść 100 miliardów w 2022 roku. Odpowiedzią branży systemów zasilania na rozwój rynku rozwiązań zarządzanych zdalnie są zasilacze UPS jedno- i trójfazowe z funkcją Internetu Rzeczy marki PowerWalker. Te nowoczesne urządzenia, zapewniają wiele korzyści z ich zastosowania przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości standardowych rozwiązań technicznych.

Rysunek 1. Zasilaczy UPS z serii ICT/ICR IoT wysyłają wszystkie istotne dane do odpowiednio zabezpieczonej chmury Microsoft Azure Cloud

Wysoki stopień bezpieczeństwa

Zasilacze awaryjne UPS z serii ICT/ICR IoT po podłączeniu do Internetu za pomocą kabla Ethernet lub poprzez połączenie bezprzewodowe (poprzez adapter WLAN) automatycznie wysyłają wszystkie istotne dane do odpowiednio zabezpieczonej chmury Microsoft Azure (**rysunek 1**). Dostęp do nich możliwy jest w czasie rzeczywistym za pomocą aplikacji PowerWalker WinPower View (dostępnej bezpłatnie w internetowych sklepach Google Pay oraz App Store), która pozwala monitorować pracę urządzeń i uzyskiwać istotne z punktu widzenia użytkownika informacje.

Zarówno wysyłanie, jak i odbieranie danych jest w pełni bezpiecznie, dzięki zastosowanemu szyfrowaniu. Sama aplikacja z kolei uzyskała certyfikat zgodności z RODO wydany przez TÜV Rheinland, uznaną na rynku niezależną jednostkę certyfikującą, co gwarantuje odpowiednią jakość oprogramowania – m.in. wysoki stopień bezpieczeństwa oraz wydajność.

eprasa.pl e16ad6537c

Fotografia 1. Seria ICT to urządzenia wolno stojące

Fotografia 2. Rozwiązania z serii ICR przeznaczone są do montażu w szafach Rack

Charakterystyka techniczna zasilaczy UPS z serii ICT/ICR IoT

Seria ICT/ICR IoT to profesjonalne i uniwersalne zasilacze UPS on-line z technologią podwójnej konwersji, dostępne w wersjach jedno- i trójfazowych. Charakteryzują się współczynnikiem mocy PF na poziomie 1,0 oraz wysoką sprawnością w zakresie od 95 do 97% (modele jednofazowe) oraz 96% (modele trójfazowe), dzięki czemu niemal cała moc przekazana do urządzenia na wejściu, zostanie oddana w postaci mocy wyjściowej. Zużycie energii elektrycznej na potrzeby własne urządzenia jest marginalne, co przekłada się na ich wysoką energooszczędność.

Jednofazowe zasilacze UPS z serii ICT/ICR IoT

W ofercie producenta tych nowoczesnych rozwiązań – PowerWalker – dostępne są modele jednofazowe o mocy 1000, 1500, 2000, 3000, 6000 i 10 000 W. Warto zwrócić uwagę na ich szeroki zakres napięcia wejściowego: od 110 do 300 V i od 160 do 276 V, częstotliwości: 40...70 Hz, czy możliwość konfiguracji napięcia wyjściowego: 200/208/220/230/240 V AC oraz częstotliwości: 50/60 Hz.

Trójfazowe zasilacze UPS z serii ICT/ICR IoT

W przypadku trójfazowych zasilaczy UPS w ofercie PowerWalker dostępne są modele 3/1 oraz 3/3 o mocy 10 000, 15 000 i 20 000, które charakteryzują się szerokim zakresem napięcia wejściowego: od 173 do 273 V i od 270 do 520 V, częstotliwości: 40...70 Hz oraz możliwość konfiguracji napięcia wyjściowego: 220/230/240 V AC lub 380/400/415 V AC oraz częstotliwości: ±0,1 Hz.

Funkcjonalności zasilaczy UPS z serii ICT/ICR IoT

Seria ICT to urządzenia wolno stojące dostępne w wersjach wyposażonych w akumulatory lub bez nich (**fotografia 1**). Rozwiązania z serii ICR przeznaczone są natomiast do montażu w szafach Rack (**fotografia 2**). Modele jednofazowe mają wielkość 2 U, a trójfazowe 3 U. Należy jednak zaznaczyć, że trójfazowe zasilacze UPS o mocy 10 000 W wymagają więcej miejsca w szafie – 6 jednostek U, a rozwiązania 15 i 20 000 W – 9 U.

W przypadku modeli trójfazowych możliwa jest równoległa praca do trzech zasilaczy oraz zastosowanie pełnej redundancji urządzeń. Wszystkie UPS-y z serii ICT/ICR IoT wyposażone są we wbudowane wyświetlacze LCD, na których znajdują się wszelkie informacje o stanie urządzenia, a dodatkowo umożliwiają ich intuicyjną konfigurację. W modelach trójfazowych zastosowano wyświetlacze dotykowe, dzięki którym ich obsługa jest jeszcze bardziej komfortowa (**rysunek 2**).

Do zasilaczy ICT/ICR IoT zaprojektowano specjalne moduły akumulatorów (Battery Pack) z wbudowanym złączem RJ-45, służącym do komunikacji z UPS. Przy ich podłączaniu lub rozłączaniu nie jest wymagany restart zasilacza awaryjnego (Hot Swap), a sam moduł baterii zostanie zarejestrowany w aplikacji mobilnej zaraz po połączeniu. Ponadto zastosowana technologia OBM zapewnia odpowiedni cykl pracy baterii i jest w stanie znacznie wydłużyć jej żywotność (nawet o 50%). Za każdym razem, kiedy upłynie określony czas od całkowitego naładowania baterii, ładowarka wyłączy się, aby nie dostarczać ciągłego napięcia do systemu. Po pewnym czasie zasilanie jest przywracane w celu wyrównania ewentualnych strat powstałych podczas przerwy.

Internet Rzeczy w rozwiązaniach zasilania awaryjnego

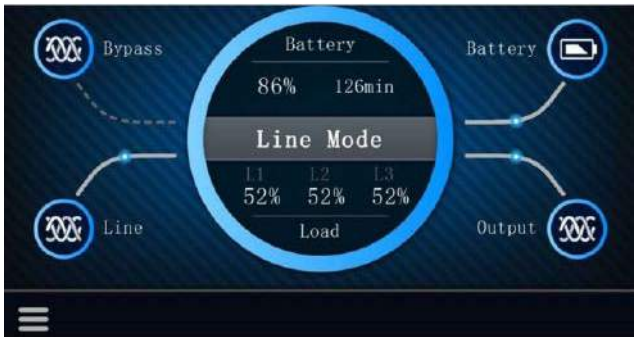
Jedną z największych innowacji jest wspomniana już wcześniej funkcja IoT, która pozwala na pełną kontrolę podłączonych do sieci UPS-ów. Wszystkie zebrane dane są wysyłane do chmury Microsoft Azure, do której dostęp ma każdy autoryzowany użytkownik, niezależnie od miejsca w którym się znajduje. Dodatkowo, narzędzia dostępne w aplikacji i na stronie internetowej zapewniają możliwość zdalnego monitoringu oraz podstawową konfigurację urządzeń, a w przypadku braku zasilania użytkownik otrzymuje dokładną informację o czasie pracy jaki pozostał (przy aktualnym obciążeniu) zanim baterie UPS-a całkowicie się wyczerpią. Co ważne, istnieje możliwość dodania wielu użytkowników do jednego systemu i nadania im rożnych uprawnień, np. administratora czy obserwatora, który ma jedynie podgląd stanu urządzeń.

Aplikacja mobilna oraz webowa (wkrótce dostępna) umożliwiają również konfigurację harmonogramu testu akumulatorów dla każdego zasilacza awaryjnego. Opcja ta obejmuje ustawienie częstotliwości, czasu startu oraz typu testu, a następnie wybranie urządzeń dla których harmonogram ma być wykonywany automatycznie. Oprogramowanie zawiera także dziennik zdarzeń, przechowujący wszelkie informacje o zmianie stanu urządzenia. Powiązana z nim funkcja wysyłania powiadomień pozwala na poinformowanie użytkownika o zaistniałym problemie poprzez aplikację lub wiadomość e-mail.

Podsumowanie

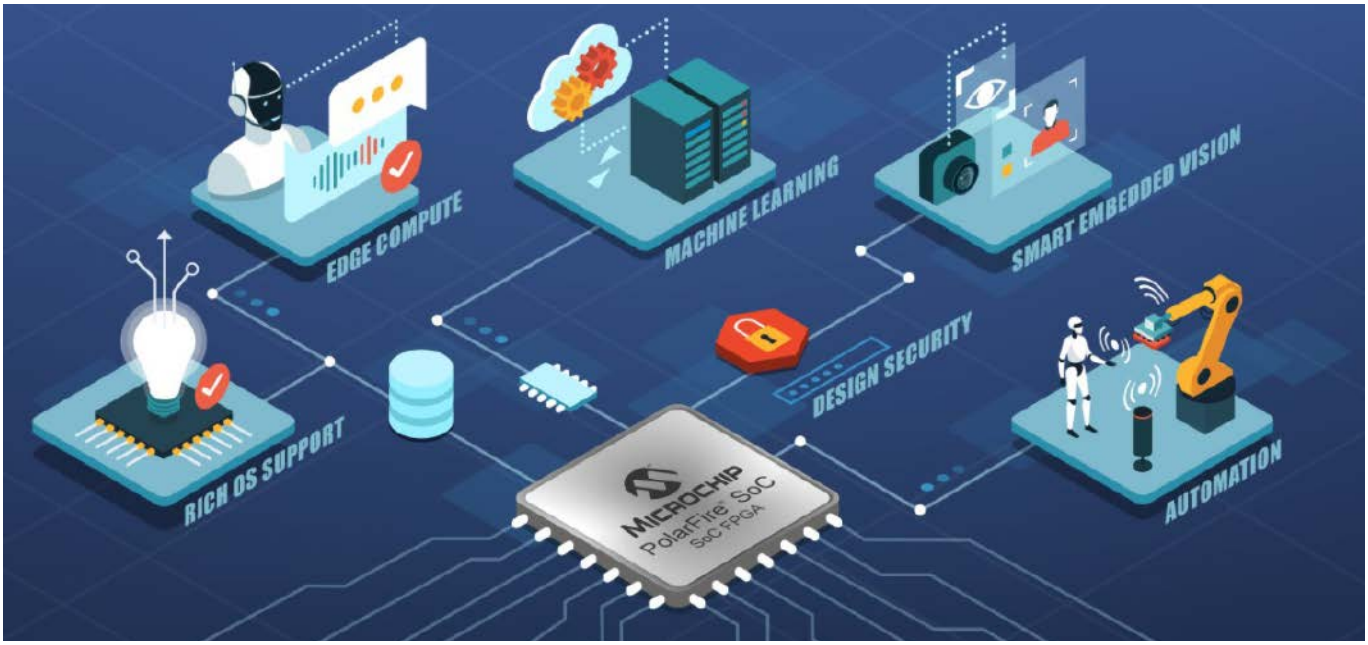
Zasilacze UPS z serii ICT/ICR IoT sprawdzą się zarówno w szeroko pojętym Przemyśle 4.0 czy różnych projektach biznesowych, ale także w automatyce domowej. Będą przydatne wszędzie tam, gdzie liczy się dostęp do informacji oraz czas reakcji, a potrzebne są rozwiązania, które nie wymagają ogromnej fachowej wiedzy oraz infrastruktury do zarządzania systemem.

Impakt
impakt.com.pl



Rysunek 2. Dotykowy wyświetlacz dostępny w modelach trójfazowych

eprasa.pl e16ad6537c



Programowalne zabezpieczenia dla niskomocowych aplikacji Przemysłu 4.0

Bezpieczeństwo aplikacji jest dużym problemem w sektorze medycznym, przemysłowym, motoryzacyjnym i komunikacyjnym. Wdrażanie inteligentnych sieci jest niezbędne do uzyskania przepływu informacji i optymalizacji procesów. W rezultacie powstają połączone, inteligentne systemy maszyn. Są one narażone na problemy wynikające z niewykrytych błędów oraz na ataki z użyciem złośliwego oprogramowania, a dodatkowo nie można wykluczyć ingerencji fizycznej – nieautoryzowanego dostępu lub nielegalnej kontroli sprzętu i oprogramowania.

Najnowszy rozdział w rozwoju przemysłu, powszechnie znany jako czwarta rewolucja przemysłowa lub Przemysł 4.0 (Industry 4.0), ustanawia nową epokę innowacji i rozwoju, ale nie pozbawioną własnego zestawu zagrożeń i wyzwań. Definiuje komunikację i łączność między systemami, sieciami, maszynami i ludźmi z użyciem Internetu Rzeczy (IoT), wplatając się w nowe poziomy złożoności. Chociaż korzyści płynące z łączności obejmują zwiększoną wydajność, identyfikację i usuwanie usterek w czasie rzeczywistym, konserwację predykcyjną i lepszą współpracę między różnymi funkcjami, mogą one również znacznie zwiększyć luki w zabezpieczeniach w inteligentnej fabryce lub zautomatyzowanym zakładzie produkcyjnym. Cyberbezpieczeństwo nie jest już ograniczone do określonej operacji lub systemu, ale rozpowszechniło się na każde urządzenie w fabryce lub w sieci przemysłowej. Nastąpił globalny wzrost zagrożeń bezpieczeństwa systemów sterowania w inteligentnych fabrykach, który dotyczy sterowników PLC, czujników, systemów wbudowanych i przemysłowych urządzeń IoT. Zdalne zarządzanie z użyciem technologii chmurowych stwarza również ryzyko ataków fizycznych, takich jak manipulacje, wstrzykiwanie złośliwej zawartości itp.

W zaprezentowanym artykule opisano, w jaki sposób układy FPGA mogą poprawić poziom bezpiecznych aplikacji wymuszonych przez rosnący wzrost IoT i przetwarzania brzegowego, napędzane przez czwartą rewolucję przemysłową. Opisuje rolę bezpieczeństwa na trzech etapach (**rysunek 1**): w sprzęcie, projekcie i danych, umożliwiając jednocześnie budowanie aplikacji na trzech filarach bezpieczeństwa: poufności, integralności i autentyczności.

