Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

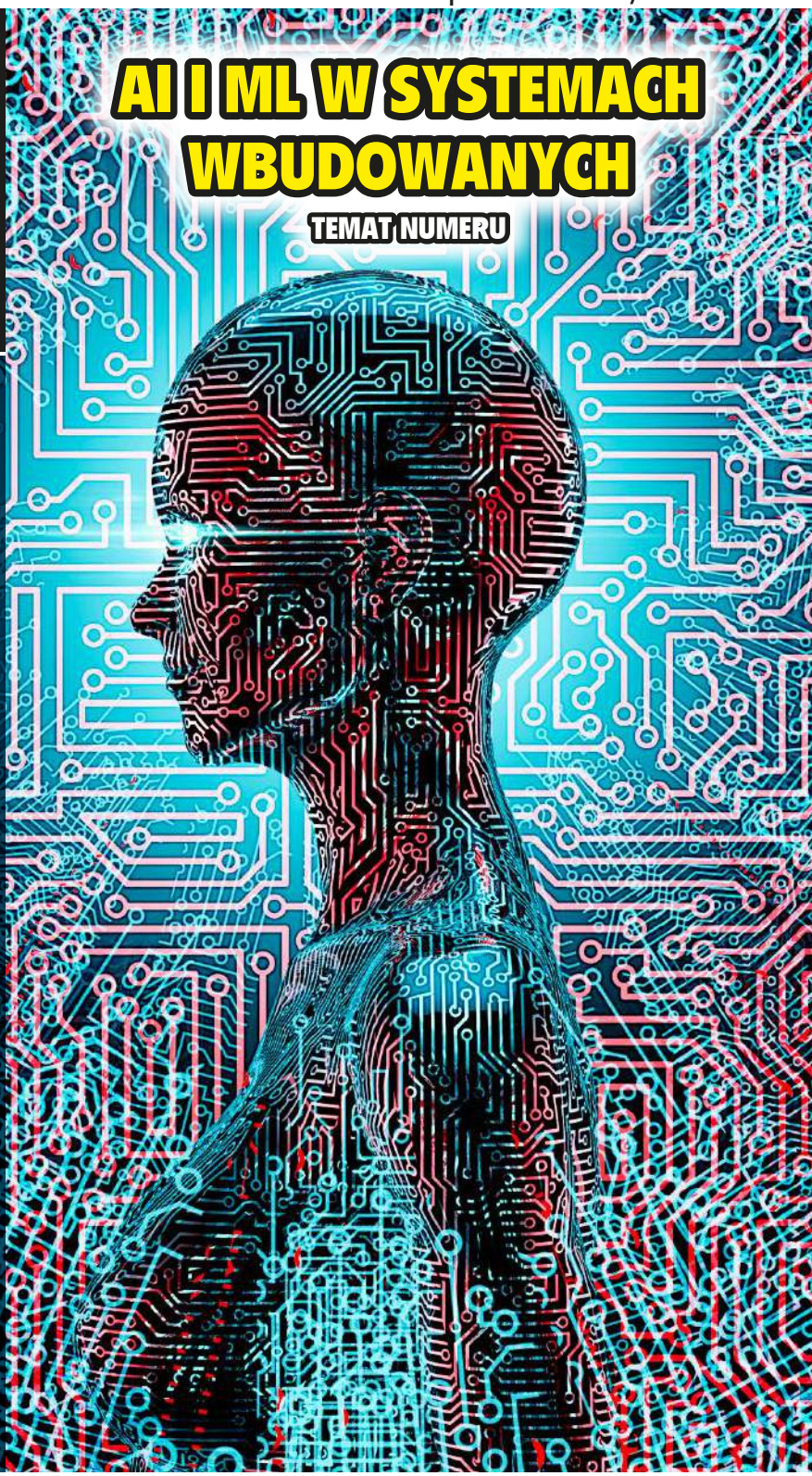
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Sierpień ● 8/2022 ●

Tylko Prenumeratorzy

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



inspirujące, użyteczne projekty

sCounter • Energooszczędny termometr LED • Miniaturowy detektor przepływu prądu stałego • Układ czasowy z niezależną regulacją ON i OFF • Stroboskop do gramofonu • Wielokrotny włącznik monostabilny • Moduł z wyświetlaczami numitron • Megaekspander I/O • Ogranicznik prądu rozruchowego • Zabezpieczenie zasilania eFuse • Mostek UART-I²C z układem SC18IM700 • Zasilacz power LED średniej mocy • Przedwzmacniacz lampowy z regulacją barwy tonu • Konsola do gier retro z RPi Zero • Licznik zużycia filamentu do drukarki 3D • IR Blaster – prosty, uniwersalny pilot na podczerwień integrowany z Internetem Rzeczy

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Czujniki i układy interfejsowe • Mikrokontrolery rodziny AVR DB • Złącza do zadań specjalnych

tutoriale

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Front-endy do pomiarów ultradźwiękowych • Inteligentne rozwiązania przemysłowe poprawiające efektywność energetyczną • AI i ML w systemach wbudowanych, czyli sztuczna inteligencja nie tylko do superkomputerów

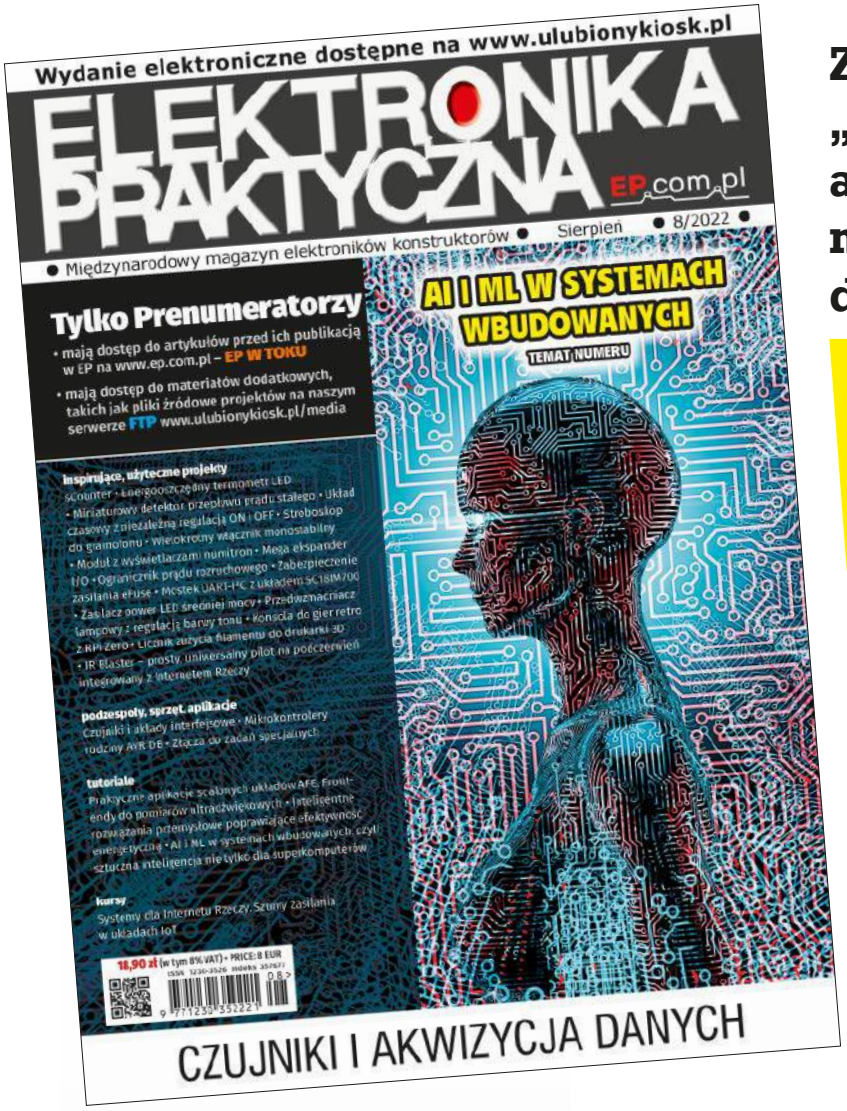
kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Szumy zasilania w układach IoT

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR
ISSN 1230-3526 Indeks 357677
08 >
9 771230 352221

CZUJNIKI I AKWIZYCJA DANYCH

eprasa.pl 136c999a57



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 136c999a57

Słabe ogniwo

Wraz z rozpowszechnianiem się pojazdów elektrycznych rośnie zapotrzebowanie na akumulatory trwalsze i o wyższej gęstości energii. Niestety technologia akumulatorowa nie osiągnęła takiego samego wzrostu wydajności jak np. technika cyfrowa. Pomimo ciągłych innowacji i ulepszeń akumulatory nie są w stanie sprostać wielu stawianym im wymaganiom, ale intensywność badań nie ustaje i prowadzi do wielu nowych rozwiązań. Choć baterie litowe są dziś bardziej popularne niż kiedykolwiek wcześniej, to możemy nie zdawać sobie sprawy z tego, że jest ich już kilka typów.

Baterie litowo-jonowe wykorzystują jony litu do przechowywania energii, tworząc różnicę potencjałów elektrycznych między biegunem ujemnym i dodatnim. Warstwa izolacyjna zwana separatorem dzieli dwie strony akumulatora i blokuje elektrony, jednocześnie przepuszczając jony litu. Podczas fazy ładowania jony litu przemieszczają się z dodatniej strony akumulatora na ujemną przez separator. Podczas rozładowywania akumulatora jony poruszają się w odwrotnym kierunku. Elektrony, które są blokowane przez separator, zmuszone są płynąć przez odbiornik dołączony do biegunów akumulatora. Istnieje 6 najbardziej rozpowszechnionych typów akumulatorów litowych.

1. **Litowo-żelazowo-fosforanowe (LFP, Li-$FePO_4$)** zawierają związek fosforu jako materiał katodowy i grafitową elektrodę węglową jako anodę. Charakteryzują się długim cyklem życia, dobrą stabilnością termiczną oraz są uważane za jedne z najbezpieczniejszych. Mają nominalne napięcie 3,2 V, żywotność na poziomie 2000 cykli lub więcej i pozwalają na głębokie rozładowanie (nawet 100%), bez szkody dla ogniwa.
2. **Litowo-kobaltowe (LCO)** mają wysoką energię właściwą, ale niską moc właściwą – nie sprawdzają się dobrze w zastosowaniach o dużym obciążeniu, ale mogą dostarczać energię przez długi czas. Były powszechne w małych przenośnych urządzeniach elektronicznych, takich jak telefony komórkowe, tablety, laptopy czy aparaty fotograficzne, jednak tracą popularność. Zasadnicze wady akumulatorów LCO to stosunkowo krótka żywotność, zwykle od 500 do 1000 cykli, niska stabilność termiczna, co prowadzi do obaw o bezpieczeństwo, a dodatkowo kobalt jest dość drogi.
3. **Litowo-manganowe (LMO)** wykorzystują tlenek litowo-manganowy jako materiał katody. Ten związek tworzy trójwymiarową strukturę, która poprawia przepływ jonów, obniża opór wewnętrzny i zwiększa wydajność prądową, jednocześnie poprawiając stabilność termiczną i bezpieczeństwo. Są stosowane w przenośnych elektronarzędziach, instrumentach medycznych oraz niektórych pojazdach hybrydowych i elektrycznych. Ładują się szybko, oferują wysoką moc właściwą i mogą bezpiecznie działać we względnie wyższych temperaturach. Wadą jest ich krótka żywotność, ok. 300...700 cykli.
4. **Litowo-niklowo-manganowo-kobaltowe (NMC)** łączą zalety trzech głównych pierwiastków stosowanych w katodzie: niklu, manganu i kobaltu. Sam nikiel ma wysoką energię właściwą, ale nie jest stabilny. Mangan jest wyjątkowo stabilny, ale ma niską energię właściwą. Połączenie ich daje stabilny związek o wysokiej energii właściwej. Są popularne w elektronarzędziach oraz jako zasilanie e-rowerów, skuterów i niektórych pojazdów elektrycznych. Oferują wysoką gęstość energii i dłuższy cykl życia przy niższych kosztach niż w przypadku akumulatorów kobaltowych. Mają również wyższą stabilność termiczną niż akumulatory LCO, co czyni je ogólnie bezpieczniejszymi. Główną wadą baterii NMC jest to, że mają nieco niższe napięcie niż baterie na bazie kobaltu.
5. **Litowo-niklowo-kobaltowo-aluminiowe (NCA)** oferują wysoką energię właściwą, przyzwoitą moc właściwą i długi cykl życia. Oznacza to, że mogą dostarczać stosunkowo dużą ilość prądu przez dłuższy czas. Te cechy sprawiły, że baterie NCA są popularne na rynku pojazdów elektrycznych (w autach Tesli często stosowane ogniwa to NMC i NCA). Główne wady technologii NCA to fakt, że nie są tak bezpieczne, jak większość innych technologii litowych i są w porównaniu z nimi drogie.
6. **Tytan litu (LTO).** Grafit w anodzie został zastąpiony tytanianem litu, a jako materiał katody zastosowano LMO lub NMC. Rezultatem jest niezwykle bezpieczna bateria o długiej żywotności, która ładuje się szybciej niż jakikolwiek inny typ baterii litowej. Oferuje też wyjątkowo szeroki zakres temperatur pracy i w efekcie jest bardzo bezpiecznym typem akumulatora. Wady LTO to niska gęstość energii, co oznacza, że przechowują mniejszą ilość energii w stosunku do swojej wagi w porównaniu z niektórymi innymi technologiami litowymi i są bardzo drogie. Stosowane są m.in. w sprzęcie lotniczym i wojskowym.

Akumulatory i przechowywana w nich energia elektryczna stanowią siłę napędową nowoczesnych pojazdów elektrycznych, podobnie jak benzyna w samochodach z XX wieku. Producenci samochodów inwestują ogromne fundusze w rozwój tej branży. W ostatnim czasie tajwański producent baterii ProLogium Technology zapowiedział budowę nowej gigafabryki. Będzie to pierwsza na świecie fabryka realizująca produkcję najnowszego typu akumulatorów solid-state na skalę masową. Rozważane lokalizacje obejmują Stany Zjednoczone, Francję, Niemcy, Wielką Brytanię, Holandię, a także Polskę.

Damian Sosnowski

eprasa.pl 136c999a57

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 8 (355) • Sierpień 2022

Konsola do gier retro z RPi Zero
Jednym z popularnych sposobów użycia możliwości komputera Raspberry Pi, jest budowa konsoli do gier retro. Dostępne są różne gotowe zestawy do realizacji konstrukcji tego typu, jednak postanowiłem zaprojektować własną wersję, którą nazwałem ZW-G1. Dzięki szczegółowemu opisowi, który zawarłem w tym artykule, jestem przekonany, że każdy będzie w stanie zbudować jej egzemplarz. Zaprezentowana konsola pozwoli powrócić do gier, które sprawiały tyle radości w latach 90.

Licznik zużycia filamentu do drukarki 3D
Jak mówi znane przysłowie, wszystko, co dobre, szybko się kończy. Z drugiej strony, warto być świadomym nadchodzącego końca... końca materiałów do druku 3D w naszej drukarce. Tak jak wskaźnik tonera w klasycznej drukarce jest aktualizowany na żywo i pozwala nam oszacować, ile jeszcze stron możemy wydrukować, tak samo licznik filamentu w drukarce 3D pozwala na oszacowanie, ile materiału zostało jeszcze w szpuli.

Nie przeocz
Nowe podzespoły 5
Dodaj do obserwowanych 12
Koktajl niusów 103

Projekty
sCounter 20
Energooszczędny termometr LED 25

Miniprojekty
Miniaturowy detektor przepływu prądu stałego 29
Układ czasowy z niezależną regulacją ON i OFF 31
Stroboskop do gramofonu 34
Wielokrotny włącznik monostabilny 35
Zabezpieczenie zasilania eFuse 37
Megaekspander I/O 39
Zasilacz power LED średniej mocy 41
Moduł z wyświetlaczami numitron 43
Ogranicznik prądu rozruchowego 46
Mostek UART-I²C z układem SC18IM700 48

Projekty czytelników
Przedwzmacniacz lampowy z regulacją barwy tonu 50

Prezentacje
Inteligentne rozwiązania przemysłowe poprawiające efektywność energetyczną 53

Temat numeru AI i ML w systemach wbudowanych
AI i ML w systemach wbudowanych, czyli sztuczna inteligencja nie tylko do superkomputerów 59

Podzespoły
Mikrokontrolery rodziny AVR DB 64

Projekty soft
Konsola do gier retro z RPi Zero 70
Licznik zużycia filamentu do drukarki 3D 74
IR Blaster – prosty, uniwersalny pilot na podczerwień integrowany z Internetem Rzeczy 77

Elektronika w praktyce
Czujniki i układy interfejsowe 80

Notatnik konstruktora
Złącza do zadań specjalnych (2) 90

Poradnik implementacji
Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (17). Front-endy do pomiarów ultradźwiękowych (2) 96

Kursy
Systemy dla Internetu Rzeczy (63). Szumy zasilania w układach IoT 107

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Hity następnego numeru 111

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

eprasa.pl 136c999a57

Szczegóły na stronie 24

nowe podzespoły

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

Chipset do systemów komunikacyjnych na pasmo 5G NR FR2

Do oferty Analog Devices wchodzi nowy chipset mmW 5G do systemów komunikacyjnych pracujących w paśmie 5G NR FR2, obejmujący 4 układy scalone: dwa 16-kanałowe układy formowania wiązki z podwójną polaryzacją i dwa jednokanałowe (1T1R) mieszacze szerokopasmowe. Zaletą tych układów jest możliwość uproszczenia projektu obwodów w.cz. urządzeń, zmniejszenie ich gabarytów i skrócenie fazy projektowania. Układy formowania wiązki charakteryzują się dużą sprawnością energetyczną i bardzo dobrą liniowością, co pozwala na zmniejszenie ich rozmiarów i poboru mocy w stosunku do układów konkurencyjnych. Z kolei nowe mieszacze charakteryzują się szerokim pasmem pracy, eliminującym potrzebę korzystania z wariantów pasmowych oraz zawierają stopnie sterujące, pozwalające zmniejszyć liczbę komponentów na płytce drukowanej.

Chipset umożliwia obsługę funkcji kalibracji tablicy fazowej online dzięki opatentowanemu protokołowi IP. Pozwala to producentom OEM wyjść poza ograniczenia dotychczasowych projektów opartych wyłącznie na pamięci NVM, ograniczonych do jednorazowej kalibracji fabrycznej urządzenia do kształtowania wiązki, co nie uwzględnia nieidealnych warunków pracy i skutkuje nieoptymalnymi wynikami kalibracji.

Nowy chipset mmW 5G obejmuje następujące układy scalone:

- ADMV4828 – 16-kanałowy układ formowania wiązki na pasmo 24...29,5 GHz, charakteryzujący się mocą wyjściową >12,5 dBm, współczynnikiem EVM równym 3% EVM (400 MHz, 64QAM 5G NR) i poborem mocy 310 mW/kanał,
- ADMV4928 – 16-kanałowy układ formowania wiązki na pasmo 37...43,5 GHz, charakteryzujący się mocą wyjściową >11,5 dBm, współczynnikiem EVM równym 3% EVM (400 MHz, 64QAM 5G NR) i poborem mocy 340 mW/kanał,
- ADMV1128 – szerokopasmowy mieszacz na pasmo 24...29,5 GHz z opcjonalnym switchem w.cz. i trybami mnożnika LO x2/x4,
- ADMV1139 – szerokopasmowy mieszacz na pasmo 37...50 GHz z opcjonalnym switchem w.cz.

www.analog.com

Energooszczędny barometryczny czujnik ciśnienia o dokładności względnej ±0,06 hPa

BMP581 to kolejny z serii barometrycznych czujników ciśnienia do montażu SMD z oferty Bosch Sensortec, zapewniający największą w branży dokładność pomiaru przy małym poborze mocy. Został zaprojektowany pod kątem zastosowań głównie w akcesoriach fitness i systemach nawigacji wewnątrz budynków. W porównaniu

REKLAMA

HAMMOND

nowy!

1557 - Obudowy z poliwęglanu i IP68 oraz z ABS i IP66

Dowiedz się więcej: https://hammfg.com/1557

Skontaktuj się z nami, aby otrzymać bezpłatną próbkę ewaluacyjną.

eusales@hammfg.com • + 44 1256 812812

eprasa.pl 136c999a57

z wcześniejszymi odpowiednikami, BMP581 charakteryzuje się większą względną dokładnością pomiaru, wynoszącą ±0,06 hPa, umożliwiającą wykrywanie różnicy ciśnienia zaledwie ±0,3 hPa. Obowiązuje ona w szerokim zakresie pomiarowym od 300 do 1100 hPa. W porównaniu z odpowiednikiem BMP390 wcześniejszej generacji, układ zapewnia mniejszy aż o 85% pobór prądu (typ. 1,3 µA @ 1 Hz) i wykazuje mniejsze o 80% szumy (typ. 0,08 Pa @ 1000 hPa). Jego współczynnik temperaturowy wynosi ±0,5 Pa/K, a dryft długoterminowy to zaledwie ±0,1 hPa w ciągu 12 miesięcy. Aby w jeszcze większym stopniu wydłużyć czas pracy urządzeń bateryjnych, wprowadzono tryb pracy deep standby, w którym pobór prądu jest ograniczany do 0,5 µA. BMP581 może się komunikować z mikroprocesorem za pośrednictwem interfejsów I^2C, I^3C i SPI (3-wire/4-wire). Jest zamykany w obudowie LGA-10 o wymiarach 2,0×2,0×0,75 mm.

www.bosch-sensortec.com

Układy obsługi kluczy kryptograficznych do nadajników ładowania bezprzewodowego Qi 1.3

Aby zwiększyć maksymalną moc ładowania urządzeń przenośnych z 5 W obowiązujących w pierwszej wersji standardu, konsorcjum WPC (Wireless Power Consortium) opracowało nową specyfikację Qi 1.3 EPP, wprowadzającą możliwość ładowania maksymalną mocą 15 W. Wymaga ona stosowania nadajników z silną autoryzacją do obsługi pełnej gamy usług, dostępnych w nowym standardzie.

Firma Microchip wprowadza na rynek dwa nowe układy scalone do obsługi kluczy kryptograficznych w nadajnikach Qi 1.3: TrustFLEX ECC608 klasy przemysłowej oraz Trust Anchor TA100 klasy motoryzacyjnej.

Specyfikacja Qi 1.3 nakazuje teraz dodanie podsystemu pamięci masowej z bezpiecznym dostarczaniem kluczy, w tym z certyfikatami X.509 do kryptograficznej weryfikacji certyfikowanego nadajnika mocy. Odbiornik, np. smartfon umieszczony na ładowarce bezprzewodowej, może w początkowej fazie rozpocząć ładowanie z maksymalną mocą 5 W. Dopiero po uwierzytelnieniu ECC, bazującym na protokole X.509, potwierdzającym obsługę odpowiedniego standardu ładowania, zaakceptuje ładowanie z maksymalną mocą 15 W.

www.microchip.com

Pierwsza na rynku szeregowa pamięć F-RAM do pracy w przestrzeni kosmicznej

Infineon Technologies LLC wprowadza do oferty pierwszą na rynku nieulotną pamięć ferroelektryczną RAM (F-RAM) z interfejsem szeregowym, przystosowaną do pracy w przestrzeni kosmicznej. Jest to pamięć o pojemności 2 Mb, charakteryzująca się zwiększoną odpornością na promieniowanie jonizujące (TID >150 krad (SI), SEL >114 MeV*cm²/mg @ 115°C). Zapewnia bardzo dużą niezawodność i długi czas retencji danych, a dodatkowo wykazuje mniejszy pobór mocy od nieulotnych pamięci EEPROM i szeregowych pamięci NOR Flash w aplikacjach pracujących w przestrzeni kosmicznej.

Nowa pamięć F-RAM z kwalifikacją QML-V zapewnia duże korzyści, wynikające z niemal nieograniczonej trwałości, szybkiego zapisu i ponad 100-letniego przechowywania danych. Jako bezpośredni zamiennik pamięci Flash NOR i EEPROM nadaje się idealnie do rejestrowania i przechowywania danych o znaczeniu krytycznym, np. telemetrycznych i kalibracyjnych oraz do przechowywania kodu rozruchowego do mikrokontrolerów i układów FPGA/ASIC.

Zastosowany protokół SPI ułatwia implementację układu oraz pozwala ograniczyć liczbę wyprowadzeń. Protokoły szeregowe są coraz częściej stosowane w aplikacjach satelitarnych i kosmicznych, a wielu dostawców oferuje obecnie mikroprocesory oraz układy FPGA i ASIC do pracy w przestrzeni kosmicznej z obsługą SPI.

Pozostałe parametry:

- niezawodność: 10^{12} cykli odczytu/zapisu,
- retencja danych: 120 lat @ 85°C,
- zakres napięcia zasilania: 2,0...3,6 V,
- pobór prądu: maks. 10 mA,
- napięcie programowania: 2 V,
- zakres temperatury pracy: –55...+125°C,
- obudowa: SOP-16 (ceramiczna).

www.infineon.com

Samochodowy wzmacniacz audio klasy G z obsługą HD Audio

STMicroelectronics powiększa ofertę wzmacniaczy audio do elektroniki samochodowej o nowy model TDA7901 pracujący w klasie G, wyposażony we własny kontroler DC-DC buck. Oferuje on zarówno bardzo dobrą jakość dźwięku, jak i dużą sprawność energetyczną.

TDA7901 pracuje w klasie G, gdzie napięcie zasilające wyjściowy stopień mostkowy jest automatycznie optymalizowane przez wbudowany kontroler buck w zależności od poziomu sygnału. W typowym zakresie głośności jego sprawność energetyczna odpowiada sprawności wzmacniaczy klasy D. Ponieważ straty mocy są znacznie mniejsze niż we wzmacniaczach klasy A/B, układ nie wymaga montażu dużych radiatorów, co w połączeniu z wewnętrznym kontrolerem

eprasa.pl 136c999a57

DC-DC buck pozwala zmniejszyć wymiary i masę urządzeń oraz skrócić listę podzespołów.

TDA7901 może znaleźć zastosowanie w systemach informacyjnych pojazdów (IVI). Oferuje wiele funkcji diagnostycznych, w tym cyfrowego miernika impedancji obciążenia oraz monitorowania prądu obciążenia w czasie rzeczywistym za pośrednictwem interfejsów I²S i I²C, co pozwala na zastosowanie w aplikacjach bezpieczeństwa z certyfikacją ASIL-A, np. generatorach sygnałów ostrzeżeń i samochodowych systemach dźwiękowych AVAS (*Acoustic Vehicle Alert System*). TDA7901 zawiera wejście cyfrowe I²S oraz inteligentny stopień wyjściowy quad-BTL. Może dostarczać do obciążenia 2 Ω maksymalną moc 4×47 W przy napięciu zasilającym 14,4 V. Oferuje pasmo 80 kHz, zapewniające obsługę specyfikacji HD Audio i zakres dynamiczny przekraczający 117 dB. Jego szeroki zakres napięcia zasilania od 4,5 do 18,5 V zapobiega przerwom w działaniu wzmacniacza przy pracy silnika w trybie start-stop oraz przy występowaniu przepięć. Układ jest zamykany w obudowie Power-SO36. Jego ceny hurtowe zaczynają się od 7,90 USD przy zamówieniach 1000 sztuk.

www.st.com

Superzłączowe tranzystory MOSFET 600 V w obudowach o wymiarach 8×8×0,9 mm

Alpha and Omega Semiconductor wprowadza na rynek dwa kolejne superzłączowe tranzystory MOSFET o małej rezystancji kanału i małych gabarytach, wchodzące w skład rodziny αMOS5. Oba są zamykane w niskoprofilowych obudowach DFN8×8 o wymiarach 8×8×0,9 mm. Dzięki zastosowaniu podwójnego wyprowadzenia źródła z rozdzielonymi liniami zasilania i sterowania, ograniczono wpływ impulsów di/dt wprowadzanych do napięcia VGS i zmniejszono straty przy przełączaniu. AONV110A60 i AONV140A60 zostały zaprojektowane do zastosowań głównie w ładowarkach i zasilaczach

sieciowych o dużej sprawności i małych gabarytach, ale mogą też być stosowane w układach zasilania komputerów, kart telekomunikacyjnych i centrów danych. Charakteryzują się rezystancją $R_{DS(on)}$ wynoszącą odpowiednio 110 mΩ i 140 mΩ.