Niezawodny system bezpieczeństwa musi koniecznie oferować trzy podstawowe komponenty:

1. zaufanie – gwarancja, że urządzenie – źródło danych, jest niezawodne, autoryzowane i uwierzytelnione,
2. ochrona przed manipulacją – potwierdzenie, że nie było ingerencji w urządzenie,
3. pewność informacji – zapewnienie, że dane są używane, przetwarzane i przesyłane w bezpieczny sposób.

Zabezpieczenia sprzętowe z FPGA

Zastosowanie jednego rozwiązania, bazującego na oprogramowaniu, odpowiedzialnego za bezpieczeństwo aplikacji, nie jest wystarczające, aby osiągnąć odpowiednie poziomy bezpieczeństwa w aktualnych systemach Przemysłu 4.0. Wynika to z wielu aspektów, m.in. ze względu na brak trwałości oprogramowania czy ograniczenie możliwości wydajnego zużycia energii, itp. Optymalnym rozwiązaniem jest wielowarstwowy mechanizm ochrony obejmujący funkcjami zabezpieczeń, także sprzęt.

Obecnie większość struktur bezpieczeństwa to implementacje oprogramowania z bibliotekami kryptograficznymi skompilowanymi do działania na kontrolerach lub procesorach ogólnego przeznaczenia. Takie implementacje oprogramowania tworzą bardziej rozległą

eprasa.pl e16ad6537c

Rysunek 1. Bezpieczeństwo aplikacji bazuje na trzech warstwach – sprzętowej, projektowej i danych

Rysunek 2. Układy FPGA zapewniają bezpieczeństwo danych dzięki zastosowaniu różnych metodologii

przestrzeń podatną na ataki z wieloma potencjalnymi słabymi punktami, takimi jak system operacyjny, sterowniki, stosy oprogramowania, pamięci i klucze programowe. Ponadto implementacje oprogramowania mogą nie być zoptymalizowane pod kątem wydajności mocy i mogą podnosić wymagania projektowe. Długoterminowa konserwacja tych systemów z częstymi aktualizacjami stosów, bibliotek itp. przez cały okres eksploatacji systemu przemysłowego może być również uciążliwa i kosztowna.

Zasadniczo każdy sprzęt musi integrować zabezpieczenia w swojej strukturze, aby zapobiec statycznym i dynamicznym atakom inżynierii wstecznej, manipulacji i fałszerstw. W związku z tym programowalne zabezpieczenia sprzętowe stały się wszechstronnym i niezawodnym rozwiązaniem dla energooszczędnych przemysłowych aplikacji IoT i Edge Computing, zwłaszcza z układami FPGA. Oprócz poprawy wydajności zabezpieczeń systemu, układy FPGA zwiększają również poziom bezpieczeństwa aplikacji. Aby zaoferować naprawdę solidne rozwiązanie, aplikacja FPGA musi integrować kluczowe komponenty bezpieczeństwa w sprzęcie, projekcie i danych.

Bezpieczne urządzenia FPGA

Krytyczne aplikacje muszą uwzględniać scenariusz, w którym komponenty mogą zostać poddane cyberatakowi nie tylko w docelowej aplikacji, ale także przed wdrożeniem lub programowaniem w miejscu produkcji lub podczas transportu w łańcuchu dostaw. Bezpieczny system produkcyjny musi umożliwiać szyfrowanie i dostarczanie układów FPGA w mniej zaufanym środowisku produkcyjnym, kontrolowanie liczby zaprogramowanych urządzeń i audytowanie procesu produkcyjnego w sposób kontrolowany kryptograficznie. Wszystkie te procesy muszą być skonstruowane tak, aby uniemożliwić wprowadzenie klonów produktów, zainfekowanych złośliwym oprogramowaniem i nieautentycznych części.

Bezpieczne projekty FPGA

Bezpieczeństwo projektu bazuje na bezpiecznej platformie sprzętowej. Jednak, aby zapewnić poufność i autentyczność projektu, należy monitorować środowisko pod kątem ataków fizycznych. Atak boczny (SCA) może stanowić poważne zagrożenie dla układów FPGA, które integrują systemy kryptograficzne, uszkadzając strumienie bitów zaprogramowane w urządzeniu. SCA polega na wydobywaniu krytycznych i poufnych informacji z układu lub systemu, mierząc lub analizując różne parametry fizyczne, takie jak prąd zasilania, czas wykonania i emisja elektromagnetyczna. Proces programowania lub uruchamiania FPGA musi być odporny na takie działania, niezależnie od tego, czy są to FPGA nieulotne, czy z pamięcią SRAM.

Aktywne monitorowanie środowiska urządzenia to kolejna technika ochrony konstrukcji FPGA przed atakami półinwazyjnymi i inwazyjnymi. Wahania napięcia, temperatury i częstotliwości zegara mogą sugerować próbę manipulacji. Odporny na manipulacje układ FPGA zapewnia konfigurowalne reakcje w celu przeciwdziałania atakowi, w tym całkowite wyczyszczenie urządzenia i uczynienie go bezużytecznym dla atakującego.

Bezpieczne dane FPGA

Wreszcie układy FPGA muszą zapewnić techniki zabezpieczania danych aplikacji w sprzęcie i projekcie, obejmujące kombinację różnych metodologii:

- generator liczb losowych – TRNG (*True Random Generator*) do budowania bezpiecznych protokołów, które spełniają standard NIST i oferują źródło losowości do generowania tajnych kluczy do operacji kryptograficznych;
- klucz główny jest generowany z funkcji nieklonowalnej fizycznie – PUF (*Physically Unclonable Function*). Wykorzystują one submikronowe zmiany, które występują naturalnie podczas produkcji półprzewodników i nadają każdemu tranzystorowi marginalnie losowe właściwości elektryczne i unikalną tożsamość. Jest to analogiczne do ludzkiego odcisku palca, gdzie nie ma dwóch takich samych;
- bezpieczna pamięć chroniona tajnym kluczem;
- funkcja kryptograficzna zdolna do wykonywania standardowych funkcji asymetrycznych, symetrycznych i hashtagów.

Wnioski

Przemysł 4.0 to postępująca rewolucja, a jej powszechne przyjęcie bazuje na solidnych, kompleksowych rozwiązaniach bezpieczeństwa. Implementacje funkcji bezpieczeństwa i funkcji kryptograficznych w oprogramowaniu mają wiele słabych punktów i są podatne na złośliwe oprogramowanie. Zupełnie przeciwnie jest w dzisiejszych rozwiązaniach sprzętowych z układami FPGA z wbudowanymi zaawansowanymi bezpiecznymi programowalnymi funkcjami, a także warstwami zabezpieczeń sprzętu, projektu i danych. Zapewnia to sprzęt zaprojektowany w celu ochrony IP klienta przed kradzieżą lub przebudową. Przykłady funkcji bezpieczeństwa danych obejmują ochronę DPA w celu przeciwdziałania atakom side-channel, która jest ogólnie licencjonowaną, opatentowaną funkcją. Ważne jest również bezpieczne rozwiązanie do zarządzania kluczami bazujące na funkcjach nieklonowanych fizycznie (PUF) oraz programowalny procesor kryptograficzny odporny na ataki boczne SCA, który obsługuje standardowe w branży funkcje asymetryczne, symetryczne i hashtag.

Rozwiązania sprzętowe torują drogę do naprawdę elastycznych i bezpiecznych systemów. Zabezpieczenia sprzętowe zawierające układy FPGA stają się właściwym wyborem dla kluczowych potrzeb bezpieczeństwa, głównie ze względu na programowalność, wydajność i znaczne korzyści w zakresie mocy, jakie oferują. Układy FPGA, które integrują akceleratory kryptograficzne odporne na ingerencję, obejmują zabezpieczenia przed manipulacją dla ochrony własności intelektualnej klientów i oferują zaufane zarządzanie łańcuchem dostaw, stanowią pewną platformę do opracowywania bezpiecznych systemów.

Apurva Peri
Senior Engineer, Product Marketing w Microchip Technology

eprasa.pl e16ad6537c

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (19)

Podstawowe kondycjonery sygnałów termoparowych

Temperatura jest zdecydowanie najczęściej mierzonym parametrem nieelektrycznym. Pośród wszystkich wykorzystywanych w praktyce rodzajów czujników temperatury, jednymi z istotniejszych są termopary. W tym odcinku Poradnika Implementacji przyjrzymy się bliżej front-endom przeznaczonym do kondycjonowania subtelnych sygnałów napięciowych pochodzących z termopar.

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

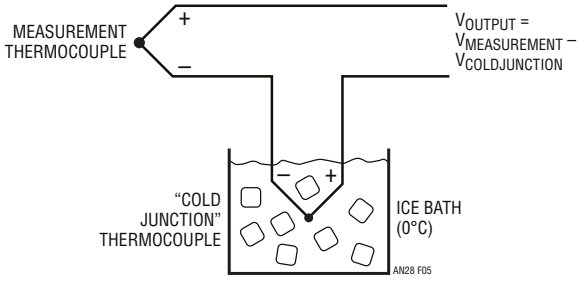
Pomimo tego, że technologia pomiaru temperatury bazująca na zjawisku Seebecka jest jedną z najstarszych, termopary pozostają niezastąpione w wielu aplikacjach przemysłowych, laboratoryjnych, naukowych czy też medycznych – zwłaszcza w systemach wymagających bardzo małej, własnej pojemności cieplnej (co przekłada się na krótką stałą czasową odpowiedzi), minimalnych wymiarów czujnika, wysokiej niezawodności czy też szerokiego zakresu pomiarowego obejmującego wartości ekstremalnie wysokie lub niskie (np. pomiary w zakresie temperatur kriogenicznych).

Z układowego punktu widzenia podstawowymi zaletami termopar są:

- **napięciowy charakter sygnału wyjściowego** – termopara nie wymaga zasilania (sama jest źródłem napięcia), co wpływa na ograniczenie poboru mocy urządzenia,
- **niska impedancja wyjściowa** – która ułatwia konstrukcję stopnia wejściowego układu pomiarowego (pozwala bowiem na zmniejszenie wymagań stawianych impedancji wejściowej wzmacniacza) i ogranicza podatność na zakłócenia EMI.

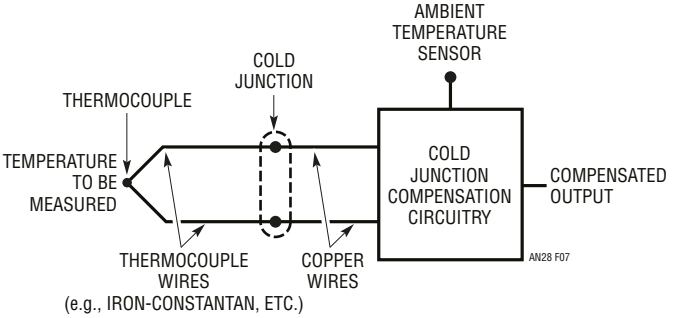
Termopary mają jednak także istotne wady, do których należą:

- **bardzo mała czułość**, wyrażona jako współczynnik Seebecka (na poziomie kilkudziesięciu μV/K), wymaga stosowania wzmacniaczy napięciowych o dużym wzmocnieniu (znacznie większym, niż w przypadku układów współpracujących z termistorami czy też czujnikami półprzewodnikowymi (**tabela 1**);
- **różnicowy charakter pomiaru** – napięcie wyjściowe termopary jest zależne nie od bezwzględnej temperatury gorącej końcówki pomiarowej, ale od różnicy temperatury końcówki gorącej i zimnej (**rysunek 1**), co wymusza stosowanie elektronicznych technik kompensacji zimnego końca (**rysunek 2**). I choć użycie lokalnych czujników temperatury pozwoliło z powodzeniem zastąpić popularny kilkadziesiąt lat temu i często spotykany w literaturze układ z jednym końcem termopary umieszczonym w wodzie z lodem (stanowiącej całkiem przyzwoity wzorzec zera dla skali Celsjusza), to do dziś w użyciu pozostaje wypracowana wtedy, choć nieco myląca terminologia końców zimnych i gorących;



Rysunek 1. Ilustracja pomiaru z użyciem termopary, której złącze odniesienia zostało umieszczone we wzorcu temperatury 0°C – wodzie z lodem. Ta właśnie konfiguracja pomiarowa stoi za powszechnie stosowanymi określeniami „zimnego" i „gorącego" złącza termopary (https://t.ly/Iv_N)

- **dość istotna nieliniowość**, wymagająca sprzętowej lub programowej kompensacji (**rysunek 3**) w przypadku urządzeń pracujących w szerokim zakresie temperatur oraz wymagających wysokiej dokładności;

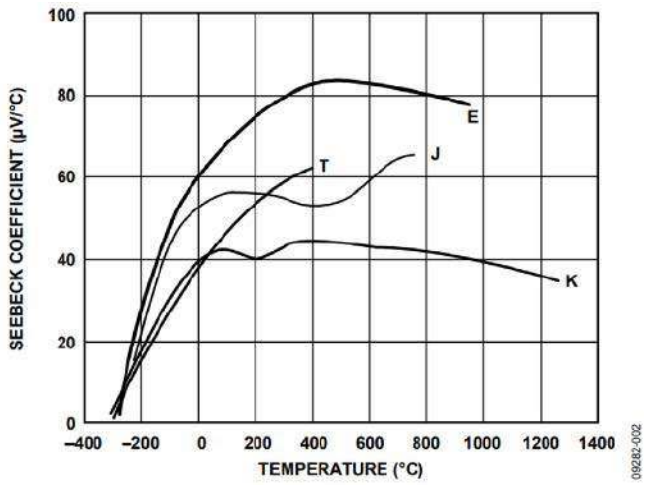


Rysunek 2. Układ pomiarowy termopary z elektroniczną kompensacją zimnego końca. Część urządzenia zaznaczona czerwoną ramką powinna być utrzymywana w warunkach izotermicznych (https://t.ly/Iv_N)

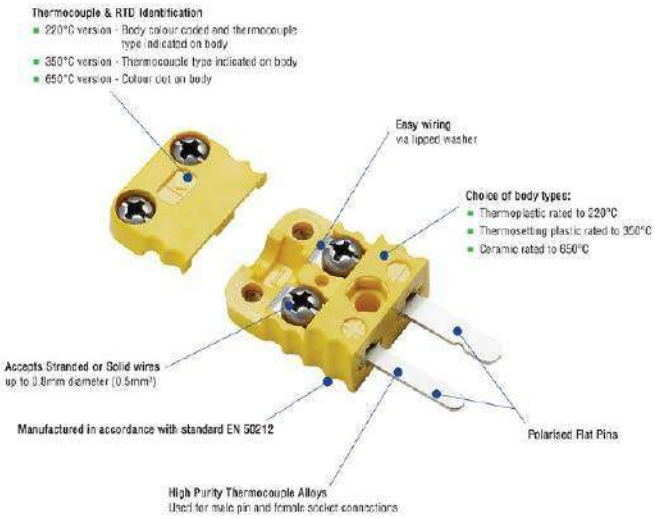
Materiały	Przybliżona czułość [μV/°C] @ 25°C	Użyteczny zakres pomiarowy [°C]	Orientacyjny zakres napięć wyjściowych [mV]	Oznaczenie termopary
Miedź—Konstantan	40.6	–270 ... 600	25.0	T
Żelazo—Konstantan	51.70	–270 ... 1000	60.0	J
Chromel—Alumel	40.6	–270 ... 1300	55.0	K
Chromel—Konstantan	60.9	–270 ... 1000	75.0	E
Platyna 10% - Rod/Platyna	6.0	0 ... 1550	16.0	S
Platyna 13% - Rod/Platyna	6.0	0 ... 1600	19.0	R

Tabela 1. Porównanie podstawowych parametrów metrologicznych najczęściej stosowanych termopar (https://t.ly/Iv_N)

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 3. Zmienność współczynnika Seebecka czterech typów termopar w funkcji temperatury (https://t.ly/-ZoJ)



Rysunek 4. Nieliniowość pomiaru temperatury za pomocą układów z rodziny AD849x w określonych przez producenta zakresach pomiarowych (https://t.ly/pzd8)

- **konieczność stosowania przewodów kompensacyjnych lub przedłużających oraz specjalnych złączy**, co ma na celu uniknięcie dodatkowych błędów pomiarowych, wprowadzanych do układu przez napięcia termoelektryczne generowane na każdym styku dwóch różnych metali.

Podczas, gdy nieliniowość dotyczy w pewnym stopniu niemal każdego czujnika, a małą czułość można zarzucić także termorezystorom (RTD), to pozostałe dwa z wymienionych problemów są charakterystyczne tylko dla termopar. I tutaj dochodzimy do głównych różnic pomiędzy kondycjonerami sygnałów dla czujników termoelektrycznych, a front-endami przeznaczonymi do pracy z innymi

Fotografia 1. Typowy, płaski wtyk termoparowy (https://t.ly/4pHnb)

Fotografia 2. Okrągłe złącza termoparowe (h ttps://t.ly/WQX1)

rodzajami sensorów temperatury – jak wykażemy w dalszej części artykułu, konstrukcja termoparowych układów AFE jest ściśle dostosowana do tych dość nietypowych cech omawianych czujników, choć uwzględnia oczywiście także wszystkie pozostałe ich właściwości.

Rzecz jasna, wspomniana wcześniej konieczność podłączania termopar za pomocą specjalistycznych przewodów i złączy jest niemożliwa do ominięcia za pomocą jakiegokolwiek układu elektronicznego – to samo bowiem zjawisko, które stoi za podstawami działania termopar, okazuje się jednocześnie ich przekleństwem. Na szczęście dziś nie stanowi już żadnego problemu zakup złącza kompensacyjnego, dostosowanego do danego typu termopary – takie komponenty są powszechnie dostępne i używane zarówno w wysokiej klasy sprzęcie pomiarowym (**fotografie 1** i **2**), jak i tanich termometrach elektronicznych z Dalekiego Wschodu. Jedynym wymogiem, który należy spełnić, by uniknąć problemów z niedokładnością pomiarową spowodowaną gradientami temperatur na drodze od końcówki gorącej do zimnych końców termopary, jest zapewnienie możliwie izotermicznych warunków pracy dla złącza kompensacyjnego oraz układu kompensacji zimnych końców.

Warto zwrócić uwagę, że dokładność układu pomiarowego – determinowana zarówno przez właściwy tor kondycjonowania sygnału napięcia termopary, jak i zastosowany czujnik temperatury lokalnej używany do kompensacji zimnych końców – powinna być zoptymalizowana odpowiednio do dokładności samego czujnika. **Tabela 2** pokazuje klasy dokładności, zdefiniowane przez normy IEC-EN 60584-2, ASTM E230 oraz ANSI MC96.1 – jak widać, najdokładniejsze czujniki osiągają tolerancję na poziomie zaledwie 0,5...0,6°C, co zbliża je do termorezystorów klasy A. Z jednej strony – im dokładniejszy układ pomiarowy, tym mniejszy sumaryczny błąd pomiaru, z drugiej zaś – użycie front-endu o bardzo wysokiej dokładności z termoparą o tolerancji ±2,5°C (np. w prostym regulatorze temperatury) zasadniczo mija się z celem i niepotrzebnie podnosi koszty rozwiązania. Mając na względzie szeroki wachlarz praktycznych aplikacji termopar, producenci front-endów nierzadko wprowadzają na rynek całą rodzinę układów, w której poszczególne wersje różnią się tylko dokładnością. Na początku omówimy najprostsze, analogowe układy wzmacniaczy, co pozwoli nam zwrócić uwagę na najważniejsze zagadnienia praktyczne, z którymi będziemy mieli do czynienia podczas prezentacji bardziej zaawansowanych front-endów.

AD849x

Rodzina termoparowych układów AFE marki Analog Devices obejmuje cztery modele o oznaczeniach AD8494, AD8495, AD8496 oraz AD8497. Wersje z końcówką 4 i 6 są przeznaczone do pracy z termoparami typu J, zaś modele AD8495 oraz AD8497 – z termoparami typu K. Dodatkowo, poszczególne front-endy różnią się zakresem dopuszczalnych temperatur otoczenia (AD8494 i AD8495 – od 0°C do +50°C, zaś AD8496 i AD8497 – od +25°C do +100°C). Warto zauważyć dwa istotne fakty:

1. Podane zakresy temperatur dotyczą warunków otoczenia front-endu, w których jego dokładność jest dobrze określona przez specyfikację techniczną (tj. maksymalny błąd pomiaru mieści się w zakresie ±2°C – **tabela 3**). Nie oznacza to jednak, że układy

eprasa.pl e16ad6537c

z rodziny AD849x mogą pracować tylko w tak wąskim zakresie – zakres odporności temperaturowej układów z tej rodziny rozciąga się bowiem od –40 do +125°C. Istnieje zatem możliwość wykroczenia poza podane zakresy, jednak będzie to wymagało zastosowania dodatkowych zabiegów programowych (lub… pogodzenia się ze znacznie pogorszoną dokładnością pomiarów).

2. Front-endy AD849x nie są wyposażone w żadną funkcję kompensacji nieliniowości termopary – dokładność pomiarową (w określonych w dokumentacji zakresach temperatur) osiągnięto jedynie poprzez odpowiednie manipulowanie wzmocnieniem i offsetem wzmacniacza oraz czułością wbudowanego czujnika temperatury, stosowanego do kompensacji zimnego końca. Dość nietypowe zakresy pracy poszczególnych modeli AFE z omawianej rodziny są zatem wynikiem przebiegu krzywych charakterystyki współczynnika Seebecka dla danych typów termopar (**rysunek 4**) oraz arbitralnego przyjęcia przez producenta maksymalnej wartości dopuszczalnego błędu (2°C).

Schemat front-endów z rodziny AD849x przedstawiono na **rysunku 5**. Jak widać, topologia układu niewiele odbiega od klasycznego wzmacniacza pomiarowego zbudowanego z trzech wzmacniaczy operacyjnych. Warto jednak zwrócić uwagę na dwie zasadnicze różnice. Po pierwsze, do wejść ostatniego stopnia układu podłączony został obwód kompensacji, wyposażony we wbudowany, kalibrowany laserowo czujnik temperatury. Po drugie – co może być nieco bardziej zaskakujące – producent zdecydował się na rozpięcie pętli sprzężenia zwrotnego ostatniego wzmacniacza, podłączając wolną końcówkę rezystora do końcówki SENSE. W typowym układzie pracy (**rysunek 6**) front-end pełni rolę klasycznego wzmacniacza pomiarowego, zatem pętla sprzężenia zwrotnego stopnia wyjściowego pozostaje zamknięta poprzez zwarcie końcówek SENSE oraz OUT. Napięcie wyjściowe układu jest proporcjonalne do różnicy napięć wejściowych.

Jeżeli jednak wejście SENSE podłączymy do zewnętrznego źródła napięcia, wzmacniacz wejdzie w tryb komparatora. Dodanie zewnętrznej sieci dodatniego sprzężenia zwrotnego z wykorzystaniem wejścia odniesienia (REF) pozwala wprowadzić histerezę, działającą dokładnie na tej samej zasadzie, jaka ma miejsce w konwencjonalnych komparatorach (choć rzeczywisty układ połączeń – z uwagi na topologię

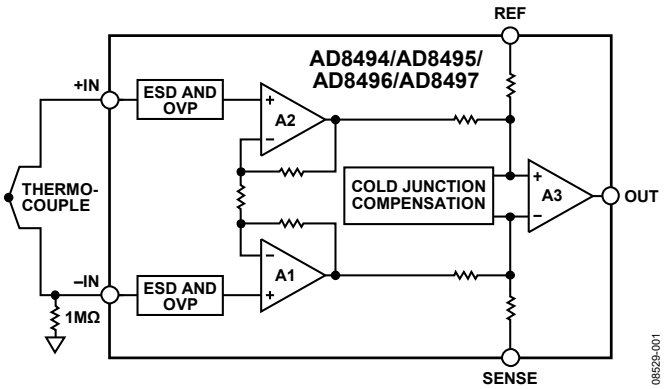
Typ termopary	Norma	Klasa	Zakres temperatur [°C]	Błąd pomiaru [°C] *	
J	IEC-EN 60584-2	Klasa 1	–40 < T < 750	±1.5°C	±(0.004 · |T|)
		Klasa 2	–40 < T < 750	±2.5°C	±(0.0075 · |T|)
		Klasa 3	–	–	–
	ASTM E230 ANSI MC96.1	Specjalna	0 < T < 750	±1.1°C	±(0.004 · |T|)
		Standard	0 < T < 750	±2.2°C	±(0.0075 · |T|)
K	IEC-EN 60584-2	Klasa 1	–40 < T < 1000	±1.5°C	±(0.004 · |T|)
		Klasa 2	–40 < T < 1200	±2.5°C	±(0.0075 · |T|)
		Klasa 3	–200 < T < 40	±2.5°C	±(0.015 · |T|)
	ASTM E230 ANSI MC96.1	Specjalna	0 < T < 1250	±1.1°C ±2.2°C	±(0.004 · |T|) ±(0.02 · |T|)
		Standard	–200 < T < 0 0 < T < 1250	±2.2°C	±(0.0075 · |T|)
T	IEC-EN 60584-2	Klasa 1	–40 < T < 350	±0.5°C	±(0.004 · |T|)
		Klasa 2	–40 < T < 350	±1.0°C	±(0.0075 · |T|)
		Klasa 3	–200 < T < 40	±1.0°C	±(0.015 · |T|)
	ASTM E230 ANSI MC96.1	Specjalna	–200 < T < 0 0 < T < 350	±0.5°C ±0.5°C	±(0.008 · |T|) ±(0.004 · |T|)
		Standard	–200 < T < 0 0 < T < 350	±1.0°C ±1.0°C	±(0.015 · |T|) ±(0.0075 · |T|)
E	IEC-EN 60584-2	Klasa 1	–40 < T < 800	±1.5°C	±(0.004 · |T|)
		Klasa 2	–40 < T < 900	±2.5°C	±(0.0075 · |T|)
		Klasa 3	–200 < T < 40	±2.5°C	±(0.015 · |T|)
	ASTM E230 ANSI MC96.1	Specjalna	–200 < T < 0 0 < T < 900	±1.0°C ±1.0°C	±(0.005 · |T|) ±(0.004 · |T|)
		Standard	–200 < T < 0 0 < T < 900	±1.7°C ±1.7°C	±(0.01 · |T|) ±(0.005 · |T|)
S	IEC-EN 60584-2	Klasa 1	0 < T < 1600	±1.0°C	±[1 + 0.003 · (|T| – 1100)]
		Klasa 2	–40 < T < 1600	±1.5°C	±(0.0025 · |T|)
		Klasa 3	–	–	–
	ASTM E230 ANSI MC96.1	Specjalna	0 < T < 1450	±0.6°C	±(0.001 · |T|)
		Standard	0 < T < 1450	±1.5°C	±(0.0025 · |T|)

* obowiązuje większa wartość z obu kolumn

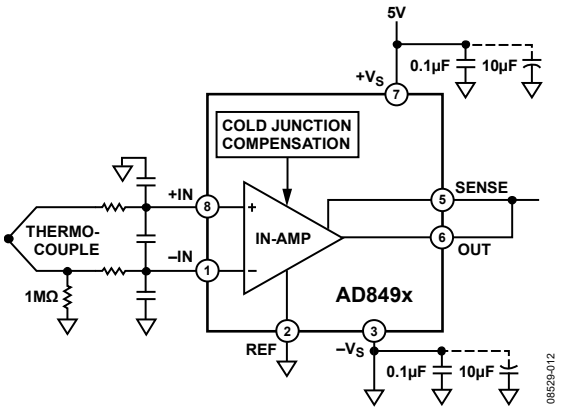
Tabela 2. Klasy dokładności pomiarowej termopar wg norm IEC-EN 60584-2 oraz ASTM E230/ANSI MC96.1 (https://t.ly/aNeO)

Układ	Typ termopary	Maksymalny błąd	Zakres temperatur otoczenia (złącze „zimne”)	Zakres pomiarowy (złącze „gorące”)
AD8494	J	±2 °C	0 °C do 50 °C	−35 °C do +95 °C
AD8495	K		0 °C do 50 °C	−25 °C do +400 °C
AD8496	J		25 °C do 100 °C	+55 °C do +565 °C
AD8497	K		25 °C do 100 °C	−25 °C do +295 °C

Tabela 3. Zakresy temperatur mierzonych oraz kompensacji temperatur otoczenia układów z rodziny AD849x (https://t.ly/W4T5)



Rysunek 5. Schemat funkcjonalny układu AD849x (źródło: datasheet)



Rysunek 6. Podstawowy schemat aplikacyjny front-endu AD849x (źródło: datasheet)

eprasa.pl e16ad6537c

wzmacniacza – jest nieco inny, niż w typowej, książkowej konfiguracji). Schemat takiego prostego termostatu pokazano na **rysunku 7**.