W porównaniu ze standardami D2PAK, DPAK i TO-220(F), obudowy DFN8×8 charakteryzują się mniejszymi wymiarami, a równocześnie zapewniają bardzo dobre rozpraszanie ciepła. W wewnętrznym teście porównawczym z 4 tranzystorami AONV110A60 i typowym 8-amperowym mostkiem diodowym GBU806 przy parametrach pracy 300 W/90 V AC, mostek zrealizowany na bazie tranzystorów AONV110A60 wykazał mniejsze o prawie połowę straty mocy

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

Autoryzowany dystrybutor Altium w Polsce

Sprawdź plany Subskrypcji Altium

ALTIUM 365

Subskrypcja Altium 365 Standard

Przechowywanie i współdzielenie danych w chmurze dla projektantów PCB, a ponadto m.in.

- Wszystkie aktualizacje oprogramowania Altium Designer
- Dostęp do społeczności AltiumLive, w tym forum dyskusyjnego
- Podstawowy interfejs ECAD/MCAD

Subskrypcja Altium 365 Pro

Kompleksowe zarządzanie komponentami i danymi projektowymi PCB, a ponadto m.in.

- Wszystkie aktualizacje oprogramowania Altium Designer
- Priorytetowy dostęp do wsparcia technicznego Altium
- Zaawansowany interfejs ECAD/MCAD

Computer Controls Sp. z o.o.
Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1
tel.: +48 (33) 485 94 90
e-mail: info@ccontrols.pl
www.ccontrols.pl

eprasa.pl 136c999a57

(3,16 W vs. 6,12 W) i zapewnił większą o 1,1% sprawność energetyczną. Oba nowe tranzystory doskonale pasują również do aplikacji PFC i LLC, pozwalając zmniejszyć o odpowiednio 57% i 80% powierzchnię montażową w porównaniu z odpowiednikami w obudowach D2PAK. Ceny hurtowe AONV110A60 i AONV140A60 wynoszą odpowiednio 3,96 USD i 3,36 USD przy zamówieniach 1000 sztuk.

www.aosmd.com

Nowe układy PMIC do systemów Energy Harvesting ze stałą regulacją napięcia wejściowego

Wprowadzając na rynek kolejne trzy układy PMIC (power management IC), firma e-peas daje projektantom aplikacji Energy Harvesting jeszcze większe możliwości wdrażania systemów pozyskiwania energii. Wprowadzone innowacje obejmują m.in. stałą regulację napięcia wejściowego, pozwalającą zoptymalizować współpracę z impulsowymi i nieciągłymi źródłami energii. AEM00330 to w pełni funkcjonalny układ zarządzania energią, natomiast AEM00300 zapewnia jedynie ładowanie elementów magazynujących. Oba układy są samoczynnie konfigurowane wraz z możliwością automatycznego przełączania między trybami pracy buck, buck-boost i boost. Zapewnia to szybszą regulację napięcia przy współpracy z różnymi rodzajami źródeł, elementów magazynujących energię i obciążeń oraz zwiększa sprawność konwersji. Oba układy akceptują napięcie wejściowe z zakresu od 140 mV do 4,5 V, co pozwala na zarządzanie konwersją w szerokim zakresie mocy od 3 μW do 570 mW. Inną kluczową cechą jest zdolność do przełączania się między zasilaniem obciążenia lub elementu magazynującego, co daje projektantowi większą elastyczność implementacji. Potencjalne zastosowania AEM00330 i AEM00300 obejmują systemy dostępowe, inteligentne przełączniki do systemów inteligentnego domu lub inteligentnego budynku, terminale PoS itp.

AEM00940 to układ PMIC zaprojektowany specjalnie do aplikacji, w których napięcie wejściowe jest mniejsze od napięcia elementu magazynującego energię. Może on pracować z napięciem wejściowym z zakresu od 50 mV do 4,5 V. W odróżnieniu od AEM00330, jego wyjście zasilające obciążenie oparto na regulatorze LDO, a nie przetwornicy DC-DC.

Wszystkie trzy układy nadają się do współpracy z różnymi rodzajami elementów magazynujących energię, w tym z superkondensatorami jedno- i dwuogniwowymi oraz z akumulatorami Li-Ion, $LiFePO_4$, Li-Po, NiCd itp. Zawierają zestaw funkcji zabezpieczających m.in. przed przeładowaniem i nadmiernym rozładowaniem.

AEM00330, AEM00300 i AEM00940 są zamykane w obudowach odpowiednio QFN-40 (5×5 mm), QFN-28 (4×4 mm) i QFN-28 (5×5 mm). W przypadku dużych zamówień mogą być też dostarczane w postaci nieobudowanych struktur półprzewodnikowych. Producent oferuje do nich zestawy ewaluacyjne, ułatwiające konfigurowanie i testowanie parametrów pracy.

www.e-peas.com

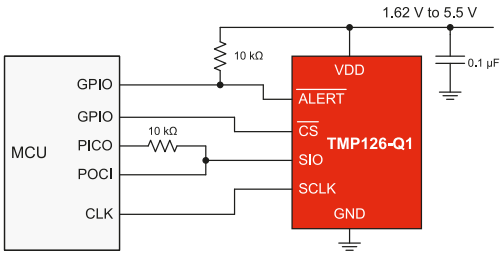
Seria modułów radiowych do systemów komunikacyjnych Wi-Fi 7

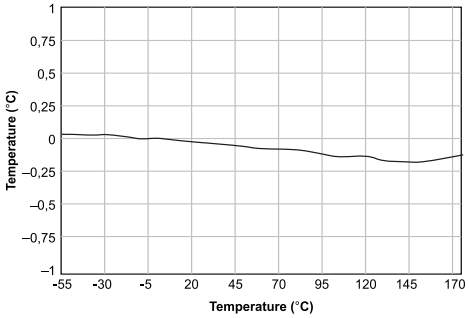
Firma Broadcom oferuje pierwsze wersje próbne modułów radiowych do systemów komunikacyjnych pracujących w nowym standardzie Wi-Fi 7, mogących znaleźć zastosowanie w routerach, bramkach dostępowych do zastosowań domowych i profesjonalnych oraz urządzeniach klienckich. Układy te są ponad dwukrotnie szybsze niż wcześniejsze odpowiedniki pracujące w standardzie Wi-Fi 6/6E, zapewniając jednocześnie bardzo małe opóźnienia i większy zasięg transmisji.

BCM67263	obsługa 4 strumieni Wi-Fi 7	pasmo 6 GHz	szybkość transmisji do 11,5 Gbps	szerokość kanału do 320 MHz	modulacja 4096-QAM	obsługa trybu MLO	zgodność ze specyfikacjami IEEE i WFA Wi-Fi 7
BCM6726		pasmo 2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz	szybkość transmisji do 5,75 Gbps	szerokość kanału do 160 MHz			
BCM43740			szybkość transmisji do 11,5 Gbps	szerokość kanału do 320 MHz			
BCM43720	obsługa 2 strumieni Wi-Fi 7		szybkość transmisji do 2,88 Gbps	szerokość kanału do 160 MHz			
BCM4398 (Wi-Fi 7 + Bluetooth 5)			szybkość transmisji do 6,05 Gbps	szerokość kanału do 320 MHz			zgodność ze specyfikacjami IEEE, WFA Wi-Fi 7 i Bluetooth Denver

Dzięki wprowadzeniu kanałów 320 MHz z modulacją 4096-QAM, standard Wi-Fi 7 podwaja przepustowość w stosunku do sieci Wi-Fi 6E. W połączeniu z techniką automatycznej koordynacji częstotliwości (AFC) wykorzystuje optymalną alokację widma, aby umożliwić realizację punktów dostępowych o dużej mocy i rozszerza zasięg transmisji w paśmie 6 GHz w aplikacjach pracujących zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz budynków. Nowe moduły mogą pracować w trybie MLO (*Multi-Link Operation*), umożliwiającym agregowanie kanałów i szybkie przełączanie między nimi, dzięki czemu nadają się idealnie do sieci o dużych obciążeniach, gwarantując jakość usług na poziomie komercyjnym. Ponadto umożliwiają korzystanie z technologii TSN w zastosowaniach przemysłowych i IoT.

www.broadcom.com





Czujnik temperatury z korekcją CRC i funkcją ostrzeżenia o szybkim wzroście temperatury

TMP126-Q1 to najnowszy cyfrowy czujnik temperatury firmy Texas Instruments, pracujący w zakresie pomiarowym od –55 do +175°C.

eprasa.pl 136c999a57

Dokładność pomiaru	Zakres pomiarowy
±0,25°C	+20...+30°C
±0,3°C	−20...+85°C
±0,4°C	−40...+125°C
±0,5°C	−55...+150°C
±0,75°C	+150...+175°C

Charakteryzuje się 14-bitową rozdzielczością (LSB = 0,03125°C), dokładnością wynoszącą od 0,25°C i energooszczędną pracą. Może być zasilany napięciem z zakresu od 1,62 do 5,5 V. Komunikacja z zewnętrznym mikroprocesorem odbywa się za pomocą 3-żyłowego interfejsu SPI. TMP126-Q1 jest czujnikiem kalibrowanym fabrycznie. Uzyskał kwalifikację AEC-Q100, pozwalającą na zastosowania w elektronice samochodowej, m.in. w ładowarkach pokładowych, systemach hamulcowych, falownikach i układach wydechowych). Oferuje opcjonalną korekcję CRC, poprawiającą integralność danych, możliwość programowania wartości progowej temperatury, po osiągnięciu której następuje wygenerowanie alarmu oraz funkcję ostrzeżenia o szybkim wzroście temperatury, pozwalającą szybko podjąć kroki zabezpieczające przed osiągnięciem wartości krytycznej.

Układ zawiera zabezpieczenie przed wyładowaniami ESD do ±2000 (HBM) i ±750 (CDM). Jest produkowany w dwóch typach miniaturowych obudów: SOT-SC70 (2,00×1,25 mm) i SOT-23 (2,90×1,60 mm), co pozwala na montaż w małej odległości od źródeł ciepła i zapewnia krótki czas odpowiedzi.

www.ti.com

Zielone diody laserowe z automatyczną kontrolą mocy

Ludzkie oko jest najbardziej wrażliwe na światło zielone, dlatego też stosowanie diod laserowych o tej barwie jest szczególnie korzystne we wskaźnikach i technologii pomiarowej. Zielona kropka wydaje się „jaśniejsza" od innych kolorów przy tej samej mocy doprowadzanej do diody, co ułatwia realizację funkcji zabezpieczających. Firma Arima Lasers wprowadziła do oferty serię bezpiecznych dla oczu, zielonych diod laserowych z automatyczną kontrolą mocy, pracujących na długości fali 520 nm. Funkcja kontroli mocy z układem sterującym ASIC i fotodiodą wyłącza laser, gdy zostanie przekroczona progowa wartość prądu roboczego. Nowe diody serii ADL52xxx są produkowane w kilku wariantach gwarantujących stabilną moc wyjściową 5 lub 10 mW w zakresie napięcia zasilania od 5,8 do 7,0 VDC. Mogą być sterowane sygnałem PWM o częstotliwości do 2 MHz. Zapewniają odporność na wyładowania ESD do 10 kV. Są produkowane w obudowach TO o średnicy 3,3 mm.

www.lasercomponents.com

Nowe układy scalone Infineona do systemów zarządzania akumulatorami litowo-jonowymi

Infineon wprowadza na rynek dwa nowe układy scalone do systemów zarządzania akumulatorami, TLE9012DQU i TLE9015DQU. Zapewniają one monitorowanie i równoważenie ogniw w pakietach akumulatorowych, wykorzystywanych m.in. w przemyśle oraz w autach i innych pojazdach o napędzie elektrycznym. Zostały zoptymalizowane do współpracy z mikrokontrolerami rodziny AURIX. Oferują funkcje pomiaru napięcia i temperatury, równoważenia ogniw i komunikacji.

REKLAMA

MESSE MÜNCHEN

electronica

November 15–18, 2022

Driving sustainable progress.

Discover the future today.
At electronica 2022.

Get your ticket now!
electronica.de/tickets

Information:
Biuro Targów Monachijskich
w Polsce
Tel. +48 22 620 4415
info@targiwmonachium.pl

Wielokanałowy system monitorowania i równoważenia akumulatorów litowo-jonowych TLE9012DQU realizuje precyzyjny pomiar napięcia w celu wyznaczenia parametrów SoC (state of charge) i SoH (state of health), kluczowych dla każdego systemu zarządzania akumulatorem. Jest to układ zgodny ze specyfikacją bezpieczeństwa funkcjonalnego ASIL-D, mogący współpracować bezpośrednio z mikrokontrolerem przez port UART lub z nowym układem transceivera TLE9015DQU iso-UART. Zawiera 16-bitowy przetwornik A/C z nadpróbkowaniem i wymaga minimum elementów zewnętrznych.

Drugi z nowych układów, TLE9015DQU, to transceiver do systemów monitorowania akumulatora, przeznaczony do łączenia kilku układów TLE9012DQU wewnątrz pakietu akumulatorowego. Zawiera dwie pary interfejsów UART i Iso-UART do obsługi komunikacji pierścieniowej oraz jednostkę obsługi błędów z kilkoma programowalnymi liniami I/O, umożliwiając dwukierunkowy przepływ informacji.

www.infineon.com

Seria miniaturowych zasilaczy sieciowych do montażu na płytkach drukowanych

Oferta miniaturowych zasilaczy sieciowych firmy Mornsun powiększyła się o nową serię zasilaczy LS-R3, produkowanych w obudowach SIP przystosowanych do montażu na płytkach drukowanych. W zależności od mocy znamionowej ich wymiary wynoszą od 26,40×12,58×11,00 mm (wersje 3-watowe) do 32,00×17,20×15,05 mm (wersje 10-watowe). Wszystkie warianty akceptują napięcie wejściowe z szerokiego zakresu od 85 do 305 VAC i występują w wersjach o znamionowym napięciu wyjściowym 3,3; 5; 9; 12; 15 i 24 VDC. Pobierają 0,1 W mocy w stanie spoczynkowym. Mogą pracować w temperaturze otoczenia od –40°C z pełnym obciążeniem, a górna dopuszczalna temperatura wynosi +85°C przy obciążeniu 50%. Zawierają zabezpieczenie zwarciowe i nadprądowe.

Zasilacze LS-R3 zostały zaprojektowane przede wszystkim z myślą o ograniczeniu gabarytów. Usunięto z nich wszelkie funkcje nadmiarowe, zoptymalizowano topologię płytki drukowanej, wymieniono terminale oraz zaprojektowano transformator odpowiadający mocy wyjściowej. W rezultacie objętość tych modułów udało się zmniejszyć o około 40% w porównaniu z wcześniejszymi odpowiednikami.

www.mornsun-power.com

Wysokonapięciowy przekaźnik kontaktronowy o długiej żywotności i mocy do 200 W

Pickering Electronics powiększa ofertę wysokonapięciowych przekaźników kontaktronowych serii 67 o nowy model o maksymalnej mocy przełączanej 200 W. Jest to przekaźnik produkowany w obudowie SIL o małych gabarytach, umożliwiający realizację dużych matryc

przełączających i multiplekserów, wyposażony w wolframowe styki o długim czasie bezawaryjnej pracy. Charakteryzuje się odpornością na przepięcia do 8 kV i dopuszczalnym napięciem przełączanym 6 kV. Występuje w konfiguracjach 1 Form A i 1 Form C o znamionowym napięciu cewki 5, 12 i 24 V z opcjonalną wewnętrzną diodą. Nadaje się do zastosowań wysokonapięciowych, np. w instalacjach fotowoltaicznych i testerach kabli.

www.pickeringrelay.com

Zabezpieczenia nadprądowe 12...22 A do akumulatorów litowo-jonowych

Układy zabezpieczenia nadprądowego akumulatorów litowo-jonowych serii ITV4030 firmy Littelfuse zapobiegają przetężeniom i uszkodzeniom spowodowanym przeładowaniem. Zostały zaprojektowane do zastosowań w elektronice użytkowej, w tym w tabletach, robotach i elektronarzędziach. Są to elementy o krótkim czasie reakcji, wyposażone w wewnętrzny bezpiecznik i grzejnik. Bezpiecznik reaguje na nadmierny wzrost natężenia prądu, przerywając obwód. Umieszczony pod nim grzejnik, współpracujący z zewnętrznym tranzystorem lub układem scalonym realizującym zabezpieczenie nadnapięciowe, sygnalizujące przeładowanie akumulatora, podgrzewa strukturę, powodując przepalenie bezpiecznika.

Układy serii ITV4030 występują w 14 wersjach o prądach znamionowych 12, 15 i 22 A. Umożliwiają zabezpieczenie pojedynczych ogniw litowo-jonowych oraz pakietów, zawierających od 2 do maksymalnie 5 ogniw. Charakteryzują się krótkim czasem reakcji i małą rezystancją wewnętrzną, wynoszącą od 0,5 mΩ.

www.littelfuse.com

Pierwszy zintegrowany czujnik prądowy z wyjściowym strumieniem bitów Sigma Delta

Na targach PCIM Europe 2022 firma LEM zaprezentowała pierwszy na rynku zintegrowany czujnik prądowy, pracujący z wyjściowym strumieniem bitów Sigma Delta. Model HMSR DA cechuje się mniejszymi szumami i zniekształceniami niż wcześniejsze wersje

eprasa.pl 136c999a57

i oferuje rozdzielczość od 11 do 13 bitów. Jest polecany do zastosowań m.in. w serwonapędach, robotyce, obrabiarkach CNC, pojazdach AGV, maszynach do szycia oraz w innych aplikacjach, podatnych na szumy, zniekształcenia i interferencje elektromagnetyczne.

Do zalet modelu HMSR DA należą małe wymiary i niski koszt. Pozwala on zastąpić pojedynczym elementem równoważny obwód obejmujący rezystor pomiarowy, izolator cyfrowy i układ zasilania. Zawiera własne źródło sygnału zegarowego 10 MHz. Firma LEM pracuje już nad następnym wariantem, mającym zapewnić rozdzielczość pomiaru od 14 do 16 bitów, wyposażonym w wewnętrzny zegar 20 MHz.

www.lem.com

Zaawansowane rozwiązanie od Litemax – wyświetlacz LCD z procesorem Intel

Litemax oferuje wyświetlacze, które mogą pełnić funkcję zintegrowanych odtwarzaczy multimedialnych – jest to możliwe dzięki zastosowaniu systemu Intel Smart Display Module (SDM). Rozwiązanie to jest dostepne w 43-calowym wyświetlaczu DLS4302-B.

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

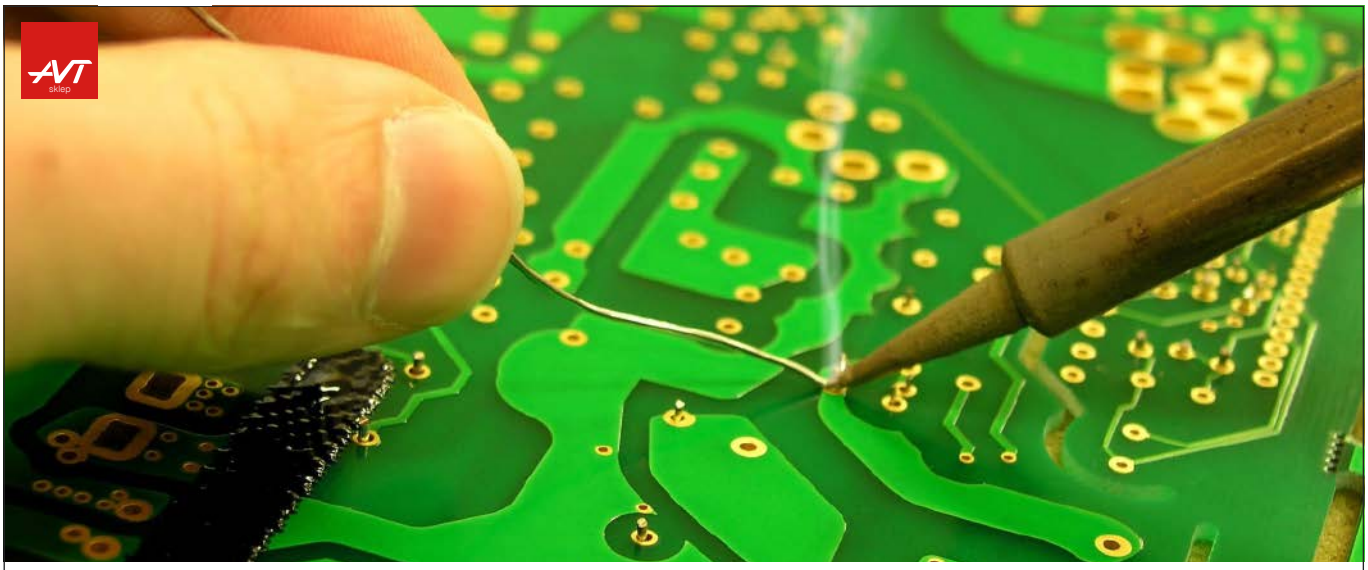
Wyświetlacz DLS4302-B oferuje pełne kąty obserwacji, energooszczędność oraz technologię *local dimming*, która polega na strefowym wygaszaniu podświetlenia ekranu w zależności od prezentowanego obrazu. Zwiększa to głębię czerni oraz kontrast, a także znacznie redukuje ilość pobieranego przez wyświetlacz prądu. W połączeniu z szerokimi kątami obserwacji, opisywany 43-calowy model gwarantuje pełną czytelność i dostępność wyświetlanych na nim informacji.

Najważniejsze parametry modułu od Litemax:

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

https://www.unisystem.pl

REKLAMA

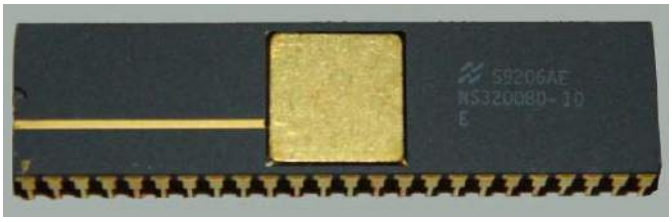


KITy AVT
KITy AVT @KITyAVT • Elektronika • http://bit.ly/2BjVMN7

eprasa.pl 136c999a57

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.



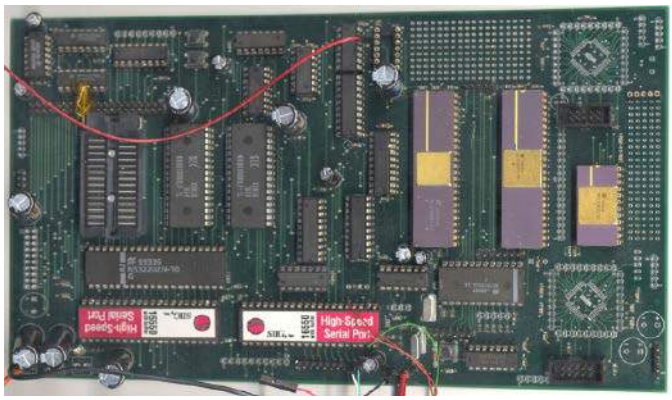
Płytka z procesorem NS32008

Procesory z rodziny NS32000 to pierwsze prawdziwie 32-bitowe układy na świecie. Powstały dzięki staraniom firmy National Semiconductors i zostały wprowadzone na rynek na początku lat 80. XX wieku. Autor tej konstrukcji postanowił zastosować jeden z układów tej rodziny do konstrukcji prostego komputera jednopłytkowego. Układ NS32008 to relatywnie rzadko spotykana wersja tego procesora z 8-bitową magistralą danych i zredukowanymi funkcjami na pinach 32...35. Poza tym jest on w pełni kompatybilny z procesorami z tej rodziny z szerszymi magistralami, dlatego autor użył płytki zaprojektowanej przez innego elektronika, która jest dostosowana do układu NS32016. Płytka ma wymiary 244×150 mm. Jest na niej sporo elementów, a z uwagi na brak pełnej listy elementów oraz schematu montaż wymaga sporej dozy inżynierii wstecznej, co czyni projekt bardzo ciekawym do obserwowania.

Montaż rozpoczęty został od jednej z prostszych do zidentyfikowania rzeczy – kondensatorów filtrujących zasilanie 100 nF. Na płytce jest ich około czterdziestu. W drugim kroku autor wlutował podstawki pod układy scalone, aby można było je łatwo wkładać i wymieniać. Obecnie autor analizuje poszczególne elementy układu oraz wprowadza konieczne poprawki. Nóżka !ADS układu 16550 wymagała podciągnięcia do masy. Podobnie korekt wymaga sekcja UART układu, gdzie konieczne było poprawienie przebiegu kilku sygnałów na PCB.

Jeśli chodzi o oprogramowanie układowe, autor chce bazować na oprogramowaniu komputera Acorn BBC Micro 32016 i stosować cross-assembler Udo, który pracuje na systemie operacyjnym Windows. Pierwszym krokiem ma być dezasemblacja oprogramowania dla BBC Micro, aby kod źródłowy zastosować do sterowania innymi urządzeniami.

https://bit.ly/3b8tuKV



Tabletowy syntezator

Ten projekt to syntezator audio zbudowany z zastosowaniem gotowego tabletu. Jest on w bardzo początkowej fazie rozwoju, więc ciężko jest powiedzieć coś konkretnego na jego temat. Ten jeszcze nienazwany projekt ma działać jako samodzielny syntezator audio z tabletem do sterowania. Sam interfejs użytkownika ma bazować na syntezatorze Hydra ASM. Jeśli chodzi o założenia sprzętowo-programowe, urządzenie wykorzystywać ma podobne podzespoły, jak poprzednia konstrukcja autora – syntezator Tektonika. Tamto urządzenie bazuje na tablecie z procesorem x86 (Intel Atom) z 2 GB pamięci RAM i systemem operacyjnym Windows 10. Dzięki temu można instalować na nim dowolne oprogramowanie audio. Do sterowania syntezatorem Tektonika zastosowano klawiaturę Nektar Impact GX61 (klawiatura MIDI) oraz podświetlaną klawiaturę Jet.A Panteon T7 (klawiatura komputerowa). Do połączenia wszystkich tych elementów dodano hub USB 3 UH720 TP-Link.

Za sekcję audio układu odpowiada mikser Behringer 302USB. To prosta konsola, która dodatkowo ma wbudowany interfejs audio USB, dzięki czemu może pełnić funkcję wyjścia audio z tabletu. Wyjście audio miksera podłączone jest do wzmacniacza klasy D i dwóch wbudowanych głośników. Warto obserwować projekt tabletowego syntezatora, chociażby po to, aby przekonać się, które elementy z wcześniejszej konstrukcji znajdą się w nowym syntezatorze.

https://hackaday.io/project/185977-tablet-synth
https://hackaday.io/project/183139-tectonica-synth

Comix 35 – płytka z procesorem CDP1802 i klawiaturą

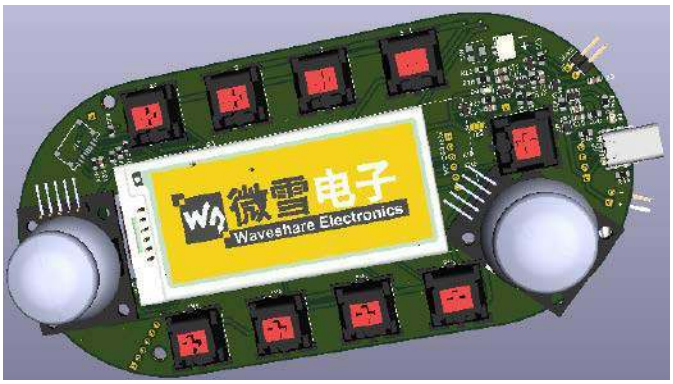
To już drugi projekt w tym miesiącu, który orbituje wokół starszego i dosyć egzotycznego procesora. W przypadku tej konstrukcji jest to układ RCA CDP 1802. Jest to historycznie pierwszy mikroprocesor wykonany w technologii CMOS. Nie jest on zbyt szybki, ale charakteryzuje się bardzo małym poborem mocy, co zapewniło jego zastosowanie w kilku wczesnych sondach kosmicznych. Jedynym komputerem domowym, w którym ten procesor był używany, był COMX-35. Zaprezentowany tu moduł – Comix 35 – ma być kopią tego komputera. Autor korzysta z gotowego projektu kopii tego retrokomputera, jednak chciałby wprowadzić kilka zmian.

„Lubię, gdy moje projekty są fizycznie małe i lekkie, więc wolałbym nie mieć zintegrowanej klawiatury. Wolałbym wprowadzić

eprasa.pl 136c999a57

oprogramowanie z emulatora terminala. Dlatego chciałbym dokonać szeregu modyfikacji", pisze Keith, autor pokazanej konstrukcji. Główne zmiany, jakie mają być wprowadzone w tym systemie, to dodanie złącza USB, które pozwoli używać komputera PC jako terminalu i interfejsu użytkownika. Dzięki temu nie będzie konieczności korzystania z dużej i niewygodnej klawiatury zintegrowanej z tym komputerem. Druga zmiana jest mniejsza i dotyczy zmiany znaków używanych do mnożenia i dzielenia. Urządzenie ma klawisze do oznaczeń tych operacji: × i ÷. Zamiast nich autor chciałby, aby możliwe było użycie znaków: * i /.

https://hackaday.io/project/185216-cdp-1802-board-build

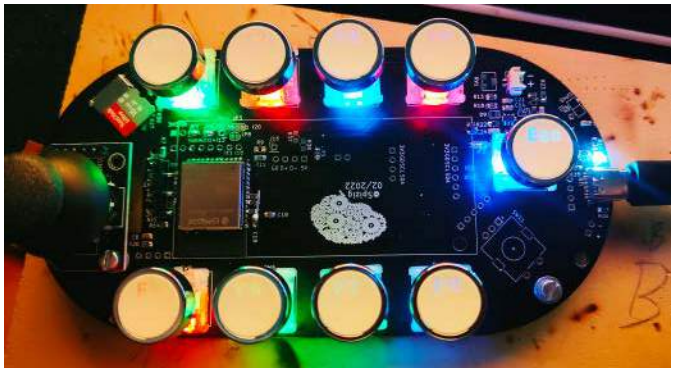


Wielofunkcyjna programowana klawiatura

„Zawsze chciałem zbudować klawiaturę, w której mogę skonfigurować klawisze zgodnie z moimi potrzebami", pisze na wstępnie do swojego projektu Ulrich Spizig, elektronik ze Stuttgartu. W tym przypadku urządzenie, aby spełniało jego oczekiwania musi mieć:

- indywidualnie programowalne przyciski, które mogą pełnić funkcję skrótów klawiszowych, które można aktywować jednym ruchem,
- możliwość komunikacji przewodowej (poprzez USB typu C) oraz bezprzewodowej (poprzez Bluetooth Low Energy),
- wsparcie dla innych standardów bezprzewodowych (np. LoRa, Wi-Fi),
- możliwość pomiaru niektórych danych środowiskowych (jak temperatura, jakość powietrza, natężenie hałasu).
- zapisywanie danych na wbudowanej pamięci (karta SD),
- podświetlenie klawiszy RGB.

Niektóre z tych wymagań mogą wydać się co najmniej nietypowe, jeśli chodzi o umieszczenie ich w klawiaturze czy też jakimkolwiek innym urządzeniu wejściowym do sterowania komputerem PC. Autor w swoim opisie śpieszy z wyjaśnieniami swoich decyzji projektowych. O ile wymagania, dotyczące samych klawiszy i możliwości ich rekonfigurowania, są oczywiste w przypadku klawiatury, o tyle np. możliwość komunikowania się z zastosowaniem



interfejsów bezprzewodowych, takich jak LoRa, wskazuje już na dodatkowe zastosowania tej klawiatury jako pilota do zdalnego sterowania. Pomiar parametrów otoczenia jest również ciekawym pomysłem. „Biurko może być miejscem, przy którym siedzisz przez większość swojego życia. To miejsce powinno być zdrowe. Jeśli jakość powietrza jest do bani, warto o nią zadbać", pisze autor, wskazując na potencjalne zastosowanie tych sensorów.

Jak to często bywa, motywacją do opracowania tego urządzenia była własna potrzeba i brak dostępnych rozwiązań, które zadowalałoby autora. W tym przypadku zaczęło się od konieczności częstego naciskania pewnych skrótów klawiszowych, aby zmieniać głośność zestawu słuchawkowego, wprowadzać określone frazy, wyciszać mikrofon, wyciszać głośnik... typowe zadania realizowane podczas dnia pracy przy komputerze. Autor zaczął projektować klawiaturę pod wpływem tych przemyśleń, jednak wraz z dodawaniem kolejnych opcji i funkcji projekt się poszerza i wydłuża. Podobnie lista wymagań została zmodyfikowana w trakcie projektu. Oprócz wymagania dotyczącego minimalizacji poboru mocy przez układ, aby zmaksymalizować czas pracy na jednym ładowaniu, klawiatura rozrosła się o pokrętło głośności oraz rolkę lub joystick do przewijania.

Elektronika układu projektowana jest obecnie w KiCadzie i niebawem spodziewać się można pierwszych efektów projektu. Kolejnym krokiem będzie oprogramowanie systemu i, finalnie, zaprojektowanie odpowiedniej obudowy.

https://bit.ly/3zcg1tr

System automatyki domowej z kontrolą manualną i głosową

W omawianym projekcie autor pokazuje, w jaki sposób można skonstruować relatywnie prosty system automatyki domowej, sterowany głosem. System ten współpracuje z inteligentnym głośnikiem Alexa, który połączony jest z ekosystemem usług w chmurze Amazona. Zaprezentowany system automatyki domowej pozwala na sterowanie urządzeniami domowymi zasilanymi z sieci za pomocą poleceń głosowych. Za pomocą

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 136c999a57

prostego modułu umożliwia integrację modułu z ESP32 i przekaźnikami z ekosystemem Amazon Alexa.

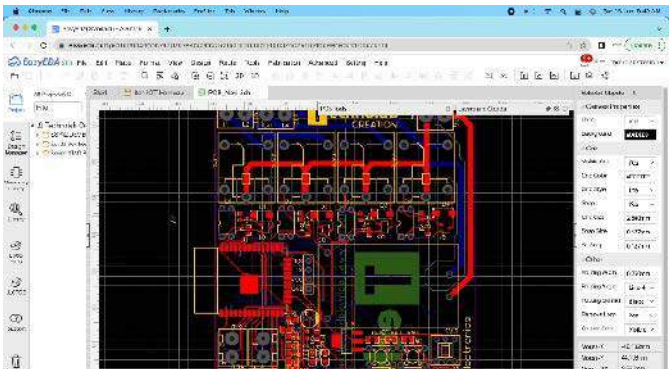
W projekcie można sterować urządzeniami za pomocą Amazon Alexa, ale oprócz tego rozwiązania istnieje możliwość sterowania ręcznego, za pomocą tradycyjnych przełączników. Oprócz Alexy będziemy również sterować za pomocą ręcznego przełącznika, tak jak to robimy tradycyjnie. Dodatkowo istnieje możliwość sterowania systemem za pomocą aplikacji Amazon Alexa, jaką zainstalować można na smartfonie. Pozwala ona również na monitorowanie stanu poszczególnych urządzeń, czy są one włączone, czy wyłączone. Polecenia głosowe, jakie wydajemy Alexie, mogą być w dowolnym języku, w tym w szczególności w naszym, ojczystym. Autor przygotował swoje konto Amazona w taki sposób, że polecenia wydawane są w języku hindi.

Następnie należy opracować odpowiednie procedury, na przykład autor zaprogramował Alexę tak, że po powiedzeniu „Dobranoc" gasi ona wszystkie światła. Analogicznie, gdy powiemy „Dzień dobry" światła się zapalą. To bardzo prosta logika, jednak nie ma problemu, aby w swoim systemie zaimplementować po stronie Amazona bardziej zaawansowane rozwiązania.

Alexa łączy się bezpośrednio z ESP32 w układzie za pośrednictwem lokalnego serwera, więc nie potrzeba żadnej chmury innej firmy. Do budowy tego projektu potrzeba tylko inteligentnego głośnika Alexa i płytki do automatyki domowej z ESP32 i przekaźnikami. W przypadku, gdy nie mamy inteligentnego głośnika Alexa, można wykonać ten projekt za pomocą aplikacji amazon Alexa na smartfona, która jest dostępna zarówno na iOS, jak i Androida. Aplikacja ta na smartfona będzie działać tak samo, jak inteligentna praca głośnika Alexa.

Aby zaprojektować obwód i płytkę drukowaną, autor użył pakietu EasyEDA, który jest oprogramowaniem bazujacym na przeglądarce i idealnie nadaje się do projektowania tego rodzaju prostych płytek drukowanych. Projektowanie obwodu realizowane jest tak samo, jak w każdym innym narzędziu do tworzenia projektów elektronicznych – umieszcza się komponenty i łączy je ze sobą. Następnie przypisuje się obudowy do komponentów i projektuje układ ścieżek. Finalnie można zapisać swój projekt i wyeksportować go do plików Gerber.

Jeśli chodzi o oprogramowanie, to ESP32 flashowany jest w systemie poprzez płytkę rozwojową. Odpowiednie połączenia pokazano na schemacie w projekcie. Sam kod należy załadować jako szkic



Arduino IDE i skomplikować. Przed tym należy wprowadzić w skrypt kilka zmian, takich jak dodanie danych do połączenia z naszym kontem, Amazon Alexa, a także informacje o sieci Wi-Fi, do której podłączyć ma się ESP32.

https://bit.ly/3PP50p6

Robot Delta

Zaprezentowany projekt to prosty robot o architekturze Delta. Jego autorem jest użytkownik portalu Hackaday.io z Portugalii, który ukrywa się za nickiem Oliveira. Robot Delta to rodzaj robota równoległego, który składa się z trzech ramion połączonych przegubami uniwersalnymi u podstawy. Kluczową cechą projektu jest zastosowanie równoległoboków w ramionach, które utrzymują stałą orientację efektora końcowego.

Roboty Delta mają popularne zastosowanie w kompletacji i pakowaniu w fabrykach, ponieważ mogą być dość szybkie, niektóre wykonują do 300 pobrań elementów na minutę.

Autor tej konstrukcji nie prezentuje żadnych parametrów systemu, ale skąpy jego opis projektu na moment pisania artykułu sugeruje toczące się prace. Jak wskazuje sam Oliveira, projekt ma charakter eksperymentalny i służyć ma nauce.

https://hackaday.io/project/185973-delta-robot

StarPointer – urządzenie do monitorowania pozycji teleskopu astronomicznego

StarPointer to wirtualny „szukacz" elektroniczny do teleskopów astronomicznych. „Szukacz" to popularna nazwa urządzenia optycznego w postaci małej lunety/teleskopu, o dużo mniejszym powiększeniu, które pozwala na zgrubne wycelowanie teleskopu w interesujący nas obszar nieba. To urządzenie również pełni funkcję takiego celownika, jednak realizowane jest to w zupełnie inny sposób. Urządzenie to współpracuje z oprogramowaniem Stellarium i pomaga obserwatorowi identyfikować obiekty na niebie. StarPointer można podłączyć do teleskopu bez przeróbek i połączyć z komputerem poprzez port USB. Zawiera on kilka wbudowanych czujników do określenia

eprasa.pl 136c999a57

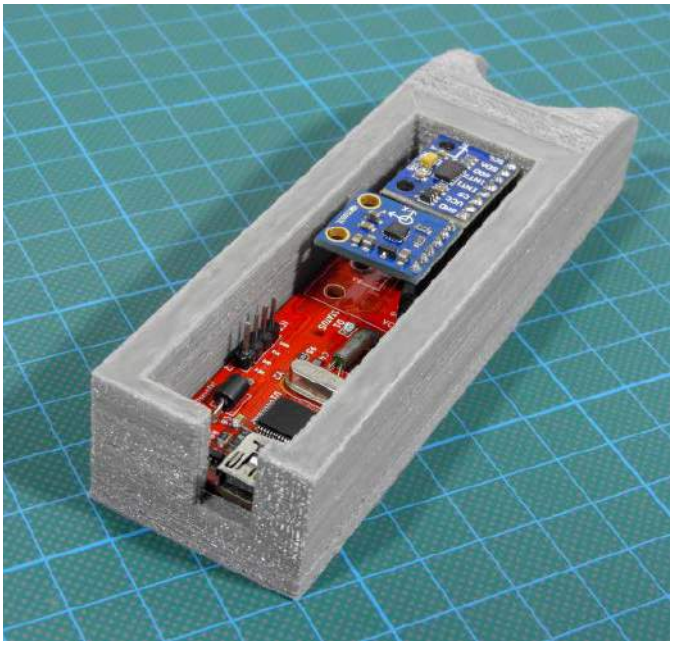
kąta i położenia całego układu. Po uzyskaniu tych informacji urządzenie oblicza współrzędne – RA (rektascensję) i DEC (deklinację) teleskopu i przesyła te dane do pakietu Stellarium.

StarPointer bazuje na mikrokontrolerze STM32F103C8, 3-osiowym akcelerometrze ADXL345 i 3-osiowym magnetometrze HMC5883L. Urządzenie komunikuje się z komputerem PC za pomocą wbudowanego interfejsu USB mikrokontrolera STM32F103C8. Firmware dla StarPointer został opracowany przy użyciu biblioteki LibOpenCM3 i zbudowany przy użyciu GNU ARM Embedded Toolchain.

StarPointer można podłączyć do dowolnego teleskopu astronomicznego czy lornetki, niezależnie od jego typu lub mocowania. Wystarczy w stabilny sposób, najlepiej równolegle do osi optycznej układu, zamocować go np. na korpusie. Po podłączeniu urządzenia użytkownik musi skalibrować system za pomocą oprogramowania konfiguracyjnego. To oprogramowanie pozwala StarPointerowi ustawić szerokość i długość geograficzną miejsca obserwacji, datę/godzinę w zegarze czasu rzeczywistego w układzie oraz przesunięcia RA i DEC dla montażu. Po wykonaniu powyższych czynności urządzenie jest gotowe do użycia ze Stellarium.

StarPointer został zaprojektowany do współpracy z wtyczką sterowania teleskopem Stellarium. Jego oprogramowanie zostało opracowane do pracy z protokołem komunikacyjnym Meade LX200 i nie są potrzebne żadne dodatkowe modyfikacje, aby Stellarium współpracowało z tym zestawem czujników.

Podczas montażu modułu czujnika autor zdecydowanie zaleca użycie oryginalnego mikrokontrolera STM32F103C8T6 do tego projektu.



Podczas etapów prototypowania znalazł on kilka podrobionych układów, które nie działają poprawnie z tym oprogramowaniem. Zgodnie z jego obserwacjami większość podrobionych mikrokontrolerów nie inicjalizuje poprawnie USB i zegara czasu rzeczywistego.

Na stronie z projektem oprócz samej elektroniki i oprogramowania zaprezentowana jest także obudowa z druku 3D. Jest do pobrania na tinkercad.com. Projekt można wydrukować w 3D przy użyciu tworzywa ABS lub PLA.

StarPointer to otwarty projekt sprzętowy. Wszystkie pliki projektowe, kody źródłowe oprogramowania/aplikacji oraz pliki schematów są dostępne do pobrania w repozytorium projektu na GitHubie. Pełna dokumentacja jest również dostępna w sekcji Wiki repozytorium GitHub.

https://bit.ly/3oEWXyU

MAXI030 – komputer DIY z procesorem MC68030

Zaprezentowan konstrukcja – MAXI030, to komputer pracujący z procesorem Motorola MC68030, którego autorem jest Lawrence Manning. Zaprezentował on swoją konstrukcję na portalu Hackaday.io. Podstawowe założenia tego komputera były następujące:

- procesor MC68030 z koprocesorem MC68882,
- układ FPGA jako logika łącząca poszczególne elementy, a także zaimplementowany kontroler pamięci i kontrolery interfejsów I/O,
- 512 k × 16 bitów wbudowanej w system, reprogramowalnej pamięci FLASH (2×SST39SF040 w obudowie PLCC32),
- dwa sloty 72-pinowe SIMM,

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

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

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

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

eprasa.pl 136c999a57

- 10 Mbit Ethernet (RTL8019AS),
- 2×RS232 w postaci gniazdek RJ45 (standard Cisco),
- interfejs dla klawiatury i myszy PS/2,
- interfejs IDE,
- zegar czasu rzeczywistego (DS13057) i sensor temperatury (LM75A) na szynie I²C,
- 4×16 bitów (16 MB) na porcie rozszerzeń w postaci 64-pinowego złącza DIN,
- system operacyjny Linux.

Logika łącząca układy jest przeznaczona głównie do obsług 32-bitowych szyn danych w układzie. Realizowana jest na układzie FPGA EPF10K130EQC240-1. Duża część portów i wyjść realizowana jest sprzętowo, za pomocą scalonych kontrolerów, dzięki czemu ich sterowanie nie obciąża układu programowalnego. Schemat układu zaprojektowany został w KiCADzie (w wersji 4), ale pliki w linkowanym repozytorium dostępne są w nowszym formacie programu (w wersji 6). Płytka drukowana ma cztery warstwy. Wymagania do wykonania PCB są dość duże. Stosowane są ścieżki o szerokości 6 milsów, z odstępami 6,5 milsa między nimi. Trzy ścieżki przechodzą między pinami rozmieszczonymi co 100 milsów w wielu miejscach.

Autor obecnie zaprojektował trzy karty rozszerzeń do omawianego systemu:

- TestSRAM – karta, która służy do debugowania. Ma dołączone dwie kości 512 kB SRAM wraz z pinami dołączonymi do szyny rozszerzeń. Pozwala na korzystanie z systemu bez podłączonej (i działającej) karty SIMM.
- Printer+Sticks – jest to dość prosta karta z MC68230 i kilkoma zatrzaskami, przeznaczona do podłączenia drukarki i joysticków. Płytka nie ma złącza DB25, zamiast tego drukarka podłączana jest przez standardowy adapter typu PC 2×13. Zatrzaski są wyprowadzone do portów dla joysticka (DB9) w formacie Atari.
- Wideo+dźwięk – zdecydowanie najciekawsza karta. Moduł graficzny został zaimplementowany w układzie Cyclone II FPGA z szybką 16-bitową pamięcią SRAM do przechowywania bufora ramek wideo. Ma również przetwornik cyfrowo-analogowy z wejściem I²S.

Więcej dokumentacji na temat tych kart będzie wkrótce dostępnych na stronie projektu. Na razie każdy katalog w repozytorium zawiera pliki schematów i PCB w formacie KiCAD, plus PDF schematu, BOM i renderowane gerbery użyte do produkcji kart.

Jeśli chodzi o system operacyjny, autor korzysta z forka Linuksa z początku 2022 roku, do którego autor wprowadził swoje modyfikacje. Przestrzeń użytkownika, której obecnie używa, bazuje na bardzo starej wersji Debiana, mimo że jądro jest prawie najnowsze, ponieważ uruchamianie najnowszych pakietów Debiana 68 k powoduje bardzo powolne działanie systemu. W obecnej formie system Linux może być używany poprzez UART oraz przez sieć. Dostępne są zarówno SSH, jak i telnet, przy czym SSH jest bardzo powolny – zgodnie z przewidywaniami. „Dostęp do konsoli przy użyciu portu PS/2 i karty graficznej jest w toku, chociaż w pewnym momencie udało się uruchomić miałem uruchomiony X (system okienkowy dla Linuksa), jednakże działało to dosyć powoli" – opisuje autor.

Dużym problemem, nad którym obecnie pracuje autor, jest prędkość działania komputera. Przy całej funkcjonalności włączonej w projekcie FPGA, obecnie nie jest on w stanie uruchomić płyty z maksymalną prędkością zainstalowanego 68030, czyli 40 MHz. W szczególności dodanie FIFO do kontrolera PS/2 powoduje, że system nie działa przy 40 MHz. FIFO wydają się wymagane podczas pracy w Linuksie, ponieważ jądro wyłącza przerwania w niektórych sytuacjach, co powoduje utratę danych.

Projekt jest jeszcze daleki od zakończenia. Płytka na ten moment ma kilka bardzo drobnych problemów:

- miejsce dla stabilizatora impulsowego pasuje do układu SW10S05 o prądzie wyjściowym 1 A, a element o prądzie 2 A już w to miejsce nie pasuje, ponieważ ma odwrotny pinout i wystaje poza PCB. Jednak w większości przypadków pobór prądu nie przekracza 500 mA,
- opis portów UART A i B na PCB jest nieprawidłowy,
- etykiety Włącz/Wyłącz na zworkach MMU/cache są również odwrócone.

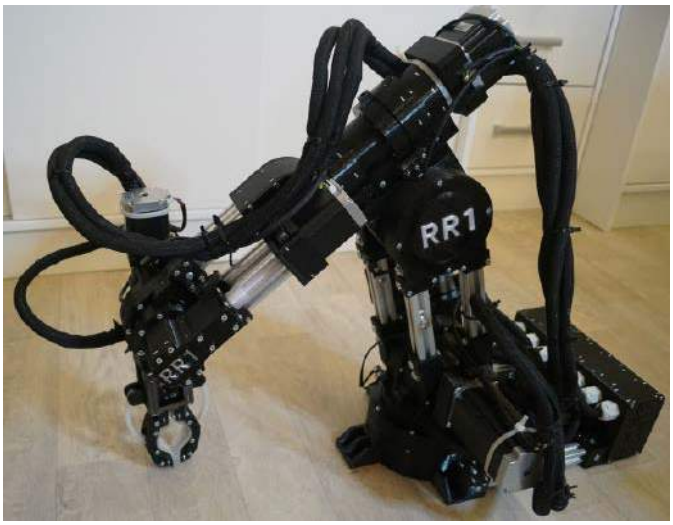
https://github.com/aslak3/MAXI030
https://bit.ly/3cNjO8S
https://hackaday.io/project/185961-maxi030

Real Robot One – biurkowe ramię robotyczne DIY

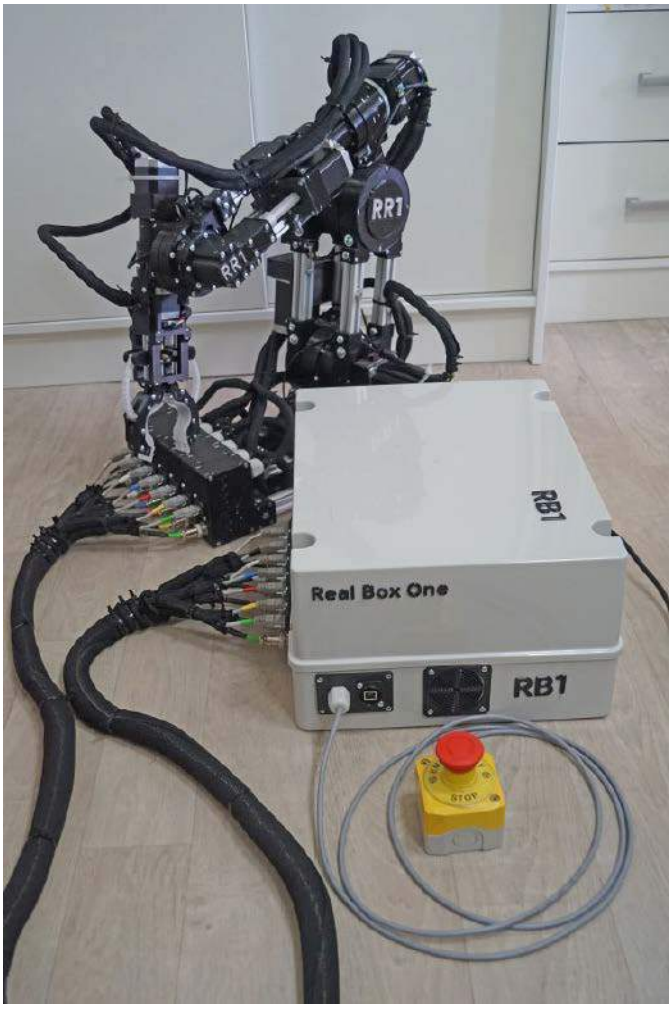
Real Robot One, czyli RR1, to robotyczne ramię dla hobbystów. Ogólny projekt jest zgodny z założeniem autora, który chciał produkować więcej takich robotów, tak aby możliwa była koordynacja wielu urządzeń w jednym systemie. Całość bazuje na założeniach Przemysłu 4.0 i ma umożliwić testowanie i naukę projektowania i programowania tego rodzaju systemów.

Sam robot jest trochę większy i mocniejszy niż zabawki, ale nie jest zbyt duży jak na robota przemysłowego. Nie jest też tak drogi, więc nie trzeba mieć budżetu na budowę fabryki, jeśli chce się mieć 10 takich robotów. Dzięki swoim niewielkim rozmiarom RR1 nie jest tak niebezpieczny jak roboty przemysłowe, które trzeba zamknąć z dala od ludzi. RR1 może być używany jako robot współpracujący.

Ramię RR1 ma 6 stopni swobody (6 przegubów + 1 na chwytak) i jest napędzane silnikami krokowymi. System działa we w pełni zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego, czyli każdy przegub ma swój enkoder i w każdej chwili znamy aktualne kąty wszystkich przegubów.



eprasa.pl 136c999a57



Ważną cechą, która odróżnia RR1 od innych podobnych projektów, jest to, że każdy przegub ma własny reduktor planetarny, wydrukowany na drukarce 3D. Robot składa się z dwóch części: samego ramienia RR1 oraz komputera sterującego, zwanego Real Box One, w skrócie RB1. Pozwala to na odseparowanie dużej ilości elektroniki od ramienia i wspiera budowę modułową.

Pierwszy prototyp już działa. Drugi prototyp jest w drodze, ponieważ podczas montażu i uruchamiania pierwszego ramienia autor zdobył ogromne doświadczenie, drugi prototyp ma dużo ulepszeń w wielu aspektach. Robot napędzany jest silnikami krokowymi, 4 dużymi (nema 23) i 3 małymi (nema 17). Dolny przegub główny napędzany jest największym dostępnym silnikiem krokowym nema 23 (112 mm długości) generującym 3 Nm połączonym z reduktorem 1:40, dzięki czemu teoretycznie generuje moment obrotowy równy 120 Nm w głównym przegubie.