MAX6675

Układ MAX6675 jest przeznaczony do współpracy z termoparami typu K i oferuje dokładność zbliżoną do opisanej wcześniej rodziny front-endów, przy czym wbudowany układ kompensacji zimnych końców wprowadza błąd na poziomie ±3°C w zakresie od –20°C do aż +85°C. W tym przypadku mamy do czynienia z wewnętrznym przetwornikiem ADC o 12-bitowej rozdzielczości, zapewniającym rozdzielczość pomiaru równą 0,25°C/LSB. Zakres pomiarowy rozciąga się od 0°C do +700°C przy zachowaniu deklarowanej przez producenta dokładności oraz – jeżeli jej obniżenie jest dopuszczalne – nawet do nieco ponad +1000°C.

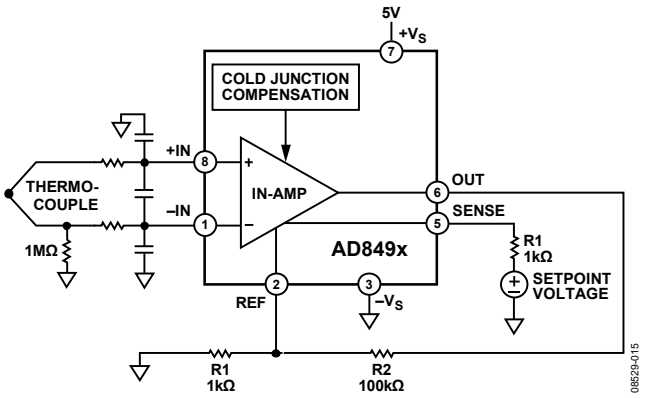
Schemat układu MAX6675 przedstawiono na **rysunku 8**. Niestety, producent nie podaje zbyt wielu szczegółów na temat obwodów wejściowych z przełącznikami S1...S3, ale można przypuszczać, iż zostały one zastosowane w celu detekcji rozwarcia (uszkodzenia) termopary – taki stan jest sygnalizowany przez jeden z bitów w ramce danych. Układ komunikuje się z procesorem nadrzędnym poprzez jednokierunkowy interfejs SPI. Warto zwrócić uwagę, że zarówno tor pomiarowy termopary (wzmacniacz różnicowy, analogowy filtr dolnoprzepustowy oraz bufor), jak i wbudowany czujnik temperatury, są obsługiwane przez ten sam przetwornik ADC – kompensacja zimnych końców jest tutaj zatem wykonywana na drodze cyfrowej.

MAX31855

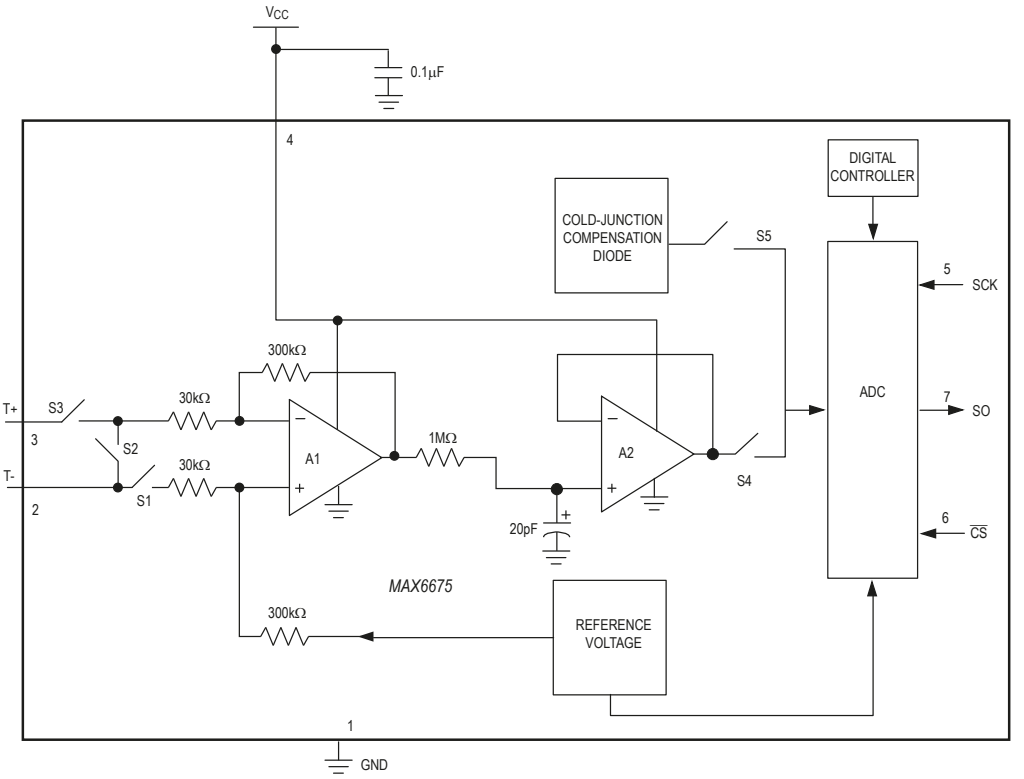
Układ MAX31855 (**rysunek 9**) oferuje już znacznie większe możliwości w porównaniu do front-endów MAX6675 oraz AD849x. Bodaj najistotniejszą różnicą jest dostępność wersji układu przystosowanych do współpracy nie tylko z termoparami typu K i J, ale także N, T, S, R oraz E. Układ umożliwia ponadto detekcję otwartego obwodu termopary, a także jej zwarcia do masy bądź dodatniej szyny zasilania układu. Wbudowany przetwornik ADC ma rozdzielczość 14-bitową, jednak z uwagi na znacznie szerszy zakres pomiarowy (od –270°C do +1800°C) oferowana przez niego rozdzielczość wynikowa wynosi – podobnie jak w przypadku poprzednio omówionego układu – 0,25°C/LSB. Warto dodać, że dokładność pomiaru z użyciem front-endu MAX31855 to (w zależności od zakresu pomiarowego) od ±6°C do ±2°C. Błąd pomiaru temperatury otoczenia za pomocą wewnętrznego czujnika to ±2°C w zakresie od –20°C do +85°C lub ±3°C podczas pracy w temperaturach od -40°C do +125°C.

MAX31856

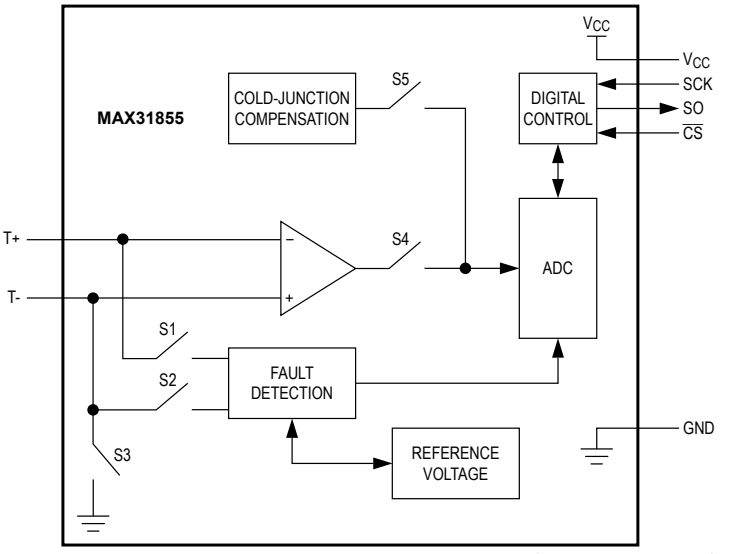
Kolejna propozycja ze stajni firmy Maxim to front-end MAX31856. Mocno uproszczony schemat blokowy (**rysunek 10**) jedynie subtelnie sygnalizuje, z jak zaawansowanym układem mamy do czynienia. Za blokiem wejściowym, zawierającym obwody zabezpieczające oraz detektory odłączenia termopary i przekroczenia dopuszczalnych granic temperatury, znajduje się 19-bitowy przetwornik ADC, poprzedzony wzmacniaczem PGA o wzmocnieniu ustawianym



Rysunek 7. Układ AD849x pracujący w roli autonomicznego termostatu z histerezą i progiem przełączania, ustalanym za pomocą napięcia na wejściu SENSE (źródło: datasheet)



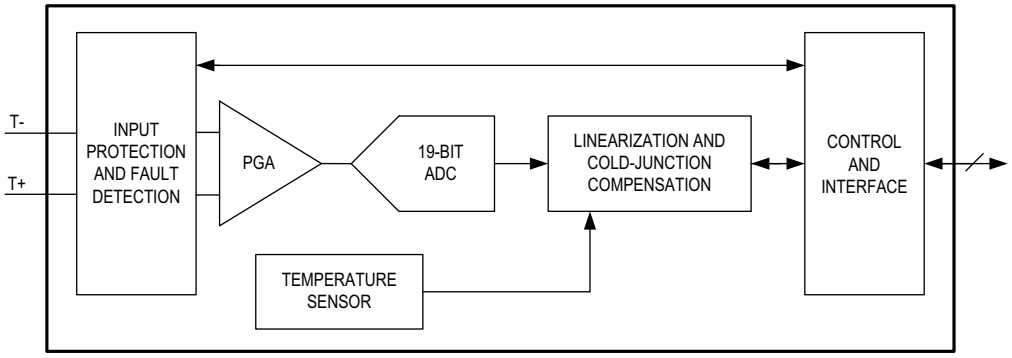
Rysunek 8. Schemat funkcjonalny front-endu MAX6675 (źródło: datasheet)



Rysunek 9. Schemat funkcjonalny front-endu MAX31855 (źródło: datasheet)

eprasa.pl e16ad6537c

w zakresie do 250 V/V. Cyfrowy blok kondycjonowania sygnału dokonuje nie tylko kompensacji termicznej, ale także linearyzacji i to nie byle jakiej, bo bazującej na fabrycznie zaprogramowanej tablicy LUT. Taka konstrukcja front-endu pozwala uzyskać nie tylko zawrotną rozdzielczość pomiaru (aż 0,0078125°C !), ale także bardzo wysoką dokładność przetwarzania napięcia na wartość temperatury (±0,15°C) oraz zadowalającą w wielu aplikacjach dokładność kompensacji temperatury zimnego końca termopary (±0,7°C).



Rysunek 10. Schemat blokowy front-endu MAX31856 (źródło: datasheet)

Dodatkowym atutem jest odporność układu wejściowego na napięcia rzędu ±45 V – w przypadku, gdy potencjał termopary (występujący na niej np. w wyniku awarii urządzenia) może przekroczyć podany próg, front-end może zostać łatwo zabezpieczony poprzez dodanie szeregowych rezystorów o możliwie małej tolerancji. Układ MAX31856 oferuje ponadto wbudowane filtry wycinające przydźwięk sieciowy 50/60 Hz oraz umożliwia uśrednianie wyników pomiaru (2, 4, 8, lub 16 próbek), co zyskuje znaczenie w zaszumionych warunkach przemysłowych – zwłaszcza przy dużej długości kabli kompensacyjnych lub przedłużających.

W odróżnieniu od opisanych wcześniej AFE produkowanych z myślą o konkretnym rodzaju termopary, układ MAX31856 zapewnia możliwość współpracy z dowolnym czujnikiem typu B, E, J, K, N, R, S oraz T – wyboru dokonuje użytkownik zapisując odpowiednią wartość do pola bitowego TC w rejestrze konfiguracyjnym CR1. Takie rozwiązanie sprawia, że front-end doskonale nadaje się do aplikacji przemysłowych – np. konfigurowalnych modułów pomiaru temperatury, współpracujących ze sterownikami PLC.

MAX31850

Na koniec tej części naszego cyklu pozostawiliśmy układ MAX31850, przeznaczony do współpracy z termoparami typu K, J, N, T oraz E – gwoli ścisłości należy wspomnieć o drugim układzie z tej samej rodziny (MAX31851), który został opracowany dla termopar typu S i R. Ponieważ jednak otrzymał on status produktu przestarzałego – w dalszej części opisu będziemy odwoływać się jedyne do wersji MAX31850.

Schemat blokowy front-endu przedstawiono na **rysunku 11**. Ogólna zasada działania nie odbiega zasadniczo od poprzednio przedstawionych układów AFE – kompensacja zimnych końców termopary jest wykonywana w domenie cyfrowej, na podstawie odczytu z wbudowanego czujnika temperatury podłączonego przez multiplekser do 14-bitowego przetwornika ADC, obsługującego też główny tor pomiarowy. W tym przypadku producent zrezygnował jednak z funkcji linearyzacji, przerzucając odpowiedzialność za korekcję nieliniowości czujnika na oprogramowanie nadrzędnego procesora, pozostawił natomiast obwody do detekcji zwarcia termopary do GND/VDD oraz rozwarcia obwodu pomiarowego.