Na stronie z projektem znaleźć można szereg filmików, prezentujących działanie systemu. Autor na bieżąco dodaje kolejne nagrania z dalszych testów pierwszego prototypu ramienia.

https://bit.ly/3OPPLuM

APPS – sensor pozycji pedału przyspieszenia

Zaprezentowane urządzenie to sensor pozycji, który mierzy stopień naciśnięcia pedału przyspieszenia i monitoruje w czasie rzeczywistym, czy dany pomiar jest poprawny. Tego rodzaju rozwiązanie, jest typowe w nowoczesnych samochodach ze sterowaniem elektronicznym. To, co wyróżnia ten projekt, to fakt, że pracuje w samochodzie wyścigowym, tworzonym przez PUT Motorsport. Twórcy systemu to zespół wyścigowy klasy Formula Student z siedzibą na Politechnice Poznańskiej. Zespół powstał w 2014 roku. Od początku swojej działalności skonstruował już 7 samochodów (pięć spalinowych i dwa elektryczne), które odniosły liczne sukcesy w międzynarodowych zawodach. Obecnie pracuje nad swoim trzecim pojazdem elektrycznym – PM08.

APPS ma być częścią najnowszej konstrukcji. Jest to element wymagany przez regulamin zawodów. Jego głównym celem jest analiza sygnałów pochodzących z dwóch potencjometrów zamontowanych wzdłuż pedału przyspieszenia i decydowanie, czy pomiary są wiarygodne, czy nie. Niewiarygodność sygnałów jest definiowana jako odchylenie o więcej niż dziesięć punktów procentowych skoku pedału między dwoma używanymi czujnikami. Z założenia sygnały APPS muszą mieć różne, nieprzecinające się funkcje przejścia. Dlatego autorzy zdecydowali się użyć dwóch potencjometrów z charakterystykami liniowymi, ale przesuniętymi przez dzielnik napięcia.

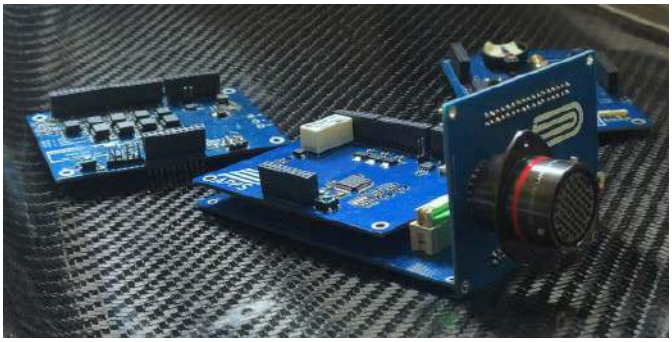
Główne funkcje zaprezentowanego modułu to:

- odczyt pozycji pedału,
- zasilanie czujnika,
- wbudowany interfejs CAN,
- interfejs pinów do front-boxa,
- wbudowany przekaźnik bezpieczeństwa.

Samochód wyścigowy zespołu korzysta z magistrali CAN do komunikacji z urządzeniami. APPS wysyła aktualną pozycję pedału

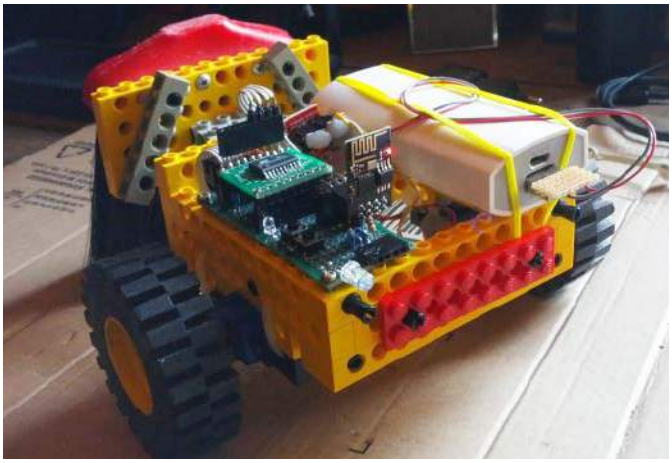
REKLAMA

eprasa.pl 136c999a57



przez tę szynę wraz z informacjami diagnostycznymi o ewentualnych błędach, które wystąpiły podczas jego działania. APPS jest częścią tak zwanego front-boxa – zestawu płytek drukowanych, który znajduje się z przodu samochodu, który omówiony został w innych materiałach zespołu (patrz linki poniżej), dlatego ten projekt musi być zgodny z pewnym pinoutem, który pozwala na łatwe debugowanie i połączenie go z innymi płytkami w systemie. Dzięki temu cały front-box zajmuje mało miejsca i jest łatwy do demontażu.

https://github.com/PUT-Motorsport/PUTM_EV_APPS_2022
https://putmotorsport.pl/
https://bit.ly/3cOSGWV



Ekspander portu szeregowego

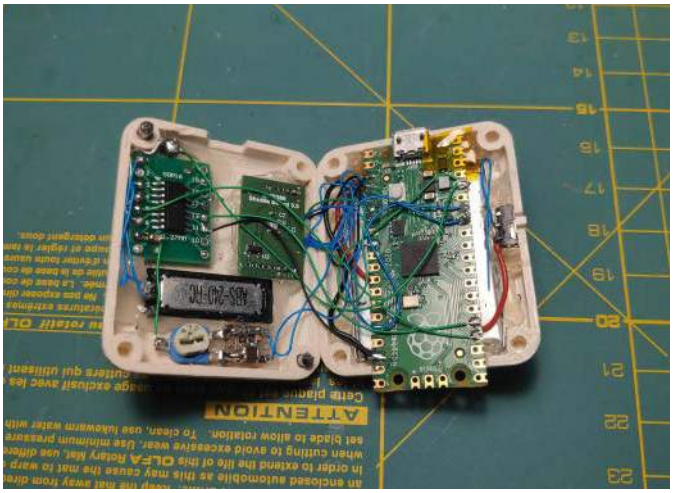
Celem tego projektu było opracowanie urządzenia, które pozwoli rozszerzyć możliwości wyjściowe modułu Wi-Fi ESP-01, który jest bardzo wydajny, ale dostępny tylko z kilkoma pinami. Można go również używać podłączonego (przez interfejs szeregowy USB 3,3 V) do komputera PC z ulubionym systemem operacyjnym i sterować wejściami/wyjściami za pomocą zwykłego terminalu szeregowego lub określonej aplikacji. Jeśli chodzi o sprzęt, to zastosowano mikrokontroler ATtiny2313 do obsługi I/O, który oprogramowany jest w C za pomocą KickStart IAR dla AVR. Autor udostępnia również testowy szkic Arduino dla ESP-01. Całe oprogramowanie jest otwarte i dostępne są źródła. „Moduł Wi-Fi ESP-01 był pierwszym, z którego korzystałem wiele, wiele lat temu. Został dostarczony z wersją oprogramowania układowego, która umożliwiała rozpoczęcie pracy za pomocą poleceń AT. Nie było jeszcze wersji Arduino, więc wszystkie wczesne eksperymenty bazowały na użyciu zewnętrznego mikrokontrolera, który pozwalał jedynie na podstawowe (i tanie) możliwości połączenia W-iFi modułu", pisze autor. „Teraz wszystko się zmieniło. Dzięki środowisku Arduino IDE możliwe jest tworzenie tylu aplikacji przy użyciu jedynie modułu ESP-01. Piękno Arduino polega na tym, że działa zarówno w systemie Windows, jak i Linux, co sprawia, że programowanie jest dostępne dla wszystkich entuzjastów. Jedynym minusem modułu ESP-01 są bardzo ograniczone linie I/O. Pomyślałem więc o zrobieniu własnego ekspandera I/O podłączonego do dwóch pinów portu szeregowego TX i RX".

Interfejs USB-Serial zastosowany w tym małym projekcie bazuje na PL2303 i ma tylko 4 wyprowadzenia. Autor zmodyfikował go, aby upewnić się, że na pinie VCC jest 5 V pochodzące z USB, a sygnały TXD i RXD mają 3,3 V. Z innymi interfejsami można zrobić to samo bez cięcia lub lutowania na PCB.

Na stronie projektu znaleźć można kompletny folder projektu, z plikiem źródłowym w C, a także z wsadem dla osób, które chcą tylko zaprogramować Flash bezpośrednio bez wprowadzania zmian.

Dodawanie poleceń do bieżących jest łatwe, wystarczy skopiować i wkleić jedno z już gotowych, zmodyfikować litery i operacje, aby wykonać odpowiednie czynności, a następnie przekompilować i przeprogramować układ z nową wersją oprogramowania. Obecne komendy są bardzo podstawowe, ale wystarczające, by wykorzystać praktycznie ten moduł.

https://hackaday.io/project/185944-serial-io-expander



Pi in the Sky – wysokościomierz z sygnalizacją akustyczną dla spadochroniarzy i paralotniarzy

Zaprezentowany projekt jest bardzo prostym, ale krytycznie potrzebnym urządzeniem w przypadku spadochroniarzy i paralotniarzy. Pełni on funkcję wysokościomierza, jednak z dosyć nietypowym, mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka, sposobem prezentacji pomiarów. Urządzenie to zostało opracowane przez bułgarskiego spadochroniarza Dymitra Dyakowa. Zatem powstało z rzeczywistej potrzeby i zostało, najpewniej, przetestowane w realnych warunkach.

Wysokościomierz używa do działania modułu Raspberry Pi Pico z barometrem BMP390 do pomiaru ciśnienia. Mikrokontroler mierzy ciśnienie i przelicza je na wysokość nad poziomem morza. Następnie, w odpowiednim momencie, sygnalizuje przekroczenie wysokości, np. otwarcia spadochronu. W tym celu zastosowano moduł z układem PAM8403, który integruje w sobie przetwornik cyfrowo-analogowy i wzmacniacz mocy. Jest on podłączony do kompaktowego głośnika systemu. Całość zasilana jest z malutkiej baterii litowo-polimerowej i zamknięta została w obudowie z druku 3D.

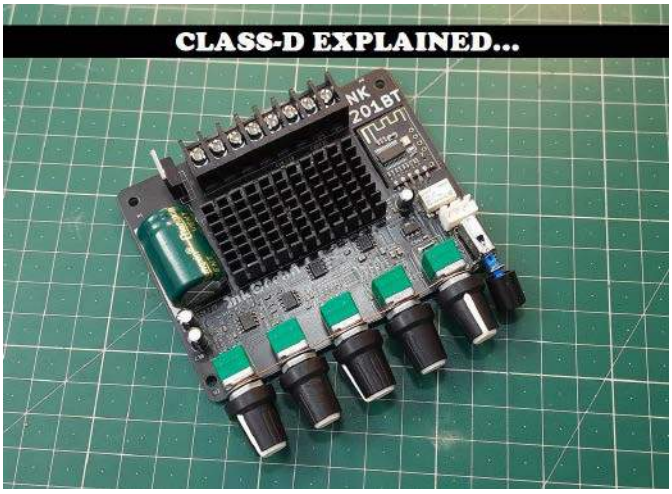
https://hackaday.io/project/185942-pi-in-the-sky

Wzmacniacz mocy w klasie D

Autor opisywanej konstrukcji ma już na swoim koncie kilka konstrukcji wzmacniaczy audio, ale były to systemy pracujące w klasie AB. Wzmacniacze te wymagają większej mocy, podwójnego zasilania i dużych prostowników i obwodów filtrujących zasilanie. Nie można zasilać tych urządzeń za pomocą pojedynczego zasilacza impulsowego, a konieczny jest najlepiej liniowy zasilacz z transformatorem z odczepem centralnym. Wszystko to sprawia, że są to konstrukcje problematyczne, szczególnie w przypadku większych mocy lub instalacji w samochodzie.

Dla autora główną motywacją do eksperymentów był jego samochodowy system audio. Aby zasilić wzmacniacz klasy AB w samochodzie,

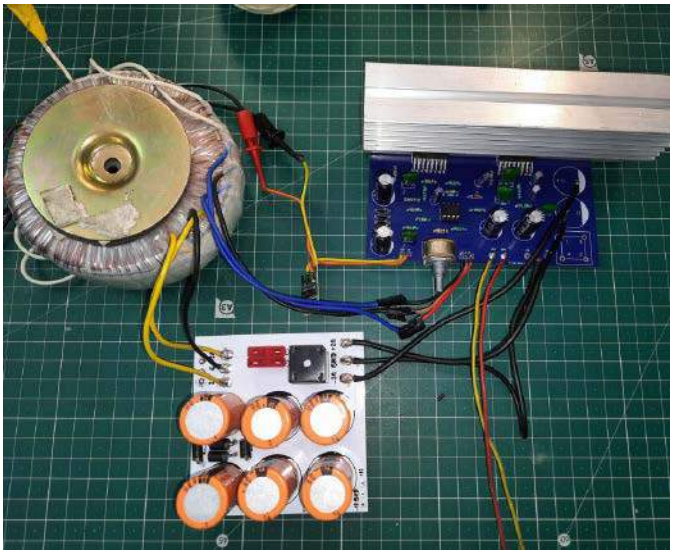
eprasa.pl 136c999a57



trzeba zastosować przetwornicę DC/DC dużej mocy, co może nawet podwoić koszt całego urządzenia. Dlatego też zdecydował się na zaprojektowanie platformy do rozwijania i testowania wzmacniaczy w klasie D. Wzmacniacz klasy D może pracować przy pojedynczym zasilaniu, nawet bezpośrednio z akumulatora samochodowego. Nie ma potrzeby stosowania żadnego skomplikowanego filtra ani prostownika. Zapewniają one sprawność 90% (w porównaniu do ok. 60% dla klasy AB). Mają dobrą jakość dźwięku. Z uwagi na wysoką sprawność nie wymagają stosowania dużego radiatora ani dodatkowego aktywnego chłodzenia. Dzięki temu systemy te mogą być bardzo kompaktowe.

Wzmacniacz klasy D na wejściu pobiera sygnał audio i konwertuje go na falę prostokątną o modulacji PWM (modulacja wypełnienia) o wysokiej amplitudzie i częstotliwości. Ta fala prostokątna jest generowana przez wewnętrzne oscylatory zgodnie z wejściowym dźwiękiem. Następnie sygnał steruje wyjściowymi tranzystorami i jest filtrowany przez zewnętrzny obwód LC, za którym już jest wzmocniony sygnał audio. Jak łatwo zauważyć, zasada działania takiego wzmacniacza nie jest szczególnie złożona.

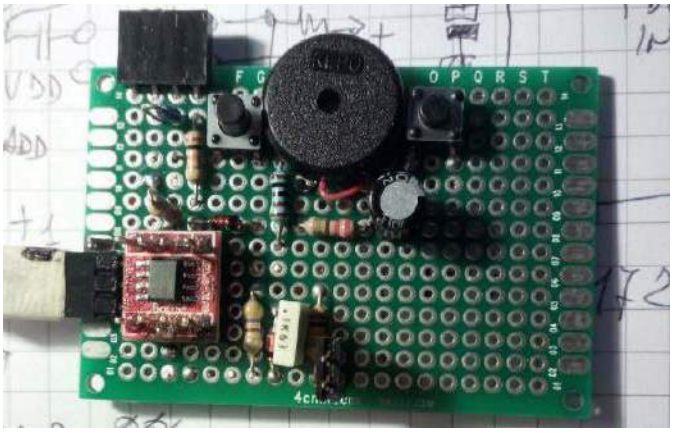
We wzmacniaczach klasy AB na stopniu wyjściowym stosuje się tranzystory bipolarne (BJT), które cały czas pracują w obszarze aktywnym i dają na wyjściu wzmocniony sygnał. Za nagrzewanie się (i spadek sprawności) odpowiada spadek napięcia na tranzystorze. W zależności od sygnału spadek napięcia może być równy od niemalże zera (nigdy nie dochodzi do zera i zależny jest od rodzaju użytych tranzystorów) do całej amplitudy napięcia zasilania. W przypadku wzmacniaczy klasy D na wyjściu używane są tranzystory polowe (MOSFET), które pracują jako klucze – z uwagi na modulację PWM, tranzystor wyjściowy może być albo włączony (płynie przez niego maksymalny prąd), albo wyłączony (prąd w ogóle nie



płynie). Dzięki temu straty są minimalizowane – rezystancja włączonego tranzystora jest naprawdę niewielka, więc straty (I^2R) są małe, a w przypadku wyłączonego tranzystora prąd jest równy zero, więc straty również są równe zero.

Ponieważ wyjście PWM ma wysoką częstotliwość, nie może być bezpośrednio połączone z głośnikiem. Dlatego dolnoprzepustowy filtr LC instalowany jest na wyjściu z układu, aby na głośnik podany był tylko sygnał o częstotliwościach akustycznych. Dzięki temu, że modulator PWM pracuje z wysoką częstotliwością, filtr ten nie wymaga dużych pojemności i indukcyjności i nawet mimo wysokiej mocy nie zajmuje wiele miejsca w systemie.

https://hackaday.io/project/185929-say-no-to-class-d-explained



AmI – Inteligentny kompozytor melodii

Angielską nazwę projektu (AmI – *a smart music composer*) można odczytać na dwa sposoby. Pierwszy z nich to „Czy jestem mądrym kompozytorem muzyki?" (odpowiedź brzmi: nie), a drugi to „Sztuczna inteligencja muzyczna – mądry kompozytor muzyczny". Celem tego projektu jest przetestowanie algorytmu zdolnego do losowego generowania muzyki. Można to łatwo zrobić za pomocą komputera PC, używając jego ogromnych zasobów sprzętowych i programowych, ale autor chciał to zrobić za pomocą bardzo małego układu – mikrokontrolera STM8S001J, używając własnego oprogramowania, napisanego w języku C.

Projekt oprogramowania jest podzielony na dwie części: pierwsza to „odtwarzacz", który po prostu odtwarza melodię zapisaną w pamięci mikrokontrolera, druga to algorytm generujący tę melodię w sposób losowy, ale ograniczony pewnymi zasadami. Schemat układu odtwarzającego melodię można pobrać w formacie PDF z strony z projektem. Układ jest bardzo prosty i można go łatwo zbudować nawet na płytce prototypowej. Brzęczyk piezoelektryczny ma niski poziom głośności, ale można pobrać sygnał audio ze złącza J2 i przesłać go do wzmacniacza. W module wbudowano minimalistyczny modulator obwiedni ADSR (*Attack-Decay-Sustain-Release*), aby dźwięk brzmiał naturalniej, nie jak generowany przez komputer buzzer. Melodia jest przechowywana w pamięci mikrokontrolera jako nuty i czas ich trwania w pamięci FLASH. Czas trwania każdej nuty jest wyrażony w krokach co 50 ms. Nuta „0" to pauza.

Sztuczna inteligencja muzyczna, zawarta w tym systemie, to maszyna, która próbuje samodzielnie wytwarzać akceptowalną muzykę lub melodię. Przede wszystkim implementuje generator liczb losowych – to serce algorytmu i symuluje ten „magiczny" element losowości. Następnie zaimplementowano pewne reguły, które będą wybierane losowo i używane do generowania sekwencji nut i pauz. Wreszcie najważniejszy element systemu uczenia maszynowego – informacja zwrotna. Maszyna potrzebuje informacji, aby się uczyć. Sprzężenie zwrotne w tym przypadku jest dostarczane przez człowieka, który słucha muzyki i informuje system za pomocą dwóch przycisków, czy melodia była fajna, czy nie.

http://ficara.altervista.org/

https://hackaday.io/project/185920-ami-a-smart-music-composer

eprasa.pl 136c999a57

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5945

Podstawowe parametry:

- służy do pomiaru liczby obrotów związanego z nim elementu mechanicznego,
- obsługuje sensor w postaci enkodera mechanicznego lub w postaci dwóch transoptorów szczelinowych i odpowiednio przygotowanej tarczy obrotowej,
- zakres pomiarowy wynosi 0...9999 obrotów,
- napięcie zasilania wynosi 4...9 V,
- prąd obciążenia to 7 mA (bez uwzględnienia prądu obciążenia podłączonych transoptorów).

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

AVT1824 Programowany licznik zdarzeń (EP 8/2014)
AVT1750 Licznik impulsów (EP 8/2013)
AVT3188 Licznik impulsów (zdarzeń)
AVT1810 Uniwersalny licznik z LCD

* 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

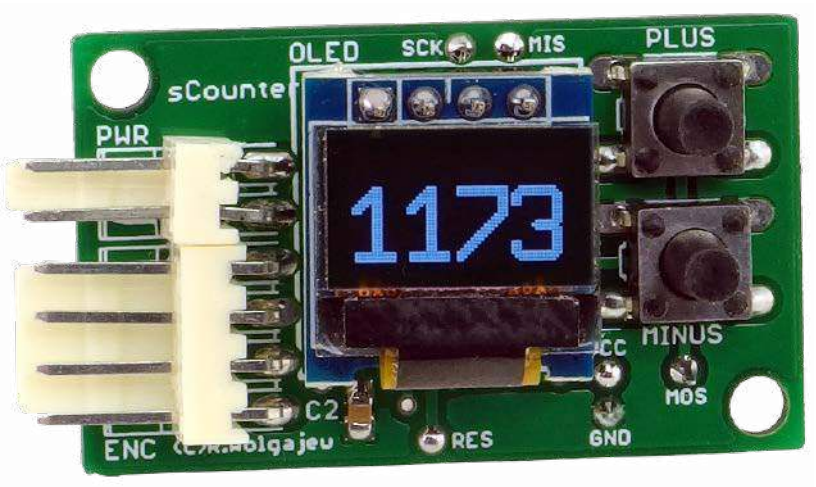
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

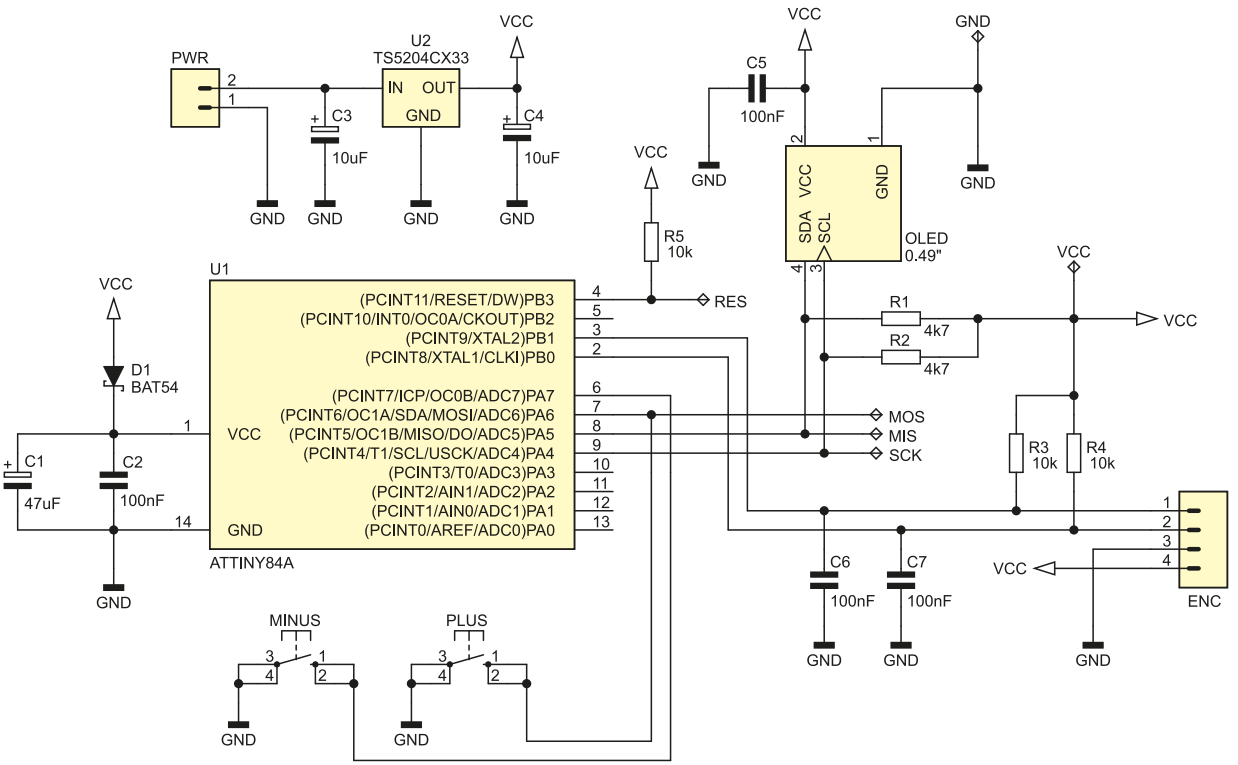
W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

sCounter

Historia powstania tego projektu jest dość osobliwa. Otóż, jakiś czas temu napisał do mnie jeden z Czytelników naszego miesięcznika, który jest jednocześnie sympatykiem starej, dobrej techniki audio. Poprosił o pomoc w znalezieniu rozwiązania problemu konstrukcyjnego, jakim było zastąpienie mechanicznego licznika obrotów w starym magnetofonie szpulowym licznikiem elektronicznym. Specjalnie na potrzeby takiego zastosowania powstał zaprezentowany układ.



Wygląda na to, że dawne magnetofony szpulowe, a zwłaszcza kasetowe przechodzą w tej chwili renesans. Widać to dość dobrze po liczbie ofert na popularnych portalach aukcyjnych. Cena takich urządzeń w ostatnim roku znacznie wzrosła. Okazuje się, że jest naprawdę dość spora grupa sympatyków tego rodzaju sprzętu, z których część poddaje go modernizacjom wymuszonym



Rysunek 1. Schemat ideowy licznika sCounter

eprasa.pl 136c999a57

Listing 1. Plik nagłówkowy programowej implementacji magistrali I²C

```
#define I²C_BUS_FREQ 100000

#define SDA_PORT_REG PORTA
#define SDA_PIN_REG PINA
#define SDA_DDR_REG DDRA
#define SDA_PORT_NR PA5

#define SCL_PORT_REG PORTA
#define SCL_PIN_REG PINA
#define SCL_DDR_REG DDRA
#define SCL_PORT_NR PA4

#define SDA_AS_OUTPUT SDA_DDR_REG |= (1<<SDA_PORT_NR)
#define SDA_AS_INPUT SDA_DDR_REG &= ~(1<<SDA_PORT_NR)
#define SDA_HIGH SDA_PORT_REG |= (1<<SDA_PORT_NR)
#define SDA_LOW SDA_PORT_REG &= ~(1<<SDA_PORT_NR)
#define SDA_IS_LOW (!(SDA_PIN_REG & (1<<SDA_PORT_NR)))
#define SCL_AS_OUTPUT SCL_DDR_REG |= (1<<SCL_PORT_NR)
#define SCL_AS_INPUT SCL_DDR_REG &= ~(1<<SCL_PORT_NR)
#define SCL_HIGH SCL_PORT_REG |= (1<<SCL_PORT_NR)
#define SCL_LOW SCL_PORT_REG &= ~(1<<SCL_PORT_NR)
#define SCL_IS_LOW (!(SCL_PIN_REG & (1<<SCL_PORT_NR)))

#define WAITSTATE (500000UL/I²C_BUS_FREQ)

#define NACK 0
#define ACK 1
```

Listing 2. Funkcja inicjująca porty magistrali I²C

```
void i2cInit(void){
    //Porty SDA i SCL, jako wyjściowe
    //ze stanem wysokim
    SDA_HIGH;
    SCL_HIGH;
    SDA_AS_OUTPUT;
    SCL_AS_OUTPUT;
}
```

Listing 3. Funkcja odpowiedzialna za wygenerowanie sygnału Start magistrali I²C.

```
void i2cStart(void){
    //Wysyłamy sygnał START:
    //SDA z 1 na 0, w czasie gdy SCL=1
    SDA_LOW;
    _delay_us(WAITSTATE);
    //SCL z 1 na 0 – przygotowanie do transmisji
    SCL_LOW;
    _delay_us(WAITSTATE);
}
```

Listing 4. Funkcja odpowiedzialna za wygenerowanie sygnału Stop magistrali I²C

```
void i2cStop(void){
    SDA_LOW;
    SCL_HIGH;
    _delay_us(WAITSTATE);
    SDA_HIGH;
    _delay_us(WAITSTATE);
}
```

Listing 5. Funkcja odpowiedzialna za wysłanie bajta przy użyciu magistrali I²C

```
uint8_t i2cWriteByte(uint8_t Byte){
    uint8_t Ack;

    for(uint8_t i=0; i<8; ++i){
        if(Byte & 0x80) SDA_HIGH; else SDA_LOW;
        Byte <<= 1;
        SCL_HIGH;  //Slave zatrzaskuje bieżący bit
        SCL_AS_INPUT;
        //Sprawdzamy, czy Slave
        // nie przedłuża sygnału zegarowego
        while(SCL_IS_LOW);
        SCL_AS_OUTPUT;
        _delay_us(WAITSTATE);
        SCL_LOW;
        _delay_us(WAITSTATE);
    }

    //Odczytujemy bit potwierdzenia z układu Slave
    SDA_HIGH;
    SDA_AS_INPUT;
    SCL_HIGH;
    SCL_AS_INPUT;
    //Sprawdzamy, czy Slave
    // nie przedłuża sygnału zegarowego
    while(SCL_IS_LOW);
    SCL_AS_OUTPUT;
    _delay_us(WAITSTATE);
    //Odczytujemy bit potwierdzenia układu Slave
    Ack = (SDA_PIN_REG & (1<<SDA_PORT_NR))>>SDA_PORT_NR;
    SCL_LOW;
    _delay_us(WAITSTATE);
    SDA_AS_OUTPUT;

    return Ack;
}
```

niesprawnością lub chęcią ulepszenia urządzenia. Zachęcony tym wyzwaniem postanowiłem zbudować bardzo proste i zarazem niewielkie urządzenie, które będzie można zaadaptować do wspomnianych celów, a jednocześnie będzie na tyle uniwersalne, że może znaleźć zastosowanie w innych urządzeniach, jak dla przykładu nawijarka cewek, zliczanie osób wchodzących/wychodzących z pomieszczenia, zliczanie przedmiotów na taśmie transmisyjnej i tym podobne. Mowa o uniwersalnym liczniku obrotów nazwanym przeze mnie sCounter.

Budowa i działanie

Schemat ideowy układu został pokazany na **rysunku 1**. Zbudowano bardzo prosty, wręcz banalny, system mikroprocesorowy, który jest sterowany niewielkim mikrokontrolerem firmy Microchip (dawniej Atmel) o oznaczeniu ATtiny84A. Zawiera on wewnętrzny oscylator RC o częstotliwości 1 MHz, który w tej aplikacji jest źródłem taktowania. Mikrokontroler jest odpowiedzialny za realizację całej, założonej funkcjonalności – realizuje 3 podstawowe zadania:

- obsługuje niewielki wyświetlacz OLED o organizacji 64×32 piksele i przekątnej 0,49 cala, sterowany dzięki programowej realizacji interfejsu I²C;
- obsługuje 2 przyciski funkcyjne PLUS i MINUS, wykorzystując do tego wbudowany układ czasowo-licznikowy Timer1 – dzięki czemu obsługa tych przycisków nie wstrzymuje programu obsługi aplikacji i umożliwia rozróżnienie krótkiego i długiego przyciśnięcia;
- obsługuje sensor licznika obrotów w postaci enkodera mechanicznego lub dwóch transoptorów szczelinowych i odpowiednio przygotowanej tarczy obrotowej.

Użycie tak niewielkiego wyświetlacza OLED wynikało z potrzeby minimalizacji wymiarów zewnętrznych licznika, bo o czym wspomniano na wstępie, ma on docelowo zastępować rozwiązania mechaniczne. Oczywiście, by zliczanie obrotów stało się w ogóle możliwe, użytkownik musi przygotować odpowiednie rozwiązanie w zakresie mechaniki, co sprowadza się do tego, że wałek napędowy, którego obroty chcemy zliczać, należy sprzęgnąć z enkoderem mechanicznym lub, co zdecydowanie bardziej polecane (z uwagi na bezawaryjność i trwałość konstrukcji), należy wyposażyć w tarczę obrotową ze szczelinami i dwa czujniki szczelinowe umieszczone jeden obok drugiego, które umożliwią zarówno zliczanie obrotów, jak i rozróżnienie kierunku obrotów.

Uważny Czytelnik zapewne zastanowi się, dlaczego zastosowano programową realizację interfejsu I²C, skoro mikrokontroler ATtiny84A wyposażono w uniwersalny interfejs szeregowy USI (*Universal Serial Interface*). Niestety sprzęg USI nie zapewnia całkowicie sprzętowego wsparcia medium transmisyjnego I²C, przez co, w moim przekonaniu, programowa implementacja jest w pełni uzasadniona i na dodatek prostsza. Po drugie, w przypadku programowego wsparcia interfejsu I²C do wyboru mamy dowolne piny mikrokontrolera, co ułatwia zaprojektowanie obwodu drukowanego urządzenia. Z tych właśnie powodów zdecydowałem się zaimplementować sprzęg I²C na drodze czysto programowej. Inną sprawą jest fakt, że tego typu implementacja jest bardzo prosta, gdyż wspomniane medium transmisyjne jest dobrze udokumentowane i proste w swoich założeniach. Co istotne, nie będę w tym miejscu opisywał wszystkich, szczegółowych cech standardu, gdyż łatwo znaleźć stosowne informacje w sieci, a skupię się jedynie na mojej autorskiej implementacji programowej.

Na początek plik nagłówkowy implementacji definiujący wszystkie niezbędne cechy sprzętowe, którego zawartość pokazano na **listingu 1**. Na **listingu 2** pokazano z kolei prostą funkcję inicjującą porty magistrali I²C, której zadaniem jest ustawienie stanów spoczynkowych. Dalej, dwie podstawowe funkcje standardu I²C generujące sygnał Start i Stop, których kod został pokazany na **listingu 3** i **listingu 4**. Dalej, na **listingu 5** i **listingu 6** pokazano kolejne dwie proste funkcje umożliwiające wysłanie i odebranie bajta na magistrali I²C. Funkcja wysyłająca, jako rezultat swojego działania, zwraca wartość

eprasa.pl 136c999a57

bitu potwierdzenia po stronie odbiornika danych (w tym przypadku układu Slave), zaś funkcja pozwalająca na odbiór bajta przyjmuje jako argument wywołania wartość bitu potwierdzenia po stronie odbiornika danych (w tym przypadku układu Master). Co ciekawe, obie funkcje obsługują mechanizm *clock stretching*, czyli możliwość chwilowego wstrzymywania komunikacji przez układ Slave w czasie, gdy nie jest on w stanie przesyłać kolejnych danych. Tyle w kwestiach implementacyjnych. Prawda że proste? Wróćmy zatem do naszego urządzenia, jakim jest projekt sCounter.

Uważny Czytelnik zauważy pewną nietypową implementację w zakresie zasilania samego kontrolera, która angażuje diodę Schottky'ego D1 oraz kondensator elektrolityczny C1. Czemu ma służyć takie rozwiązanie? Jak wiemy, nasz licznik ma zastępować mechaniczne liczniki tego typu, w związku z czym musi on pamiętać wskazania po zaniku zasilania. Jak tego dokonać? Najprościej jest dokonywać każdorazowego zapisu zmiany jego wartości do pamięci EEPROM mikrokontrolera, jednak tego typu rozwiązanie ma poważną wadę. Producent mikrokontrolera deklaruje, że trwałość pamięci EEPROM wynosi w dużym przybliżeniu 100 tysięcy cykli zapisu, z czego wynika, że dość szybko wyczerpalibyśmy dostępne możliwości. Jak rozwiązałem ten temat? Zdecydowałem się na zapis wartości licznika przy zaniku zasilania, stąd niezbędny układ separacji i podtrzymania zasilania mikrokontrolera w postaci wspomnianych dwóch elementów. W celu detekcji momentu wyłączenia zasilania zastosowano wbudowany w mikrokontroler przetwornik ADC pracujący w trybie Free Running, monitorujący kilka tysięcy razy na sekundę napięcie zasilające mikrokontroler (po zaniku zasilania dioda D1 zapewnia separację zasilania mikrokontrolera od reszty urządzenia, a kondensator C1 zapewnia odpowiedni czas podtrzymania zasilania).

Co ciekawe, na pierwszy rzut oka nie wydaje się, by nasz sterownik w jakikolwiek sposób używał przetwornika ADC, gdyż żaden z kanałów wejściowych nie jest prze niego używany w tym celu. To prawda, patrząc na schemat układu i nie mając do dyspozycji listingu programu, można by wysnuć taki wniosek. Jest jednak zgoła inaczej. Nasz przetwornik ADC mierzy specjalne, wewnętrzne napięcie V_{BG}=1,1 V (wartość dla mikrokontrolera ATtiny84A) dzięki temu, że wewnętrzny, analogowy multiplekser przetwornika może zostać właśnie w ten sposób ustawiony. Napięciem odniesienia jest z kolei napięcie zasilające mikrokontroler, czyli napięcie dostarczane na wyprowadzenie VCC. Spadek tego napięcia, podczas wyłączania zasilania, powoduje wzrost wartości wyniku przetwarzania według wzoru jak niżej (korzystamy z 8-bitowej rozdzielczości przetwornika):

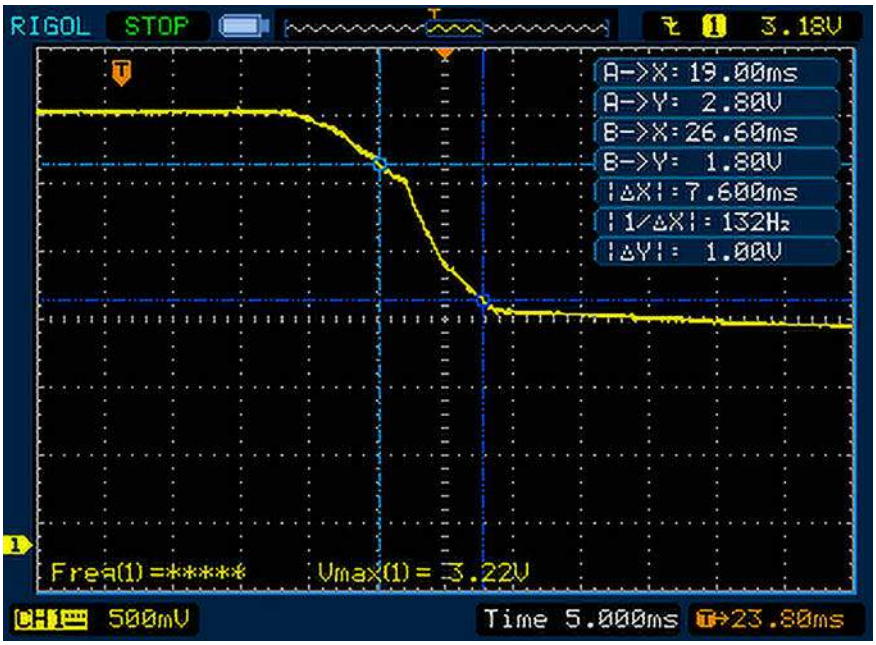
$V_{ADC}=(V_{BG}\times 256)/VCC$

Procedura obsługi przerwania przetwornika ADC sprawdza każdorazowo, czy nie został przekroczony zdefiniowany wcześniej próg obliczeniowy, a jeśli ma to miejsce, to inicjuje proces zapisywania wartości licznika do wbudowanej pamięci EEPROM, po czym czeka, aż napięcie zasilania spadnie do poziomu resetowania mikrokontrolera, które dokonywane jest przez uruchomiony wcześniej układ BOD (typowo przy wartości 1,8 V). Wspomniany próg zadziałania mechanizmu zapisu ustawiono na wartość 2,8 V, co oznacza, że czas opadania napięcia zasilającego od wartości 2,8 V do wartości 1,8 V jest czasem, w którym mikrokontroler musi przeprowadzić zapis wartości licznika – wyłącznie 4 bajty danych.

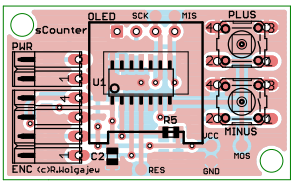
Listing 6. Funkcja odpowiedzialna za odbiór bajta przy użyciu magistrali I²C.

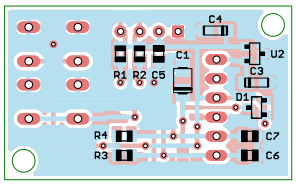
```
uint8_t i2cReadByte(uint8_t Ack){
    uint8_t Byte = 0;

    SDA_AS_INPUT;
    SDA_HIGH;

    for(uint8_t i=0; i<8; ++i){
        Byte <<= 1;
        SCL_HIGH;
        SCL_AS_INPUT;
        //Sprawdzamy, czy Slave
        //nie przedłuża sygnału zegarowego
        while(SCL_IS_LOW);
        SCL_AS_OUTPUT;
        _delay_us(WAITSTATE);
        //Odczytujemy bieżący bit wystawiony
        //przez układ Slave
        if(!SDA_IS_LOW) Byte++;
        SCL_LOW;
        _delay_us(WAITSTATE);
    }

    //Transmitujemy 9-ty bit Ack
    SDA_AS_OUTPUT;
    if(Ack) SDA_LOW; else SDA_HIGH;
    //Slave zatrzaskuje bit potwierdzenia
    SCL_HIGH;
    SCL_AS_INPUT;
    //Sprawdzamy, czy Slave
    //nie przedłuża sygnału zegarowego
    while(SCL_IS_LOW);
    SCL_AS_OUTPUT;
    _delay_us(WAITSTATE);
    SCL_LOW;
    _delay_us(WAITSTATE);

    return Byte;
}
```

Jak pokazały testy praktyczne, zastosowanie wspomnianego wcześniej rozwiązania sprzętowego (dioda D1 i kondensator C1) i mechanizmów programowych zapewnia 100% skuteczność zapisu danych z bardzo dużym marginesem czasowym. Na **rysunku 2** pokazano wykres zależności napięcia



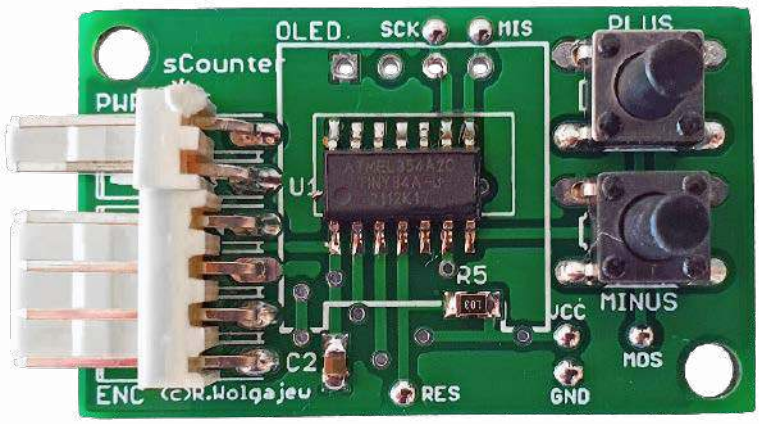
Rysunek 2. Wykres zależności napięcia zasilania mikrokontrolera w funkcji czasu podczas wyłączania urządzenia



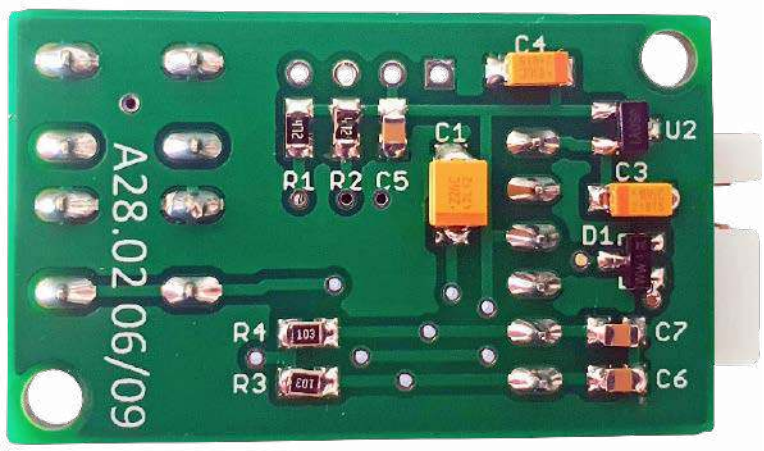


Rysunek 3. Schemat montażowy licznika sCounter

eprasa.pl 136c999a57



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



Fotografia 2. Zmontowane urządzenie sCounter od strony BOTTOM

zasilania mikrokontrolera w funkcji czasu podczas wyłączania urządzenia. Jak widać, dla prototypowego kondensatora C1 o wartości 22 µF (docelowo zmienionego na 47 µF) osiągnięto dostępny czas zapisu na poziomie 7,6 ms, co prawie dwukrotnie przekracza niezbędny czas na zapis pamięci EEPROM mikrokontrolera (4 ms). To tyle, jeśli chodzi o szczegóły natury programistycznej, przejdźmy zatem do schematu montażowego.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy został pokazany na **rysunku 3**. Zaprojektowano bardzo małą dwustronną płytkę drukowaną z przewagą elementów do montażu powierzchniowego SMD montowanych po obu stronach obwodu drukowanego. Montaż urządzenia rozpoczynamy od warstwy BOTTOM, gdzie przylutowujemy wszystkie elementy bierne oraz półprzewodniki. Następnie przechodzimy na warstwę TOP, gdzie w pierwszej kolejności przylutowujemy mikrokontroler, następnie elementy bierne, dalej wyświetlacz OLED, posiłkując się złączem goldpin, a na samym końcu montujemy złącza ENC i PWR oraz przyciski funkcyjne PLUS i MINUS.

Poprawnie zmontowany układ nie wymaga żadnej regulacji i powinien działać po włączeniu zasilania. Na **fotografii 1** pokazano zmontowane urządzenie (od strony TOP) przed przylutowaniem wyświetlacza OLED, zaś na **fotografii 2** pokazano to samo urządzenie od strony BOTTOM. Warto również wspomnieć, że w przypadku użycia transoptorów szczelinowych jako czujników obrotu nie należy montować elementów R3, R4 oraz C6 i C7. Są one niezbędne wyłącznie w przypadku enkodera mechanicznego.

Ostatnim etapem uruchamiania urządzenia jest podłączenie do złącza ENC odpowiedniego sensora. W przypadku enkodera mechanicznego korzystamy z 3 wyprowadzeń złącza ENC: sygnałowych oznaczonych jako 1 i 2 oraz masy oznaczonej numerem 3. W przypadku czujników szczelinowych korzystamy dodatkowo z wyprowadzenia numer 4, które dostarcza napięcia zasilania tym czujnikom. Oczywiście wyjście każdego z czujników podłączamy do innego złącza sygnałowego (1 lub 2). Na koniec ustawiamy parametry konfiguracyjne, korzystając z menu urządzenia.

Ustawienia Fusebitów:
CKSEL3...0: 0010
SUT1...0: 10
CKDIV8: 0
CKOUT: 1
DWEN: 1
EESAVE: 0
BODLEVEL2...0: 110

Obsługa urządzenia

Układ standardowo służy do pomiaru liczby obrotów związanego z nim elementu mechanicznego (za pomocą odpowiedniego sensora), w związku z czym podstawowym trybem pracy urządzenia jest wyświetlanie liczby obrotów. Niemniej jednak z uwagi na to, że jest to rozwiązanie dość uniwersalne, przewidziano stosowne menu konfiguracyjne, za pomocą którego ustawiamy parametry sprzętowe podłączonego czujnika, jak też inne wartości konfiguracyjne. Menu konfiguracyjne urządzenia sCounter pokazano na **rysunku 4**. Jak widać, ustawiamy następujące parametry:

- Digits – liczba cyfr, jakie wyświetla licznik obrotów (3 lub 4),
- Pulses – liczba impulsów podłączonego czujnika na jeden obrót wału,
- Slope – rodzaj zbocza, które generuje zliczanie impulsów (rosnące, opadające).

Dodatkowa pozycja tego menu niepodlegająca regulacji to pozycja Test. Umożliwia ona poprawne, wzajemne ustawienie podłączonych czujników szczelinowych, tak aby każdy z nich w danym położeniu wystawiał na wyjście inny stan logiczny. Oczekiwane wartości to: LH lub HL. Jest to konieczne dla poprawnego zliczania i detekcji kierunku obrotów przez 2 czujniki szczelinowe położone

Rysunek 4. Menu konfiguracyjne urządzenia sCounter

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

Rezystory: (SMD0805)
R1, R2: 4,7 kΩ
R3...R5: 10 kΩ

Kondensatory:
C1: tantalowy 47 µF/10 V (SMD B/3528)
C2, C5...C7: 100 nF ceramiczny X7R (SMD0805)
C3, C4: 10 µF/10 V tantalowy (SMD A/3216)

Półprzewodniki:
U1: ATtiny84A (SOIC14)
U2: TS5204CX33 (SOT23)
D1: BAT54 (SOT23)
OLED: wyświetlacz OLED 64×32 px, 0,49", I²C, 15×16 mm

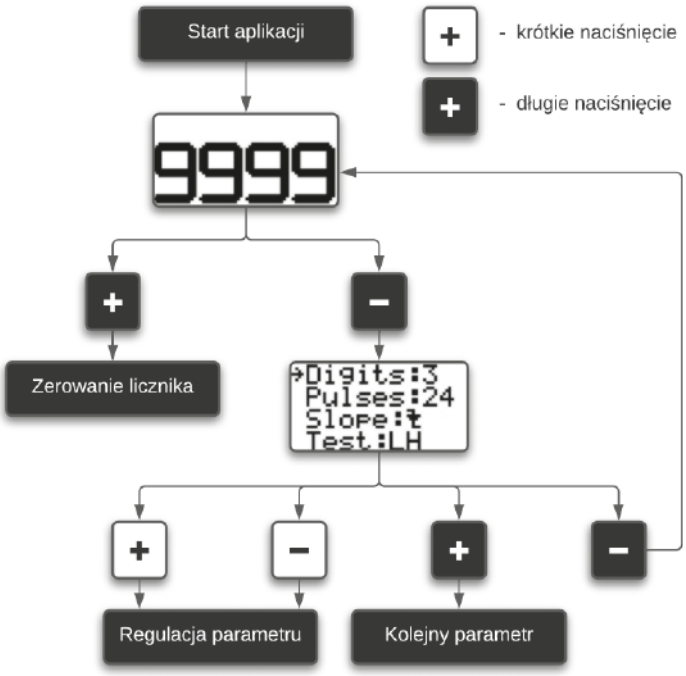
Pozostałe:
PWR: gniazdo męskie kątowe 2 piny (NSL25-2W)
ENC: gniazdo męskie kątowe 4 piny (NSL25-4W)
MINUS, PLUS: microswitch TACT wysokość 6 mm

eprasa.pl 136c999a57

obok siebie i obsługiwane przez to samo koło szczelinowe. Niezbędna może okazać się modyfikacja standardowego koła szczelinowego i jego odpowiednie położenie w stosunku do czujników szczelinowych, co należy dobrać na drodze eksperymentalnej. Sposób obsługi urządzenia sCounter i znaczenie poszczególnych przycisków funkcyjnych pokazano na **rysunku 5**.

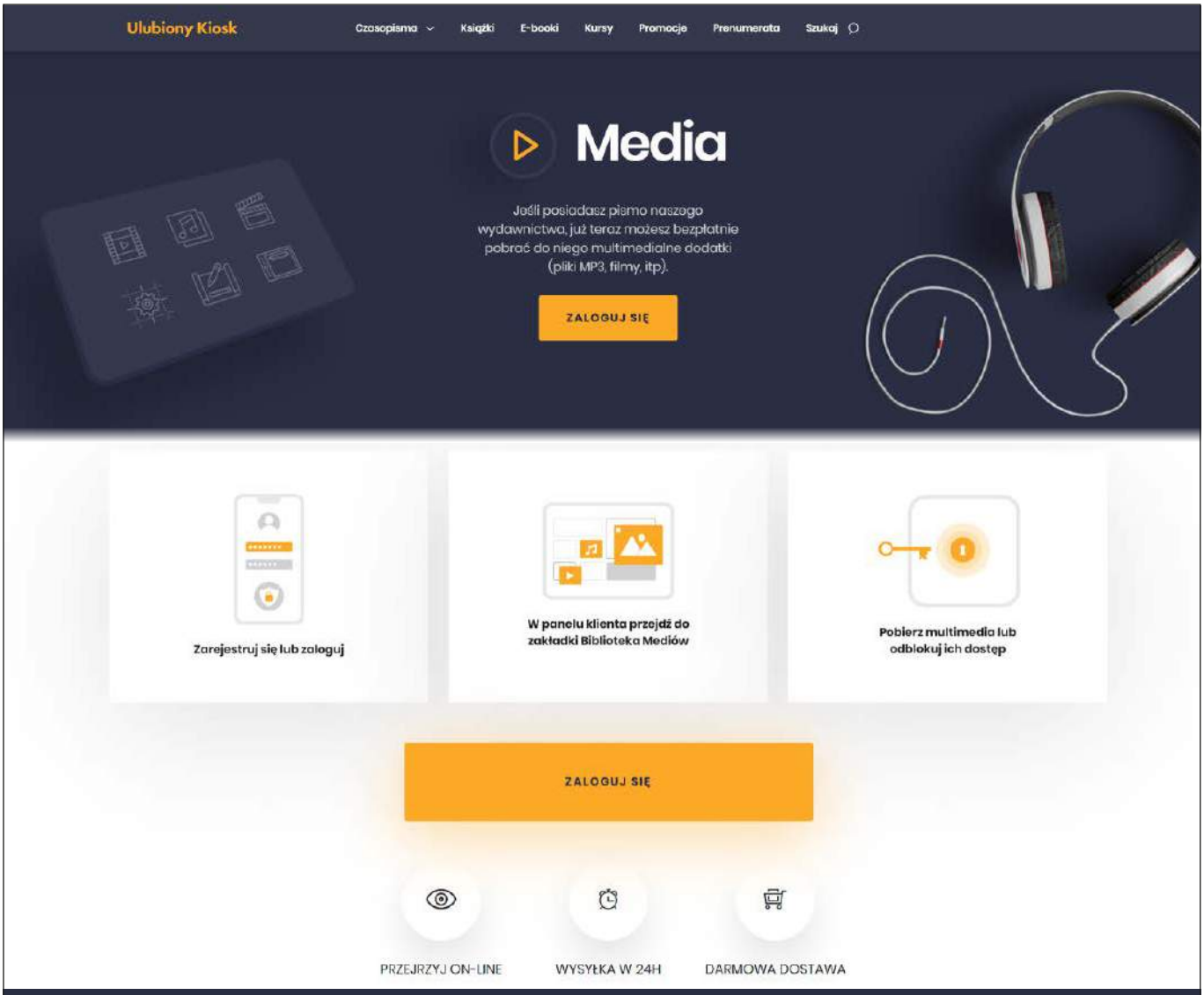
Wyjście z systemu menu powoduje zapamiętanie wszystkich parametrów konfiguracyjnych w nieulotnej pamięci EEPROM mikrokontrolera. Warto również podkreślić, że podczas normalnej pracy licznika wprowadziłem bardzo efektowny efekt animacji przypominający swoim działaniem pracę starych liczników mechanicznych, gdzie zmianie znaku towarzyszyło przesunięcie się jednego znaku w górę lub w dół i wskoczenie na jego miejsce znaku kolejnego (w przypadku liczników były to oczywiście cyfry). Muszę przyznać, że wygląda to nadspodziewanie efektownie.