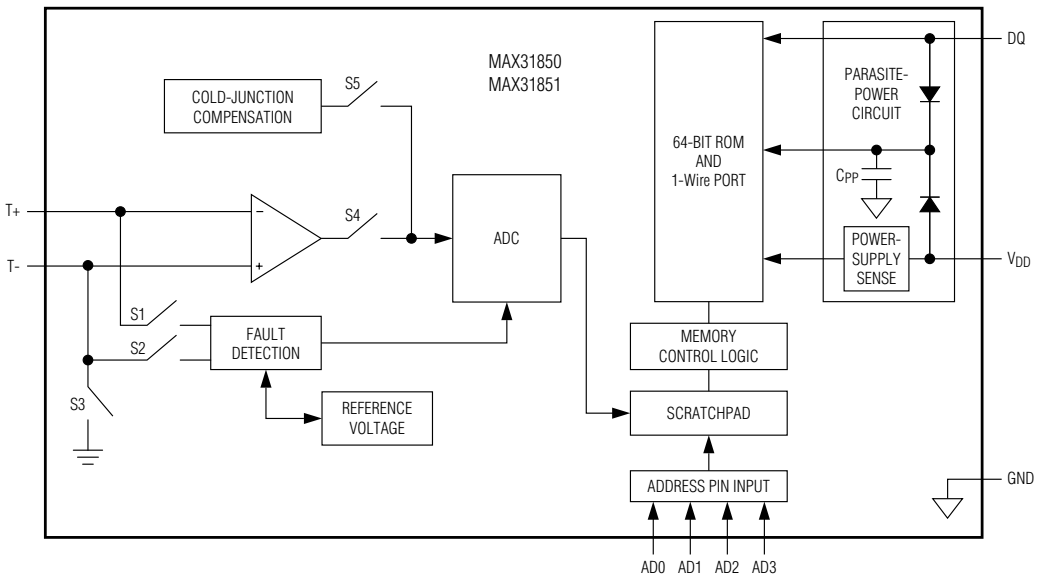
Wspomniany wcześniej, napięciowy charakter sygnału wyjściowego termopary oraz związana z tym możliwość zaoszczędzenia cennych mikroamperów prądu zasilania, zostały w przypadku omawianego układu doskonale wykorzystane. Inżynierowie firmy Maxim zdecydowali się bowiem na zastosowanie interfejsu 1-Wire, który oprócz przesyłu danych z front-endu, obsługuje także zasilanie układu w trybie podkradania energii. Dzięki temu można bez trudu zastosować MAX31856 do budowy zdalnych przetworników temperatury, podłączanych do wspólnego kontrolera za pomocą jedynie dwóch przewodów.

Z uwagi na brak możliwości komunikacji w kierunku od procesora nadrzędnego do układu MAX31856, użytkownik nie ma możliwości wyboru rodzaju współpracującej termopary – do każdego typu czujnika należy zastosować odpowiednią wersję układu (podobnie jak miało to miejsce w przypadku front-endu MAX31855). Zakresy pomiarowe różnią się pomiędzy poszczególnymi wersjami omawianego AFE, ale nie wykraczają poza przedział od –270°C do +1768°C. Dokładność pomiaru wynosi 2°C, zaś rozdzielczość to 0,25°C.

Podsumowanie

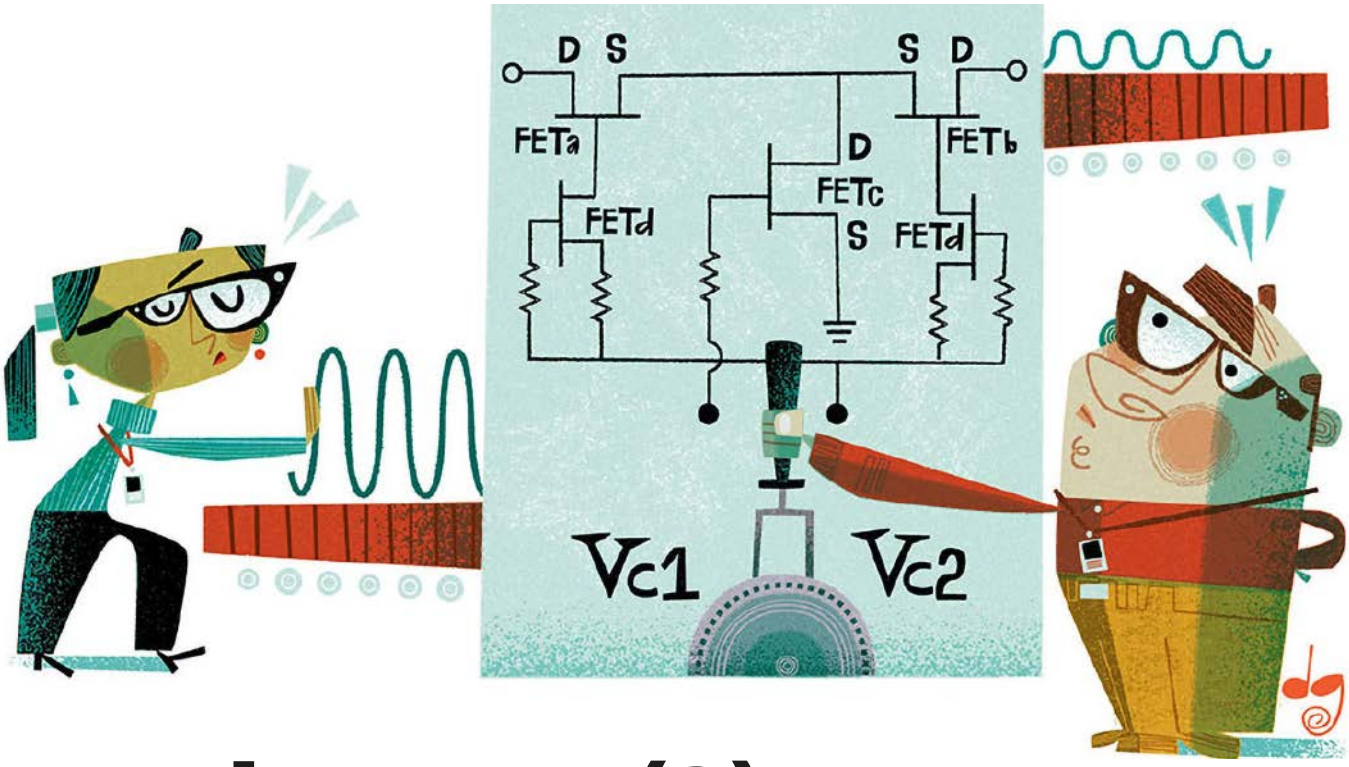
W tymi odcinku naszego cyklu zaprezentowaliśmy stosunkowo proste kondycjonery sygnałów termoparowych – zarówno te czysto analogowe, jak i zawierające wbudowane przetworniki ADC oraz cyfrowe interfejsy komunikacyjne. Zasygnalizowaliśmy także najważniejsze zagadnienia związane z technicznymi podstawami pomiarów za pomocą termopar – te nieskomplikowane czujniki, zdolne do pracy w bardzo szerokim zakresie temperatur, jednocześnie sprawiają projektantom szereg problemów związanych z koniecznością linearyzacji oraz elektronicznej kompensacji zimnych końców. Jak można zauważyć na podstawie zaprezentowanego materiału, nawet podstawowe modele AFE znacząco ułatwiają implementację termopar w urządzeniach elektronicznych, choć producenci układów nierzadko świadomie rezygnują z wbudowanych funkcji korekcji nieliniowości.

inż. Przemysław Musz, EP



Rysunek 11. Schemat blokowy front-endu MAX31850 (źródło: datasheet)

eprasa.pl e16ad6537c



Pomiary RF (2)

Co znajduje się w środku tłumika RF

Technologie radiowe są niełatwym wyzwaniem nawet dla doświadczonych elektroników. Elementy używane w systemach tego rodzaju znacznie różnią się od komponentów, stosowanych w obwodach sygnałów o niższej częstotliwości. Dotyczy to nawet tak trywialnego elementu jak tłumik. W zaprezentowanym artykule wyjaśnimy, jak działa tłumik (atenuator) stosowany w systemach radiowych. Idea działa tego elementu jest w miarę zrozumiała – zachowuje się podobnie, jak dzielnik napięcia, zmniejszając amplitudę sygnału na wyjściu. Jednak jego budowa wewnętrzna i to na co ma wpływ architektura tego elementu nie jest już tak oczywiste. Oprócz samej budowy i zasady działania omówimy, także kluczowe parametry tego elementu i kryteria doboru do różnych aplikacji.

Tłumik jest elementem sterującym, którego główną funkcją jest zmniejszenie natężenia przechodzącego przez niego sygnału. Przykładową aplikację pokazuje **fotografia 1**. Ten typ elementu jest zwykle używany do równoważenia poziomów sygnału w łańcuchu sygnałowym, rozszerzania zakresu dynamicznego systemu, a także zapewniania dopasowania impedancji oraz stosowania różnych technik kalibracji w szeregu aplikacji.

Rodzaje tłumików

Z funkcjonalnego punktu widzenia, tłumiki RF można sklasyfikować, jako tłumiki stałe – z niezmiennym poziomem tłumienia – oraz tłumiki zmienne, tj. z regulowanym poziomem tłumienia sygnału. W zależności od formy sterowania współczynnikiem tłumienia zastosowanej w tłumiku nastawnym, można je z kolei klasyfikować, jako tłumiki zmienne sterowane napięciowo (VVA), czyli ze sterowaniem analogowym i tłumiki cyfrowe (DSA) sterowane przez interfejsy cyfrowe (szeregowe bądź równoległe).

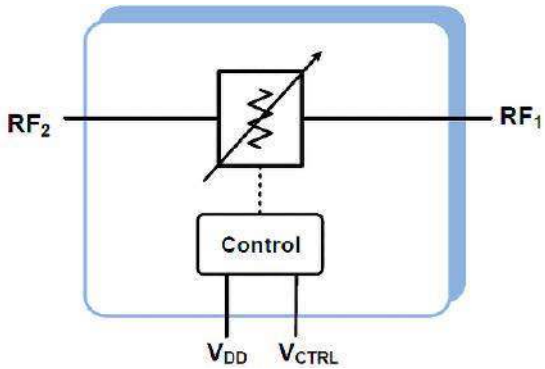
Pierwsza część artykuu znajduje się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Fotografia 1. Przykładowa aplikacja tłumika RF

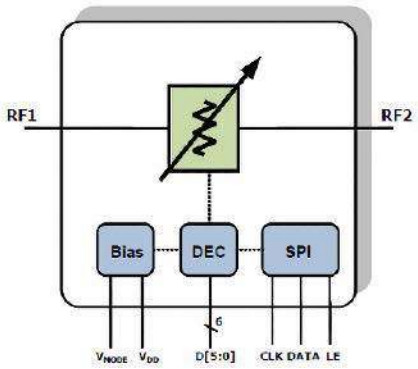
Tłumiki VVA zapewniają ciągłą regulację poziomów tłumienia, które można ustawić na dowolną wartość z zakresu możliwego do osiągnięcia danym elementem. Tłumiki sterowane analogowo są zwykle stosowane w obwodach automatycznej regulacji wzmocnienia, systemach korekcji i kalibracji oraz w innych funkcjach przetwarzania, w których wymagana jest płynna i precyzyjna kontrola sygnału. Strukturę takiego komponentu pokazuje **rysunek 1**.

Z kolei tłumiki DSA oferują możliwość ustawiania jedynie dyskretnych poziomów tłumienia, umożliwiających regulację siły sygnału z określonym krokiem. Cyfrowo sterowane scalone tłumiki RF oferują interfejsy sterowania, kompatybilne z interfejsami mikrokontrolerów i stanowią dobre rozwiązanie do zachowania integralności funkcjonalnej w złożonych projektach. Strukturę takiego komponentu pokazuje **rysunek 2**.

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 1. Uproszczona struktura tłumika VVA (sterowanego napięciowo)

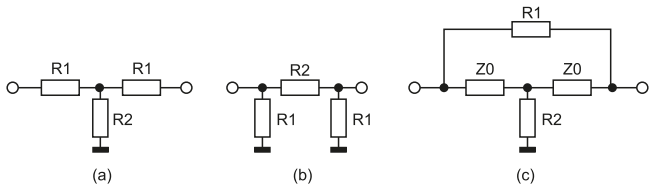


Rysunek 2. Uproszczona struktura tłumika DSA (ze sterowaniem cyfrowym)

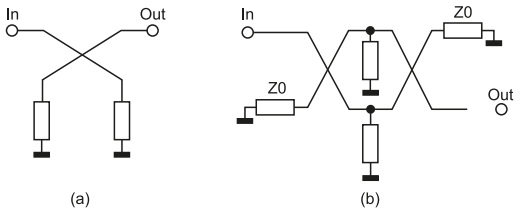
Topologie tłumików

Zintegrowane tłumiki mogą być realizowane w różnych technologiach, różniących się materiałem układu bądź zastosowanym procesem. Używa się, tak jak w innych układach radiowych, materiałów takich jak GaAs, GaN, SiC lub klasycznego procesu CMOS przy użyciu rezystorów, diod PIN, tranzystorów FET, HEMT i CMOS. Na **rysunku 3** pokazano trzy podstawowe topologie, które stosuje się do konstrukcji różnych typów i konfiguracji tłumików: sieci typu T, typu π i sieci typu zmostkowane-T.

Tłumiki o stałej wartości tłumienia wykorzystują pokazane powyżej podstawowe topologie zrealizowane za pomocą rezystorów w technologii hybrydowej cienkowarstwowej lub grubowarstwowej, aby zapewnić stałe poziomy tłumienia. Tłumiki typu VVA zwykle używają konfiguracji typu T lub π z elementami diodowymi lub tranzystorowymi



Rysunek 3. Podstawowe topologie tłumików: a) sieci typu T, b) typu π, c) sieci mostkowe



Rysunek 5. Topologie tłumika: a) typu odbiciowego, b) typu symetrycznego

działającymi w nieliniowym obszarze rezystancji. Charakterystyki rezystancyjne elementów bazowych są stosowane do regulacji wymaganego poziomu tłumienia poprzez zmianę ich napięcia sterującego.

Z kolei układy DSA zazwyczaj zawierają wiele połączonych ze sobą kaskadowo jednostek reprezentujących poszczególne bity, które można włączać i wyłączać, aby osiągnąć wymagany poziom tłumienia. Kilka przykładów konfiguracji stosowanych w urządzeniach typu DSA pokazano na **rysunku 4**. Obejmują one konfiguracje ze zintegrowanymi przełącznikami SPDT, które przełączają porty wejściowe i wyjściowe z tłumikiem i obejściem, projekty urządzeń z przełączaną skalą z tranzystorami lub diodami używanymi, jako przełączane rezystancje, a także konfigurację z przełączanym rezystorem, w której rezystory mogą być włączane lub wyłączane z obwodu; pokazana jest także konstrukcja typu wbudowanego w urządzenie z tranzystorem lub diodą, jako integralną częścią tłumika.