Robert Wołgajew, EP



Rysunek 5. Sposób obsługi urządzenia sCounter

REKLAMA



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

eprasa.pl 136c999a57

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5949

Podstawowe parametry:

- pomiar temperatury w zakresie –40...+125°C,
- wyświetlanie wyniku z rozdzielczością 0,1°C w zakresie –9,9...99,9°C oraz 1°C poza nim,
- trzycyfrowy, czytelny wyświetlacz LED,
- załączanie wyświetlacza po dotknięciu odpowiedniego pola,
- regulowany czas załączenia: od 50 ms do 2 s,
- możliwość kalibracji wskazań,
- pobór prądu około 0,2 µA w stanie spoczynku i do 35 mA podczas wyświetlania,
- zasilanie napięciem stałym 1,8...4 V,
- wbudowane gniazdo baterii CR2032.

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

AVT5892	Energooszczędny termometr z kalibracją (EP 10/2021)
AVT5635	Bezprzewodowy, energooszczędny system pomiaru temperatury (EP 8–9/2018)
AVT5623	4-kanałowy termometr z interfejsem Wi-Fi (EP 4/2018)
AVT5566	THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT5535	Termometr 2-kanałowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
AVT5518	Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)
AVT1863	Termometr z interfejsem Bluetooth (EP 8/2015)
AVT1790	Termometr XXL (EP 2/2014)
AVT5489	8-kanałowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT1734	Termometr do wędzarni (EP 4/2013)
AVT5373	Tlogger – rejestrator temperatury (EP 12/2012)
AVT1705	Moduł do pomiaru temperatury z interfejsem RS485 (EP 9/2012)
AVT1697	Wielogabarytowy termometr LED (EP 8/2012)
AVT5389	4-kanałowy termometr z wyświetlaczem LED (EP 5/1012)
AVT5330	Termometr PC (EP 2/2012)
AVT5301	Wskaźnik komfortu cieplnego z wbudowanym kalendarzem sezonowym (EP 7/2011)
AVT1582	Domowy termometr RGB (EP 8/2010)
AVT5230	Rejestrator temperatury z interfejsem USB (EP 4/2010)
AVT5205	System pomiaru temperatury z termoparą typu K (EP 10/2009)
AVT5117	Termometr USB (EP 11/2007)

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

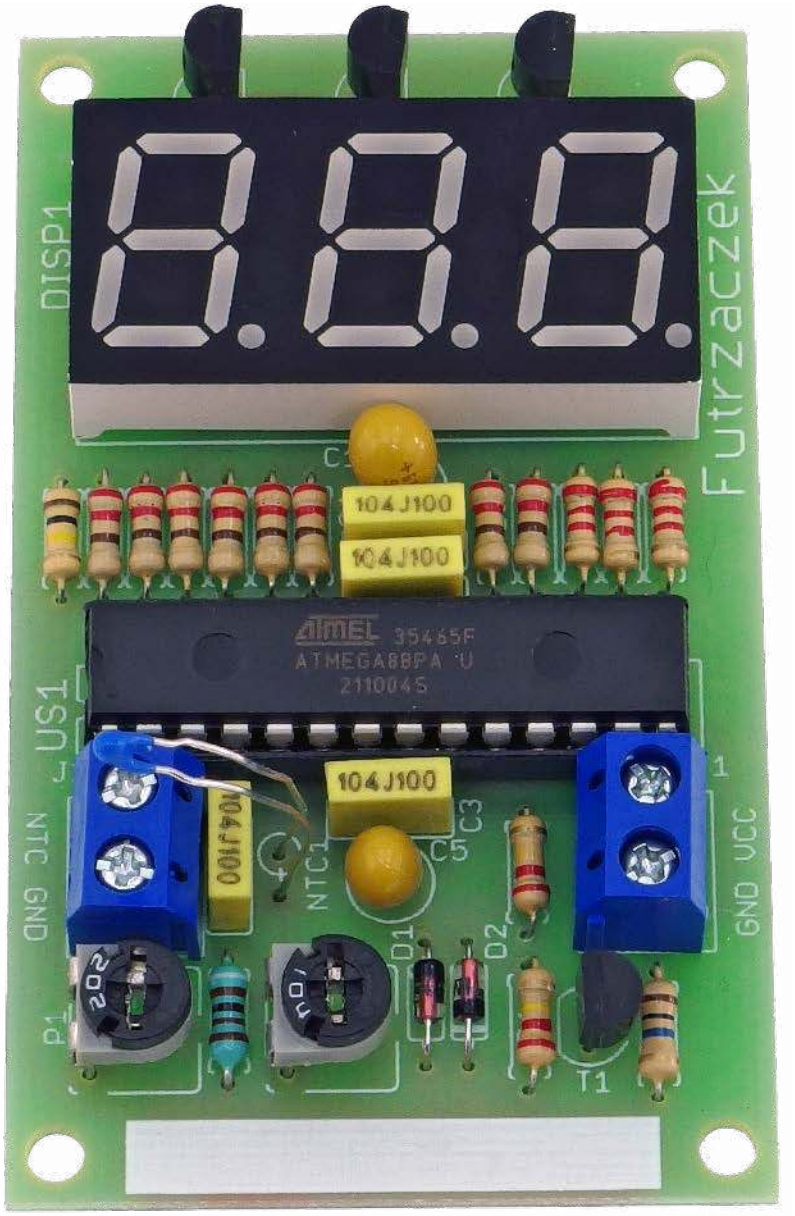
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Energooszczędny termometr LED

Termometry pobierające niewiele energii z reguły mają wyświetlacz LCD, który jest nieczytelny w słabym oświetleniu. Z kolei te z wyświetlaczem LED pobierają znaczny prąd, więc nie nadają się do zasilania z baterii. Ten projekt godzi ze sobą oba przeciwstawne światy: zużywa znikomą ilość energii z baterii oraz ma czytelny ekran do prezentacji wyniku pomiaru.



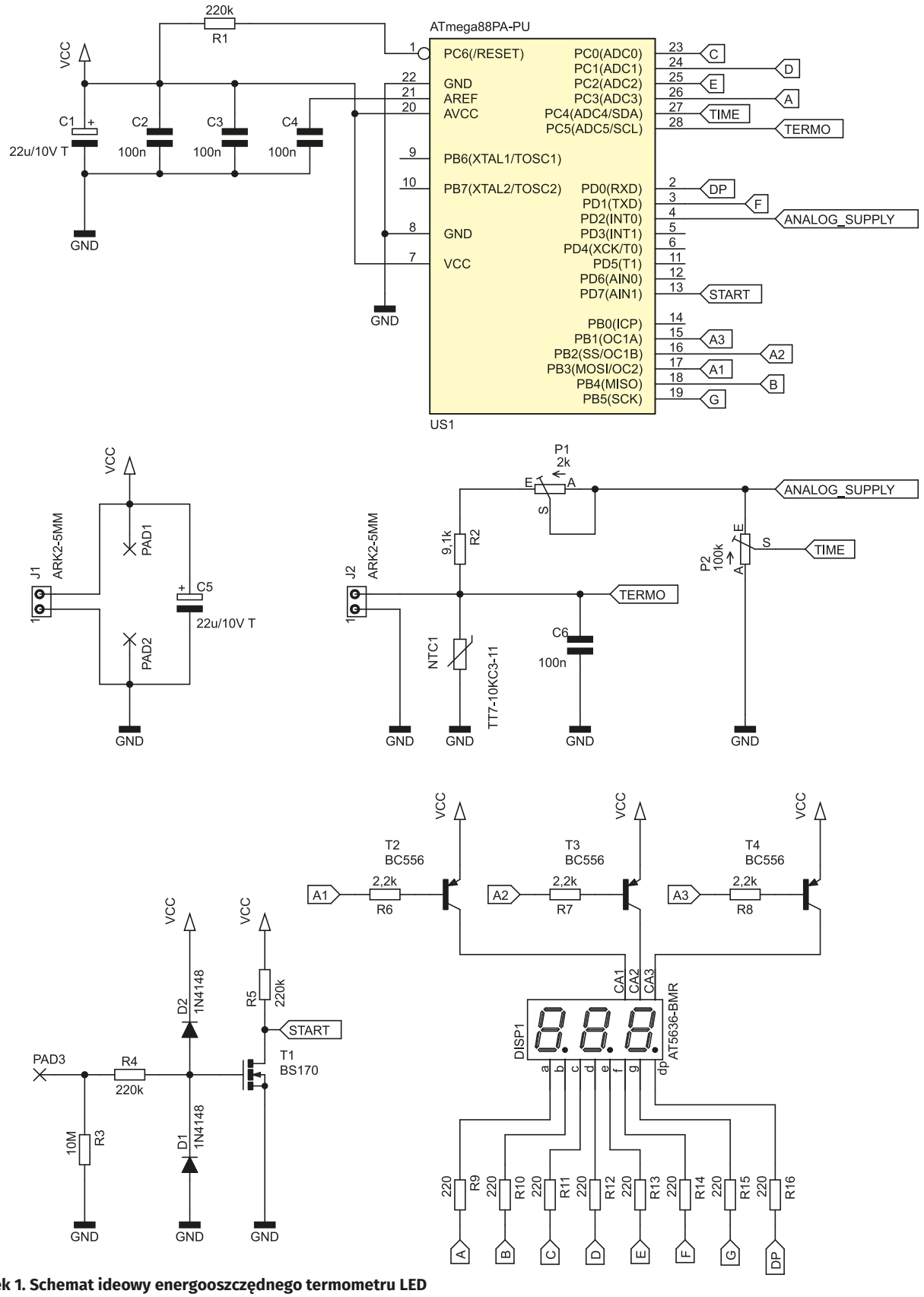
Termometry mogą mieć różne wcielenia, lecz większość dostępnych na rynku produktów jest albo energooszczędna, albo czytelna. Pierwsza grupa urządzeń zazwyczaj ma wbudowany siedmiosegmentowy wyświetlacz ciekłokrystaliczny, a druga grupa ma wyświetlacz LED lub nawet OLED. Ale co w sytuacji, gdy musimy dysponować układem, który jednocześnie pobiera mało energii i dysponuje czytelnym ekranem do prezentacji wyniku? Wtedy zaczynają się przysłowiowe schody.

W zaprezentowanym układzie zastosowano jedną z prostych, acz wygodnych w eksploatacji sztuczek: wyświetlacz włącza się po zbliżeniu ręki do odpowiedniego pola, będącego w rzeczywistości anteną. Po wyświetleniu aktualnego wyniku pomiaru cyfry gasną i układ wraca do stanu uśpienia. Brak fizycznego przycisku, którym zwiera styki, umożliwia hermetyczne i estetyczne obudowanie układu.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Głównym podzespołem, sterujacym jego pracą, jest mikrokontroler

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 1. Schemat ideowy energooszczędnego termometru LED

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

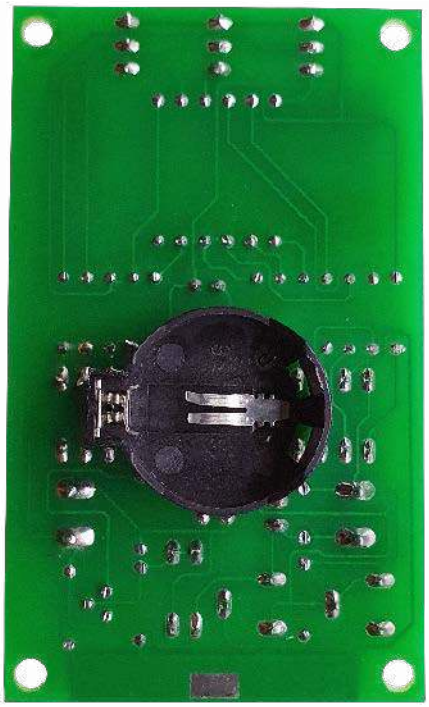
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1, R4, R5: 220 kΩ
R2: 9,1 kΩ
R3: 10 MΩ
R6...R8: 2,2 kΩ
R9...R16: 220 Ω
P1: 2 kΩ montażowy leżący
P2: 100 kΩ montażowy leżący

Kondensatory:
C1, C5: 22 µF 10 V raster 2,54 mm tantalowy
C2...C4, C6: 100 nF raster 5 mm MKT

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N4148
DISP1: LED-AT5636BMR
T1: BS170
T2...T4: BC556
US1: ATmega88PA-PU (DIP28)

Pozostałe:
J1, J2: ARK2/500
NTC1: TT7-10KC3-11 (opis w tekście)
jedna podstawka DIP28 wąska
koszyk baterii CR2032 THT leżący (KOSZYK BAT 6)

eprasa.pl 136c999a57



Fotografia 1. Szczegóły montażu koszyka na baterię CR2032

typu ATmega88PA-PU z 8-bitowym rdzeniem AVR. Ma wystarczającą liczbę konfigurowalnych wyprowadzeń, więc nie zachodzi potrzeba stosowania dodatkowych układów pośredniczących.

Mikrokontroler przez większość czasu znajduje się w stanie uśpienia, z którego wybudza go przerwanie od zmiany stanu na wyprowadzeniu PD7. Nie realizuje zadań krytycznych czasowo, wobec czego częstotliwość zegara jest stabilizowana przez wbudowany układ oscylatora RC. Rezystor R1 podciąga wejście zerujące do dodatniego potencjału zasilania, co zmniejsza ryzyko samoczynnego zerowania się układu spowodowanego ładunkami elektrostatycznymi.

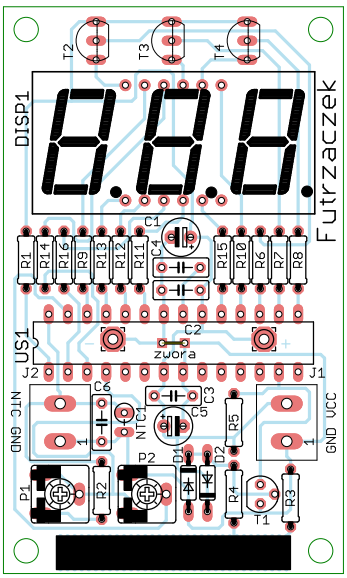
Pomiar temperatury odbywa się poprzez pomiar spadku napięcia na zaciskach termistora NTC1. Element ten jest włączony jako jeden z rezystorów dzielnika oporowego. Drugim elementem tego dzielnika są, połączone szeregowo, rezystor R2 i potencjometr P1. Ustawienie P1 w połowie daje rezystancję wypadkową zbliżoną do 10 kΩ, natomiast zmiana położenia ślizgacza P1 umożliwia skalibrowanie układu – uwzględniając, na przykład, rozrzut rezystancji R2 i tolerancję samego termistora. Kondensator C6 wstępnie filtruje uzyskane napięcie i zawęża tym samym pasmo szumowe. Mikrokontroler wprowadza dodatkowe uśrednianie, co zostanie wyjaśnione dalej.

Drugim parametrem wejściowym dla układu jest czas załączenia wyświetlacza LED po wybudzeniu mikrokontrolera. Ustawia się to potencjometrem P2, włączonym do układu jako dzielnik napięcia zasilającego. A dokładniej – napięcia pochodzącego z wyjścia PD2. Im wyższe napięcie między masą a ślizgaczem P2, tym dłużej będzie się świecił wyświetlacz. Na czas pomiaru temperatury i czasu załączenia wyświetlacza załączane jest zasilanie części analogowej. Kiedy wyprowadzenie PD2 przyjmuje stan wysoki, jego potencjał niemal zrównuje się z napięciem zasilającym układ. Po wystawieniu logicznego „zera" ta część układu przestaje pobierać jakikolwiek prąd. To sprzyja energooszczędności, na której nam w tym układzie zależy.

Napięcie zasilające układ powinno wynosić około 3 V. Jego źródłem może być zarówno bateria CR2032, na którą zostało przewidziane miejsce na płytce drukowanej, jak i zewnętrzny zasilacz lub komplet bardziej pojemnych baterii, na przykład w rozmiarze AA. W układzie zastosowano kondensatory foliowe (MKT) i tantalowe, aby zmniejszyć prąd upływu elementów odsprzęgających zasilanie i jeszcze bardziej zredukować natężenie pobieranego przez układ prądu.

Wejście wyzwalające pomiar jest odseparowane od mikrokontrolera za pośrednictwem tranzystora unipolarnego T1. Zbliżenie palca do wyprowadzenia PAD3 wywołuje nagłą zmianę jego potencjału, spowodowaną cho ciażby wpływem zewnętrznego pola elektromagnetycznego, jak również zgromadzonymi na powierzchni naszego ciała ładunkami elektrostatycznymi. To powoduje chwilowe podniesienie potencjału bramki T1 względem potencjału jego źródła, co otwiera T1 i powoduje pojawienie się zbocza opadającego na wejściu PD7. Aby zabezpieczyć izolator podbramkowy tranzystora T1 przed zniszczeniem, zostały dodane diody D1 i D2, które ograniczają dopuszczalny potencjał bramki względem jego źródła. Rezystor R4 ogranicza prąd tych diod i spowalnia przeładowywanie pojemności wejściowej układu, dając tym diodom czas na reakcję.

Całość jest uzupełniona przez trzycyfrowy, siedmiosegmentowy wyświetlacz LED. Anody poszczególnych cyfr są załączane przez tranzystory bipolarne typu BC556, zaś



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

katody segmentów są zasilane wprost z wyjść mikrokontrolera. Rezystory 220 Ω, ograniczające prąd segmentów, wymuszają przepływ prądu o natężeniu około 7 mA. W ten sposób świecą się one dostatecznie jasno, a pobór prądu przez układ nie jest w tym czasie zbyt wysoki.

Montaż i uruchomienie

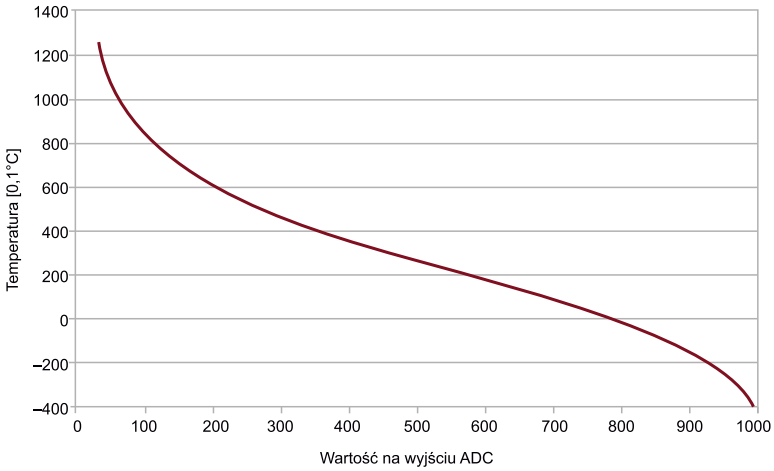
Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 45×75 mm, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów, diod i jednej zworki z cienkiego drutu, której miejsce jest pod układem US1. Pod mikrokontroler proponuję zastosować podstawkę, aby ułatwić jego programowanie oraz wymianę w razie uszkodzenia.

Zmontowany układ można zobaczyć na fotografii tytułowej. Koszyk na baterię CR2032 należy wlutować od drugiej strony płytki, po zakończeniu montażu wszystkich innych

REKLAMA

eprasa.pl 136c999a57

Rysunek 3. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających



Rysunek 4. Przebieg zależności temperatury w funkcji wartości wyjściowej przetwornika A/C

podzespołów i upewnieniu się co do poprawności ich przylutowania. Służą do tego dwa pola lutownicze, oznaczone symbolami „+" i „–". Koszyk należy włożyć w otwory w tych polach, po czym cienkim grotem, prowadzonym równolegle do powierzchni laminatu, należy przylutować jego wyprowadzenia do pól miedzi. Są one w pewnym oddaleniu od krawędzi koszyka, ale można to zrobić bez uszkodzenia tworzywa sztucznego. Koszyk po przylutowaniu wygląda jak na **fotografii 1**.

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

```
Low Fuse = 0xE2
High Fuse = 0xDF
```

Szczegóły są widoczne na **rysunku 3**, który zawiera widok okna konfiguracji bitów z programu BitBurner. W ten sposób zostanie wyłączony dzielnik częstotliwości wbudowanego generatora sygnału zegarowego. Nie będzie załączony obwód BOD, ponieważ jego bezustanna praca pochłania dodatkowe, cenne mikroampery.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po podłączeniu zasilania do zacisków złącza J1 lub włożeniu baterii typu CR2032 do koszyka. Napięcie zasilające, o ile będzie pochodziło z zewnętrznego zasilacza, nie powinno przekraczać wartości 4 V i na pewno powinno być dobrze filtrowane, a najlepiej stabilizowane. Układ był projektowany do współpracy z napięciem o wartości około 3 V i w tych warunkach zmierzono pobór prądu: około 200 nA w stanie uśpienia i do 35 mA po wybudzeniu, w zależności od aktualnej zawartości wyświetlacza. Minimalnym napięciem, przy którym układ działa, jest 1,8 V – wynika to z dokumentacji użytego mikrokontrolera.

Jednorazowe zbliżenie palca do pola PAD3 (oraz połączonego z nim polem miedzi) powoduje wybudzenie mikrokontrolera, wykonanie 5 pomiarów temperatury w odstępach 1 ms i uśrednienie wyników. Następnie zmierzona wartość jest konwertowana na gotową do wyświetlenia postać i załącza się wyświetlacz. Potem układ sprawdza, jaki czas świecenia ekranu został ustawiony i po jego upływie wraca do stanu uśpienia. Kolejne wybudzenie to kolejny pomiar, wyniki nie są zapamiętywane ani odświeżane w trakcie świecenia. Czas świecenia może wynosić od około 50 ms do około 2 s.

Dla uzyskania jak najlepszej dokładności układ można skalibrować poprzez przekręcenie ślizgacza potencjometru P1. Jeżeli dokładność wskazań nie jest krytyczna, można zostawić P1 ustawiony w połowie. Użyty w prototypie czujnik ma trzy charakterystyczne cechy: rezystancję R25 wynoszącą 10 kΩ, stałą B=3977 K i tolerancję 1%. Można użyć innego czujnika, ale jego nominalna rezystancja i stała B muszą być takie same – w przeciwnym razie wyniki będą konwertowane na niewłaściwą temperaturę.

Dla dociekliwych

Pomiar temperatury został zrealizowany przy użyciu termistora NTC, ponieważ może działać bardzo szybko – nie wymaga czasu na konwersję jak cyfrowy DS18B20 – oraz ma szeroką tolerancję napięcia zasilającego. Został włączony jako dzielnik napięcia zasilającego. Rodzi to jednak pewien problem. Otóż jego charakterystyka zależności rezystancji w funkcji temperatury jest silnie nieliniowa, a dokładniej: wykładnicza. Jeżeli do tego dołoży się zakrzywienie wynikające z funkcji opisującej działanie dzielnika napięciowego, w którym aktualna rezystancja czujnika znajduje się zarówno w mianowniku ułamka, jak i w jego liczniku, to uzyskany twór może silnie odbiegać od jakiejkolwiek znanej i prostej funkcji.

Na **rysunku 4** znajduje się wykres temperatury czujnika w funkcji wartości na wyjściu 10-bitowego przetwornika ADC. Jak uzyskano ten wykres? Czujnik o stałej materiałowej B wynoszącej 3977 K i nominalnej rezystancji R25=10 kΩ będzie miał określoną rezystancję w danych temperaturach, co można obliczyć. Te wartości rezystancji zostały przeliczone na wartości zmierzone przetwornikiem analogowo-cyfrowym przy założeniu, że „górny" rezystor dzielnika napięcia ma rezystancję 10 kΩ. Ten wykres umożliwia odtworzenie aktualnej temperatury na podstawie wyniku pomiaru.

Jak jednak opisać matematycznie taki twór i to z odpowiednio dużą dokładnością? Użyto wielomianu, którego współczynniki zostały dobrane metodą najmniejszych kwadratów. Okazało się, że sensowne odwzorowanie (odchyłka poniżej 0,5°C) zapewnia wielomian stopnia... 15. Oto on:

```
y=
4,13391442063126E-40 · x^15
+3,39622652463852E-37 · x^14
–1,093413325268E-32 · x^13
+3,20090227096586E-29 · x^12
–3,71652843111709E-26 · x^11
+1,29479188429878E-23 · x^10
+4,32751133804944E-21 · x^9
+1,25412176023941E-17 · x^8
–3,59327944845412E-14 · x^7
+3,58076429844174E-11 · x^6
–1,99046057179117E-8 · x^5
+6,87145833865221E-6 · x^4
–0,00151805740016192 · x^3
+0,215379935581082 · x^2
–20,4663074304033 · x^1
+1736,25120148175
```

Rodzi się pytanie: w jaki sposób zmusić tak prosty mikrokontroler do wykonywania takich obliczeń, o takiej dokładności? Redukcja dokładności współczynników bardzo wpływa na wynik, więc precyzję trzeba bezwzględnie zachować. Na szczęście ATmega88 ma 8 kilobajtów pamięci Flash, więc wyniki zostały obliczone w komputerowym arkuszu kalkulacyjnym, a następnie zapisane w postaci tablicy. Tablica zawiera 1024 elementy o adresach od 0 do 1023, co odpowiada wartościom na wyjściu ADC. Wartości w tej tablicy mają postać liczb całkowitych, a na każdą zostało zarezerwowane 16 bitów. Uzyskany program jest więc o 2 kilobajty większy, za to konwersja wyniku na temperaturę odbywa się w zaledwie kilku taktach zegara prostego mikrokontrolera.

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl 136c999a57

W ofercie AVT*

AVT5947

Podstawowe parametry:

- sygnalizacja przekroczenia zadanego progu natężenia prądu,
- wykrywanie prądu niezależnie od kierunku przepływu,
- maksymalne natężenie prądu: 5 A (z możliwością zwiększenia),
- pełna izolacja galwaniczna od mierzonego obwodu,
- nowoczesny czujnik wprowadzający minimalne straty mocy w mierzonym obwodzie,
- wyjście typu otwarty kolektor,
- zasilanie napięciem stałym 8...20 V.