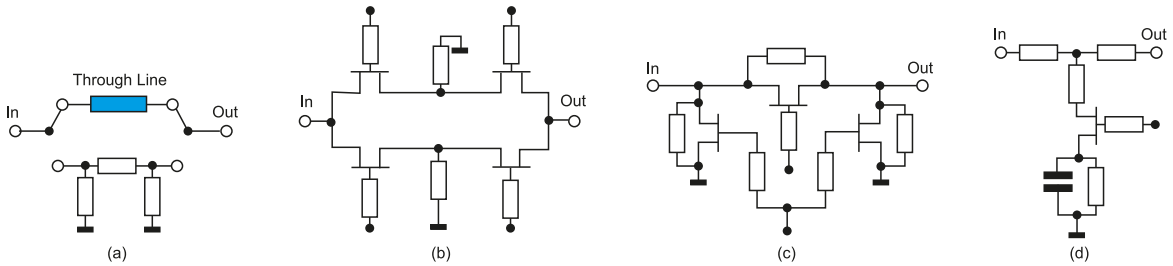
Niezależnie od topologii elementy tłumika można skonfigurować w układzie odbiciowym lub zrównoważonym, schematycznie pokazanych na **rysunku 5**. Układy typu odbiciowego zawierają identyczne tłumiki podłączone do wyjścia sprzęgacza kwadraturowego 3 dB i zazwyczaj oferują duży zakres dynamiki. Konfiguracje symetryczne łączą parę identycznych tłumików przy użyciu dwóch sprzęgaczy kwadraturowych 3 dB i zapewniają wysoki napięciowy współczynnik fali stojącej (VSWR), a także możliwość pracy z wysoką mocą w układzie.

Oprócz wymienionych powyżej konfiguracji, które opisane są w tym artykule, istnieją oczywiście inne architektury obwodów tłumiących, używane jako scalone tłumiki RF, jednak ich analiza wykracza poza zakres tego krótkiego tekstu, tym bardziej, że są one rzadziej stosowane.

Kluczowe parametry

Aby wybrać odpowiedni typ tłumika dla danej aplikacji końcowej inżynier musi dobrze rozumieć kluczowe specyfikacje tego elementu. Poza możliwościami w zakresie tłumienia i pewnymi podstawowymi parametrami, takimi jak straty wtrąceniowe i odbiciowe, do opisu elementów tłumika używane są różne inne parametry, z których najważniejsze to (w nawiasach podane są jednostki, w jakich typowo podaje się dany parametr układu):

- zakres częstotliwości pracy (Hz): częstotliwości, w których dany układ zachowuje swoją określoną charakterystykę;
- tłumienie (dB): poziom tłumienia przekraczający tłumienie wtrąceniowe;
- pasmo przenoszenia: zmiana poziomu tłumienia (dB) w całym zakresie częstotliwości (Hz);



Rysunek 4. Przykłady konfiguracji DSA: a) konfiguracja typu π ze zintegrowanymi przełącznikami, b) konfiguracja z FET z przełączaną skalą, c) konfiguracja z przełączanym rezystorem, d) konfiguracja z wbudowanym w tłumik tranzystorem FET

eprasa.pl e16ad6537c

- zakres tłumienia (dB): całkowita wartość tłumienia oferowana przez komponent;
- liniowość wejściowa (dBm): liniowość charakterystyki zwykle wyrażana, jako punkt przecięcia trzeciego rzędu (IP3) określający hipotetyczny punkt dla poziomu mocy wejściowej, przy którym moc odpowiadających rzekomych sygnałów osiągnęłaby poziom składowej podstawowej;
- moc maksymalna (dBm): jest zwykle opisywana, jako wejściowy punkt kompresji 1 dB, określający poziom mocy wejściowej, przy którym tłumienie wtrąceniowe zmniejsza się o 1 dB; charakterystyka mocy jest często określana dla średnich i szczytowych poziomów mocy wejściowej dla stanów ustalonych i przejściowych;

Faza względna (°): przesunięcie fazy wprowadzone do sygnału przez element.

Oprócz tych parametrów, które są wspólne dla wszystkich tłumików, tłumiki zmienne posiadają szereg charakterystycznych dla siebie parametrów, które określają ich parametry dynamiczne, specyfikujące charakterystykę przełączania. Zazwyczaj są to parametry wyrażane w nanosekundach, takie jak czas narastania i opadania, czas włączania i wyłączania oraz inne parametry, takie jak czas ustalania się amplitudy i fazy sygnału wyjściowego RF.

Istnieją również specyficzne cechy charakterystyczne dla każdego typu tłumików zmiennych. W przypadku tłumików VVA są one związane ze sterowaniem analogowym tych elementów i obejmują:

- zakres napięcia regulacji (V): zakres napięć, wymaganych do regulacji poziomu tłumienia w pełnym zakresie tłumienia;
- charakterystyki sterowania zwykle wyrażane, jako nachylenie tłumienia (dB/V) lub krzywe pokazujące poziom tłumienia w funkcji napięcia sterującego.
- W przypadku tłumików DSA podawane są parametry takie jak:
- dokładność tłumienia (dB) (znana również, jako błąd stanu): granica zmienności poziomu tłumienia w stosunku do wartości nominalnej;
- wielkość kroku tłumienia (dB): minimalny krok pomiędzy dowolnymi dwoma kolejnymi stanami tłumienia;
- błąd kroku (dB): granica zmienności wielkości kroku tłumienia w stosunku do wartości nominalnej;
- przeregulowanie / niedoregulowanie (dB): poziom zakłóceń przejściowych podczas zmian stanu tłumika.

Dobry element tłumiący to taki, który zapewnia płaską charakterystykę tłumienia w całym zakresie swojej pracy oraz wysoki VSWR w całym zakresie częstotliwości, dla jakich specyfikowany jest element. Pozwala to zapewnić wysoką dokładność sygnału. Dodatkowo, od tłumika oczekiwać można zdolności do pracy z dosyć wysoką mocą, gdyż często elementy takie stosowane są do tłumienia sygnału na wyjściu układów mocy, przed podaniem go np. do systemu pomiarowego. Tłumiki zmienne muszą zapewniać płynną, pozbawioną zakłóceń pracę z niewielkimi zniekształceniami sygnału podczas zmian stanu oraz zapewnić możliwie liniową charakterystyka tłumienia w funkcji sygnału sterującego.

Podsumowanie

Szeroka różnorodność scalonych tłumików RF z pewnością nie ogranicza się tylko do tych omówionych w tym artykule. Na rynku dostępne są również inne typy układów scalonych, w tym tłumiki zależne od częstotliwości i tłumiki z kompensacją fazową, tłumiki sterowane termicznie, programowalne tłumiki VVA ze zintegrowanym przetwornikiem cyfrowo-analogowym (DAC) i inne. W tym artykule skupiliśmy się na najbardziej typowych kategoriach scalonych tłumików RF, a także omówiliśmy ich główne topologie i kluczowe parametry, które mogą pomóc projektantom systemów RF w wyborze odpowiedniego komponentu do aplikacji końcowej.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło:

- https://www.analog.com/en/analog-dialogue/raqs/raq-issue-204.html

REKLAMA

Sięgnij po archiwalne wydania
ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ

Przesyłka GRATIS

Zamów wygodnie na
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl e16ad6537c

Kurs FPGA Lattice (1)

Wstęp

Układy FPGA są niezwykle interesujące. Niesamowita elastyczność w konfigurowaniu zasobów, sprawia, że można je zastosować niemal w każdej aplikacji, a jedynymi ograniczeniami są budżet i umiejętności. Budżet nie stanowi problemu, ponieważ najtańsze układy FPGA dostępne są już za ok 24 zł (w chwili pisania artykułu – FPGA Lattice LCMXO2-256ZE-1SG32I w sklepie Mouser). Kwestia umiejętności to jednak większy problem. Niniejszy kurs FPGA jest przeznaczony dla osób początkujących, które nie mają jeszcze żadnych doświadczeń z FPGA. W odróżnieniu od innych publikacji tego typu, nie będę skupiał wyłącznie na opisywaniu języka programowania, zamierzam opisać różne narzędzia, które ułatwiają i przyspieszają pracę z tymi rozbudowanymi układami.

Kiedy uczyłem się tajników FPGA byłem bardzo sfrustrowany tym, że wielu autorów kursów ogranicza się tylko do opisywania samego języka, np. Verilog lub VHDL, zupełnie jakby znajomość tych języków była wszystkim, co jest potrzebne do tworzenia projektów z zastosowaniem FPGA. Moim zdaniem, znajomość języka programowania to dopiero połowa sukcesu. Drugą połowę stanowi umiejętność korzystania z różnorodnych narzędzi służących do generowania kodu, debugowania, symulacji i analizy, a także znajomość peryferów, jakie oferuje nam wybrany układ FPGA.

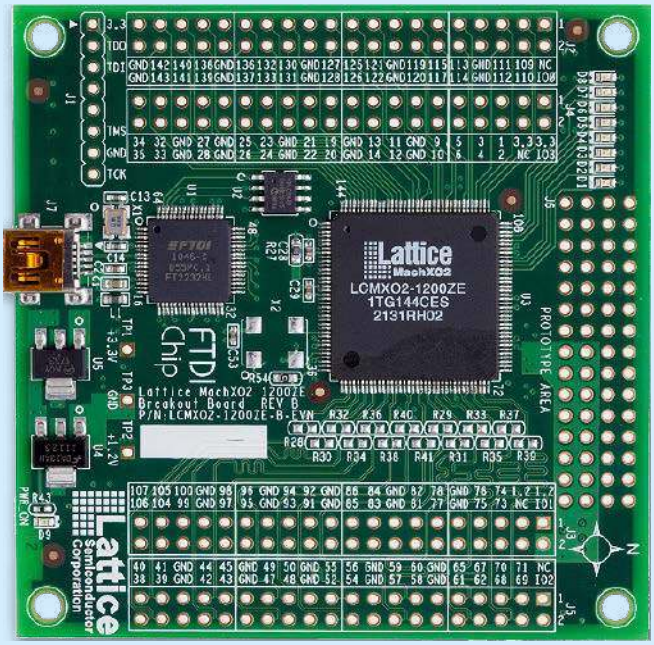
Jak działa FPGA?

Kurs rozpoczniemy od porównania różnic między FPGA, a procesorem. Procesor to układ, który wykonuje program, czyli pobiera z pamięci instrukcje programu i wykonuje je według ściśle określonej kolejności. Procesor może wykonywać absolutnie dowolne instrukcje, jednak rdzeń procesora ma poważne ograniczenie – może wykonywać tylko jedną instrukcję w danej chwili. Jeżeli chcemy, by procesor wykonywał kilka programów jednocześnie, musi przełączać się pomiędzy nimi. Sprawia to wrażenie, że te programy wykonywane są równolegle, jednak w rzeczywistości w danej chwili wykonywany jest tylko jeden z nich, a pozostałe są wstrzymane. Wraz ze wzrostem liczby programów do równoległego wykonania, zwiększa się także czas wykonywania tych programów, ponieważ procesor musi dzielić swoją moc obliczeniową pomiędzy wszystkie zadania i dodatkowo traci też czas na przełączenie się między nimi.

Układ FPGA składa się z uniwersalnych bramek logicznych i przerzutników, które można połączyć ze sobą w dowolny sposób i tworzyć z nich najróżniejsze układy cyfrowe, realizujące dowolne funkcje. Te bramki i przerzutniki fizycznie istnieją w strukturze krzemowej, a co najważniejsze – działają jednocześnie, więc mogą wykonywać

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl e16ad6537c



Fotografia 1. Płytka prototypowa MachXO2 Breakout Board

różne procesy równolegle, czyli w tym samym czasie. Zwiększanie liczby różnych czynności wykonywanych wewnątrz FPGA nie wpływa negatywnie na szybkość ich wykonywania. Natomiast liczba zadań, jakie możemy realizować w FPGA ograniczona jest liczbą elementów logicznych, jakimi dysponuje matryca FPGA.

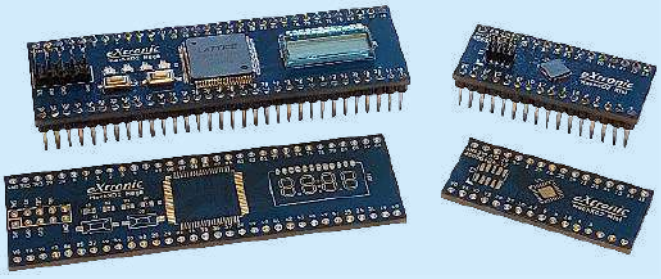
Dochodzimy do wniosku, że procesor jest skuteczny, jeżeli zadania mogą być wykonywane w postaci kolejki. Układy FPGA należy zastosować, kiedy chcemy wykonywać różne czynności równolegle.

Dlaczego Lattice?

Lattice jest jednym z trzech największych producentów FPGA, obok Xilinxa i Intela (znanego wcześniej jako Altera). Xilinx i Intel prześcigają się w tworzeniu jak największych, jak najszybszych i jak najbardziej rozbudowanych układów FPGA, natomiast Lattice poszedł zupełnie inną drogą – tworzy układ FPGA proste, energooszczędne, niewielkie i tanie. Właśnie to sprawia, że nadają się idealnie do pierwszych prób i konstrukcji. W szczególności polecam dwie rodziny układów produkowanych przez Lattice:

- **MachXO2** – ich dużą zaletą jest to, że do działania potrzebują jedynie źródła zasilania. W świecie FPGA często spotyka się układy, które wymagają zastosowania zewnętrznej pamięci flash, zewnętrznego źródła sygnału zegarowego i kilku napięć zasilających. MachXO2 są jak mikrokontrolery – mają wbudowaną pamięć, generator zegara taktującego i wymagają zasilania jednym napięciem o wartości 3,3 V. Ponadto, układy MachXO2 mają wbudowane typowe interfejsy szeregowe jak I²C czy SPI. Są dostępne w obudowach QFN i TQFP, dzięki czemu można je przylutować sprzętem jaki jest dostępny dla elektroników-hobbystów. W dalszej części kursu będziemy korzystać z układów MachXO2.
- **iCE40 Ultra Plus** – to najnowsza rodzina niedrogich małych FPGA. Posiadają aż 1 Mbit jednoportowej pamięci RAM, 120 kbit dwuportowej pamięci RAM, wbudowane generatory sygnałów zegarowych i interfejsy szeregowe. Niestety oferują tylko pamięć ROM jednokrotnego zapisu, więc jeżeli chcemy mieć możliwość przeprogramowania układu to konieczne jest podłączenie zewnętrznej pamięci flash. Układy iCE40 dostępne są w łatwych do lutowania obudowach TQFP oraz QFN.

Fotografia 2. Płytka prototypowa MachXO2 Pico Board



Fotografia 3. Płytki prototypowe opracowane przez autora artykułu

Płytki prototypowe

Czytelnik może wybrać płytkę prototypową spośród wielu dostępnych. W kursie nie będę wymuszał zaopatrzenia się w jakiś konkretny model. Wśród dostępnych ofert z pewnością znajdą się takie płytki:

- **MachXO2 Breakout Board** – to płytka opracowana przez Lattice, która jest świetnym wyborem dla początkujących. Zastosowano na niej układ LCMXO2-7000 czyli najpotężniejszy z rodziny MachXO2. Możliwe jest użycie wszystkich wyprowadzeń GPIO układu, a do dyspozycji mamy ich aż 108 (**fotografia 1**). Płytka ma wbudowany programator, a do rozpoczęcia pracy potrzebujemy jedynie zwykłego kabla USB.
- **MachXO2 Pico Board** – jest to kolejna płytka opracowana przez Lattice, jednak zdecydowanie jej nie polecam. Zastosowano na niej układ, który ma dość mało linii GPIO, a co gorsza, są one na stałe połączone z różnymi peryferiami, które są mało przydatne. Z tego powodu dostępnych jest zaledwie kilkanaście uniwersalnych wyprowadzeń do podłączenia własnych peryferiów, jak wyświetlacze, przyciski czy czegokolwiek innego. Płytka ma wbudowany programator.

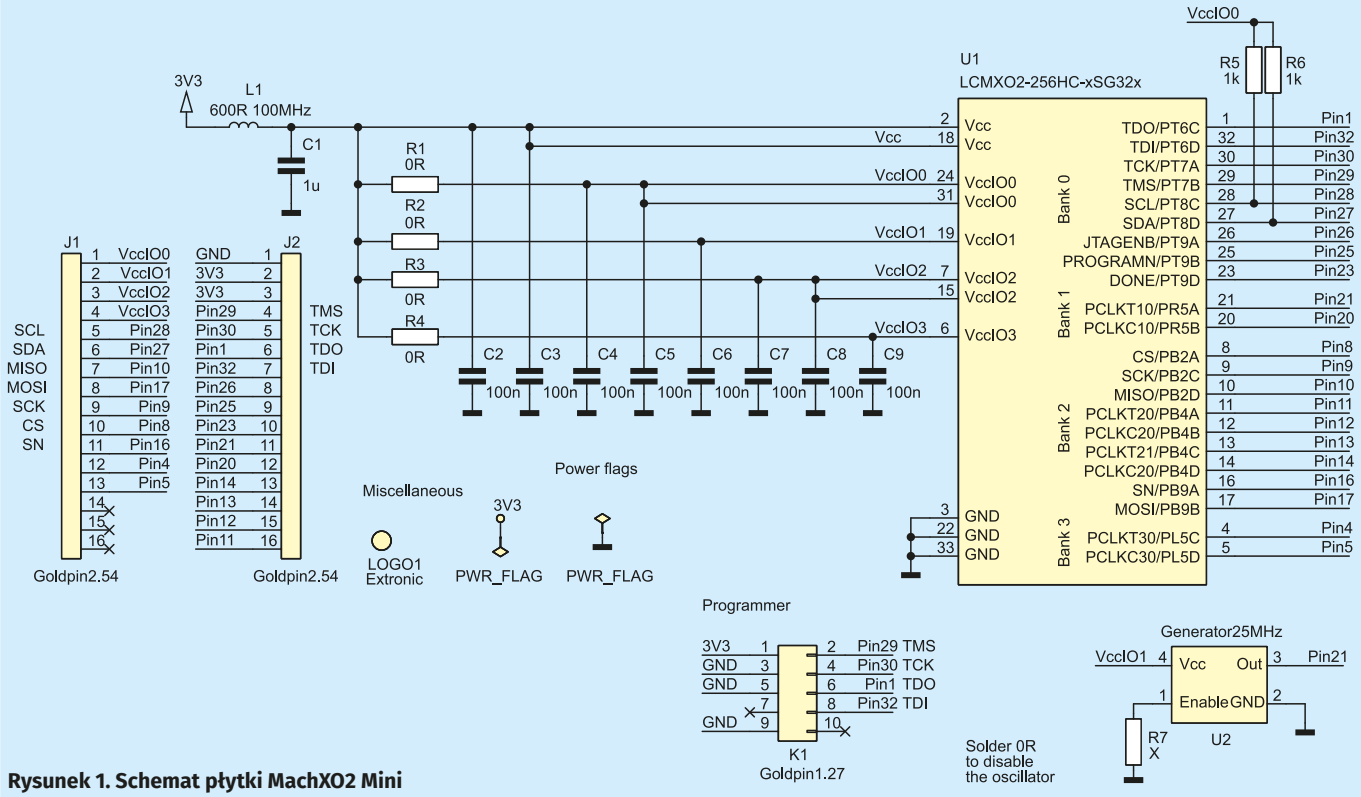
Ceny oryginalnych devboardów to koszt ok. 300...400 zł. Dobrym pomysłem jest zaprojektowanie i wykonanie własnej płytki testowej. Przykład takich konstrukcji pokazano na **fotografii 3**, a schemat mniejszej, prostszej płytki jest pokazany na **rysunku 1**. Płytki te nie zostały wprowadzone do sprzedaży w żadnym sklepie. Autor udostępnia pliki projektowe na serwerze Elektroniki Praktycznej, a czytelnik może je wykonać we własnym zakresie.

Przeanalizujemy prosty schemat z rysunku 1. Na płytce znajduje się jedynie układ FPGA MachXO2-256 (dokładniej LCMXO2-256HC-xSG32x, gdzie w miejscach x mogą być dowolne oznaczenia), generator sygnału zegarowego o częstotliwości 25 MHz (U2), złącza krawędziowe do wyprowadzenia wszystkich sygnałów (J1 i J2) oraz złącze programatora JTAG (K1).

Do zaprogramowania płytki można użyć programator JTAG opisany przeze mnie w EP 9/22 [1]. Programator JTAG korzysta z czterech linii sygnałowych: TMS, TCK, TDO i TDI. Wyprowadzenia GPIO układu FPGA podzielone są na cztery banki o numerach od 0 do 3. Każdy z tych banków ma osobne zasilanie, doprowadzone do VccIO0, VccIO1, VccIO2 oraz VccIO3. Napięcie każdego banku może być inne

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl e16ad6537c



Rysunek 1. Schemat płytki MachXO2 Mini

i musi mieścić się w przedziale od 1,14 V do 3,6 V. Dzięki takiemu rozwiązaniu, układ FPGA może pełnić rolę translatora napięć i pracować z układami zasilanymi różnymi napięciami.

Wyprowadzenie Vcc zasila rdzeń układu FPGA. W przypadku układów z serii standardowej HC napięcie zasilania musi wynosić 3,3 V lub 2,5 V, a w przypadku układów niskonapięciowych z serii ZE i HE napięcie zasilania rdzenia to 1,2 V.

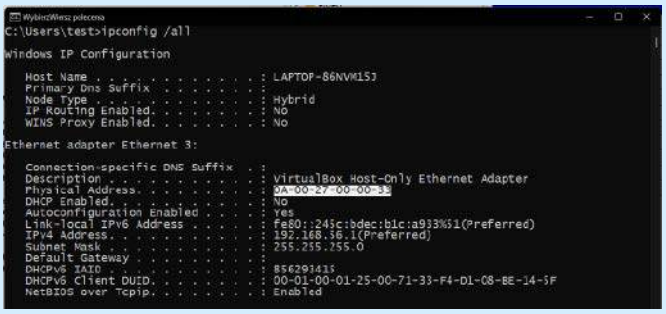
Płytkę zaprojektowano w taki sposób, aby napięcie zasilające można było dostarczać z programatora lub z pinów 1, 2, 3 złącza J2. Wyprowadzenia VccIO połączone są do linii zasilającej Vcc poprzez rezystory o zerowej rezystancji R1, R2, R3 i R4. W razie potrzeby zasilania któregoś banku innym napięciem niż Vcc, należy wylutować odpowiedni rezystor i podłączyć żądaną linię zasilającą poprzez konektor J1.

Instalacja Lattice Diamond

Firma Lattice za darmo udostępnia pakiet oprogramowania Lattice Diamond, który zawiera edytor kodu źródłowego, syntezator, symulator i całą gamę różnych narzędzi. Podstawowa, darmowa wersja umożliwia wykorzystywanie wszystkich możliwości prostszych układów FPGA, takich jak MachXO2. Wersja płatna obsługuje zaawansowane układy serii ECP, jednak na pocztkowym etapie przygody z FPGA na pewno one nie będą potrzebne.

Aby pobrać potrzebne oprogramowanie, wchodzimy na stronę www.laticesemi.com i następnie klikamy Products, Lattice Diamond i ściągamy wersję dla systemu Windows lub Linux. W chwili pisania tego artykułu dostępna jest wersja 3.12 oraz service pack 3.12 SP. W pierwszej kolejności należy pobrać i zainstalować 3.12, a dopiero później zainstalować service pack. Proces instalacji jest prosty i nie wymaga komentarza. Uruchamiamy instalator i klikamy dalej, dalej, dalej i zakończ.

Przy pierwszym uruchomieniu programu Diamond, zostanie wyświetlony komunikat o braku pliku z licencją. Musimy uzyskać darmową licencję. Na stronie www, z której pobraliśmy pakiet Diamond klikamy Request Node-locked License, po czym wypełniamy formularz. Między innymi musimy podać adres MAC karty sieciowej, ponieważ licencja będzie do niej przywiązana (jeżeli w komputerze wymienimy kartę sieciową, wówczas trzeba będzie uzyskać nową licencję). Aby uzyskać adres MAC karty sieciowej w systemie Windows,



Rysunek 2. Informacja o adresie MAC karty sieciowej

klikamy Start, Uruchom i wpisujemy `cmd`, aby otworzyć wiersz poleceń. Następnie wpisujemy polecenie `ipconfig /all` i wciskamy enter. Miejsce w którym wyświetlany jest adres MAC zaznaczono na rysunku 2. Adres MAC możemy także sprawdzić w Ustawieniach Sieciowych, które można otworzyć poprzez Panel Sterowania.

Na moim komputerze mam trzy karty sieciowe, w tym wirtualną kartę utworzoną przez VirtualBox. Pomimo że ta karta jest tylko programową emulacją, można użyć jej adresu do pozyskania licencji do Lattice Diamond. Wyświetlony adres przepisujemy (bez myślników!) do formularza na stronie Lattice. Następnie zaznaczamy Select All, aby uzyskać dostęp do wszystkich darmowych składników, akceptujemy regulamin i klikamy Generate Licence. Po chwili otrzymujemy plik z licencją na podany przez nas adres e-mail. Licencję należy pobrać i umieścić w katalogu C:\licenses\FlexLM. Od tej pory możemy uruchomić Lattice Diamond.

W następnej części

W kolejnym wydaniu EP opiszę podstawowe funkcjonalności programu Lattice Diamond oraz utworzę prosty projekt, aby zaprezentować proces tworzenia aplikacji dla FPGA.

Dominik Bieczyński
leonow32@gmail.com

[1] Niedrogi programator JTAG do układów FPGA: http://bit.ly/3DLBlt0

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl e16ad6537c

koktajl niusów

Rozwiązania IoT firmy Qorvo zgodne ze standardem Matter

Standard łączności Matter jest rozwijany od 2019 roku i oferuje jednolity sposób integracji rozwiązań Internetu Rzeczy (IoT), który sprzyja ich interoperacyjności i bezpieczeństwu. Kompatybilne ze standardem Matter produkty Qorvo obejmują technologię ConcurrentConnect, która oferuje jednoczesną obsługę 3 standardów: Bluetooth Low Energy (BLE), Matter i Zigbee. Dotyczy to zwłaszcza układu QPG6105 – kontrolera komunikacji dla systemów inteligentnego domu oraz układu QPG7015M – pierwszego na świecie transceivera o współbieżności wykonywanej w czasie rzeczywistym. Oba układy zapewniają dość proste zarządzanie siecią w ramach różnych protokołów. Jak wyjaśnia związany z firmą Qorvo Cees Links: „Rozwiązania firmy Qorvo łączą w sobie znakomity zasięg i optymalną wydajność baterii. Kompatybilne ze standardem Matter rozwiązania są najlepsze w swojej klasie produktów. Dzięki uwzględnieniu pełnej funkcjonalności standardu Bluetooth Low Energy (BLE), a także Zigbee, Qorvo oferuje pełną kompatybilność wsteczną i zabezpieczenie standardu Matter na przyszłość".

https://bit.ly/3foIlCL

Ethernetowy synchronizator czasowy 8A34001 firmy Renesas Electronics

Firma Renesas Electronics wprowadziła do sprzedaży synchronizator czasowy o oznaczeniu 8A34001. Służy do pomiarów i kompensacji opóźnień sygnałów zegarowych w systemach komunikacji bazujących na standardach Ethernet. Pochodzi z rodziny produktów ClockMatrix i tworzy precyzyjne sygnały czasowe dla protokołu PTP (Precision Time Protocol) czy standardu Synchronous Ethernet (SyncE). Synchronizator spełnia zalecenie ITU-T G.8273.2. Uwzględnia 8 kanałów synchronizacji wraz z cyfrowymi pętlami PLL i generatorami DCO. Gwarantuje współpracę z 2 darmowymi aplikacjami: SYNCE4L i PCM4L. Może być stosowany jako wygodne w użyciu źródło czasu i synchronizacji. Jego wydajność została wykazana na zestawie ewaluacyjnym ZCU670 firmy Xilinx i udowodniono przydatność układu dla systemów łączności 5G. Jak przedkłada wiceprezes działu Timing Products Division w firmie Renesas Electronics, Zaher Baidas: „Jesteśmy zachwyceni wyborem naszej rodziny produktów ClockMatrix dla zestawu ewaluacyjnego ZCU670 – najlepszego rozwiązania łączności 5G. Jest to dobre świadectwo wydajności naszych rozwiązań, a także łatwości użycia i wsparcia projektowego".