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

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

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

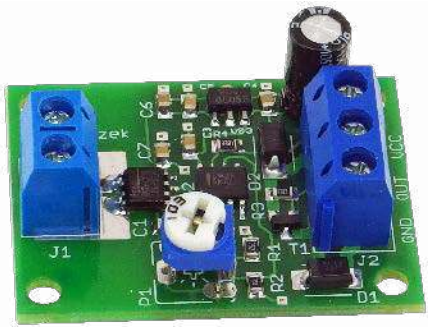
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

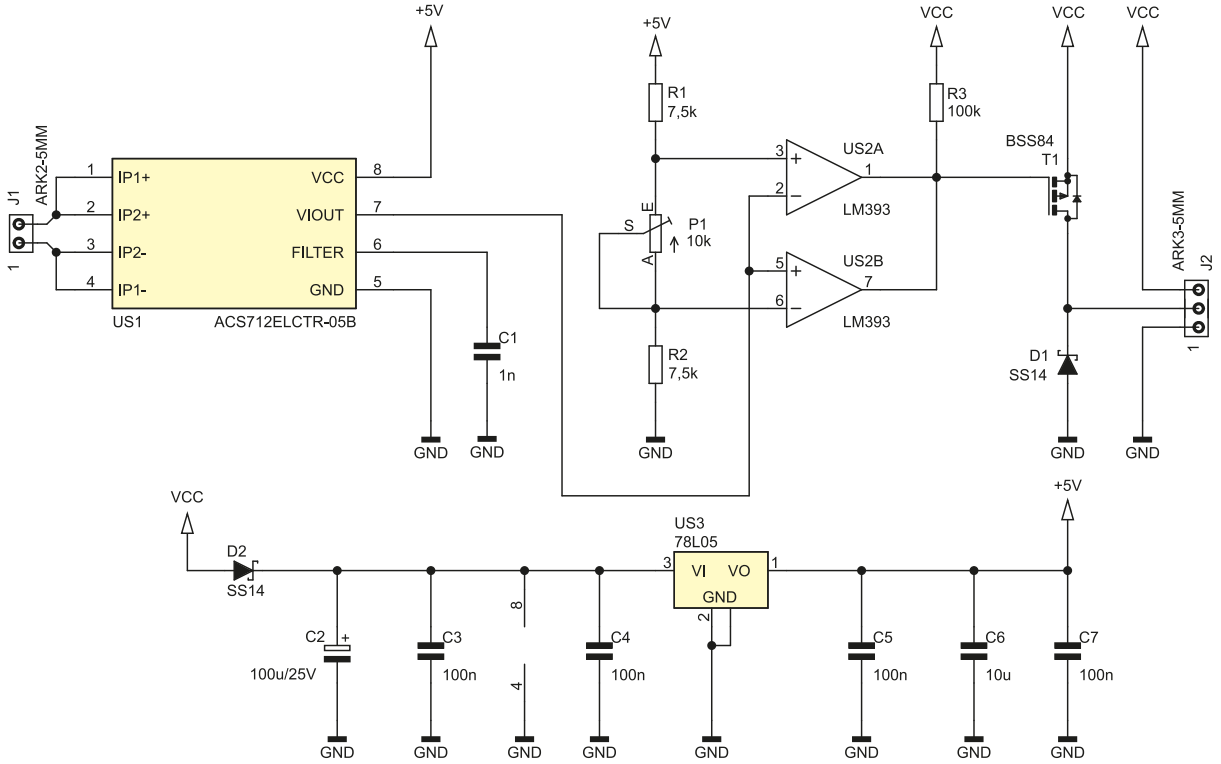
Miniaturowy detektor przepływu prądu stałego

Sygnalizacja przepływu prądu o określonym natężeniu jest przydatna w wielu sytuacjach, na przykład podczas ładowania akumulatorów albo do wykrywania przeciążenia silników. Zaprezentowany układ potrafi wykryć przepływ prądu w dowolnym kierunku, wprowadzając przy tym pomijalnie małe straty napięcia.



Najprostszy układ, który może zasygnalizować przekroczenie określonego natężenia prądu, może składać się z tranzystora bipolarnego i dwóch rezystorów. Niestety, ma on sporo wad: niemały spadek napięcia wymagany do zadziałania (około 0,7 V), utrudnioną regulację progu zadziałania i silną zależność od temperatury. Jego bardziej rozbudowana wersja, zawierająca komparator, pozwala zmniejszyć wymagany spadek napięcia, chociaż nadal nie redukuje go do zera.

Opisany projekt zawiera nowoczesny czujnik natężenia prądu, który wykorzystuje do działania efekt Halla. Mierzony prąd przepływa przez ścieżkę o bardzo niskiej rezystancji, a natężenie generowanego przez nią pola magnetycznego (zgodnie



Rysunek 1. Schemat ideowy detektora przepływu prądu

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

Rezystory:
R1, R2: 7,5 kΩ 1% (SMD0805)
R3: 100 kΩ (SMD0805)
P1: 10 kΩ montażowy leżący

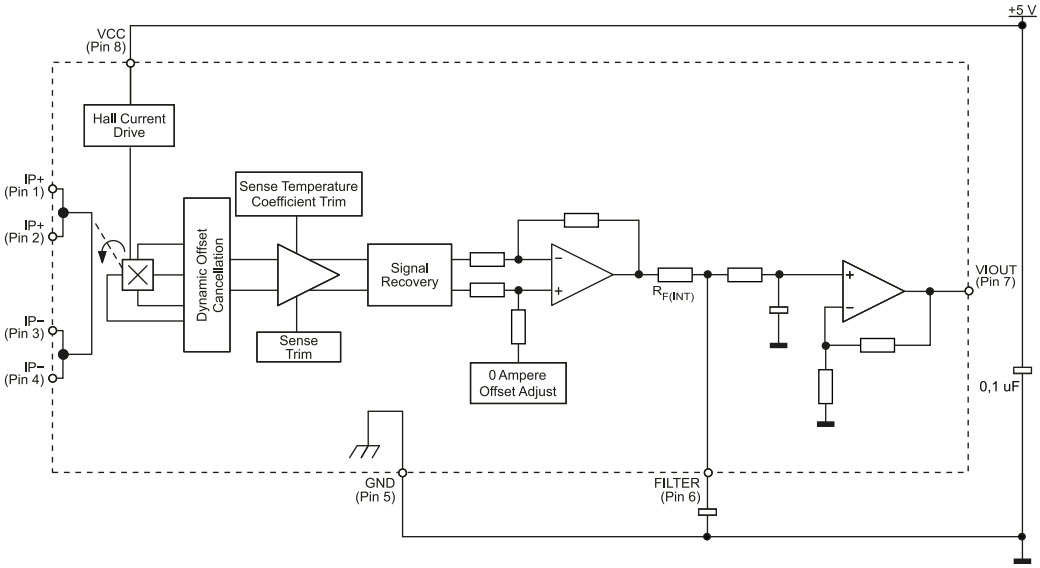
Kondensatory:
C1: 1 nF (SMD0805)
C2: 100 µF 25 V raster 2,5 mm
C3...C5, C7: 100 nF (SMD0805)
C6: 10 µF 16 V (SMD0805)

Półprzewodniki:
D1, D2: SS14
T1: BSS84
US1: ACS712ELCTR-05B (SO8)
US2: LM393 (SO8)
US3: 78L05 (SOT89)

Pozostałe:
J1: ARK2/500
J2: ARK3/500

eprasa.pl 136c999a57

z prawem Ampère'a) jest mierzona przez półprzewodnikowy czujnik natężenia pola magnetycznego, czyli przez czujnik Halla. Wbudowany obwód elektroniczny przetwarza informację pozyskaną przez wewnętrzny czujnik na napięcie. Dzięki takiemu posunięciu rezystancja między zaciskami pomiarowymi wynosi zaledwie kilka miliomów – producent czujnika deklaruje, że wbudowana ścieżka pomiarowa ma typowo 1,2 mΩ, zaś połączenia na płytce są krótkie, bardzo szerokie i dodatkowo odsłonięte spod soldermaski. Ponadto układ oferuje bardzo dobrą izolację galwaniczną.



Rysunek 2. Schemat ideowo-blokowy czujnika z rodziny ACS712

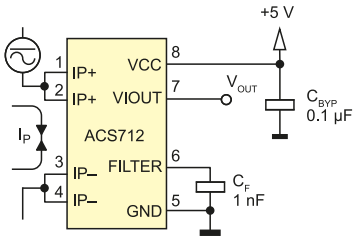
Budowa i działanie

Schemat ideowy detektora przepływu prądu znajduje się na **rysunku 1**. Najważniejszym elementem tego układu jest wspomniany już czujnik przepływu prądu z rodziny ACS712 od Allegro MicroSystems Inc. Jego schemat ideowo-blokowy znajduje się na **rysunku 2**. W niewielkiej obudowie SO8 zostały zamknięte:

- ścieżka przewodząca o niskiej rezystancji,
- czujnik Halla wraz z odpowiednim źródłem prądowym do jego zasilania,
- wzmacniacze przetwarzające sygnał z czujnika,
- układy kompensujące wpływ temperatury,
- filtr całkujący,
- bufor wyjściowy.

Obwód zawarty w układzie zapewnia na wyjściu napięcie proporcjonalne do natężenia płynącego prądu, a dokładniej 185 mV/A (typowo). Aplikacja tego układu jest niezwykle prosta, bowiem wymaga zaledwie dwóch kondensatorów o niewielkich pojemnościach – **rysunek 3**. Producent przewidział konieczność filtracji tego napięcia, gdyż mierzony prąd może być obarczony fluktuacjami lub zakłóceniami. Do ustalenia stałej czasowej filtru całkującego służy kondensator CF.

Skoro układ jest zasilany pojedynczym napięciem o wartości 5 V lub zbliżonej, a potrafi wykrywać przepływ prądu w obu kierunkach, to jak sygnalizuje to na swoim wyjściu? Producent rozwiązał ten problem przez ustalenie na wyjściu czujnika składowej stałej równej połowie napięcia zasilania. Prąd płynący w jednym kierunku daje proporcjonalne odchylenie od tej wartości w górę, w przeciwnym razie w dół. Daje to pewną niedogodność, jeżeli chodzi o skonstruowanie detektora z użyciem wspomnianego czujnika, bowiem nie jest możliwe proste sprzęgnięcie jego wyjścia z wejściem komparatora. Nie



Rysunek 3. Schemat aplikacyjny czujnika z rodziny ACS712

mamy też wpływu na kierunek zmian napięcia, gdyż układ ma być możliwie uniwersalny i działać prawidłowo w każdą stronę.

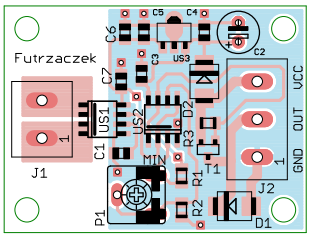
Dlatego do detekcji został użyty zmodyfikowany komparator okienkowy, w którym role poszczególnych komparatorów zostały odwrócone: jeżeli jeden z nich „zauważy" wyjście nadzorowanego napięcia poza zakres, potencjał jego wyjścia spada, co aktywuje z kolei wyjście całego układu. Pozwala to na równorzędne traktowanie prądu płynącego zarówno w jedną, jak i w drugą stronę. Jednak takie podejście wymagało jednoczesnej regulacji dwóch progów zadziałania: dolnego i górnego. Nie dość, że ta regulacja powinna być współbieżna, to jeszcze punktem odniesienia dla niej miałaby być połowa napięcia zasilania. Dlatego został użyty w tej roli lekko zmodyfikowany dzielnik napięcia, który składa się z rezystorów R1, R2 i potencjometru P1. Zmiana rezystancji P1 jednocześnie modyfikuje oba napięcia wyjściowe dzielnika, a skręcenie go na zero powinno – teoretycznie – ustalić napięcie równe spoczynkowemu stanowi napięcia na wyjściu czujnika. Warto zauważyć jeszcze jedną zaletę takiego podejścia: tolerancja wykonania potencjometru P1 nie ma w tym układzie żadnego znaczenia. Jakakolwiek zmiana jego rezystancji powoduje proporcjonalne zmiany obu napięć wyjściowych. Dlatego nie ma obawy o to, że wskutek jego niedokładności jeden z progów może znacząco odbiegać od drugiego.

Wyjściem układu jest tranzystor T1, który ulega otwarciu po załączeniu wyjścia którego-kolwiek z komparatorów. Rezystor R3 utrzymuje go w stanie zatkania w stanie spoczynku a także zapewnia przepływ prądu kolektora dla nasyconego tranzystora w aktualnie aktywnym komparatorze. Dioda D1 chroni T1 przed uszkodzeniem, które może nastąpić podczas np. wyłączania obciążenia o charakterze indukcyjnym (silnika lub cewki przekaźnika).

Stabilizator US1 dostarcza napięcia 5 V dla czujnika US1 a także jest źródłem napięcia referencyjnego dla komparatorów. Układ został tak zaprojektowany, że nie jest wrażliwy na dokładną wartość tego napięcia, gdyż wszystkie zmiany są odniesione względem jego połowy. Dioda D2 chroni układ przed uszkodzeniem w razie odwrotnego podłączenia zasilania.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 40×30 mm, której schemat został pokazany na **rysunku 4**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Montaż proponuję rozpocząć od elementów montowanych powierzchniowo, gdyż ich liczba na płytce jest zdecydowanie przeważająca. Ponadto wysokość ich obudów jest niewielka, więc dostęp do nich będzie utrudniony po wlutowaniu złączy. Na końcu radzę wlutować potencjometr



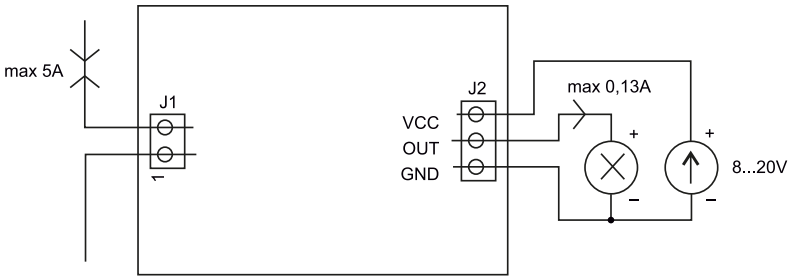
Rysunek 4. Schemat płytki PCB

eprasa.pl 136c999a57

montażowy P1, kondensator elektrolityczny C2 oraz złącza J1 i J2.

Zasilanie układu powinno odbywać się napięciem stałym, niekoniecznie stabilizowanym, o wartości z przedziału 8…20 V. Dolna wartość wynika z zagwarantowania stabilizatorowi 78L05 prawidłowych warunków pracy, a górna z dopuszczalnego napięcia bramka-źródło tranzystora T1. Przekroczenie tej wartości może uszkodzić tranzystor, dlatego warto przyjąć 12 V jako wartość optymalną. Pobór prądu przez układ wynosi około 11 mA, bez obciążenia podłączonego do zacisku OUT.

Obciążenie podłączone do wyjścia układu może pobierać nie więcej niż 130 mA, co wystarczy do zasilania cewki niewielkiego przekaźnika albo do przekazania informacji układowi nadrzędnemu. Warto pamiętać, że prąd wypływa z tego wyjścia w kierunku masy, zaś jego potencjał jest zbliżony do napięcia zasilania układu. Szczegóły podłączenia pokazano na **rysunku 5**.



Rysunek 5. Schemat podłączenia detektora przepływu prądu

Prawidłowo zmontowany i podłączony układ nie wymaga dodatkowych czynności uruchomieniowych. Jedyne, co musimy zrobić, to prawidłowo ustawić próg zadziałania przy użyciu potencjometru P1. Skręcając jego ślizgacz w prawo (w stronę napisu MIN), powodujemy, że próg zadziałania zostaje zmniejszony. Po skręceniu całkowicie na minimum wyjście może być stale załączone, a to przez fakt, że elementy nie są idealne: chodzi głównie o offset napięciowy komparatorów i rozrzuty parametrów rezystorów. Jeżeli chcemy poznać (chociaż zgrubnie) wartość ustawionego progu zadziałania, wystarczy zmierzyć napięcie występujące między skrajnymi wyprowadzeniami potencjometru P1. Po podzieleniu tej wartości przez 2, a potem przez współczynnik przetwarzania czujnika (typowo 185 mV/A) uzyskamy ustawioną wartość progu zadziałania.

Detektor nie ma wbudowanej histerezy, zaś komparatory mają skończone wzmocnienie napięciowe, dlatego może być widoczne płynne załączanie się wyjścia przy nieznacznym przekroczeniu progu zadziałania. Dlatego warto jako obciążenie użyć elementu pracującego dwustanowo, na przykład wspomnianego już przekaźnika.

Układ zapewnia izolację galwaniczną między obwodem mierzonego prądu a wyjściem. Szczegóły dotyczące tej izolacji można znaleźć w nocie katalogowej. Dlatego nie ma potrzeby zwracania uwagi na potencjał, na jakim znajdują się zaciski wejściowe względem masy zasilania (GND) detektora.

W sytuacji, gdy mierzony prąd jest bardzo zaszumiony (nadzorowane urządzenie pobiera prąd z fluktuacjami, na przykład silnik szczotkowy prądu stałego), można lepiej odfiltrować sygnał wyjściowy z czujnika. Wystarczy w tym celu zwiększyć stałą czasową wbudowanego filtru RC, w którym rolę pojemności odgrywa kondensator podłączony do nóżki 6, a w tym układzie jest to C1. Zmiana jego wartości na 47 nF lub 100 nF wydłuży odpowiedź impulsową filtru, ale zawęzi pasmo szumowe.

Jeżeli układ US1 zostanie wymieniony na inny, obsługujący wyższe natężenie mierzonego prądu, można zwiększyć zakres zadziania detektora. Przykładowo ACS712ELCTR20AT może mierzyć prąd o natężeniu do 20 A, a czułość jego przetwarzania wynosi 100 mV/A. W tej sytuacji konieczna byłaby wymiana R1 i R2 na 1,2 kΩ, aby detektor obsłużył cały zakres pomiarowy tego czujnika. W tej sytuacji warto również dolutować przewody bezpośrednio do płytki, z pominięciem złącza J1, dla którego maksymalne natężenie prądu wynosi 10 A lub 15 A, zależnie od producenta.

Michał Kurzela, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- generowanie sygnału prostokątnego (układ astabilny),
- regulacja czasu trwania stanu niskiego i wysokiego dwoma potencjometrami,
- dwa wyjścia zanegowane względem siebie,
- bardzo szeroki zakres regulacji,
- pierwszy impuls ma tę samą długość co pozostałe,
- maksymalny prąd wyjściowy 200 mA,
- zasilanie napięciem stałym 5...15 V.

W ofercie AVT*

AVT5946

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

----	Wyłącznik czasowy z wejściem bistabilnym EP 4/2022
AVT5867	Wyłącznik zasilania z opóźnieniem (EP 6/2021)
AVT5730	Uniwersalny układ czasowy 230 V (EP 11/2019)
AVT5704	Programowany układ czasowy 230 V (EP 8/2019)
AVT5666	Programowany, 16-kanałowy sterownik 230 V (EP 3/2019)
AVT1998	Karta przekaźników programowana sekwencjami (EP 8/2018)
AVT5588	Sterownik-timer z 8 przekaźnikami (EP 6/2017)
AVT5561	Efektowny sterownik oświetlenia (EP 12/2016)
AVT1916	Konfigurowalny przełącznik 4-kanałowy (EP 8/2016)
AVT1890	Moduł przekaźników z USB (EP 6/2016)
AVT1881	Programowany sterownik LED (EP 8/2015)
AVT5487	PWMLEDz: 10-kanałowy sterownik taśm LED z interfejsem Modbus lub SPPoB (EP 1/2015)
AVT5467	Programowany Timer (EP 9/2014)

* 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.

Układ czasowy z niezależną regulacją ON i OFF

Większość popularnych układów czasowych, które cyklicznie generują sygnał przerywany, ma wadę w postaci oddziaływania regulacji czasu załączenia wyjścia na czas jego wyłączenia i odwrotnie. Czasem nie można uzyskać wypełnienia mniejszego niż 50%. Zaprezentowany układ nie ma tych wad, ponieważ czas trwania stanu niskiego i wysokiego na wyjściach reguluje się całkowicie niezależnie. Dodatkowo został wyposażony w kilka innych użytecznych funkcji.

eprasa.pl 136c999a57

Układ czasowy typu 555 jest dobrze znany na świecie już od kilku dekad. Liczba jego zastosowań zdaje się nie mieć ograniczeń, a o jego niesłabnącej popularności może świadczyć również fakt, że jego produkcja trwa nadal i nic nie zapowiada jej rychłego końca. Pomimo wielu zalet kostka ma też kilka wad i ograniczeń. Najpoważniejszą z nich jest jednoczesne oddziaływanie na siebie czasu trwania stanu niskiego i wysokiego w trybie astabilnym – ten pierwszy jest ustalany jednym rezystorem, a drugi sumą rezystancji dwóch rezystorów. To rodzi sporo problemów podczas regulacji oraz uniemożliwia uzyskanie wypełnienia mniejszego niż 50%. Ponadto pierwszy impuls ma długość większą od pozostałych z racji konieczności naładowania kondensatora od zera, nie zaś od 1/3 napięcia zasilającego.

Zaprezentowany układ zawiera dwie kości typu 555, które pracują w zupełnie inny sposób niż w typowym układzie bistabilnym. Jednak większa liczba elementów daje sporo wymiernych korzyści. Pierwszą jest to, że jeden potencjometr ustala czas trwania stanu wysokiego, zaś drugi czas trwania stanu niskiego. Nie ma przy tym istotnych ograniczeń co do czasu ich trwania, można bez problemu uzyskać impulsy o czasie trwania 200 ms powtarzane co kilka minut. I jeszcze jedno: wszystkie impulsy, łącznie z pierwszym, mają taki sam czas trwania.

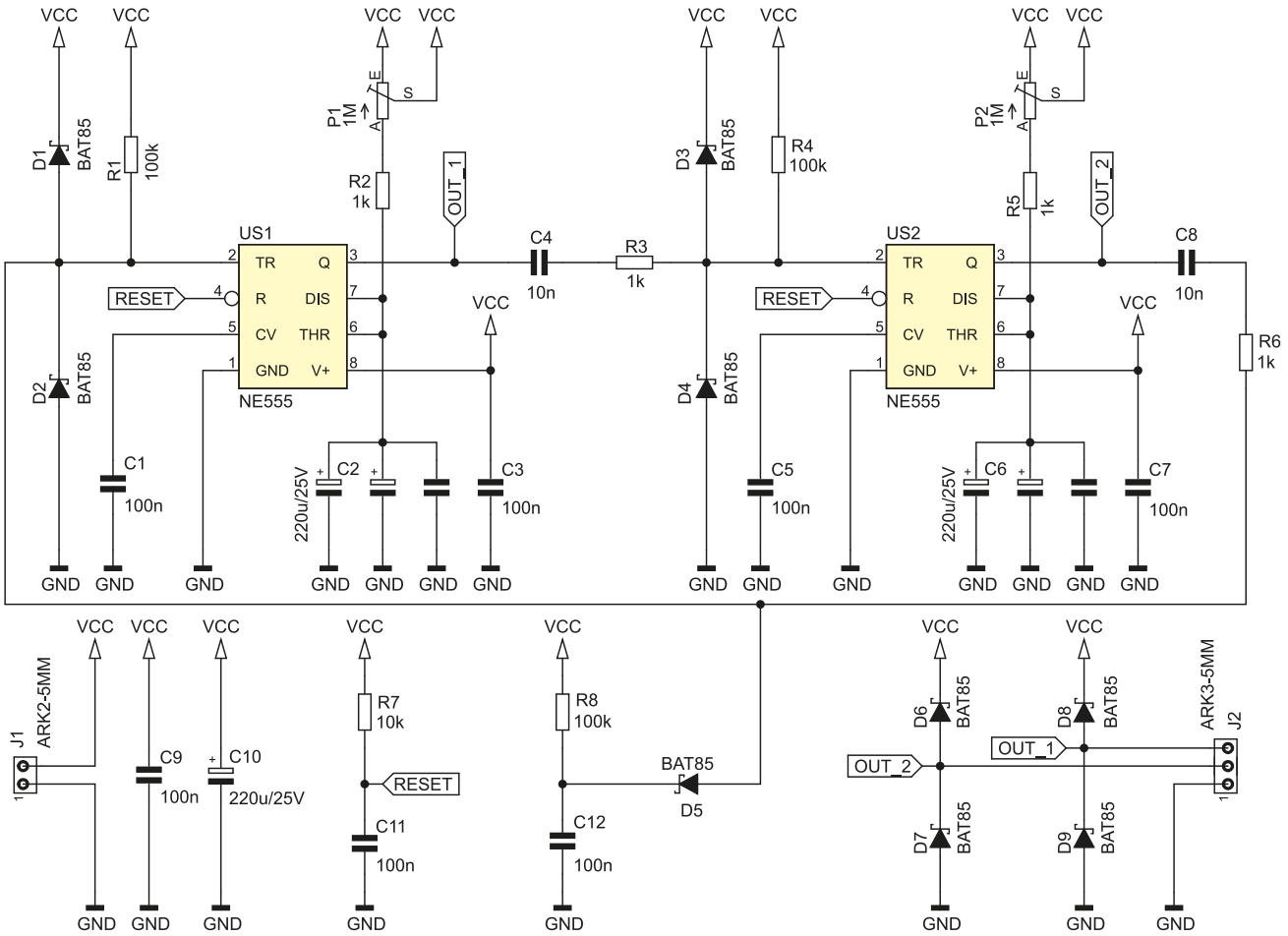
Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu czasowego znajduje się na **rysunku 1**. Zawiera dwa układy typu 555 w konfiguracji monostabilnej, które zostały sprzęgnięte ze sobą. Wyjście układu US1 oddziałuje na wejście wyzwalające układu US2, a wyjście z US2 oddziałuje na wejście wyzwalające US1. Takie zapętlenie pozwala na nieprzerwaną, naprzemienną pracę obu generatorów monostabilnych.

Wejście wyzwalające 555 jest aktywowane, kiedy jego potencjał spadnie poniżej 1/3 napięcia zasilającego. Dlatego z sygnałów wychodzących z układów US1 i US2 dokonywana jest selekcja zbocza opadającego, za co odpowiadają układy różniczkujące. Szybki spadek napięcia na wyjściu US1, co jest równoznaczne z zakończeniem odmierzania czasu, powoduje obniżenie potencjału wejścia TR układu US2. Za przeładowywanie pojemności C4 jest odpowiedzialny rezystor R4. W przypadku układu US2 sytuacja jest analogiczna – robią to C8 i R1.

Jednak przeładowywanie kondensatora w układzie różniczkującym grozi powstawaniem impulsów napięcia wykraczającego poza napięcie zasilające resztę elektroniki. Dlatego wejścia układów US1 i US2 zostały zabezpieczone diodami Schottky'ego, zaś ich prąd ograniczają rezystory o wartości 1 kΩ.

Aby oba układy były w stanie spoczynku (oczekujące na impuls wyzwalający) po załączeniu zasilania, ich wejścia zerujące są kontrolowane przez obwód składający się z kondensatora C11 i rezystora R7. Przez krótką chwilę po podaniu zasilania na złącze J1 rozładowany C11 wymusza na tych wejściach niski stan logiczny. Po krótkiej chwili ulega on naładowaniu, do czego przyczynia się R7. Układy mogą rozpocząć pracę.



Rysunek 1. Schemat ideowy układu czasowego

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

Rezystory: (THT 0,25 W):
R1, R4, R8: 100 kΩ
R2, R3, R5, R6: 1 kΩ
R7: 10 kΩ
P1, P2: 1 MΩ montażowe, wieloobrotowe, leżące

Kondensatory:
C1, C3, C5, C7, C9, C11, C12: 100 nF raster 5 mm MKT
C2, C6: 220 µF 25 V raster 2,5 mm (opis w tekście)
C4, C8: 10 nF raster 5 mm MKT
C10: 220 µF 25 V raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
D1...D9: BAT85
US1, US2: NE555 DIP8

Pozostałe:
J1: ARK2/500
J2: ARK3/500
Dwie podstawki DIP8

eprasa.pl 136c999a57

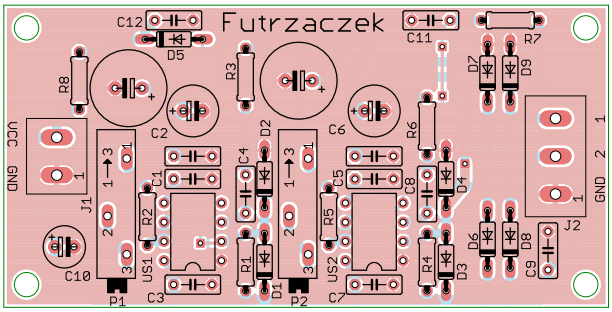
Aby generowanie mogło się rozpocząć, trzeba podać pierwszy impuls wyzwalający. Bez niego oba generatory monostabilne będą tkwiły w stanie oczekiwania. Do tego z kolei służy układ z R8 i C12, który na moment polaryzuje wejście układu US1 niskim potencjałem. Jednak czas trwania tego impulsu jest około 5 razy dłuższy niż zerującego, bowiem kondensator C8 jest ładowany przez wypadkową rezystancję równoległego połączenia R1 i R8. Zadaniem diody D5 jest odcięcie tego fragmentu układu po wyzwoleniu, gdyż nigdy później nie dojdzie do jej otwarcia. Jej katoda będzie spolaryzowana potencjałem równym napięciu zasilania układu.