http://bit.ly/3Fwsb5c

Kontrolery Ethernet z serii META-DX2+ od Microchip Technology

Firma Microchip Technology zapowiedziała rozszerzenie oferty o całkowicie nowe kontrolery Ethernet serii META-DX2+, która obejmuje modulację PAM4. Modulacja ta jest przeznaczona do transmisji danych o 2 szybkościach: 56 Gb/s i 112 Gb/s. Kontrolery META-DX2+ cechuje przetwarzanie danych na poziomie 1,6 Tb/s i obsługują standard Ethernet w wersjach: 1 GbE ,10 GbE, 25 GbE, 50 GbE, 100 GbE, 400 GbE i 800 GbE. Szyfrowanie danych bazuje na protokołach MACsec oraz IPsec. Nowe kontrolery wspierają protokół PTP (Precision Time Protocol) dla komunikacji 5G. Oferowana jest funkcja agregacji portów XpandIO, która optymalizuje użycie portów sieciowych, kiedy ruch sieciowy nie wymaga wysokiej przepustowości. Funkcja ShiftIO oferuje stabilną łączność kontrolerów ze światem. Wszystkie kontrolery maja 32 lub 48 układów SERDES przeznaczonych dla komunikacji z zastosowaniem modulacji PAM4. Kontrolery META-DX2+ mogą być stosowane w rozwiązaniach komunikacji światłowodowej. Jak wyjaśnia wiceprezes działu komunikacji w firmie Microchip Technology, Babak Samimi: „Wprowadzenie kontrolerów META-DX2+ dowodzi naszego zaangażowania w łączność korzystającą z modulacji PAM4. Oferujemy rozwiązania dla potrzeb tej komunikacji. Nasi klienci mogą wykorzystać projekty architektoniczne w przedsiębiorstwach, centrach danych oraz systemach przełączania i routingu dostawców usług, które odpłatnie oferują bezpieczeństwo czy agregację portów sieciowych".

http://bit.ly/3TXVF0g

Funkcjonalne oscyloskopy serii R&S MXO 4 firmy Rohde & Schwarz

Firma Rohde & Schwarz zademonstrowała najnowszą serię czterokanałowych oscyloskopów R&S MXO 4. Oscyloskopy te charakteryzują następujące pasma przenoszenia: 200 MHz, 350 MHz, 500 MHz, 1 GHz i 1,5 GHz. Każdy oscyloskop umożliwia sprawne pobieranie 4,5 miliona próbek sygnałowych w ciągu sekundy. Jest to zasługa specjalizowanego układu ASIC. Zastosowany w oscyloskopach przetwornik

eprasa.pl e16ad6537c

analogowo-cyfrowy (ADC) ma rozdzielczość 12 bitów na wszystkich częstotliwościach próbkowania sygnału. Oscyloskopy serii R&S MXO 4 oferują niskie poziomy szumów przy zakresie offsetu ±5 V i skalowaniu do 500 μV/div. Zastosowana pamięć mieści do 400 milionów próbek sygnałów. Dostępny jest wyzwalacz (trigger) o wysokiej czułości. System pozwala na wyznaczanie 45 000 szybkich transformat Fouriera (FFT) na sekundę, a obsługę oscyloskopów R&S MXO 4 zapewnia pojemnościowy ekran dotykowy o przekątnej 13". Dzięki odpowiednio dobranym rozmiarom i możliwości montażu w szafach rack, jest to funkcjonalne rozwiązanie dla wielu miejsc pracy. Dzieje się to przy różnych opcjach rozbudowy oscyloskopów, w tym 16 kanałach cyfrowych z funkcją oscyloskopu sygnałów mieszanych (MSO), dwukanałowym generatorze funkcyjnym czy opcjach dekodowania i wyzwalania protokołów dla różnych magistral przemysłowych.

http://bit.ly/3Nn8KgV

Rozwiązanie SitePrint firmy HP dla branży budowlanej

Firma HP oferuje rozwiązanie SitePrint przeznaczone m.in. do wyznaczania obrysów budowli, które mają powstać. Jest to w pełni zrobotyzowany produkt, który pozwala niezwykle dobrze rozplanowywać place budowy według swoich potrzeb. Działające automatycznie rozwiązanie SitePrint nanosi linie z dużą precyzją na płaskich, poziomych powierzchniach i gwarantuje wysoką powtarzalność pracy. Urządzenie korzysta z cyfrowych modeli i pozwala tłoczyć, także teksty. Jest łatwe w transporcie oraz mieści się w walizce, która uwzględnia m.in. atramenty przewidziane dla różnych powierzchni, warunków środowiskowych oraz wymagań trwałości. Istnieje możliwość współpracy z chmurami danych oraz sterowania i konfiguracji za pomocą tabletu. Rozwiązanie SitePrint zostało sprawdzone w ponad 80 miejscach na całym świecie. Przetestowano je np. w projektach mieszkaniowych, parkingowych, lotniskowych i szpitalnych. Jak wyjaśnia wiceprezes oraz dyrektor generalny ds. wielkoformatowego druku w firmie HP, Daniel Martínez: „Przyjęcie technologii i zwiększona cyfryzacja mogą pomóc firmom budowlanym w realizacji wzrostu produktywności. W ciągu ostatnich trzydziestu lat firma HP odegrała doniosłą rolę w łączeniu świata cyfrowego i fizycznego za pomocą rozwiązań druku dla architektów, a także inżynierów. Dzięki rozwiązaniu SitePrint sprawiamy, że szybciej oraz łatwiej niż kiedykolwiek profesjonaliści budowlani mogą ożywić pomysł na placu budowy, zapewniając niespotykaną wcześniej dokładność i redukując koszty pochodzące z przeróbek".

http://bit.ly/3sGzTC6

Kamera głębi D457 firmy Intel z technologią RealSense

Firma Intel zademonstrowała unikalną kamerę głębi D457, która jest przeznaczona m.in. dla autonomicznych robotów mobilnych. Wyposażona w interfejs GMSL/FAKRA umożliwia podłączanie kabli o długości do 15 m. Pole widzenia kamery D457 wynosi 87°. Kamera współpracuje z modułem optycznym D450. Dzięki modułowi obraz kamery charakteryzuje maksymalna rozdzielczość 1280×720 px. Obraz podlega odświeżaniu 30 razy w trakcie sekundy. Za jego przetwarzanie odpowiada wbudowana jednostka procesorowa D4 Board V5. Błąd określania głębokości w kamerze D457 nie przekracza 2% (na dystansie 4 m). Obudowa kamery jest wodoszczelna, odporna na pyły i spełnia wymogi klasy IP65. Do obsługi kamery D457 służy środowisko RealSense SDK firmy Intel. Kamerę wyposażono w serializer GMSL (Gigabit Multimedia Serial Link).

http://bit.ly/3zvZz8l

Trójosiowy akcelerometr AIS25BA firmy STMicroelectronics wykonany w technice MEMS

Głównym przeznaczeniem akcelerometru AIS25BA są systemy redukcji hałasu wibracyjnego w pojazdach, zwłaszcza autach elektrycznych. Wymaga zasilania napięciem 1,71...2,1 V i umożliwia trójwymiarowy pomiar przyspieszeń w zakresach wartości: ±3,85 g i ±7,7 g. Gęstość szumów akcelerometru AIS25BA wynosi 30-50 μg/√Hz. Jego przeciętny czas reakcji to 266 μs i może pracować w temperaturze od –40 do 125°C. Akcelerometr znosi przeciążenia mniejsze od 10 000 g. Zastosowano w nim interfejsy: TDM (Time-Division Multiplexing) dla danych i I²C do konfiguracji. Jest to komponent zgodny ze standardem AEC-100Q. Akcelerometr AIS25BA ma obudowę LGA o wymiarach: 2,5×2,5×0,86 mm. Można go umieszczać np. przy napędach, silnikach, kołach czy zawieszeniach pojazdów. Pozwala to natychmiast wychwycić drgania przekładające się na niepożądane częstotliwości dźwięków. Jak wyjaśnia dyrektor generalny ds. rozwiązań MEMS w firmie STMicroelectronics, Simone Ferri: „W dzisiejszych czasach eliminacja niepożądanych dźwięków to gwarant bezpiecznych oraz przyjemnych podróży. Wraz z przejściem na pojazdy hybrydowe i elektryczne nasz akcelerometr AIS25BA będzie stanowił wymarzone rozwiązanie".

http://bit.ly/3sHadoX

Jakub Tyburski, EP

eprasa.pl e16ad6537c

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 12/2022

Wysokościomierz barometryczny

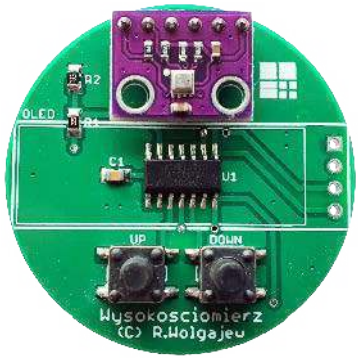
Okres wakacji czy ferii zimowych to dla większości osób szansa na zwiększoną aktywność na świeżym powietrzu niejednokrotnie powiązaną z przełamywaniem własnych barier i ograniczeń a już na pewno codziennej rutyny. Zwykle to właśnie wtedy wyruszamy w szeroko pojęty świat eksplorując wszystko, co nieznane i ciesząc się brakiem obowiązków. Właśnie z myślą o takich osobach powstał ten prosty projekt wysokościomierza barometrycznego, który pozwoli co sprawniejszym piechurom na poznanie parametrów środowiskowych eksplorowanych terenów.

Zasilacz warsztatowy

Nikogo nie trzeba przekonywać, jak istotne jest wyposażenie pracowni elektronika. Bez dobrych przyrządów jakakolwiek praca może być bardzo utrudniona lub wręcz niemożliwa do wykonania. Jednym z fundamentalnych urządzeń jest zasilacz z regulacją napięcia, z ograniczeniem prądu wyjściowego oraz z zabezpieczeniami. Zaprezentowany projekt realizuje te funkcje i został wyposażony w wiele dodatkowych udogodnień.

Sterownik mikrosilnika krokowego dla PI Pico

Moduł bazuje na uniwersalnym driverze DRV8834A, który zawiera kompletny sterownik silnika krokowego z obsługą mikrokoku, aż do podziału 1/32, z kontrolą prądu uzwojeń przez wewnętrzny DAC. Zintegrowane dwa mostki H zbudowane na tranzystorach MOSFET z niewielkim napięciem nasycenia, zdolne do dostarczenia ciągłego prądu 1,5 A, (w szczycie 2,2 A) na każdy mostek, przy napięciu zasilania 2,5...10,8 V. Układ uzupełniono także o sygnalizację stanów awaryjnych takich jak przegrzanie, przeciążenie, zwarcie i blokadę podnapięciową.



Akumulator Li-Ion DIY

Wiele urządzeń elektronicznych wymaga zapewnienia zasilania bezprzerwowego. Podstawowym elementem takiego układu jest magazyn energii, najczęściej w postaci akumulatora. Zaprezentowany moduł akumulatora Li-Ion usprawnia projektowanie i testowanie obwodów zasilania. Jako źródło zasilania wybrano typowe ogniwa cylindryczne 18650. Połączenie ich w szeregowy pakiet 3S1, pozwala uzyskać napięcie 12,6 V, zbliżone do typowego akumulatora kwasowego/żelowego. Magazynowanie energii przy wyższym i standardowym napięciu 12 V, ułatwia użycie gotowych modułów ładowarek oraz przetwornic dla napięć zasilających projektowanego układu.

a ponadto tematy wiodące EP 12/2022:

- Usługi EMS
- Indukcyjności w obwodach zasilania

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 79
ARMEL 19
BORNICO 17
COMPUTER CONTROLS 7
ELECTRO-WELLE 108
ELMAX 87
FERYSTER 19
GAMMA 19
GLYN 85
HAMMOND 11
IMPAKT 13, 90
MASZCZYK 68
MICROCHIP 9, 21, 92
PHOENIX CONTACT 47, 70
PIEKARZ 19
POLITECHNIKA WROCŁAWSKA 5, 72
TARGI AUTOMATICON 67

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22 (godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

Fotografia na okładce:
MASZCZYK – obudowy dla elektroniki
www.maszczyk.pl

eprasa.pl e16ad6537c

ELECTRO WELLE

Robimy to kontraktowo Produkcja i montaż elektroniki

Działamy w obszarach:

- Dostawa obwodów drukowanych PCB
- Montaż automatyczny SMD
- Montaż THT (ręczny lub na fali)
- Montaż zgodnie z normą IPC-A-610-E
- Kontrola AOI, test X-ray
- Kompletacja podzespołów elektronicznych
- Montaż końcowy, testy funkcjonalne
- Lakierowanie obwodów drukowanych
- Kompleksowa obróbka przewodów (cięcie, odizolowywanie, zakuwanie)
- Produkcja szaf i obudów metalowych
- Prowadzenie magazynu \ logistyka

Bazując na wieloletnim doświadczeniu cały czas zwiększamy ilość usług z zakresu produkcji kontraktowej elektroniki. Realizujemy zamówienia od prototypów po produkcje wielkoseryjną. Cechuje nas elastyczność produkcji oraz terminowość realizacji zleceń.

Kontrola każdego etapu prac zwiększa jakość wykonywanych zadań. Współpracujemy z klientami z różnych branż rynku i regionów Polski i świata. Wspieramy wiedzą i pomagamy skutecznie ograniczyć koszty produkcji.

Zainteresowany? Sprawdź nas!
Napisz na: montaz@electro-welle.pl
i dowiedź się więcej
lub zadzwoń - 538 239 729

Znajdziesz nas pod adresem:
Electro-Welle
Marcinkowice 440 \ 33-393 Marcinkowice
www.electro-welle.pl

eprasa.pl e16ad6537c