Diody D6…D9 zabezpieczają wyjścia układów scalonych przed uszkodzeniem, jakie mogłoby nastąpić przy bezpośrednim podłączeniu obciążenia o charakterze indukcyjnym (np. cewki przekaźnika) wprost do zacisków złącza J2.

Zmierzone w prototypie czasy trwania impulsów wyzwalających, które układy generują sobie wzajemnie, wynoszą około 500 µs. Dlatego żądane czasy trwania impulsów, zadawane potencjometrami P1 i P2, nie powinny być krótsze. Polecam też nie zmieniać rezystorów R2 i R5 na egzemplarze o niższej rezystancji, aby nie doszło do przeciążenia tranzystorów rozładowujących zawartych w strukturze 555.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 80×40 mm, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Pod układy US1 i US2 warto zastosować podstawki, aby uprościć ich wymianę w razie uszkodzenia. Zmontowana płytka jest widoczna **na fotografii tytułowej.**



Rysunek 2. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki

Jako zasilanie do złącza J1 należy podłączyć napięcie stałe o wartości z zakresu 5…15 V. Pobór prądu zależy od ustawień potencjometrów, lecz w tym układzie nie przekracza wartości 40 mA przy zasilaniu napięciem 15 V. Im większa rezystancja potencjometrów P1 i P2, tym mniejszy pobór prądu przez układ, lecz wartością minimalną jest około 7 mA przy 5 V i około 10 mA przy 15 V.

Wyjścia układu mają wydajność prądową około 200 mA, więc mogą sterować bezpośrednio kilkoma diodami LED, cewkami niedużych przekaźników elektromagnetycznych bądź małymi żarówkami. Są zabezpieczone przed negatywnymi skutkami komutacji obciążeń indukcyjnych, więc podłączona do wyjścia cewka przekaźnika nie wymaga dodatkowej diody zabezpieczającej. Choć, oczywiście, jej dodanie nigdy nie zaszkodzi.

Po włączeniu zasilania jako pierwsze stan wysoki zawsze przyjmuje wyjście 1, wyjście 2 jest w niskim stanie logicznym. Gwarantują to wbudowane układy zerujące i wyzwalające, opisane wcześniej. Aby jednak mogły zadziałać prawidłowo, napięcie zasilające układ musi wzrosnąć od zera do wartości nominalnej bardzo szybko, w ciągu mikrosekund. Dlatego polecam, aby zasilanie tego układu było odłączane elementem elektromechanicznym (styki przekaźnika, przełącznik) lub szybko przełączającym się tranzystorem. Podłączenie zasilacza (np. transformatorowego) z dużą pojemnością filtrującą na stałe do złącza J1 może spowodować, że wymienione wcześniej obwody nie zadziałają prawidłowo, ponieważ napięcie na jego wyjściu będzie narastało w ciągu dziesiątek lub nawet setek milisekund.

Kondensatory C2 i C6 biorą udział w ustalaniu czasu trwania stanu niskiego i wysokiego na wyjściu 1. W układzie prototypowym przewidziano C2=C6=220 µF, co pozwala na regulację czasu od około 200 ms do około 4 minut. Jeżeli zaszłaby konieczność zmiany tych wartości na mniejszą lub większą, można użyć innych kondensatorów, o napięciu pracy nie mniejszym niż 25 V. Przewidziano na nie trzy rodzaje pól lutowniczych:

- pod kondensator niebiegunowy o rastrze wyprowadzeń 5 mm i o grubości nie większej niż 2,5 mm,
- pod kondensator biegunowy (polaryzowany) o rastrze wyprowadzeń 2,5 mm i o średnicy nie większej niż 7 mm,
- pod kondensator biegunowy (polaryzowany) o rastrze wyprowadzeń 5 mm i o średnicy nie większej niż 10 mm.

Można w ten sposób wygodnie wlutować zarówno kondensator o dużej pojemności, na przykład 1000 µF, jak i MKT o pojemności 100 nF czy 1 µF (w miejscu największego biegunowego).

Regulacja czasu trwania stanu wysokiego na wyjściu 1 (i zarazem niskiego na wyjściu 2) odbywa się potencjometrem P1. Czas trwania stanu niskiego na wyjściu 1 (i zarazem wysokiego na wyjściu 2) ustala się potencjometrem P2. Obracając główkę potencjometru w prawo, wydłużamy dany interwał czasowy, w lewo – skracamy.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

eprasa.pl 136c999a57

Podstawowe parametry:

- korekta szerokości impulsów za pomocą potencjometru,
- odpowiedni dla różnych prędkości obrotowych – 33/45/78,
- zasilanie napięciem przemiennym 16 V AC.

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

AVT5924 Cyfrowy obrotomierz stroboskopowy LED (EP 3/2022)
AVT2799 Mikroprocesorowy obrotomierz stroboskopowy (EdW 9/2006)

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

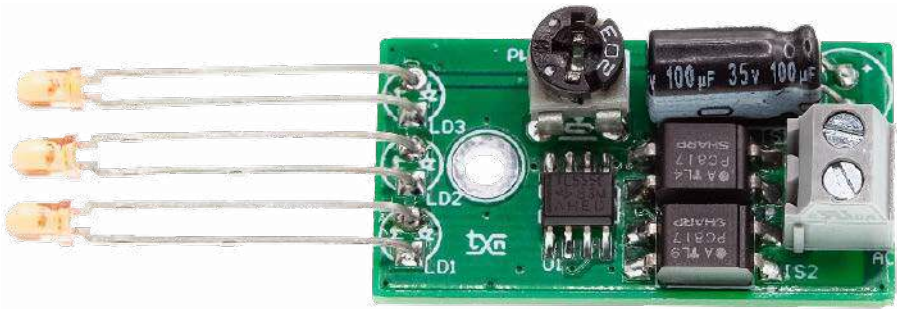
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Stroboskop do gramofonu

Nie każdy gramofon wyposażony jest w układ kontroli prędkości obrotowej, ale niewielkim kosztem można zbudować urządzenie, które zrealizuje to zadanie. Stroboskop oświetlający odpowiedni nadruk pozwoli skutecznie ocenić stabilność obrotów gramofonu.



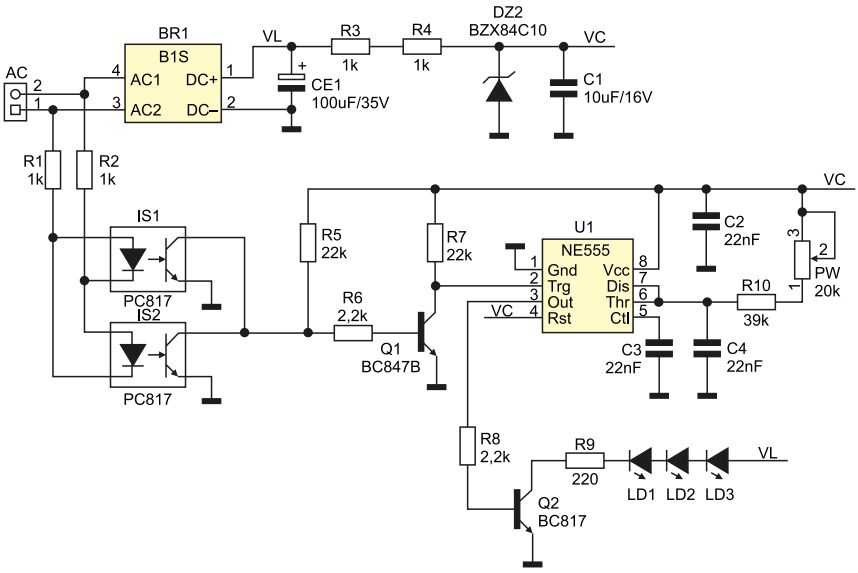
Budowa i działanie

Schemat stroboskopu został pokazany na **rysunku 1**. Moduł zasilany jest napięciem przemiennym 16 V AC, które często jest stosowane do zasilania silników synchronicznych gramofonów. Jeżeli gramofon zasilany jest w inny sposób, stroboskop można zasilać też z niewielkiego transformatora 230 V/15 V AC o niewielkiej mocy, np. 0,5 VA. Napięcie zasilania doprowadzone jest do zacisków AC płytki, gdzie jest wyprostowane i stabilizowane służy do zasilania układu U1 typu NE555. Transoptory IS1, IS2 służą do generowania impulsów 100 Hz wyzwalających generator U1. Niewielka korekta szerokości impulsów potencjometrem PW pozwala na uzyskanie wyraźnego obrazu znaczników tarczy stroboskopowej niezależnie od kształtu nadruku. Tranzystor Q2 buforuje wyjście NE555.

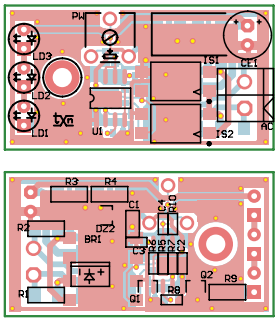
Montaż i uruchomienie

Stroboskop zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu. Moduł nie wymaga uruchamiania, po podłączeniu zasilania powinny zaświecić się diody LD1...3. Po uruchomieniu gramofonu, zbliżając LED do odpowiednich nadruków – 33/45/78, powinien być widoczny „nieruchomy" obraz pasków lub punktów odpowiadających ustawionej prędkości obrotowej. Korygując ustawienie potencjometru PW, można ustawić najlepszą czytelność „obrazu".

Adam Tatuś, EP



Rysunek 1. Schemat stroboskopu



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

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

Rezystory:
R1, R2, R3, R4: 1 kΩ (SMD1206) 1%
R5, R7: 22 kΩ (SMD0603) 1%
R6, R8: 2,2 kΩ (SMD0603) 1%
R9: 220 Ω (SMD1206) 1%
R10: 39 kΩ (SMD0603) 1%

Kondensatory:
C1: 10 µF/16 V (SMD0805)
CE1: 100 µF/35 V elektrolityczny 6,3 mm
C2, C3, C4: 22 nF/50 V (SMD0603)

Półprzewodniki:
LD1, LD2, LD3: dioda LED 3 mm
IS1, IS2: transoptor PC817 (SMD)
Q1: BC847B (SOT-23)
Q2: BC817 (SOT-23)
U1: NE555 (SO8)

Pozostałe:
AC: CONN złącze DG381-3.5-2
BR1: mostek prostowniczy B1S
DZ2: dioda Zenera BZX84C10 (SOT-23)
PW: potencjometr montażowy 20 kΩ (CA6V)

eprasa.pl 136c999a57

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5948

Podstawowe parametry:

- załączanie styków przekaźnika na zadany czas po zwarciu wejścia,
- ustawianie czasu załączenia potencjometrem w trzech zakresach: do 20,4 s, do 204 s i do 2040 s (34 minuty),
- możliwość zwielokrotnienia ustawionego czasu poprzez wielokrotne zwarcie wejścia,
- maksymalne wydłużenie czasu załączenia: do 10 razy,
- minimalny czas zwarcia styków: 200 ms,
- pobór prądu około 6 mA w stanie spoczynku i 40 mA przy załączonym przekaźniku,
- zasilanie napięciem 12 V.

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

–––	Wyłącznik czasowy z wejściem bistabilnym (EP 4/2022)
AVT5867	Wyłącznik zasilania z opóźnieniem (EP 6/2021)
AVT5730	Uniwersalny układ czasowy 230 V (EP 11/2019)
AVT5704	Programowany układ czasowy 230 V (EP 8/2019)
AVT5666	Programowany, 16-kanałowy sterownik 230 V (EP 3/2019)
AVT1998	Karta przekaźników programowana sekwencjami (EP 8/2018)
AVT5588	Sterownik-timer z 8 przekaźnikami (EP 6/2017)
AVT5561	Efektowny sterownik oświetlenia (EP 12/2016)
AVT1916	Konfigurowalny przełącznik 4-kanałowy (EP 8/2016)
AVT1890	Moduł przekaźników z USB (EP 6/2016)
AVT1881	Programowany sterownik LED (EP 8/2015)
AVT5487	PWMLEDz: 10-kanałowy sterownik taśm LED z interfejsem Modbus lub SPPoB (EP 1/2015)
AVT5467	Programowany Timer (EP 9/2014)

* 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

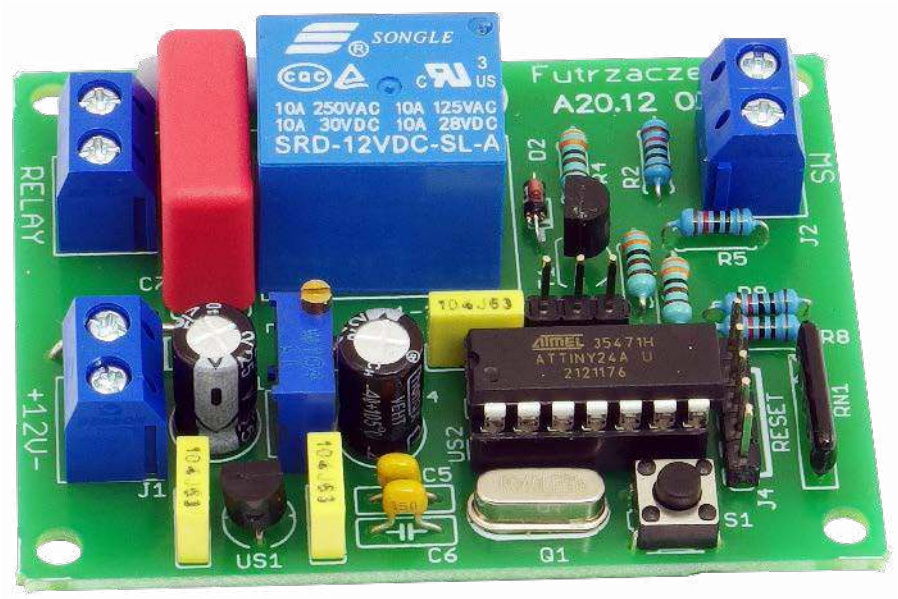
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Wielokrotny włącznik monostabilny

Typowy włącznik monostabilny załącza swoje wyjście na zadany czas po podaniu na jego wejście odpowiedniego impulsu wyzwalającego. Ten układ umożliwia wielokrotne wydłużenie czasu załączenia, wystarczy kilka razy zewrzeć jego wejście.



Zastanówmy się nad następującym przykładem. Oświetlenie na klatce schodowej – kiedy używamy go na co dzień, pojedyncze wciśnięcie przełącznika w zupełności wystarcza, bowiem lampy świecą wtedy przez około dwie minuty. Można w tym czasie wejść na swoje piętro, znaleźć klucz, otworzyć drzwi i wejść do swojego mieszkania. Problem zaczyna się wtedy, kiedy mamy do wniesienia bardzo duży i nieporęczny przedmiot, na przykład kanapę. W ciągu dwóch minut nie da się wnieść czegoś takiego na docelowe piętro, trzeba robić przystanki po drodze albo kombinować z omijaniem stałych elementów infrastruktury bloku. Ostatnia rzecz, jaką byśmy chcieli przy tym, to uporczywie gasnące co chwilę światło. Nawet podłożenie zapałki pod klawisz przełącznika nic nie da, gdyż wiele sterowników monostabilnych ma zabezpieczenie przed takim działaniem.

W sytuacji, kiedy zdecydujemy się na użycie tego układu do sterowania oświetleniem, sytuacja staje się bardzo prosta. Wystarczy wejść na klatkę schodową, kilka razy wcisnąć przycisk i mamy oświetlenie działające już przez kilkanaście minut – pojedynczy cykl został zwielokrotniony. Nie trzeba przy tym kombinować z zapałkami ani pamiętać o zgaszeniu światła za sobą, gdyż ono to zrobi samoczynnie. Tyle że nieco później niż zazwyczaj.

Układ ma wbudowane małe zabezpieczenie przed wandalami. Mogłoby się tak zdarzyć, że ktoś złośliwie będzie stał i wciskał przycisk setki razy. Ten układ to zignoruje, gdyż maksymalnie jest w stanie zaliczyć 9 przedłużeń pojedynczego cyklu. Czyli z 2 minut można zrobić maksymalnie 20, ale już nie 2000. Po 20 minutach światło zgaśnie i układ będzie oczekiwał na kolejne wciśnięcie.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Napięcie zasilające należy podłączyć do zacisków złącza J1. Na potrzeby zasilania części cyfrowej układu jest ono stabilizowane przez układ US1 – zwykły stabilizator liniowy, gdyż prąd przez niego płynący jest niewielki. Dioda D1 chroni układ przed zniszczeniem w razie omyłkowej zamiany biegunów zasilania.

Złącze J2 służy do podłączenia przełącznika zwiernego (monostabilnego). Rezystor R1 ustala napięcie między jego stykami po ich rozwarciu. Natomiast R2 chroni delikatne wejście mikrokontrolera przed przepływem przez nie prądu o nadmiernym natężeniu, który mógłby być spowodowany zaindukowaniem się zakłóceń w przewodach łączących przycisk z płytką.

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

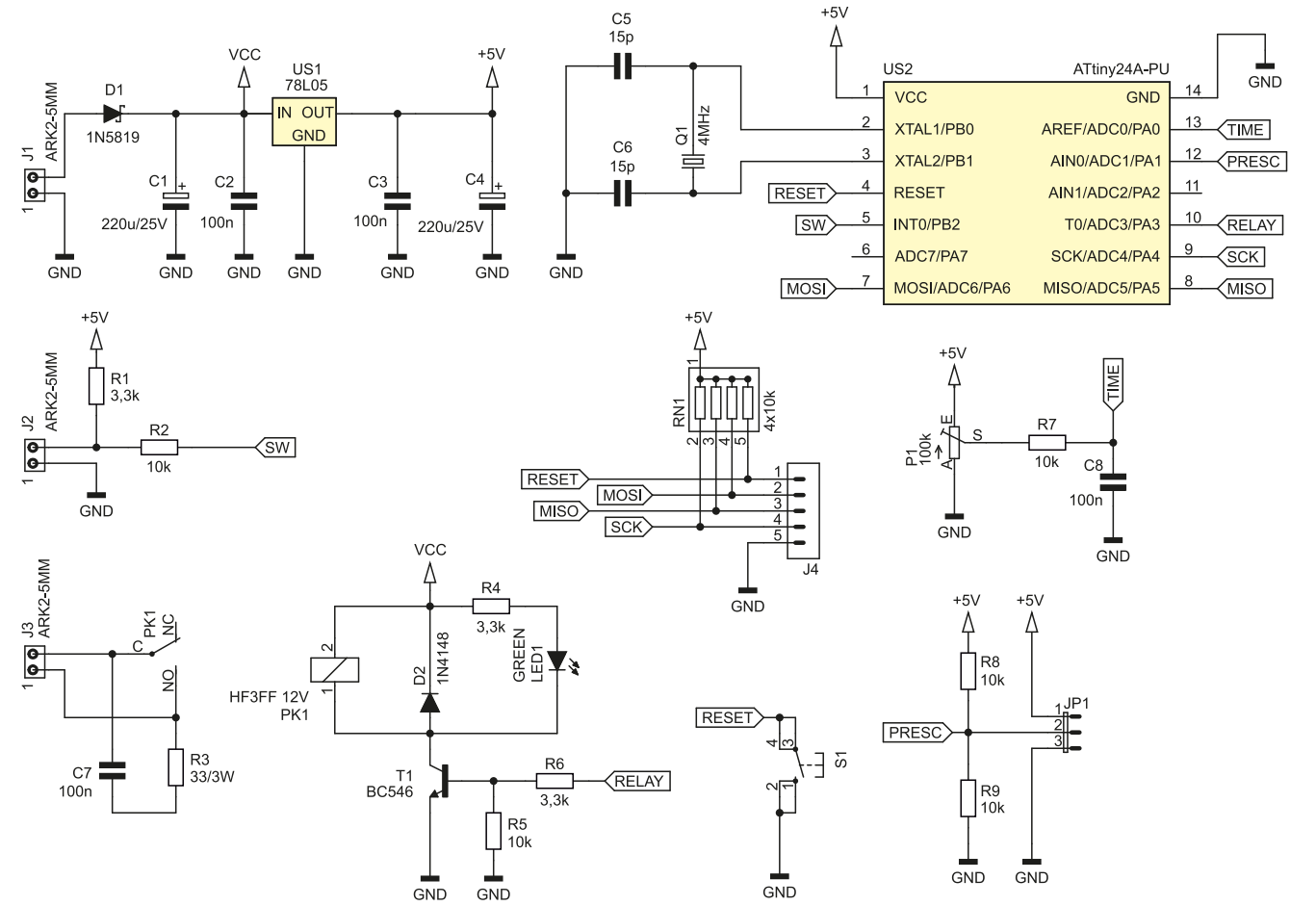
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W, jeżeli nie napisano inaczej)
R1, R4, R6: 3,3 kΩ
R2, R5, R7...R9: 10 kΩ
R3: 33 Ω 3 W
RN1: 4×10 kΩ SIL5
P1: 100 kΩ montażowy pionowy 3296W

Kondensatory:
C1, C4: 220 µF 25 V raster 2,54 mm
C2, C3, C8: 100 nF raster 5 mm MKT
C5, C6: 15 pF raster 5 mm monolityczne
C7: 100 nF MKP X2 305 V AC raster 15 mm

Półprzewodniki:
D1: 1N5819
D2: 1N4148
LED1: 5 mm zielona
T1: BC546
US1: 78L05 TO92
US2: ATtiny24A-PU (DIP14)

Pozostałe:
J1...J3: ARK2/500
J4: goldpin 5 pin męski 2,54 mm THT
JP1: goldpin 3 pin męski 2,54 mm THT + zworka
PK1: JQC3FF 12 V
Q1: 4 MHz niski
S1: microswich 6×6 1,5 mm
jedna podstawka DIP14

eprasa.pl 136c999a57



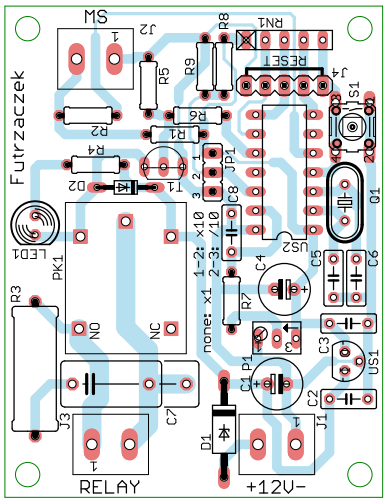
Rysunek 1. Schemat ideowy wielokrotnego włącznika monostabilnego

Wyjściem układu są styki zwierne (NO i COM) przekaźnika, doprowadzone do zacisków złącza J3. Aby zmniejszyć ich iskrzenie w czasie przełączania i ograniczyć emisje zakłóceń elektromagnetycznych, między wspomniane styki został włączony prosty obwód gasikowy RC. Są to szeregowo połączony kondensator C7 z rezystorem R3. Taki obwód sprawdza się zarówno przy przełączaniu prądu przemiennego (AC), jak i stałego (DC). Świecenie diody LED1 sygnalizuje załączenie przekaźnika. Dioda D2 zabezpiecza tranzystor T1 w momencie jego zatykania.

Nad wszystkim czuwa mikrokontroler US2, którego częstotliwość sygnału zegarowego jest stabilizowana rezonatorem kwarcowym Q1. W ten sposób mamy do dyspozycji tani wzorzec czasu o wystarczająco dobrych parametrach, słabo wrażliwy na zmiany temperatury. Programowanie mikrokontrolera ATtiny24A, bo o nim mowa, może się odbywać po wyjęciu go z podstawki lub poprzez wyprowadzenia złącza J4, na które zostały wyprowadzone linie sygnałowe konieczne do zaprogramowania go w systemie (ISP).

Potencjometr P1 służy do ustawienia długości odmierzanego czasu. Jest to potencjometr wieloobrotowy, przez co można ustawić żądany interwał z dosyć dużą dokładnością. Informacja o położeniu ślizgacza jest pobierana przez wbudowany w mikrokontroler przetwornik analogowo-cyfrowy. Dzięki temu, że potencjometr jest włączony jako dzielnik napięcia zasilającego, a napięciem referencyjnym przetwornika również jest to samo napięcie, dokładna wartość napięcia zasilania nie ma znaczenia dla wartości wyjściowej przetwornika. Rezystancja wewnętrzna dzielnika rezystancyjnego (P1), rezystor R7 i kondensator C8 tworzą filtr dolnoprzepustowy, który zmniejsza amplitudę zakłóceń na wejściu przetwornika A/C.

Zworka JP1 służy do ustawienia preskalera czasu. Może być w trzech stanach: zdjęta, ze zwartymi polami 1 i 2 oraz ze zwartymi polami 2 i 3. W pierwszej sytuacji, na linii PRESC pojawi się napięcie bliskie połowie napięcia zasilającego (dzielnik złożony z R8 i R9), w drugiej napięcie bliskie napięciu zasilania, a w trzeciej 0 V. Przetwornik analogowo-cyfrowy odczytuje to napięcie, co zostaje przełożone na odpowiednią reakcję układu.

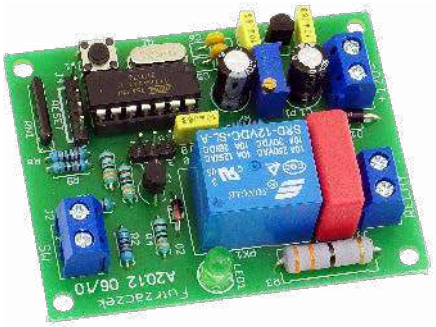


Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 65×50 mm. Jej schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Pod układ US2 proponuję zastosować podstawkę, aby ułatwić jego wymianę w razie



Fotografia 1. Wygląd zmontowanego układu

eprasa.pl 136c999a57

Rysunek 3. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

uszkodzenia. Zmontowany układ można zobaczyć na **fotografii 1**.

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

```
Low Fuse = 0xFD
High Fuse = 0xDC
```

Szczegóły są widoczne na **rysunku 3**, który zawiera widok okna konfiguracji tychże bitów z programu BitBurner. W ten sposób zostanie uruchomiony generator dla rezonatora kwarcowego (o częstotliwości z przedziału 3…8 MHz) oraz Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej 4,3 V. To znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się układu podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po podłączeniu zasilania do zacisków złącza J1. Powinno to być napięcie stałe, dobrze filtrowane, niekoniecznie stabilizowane – służy ono do zasilania przekaźnika i diody LED, które cechują się sporą tolerancją, zaś mikrokontroler ma własny stabilizator. Napięcie zasilające musi mieścić się w granicach akceptowanych przez przekaźnik JQC3FF, czyli w zakresie 10…16 V w temperaturze 25°C. Pobór prądu wynosi około 40 mA po załączeniu cewki przekaźnika i spada do 6 mA w czasie oczekiwania – zmierzone przy napięciu 12 V.

Potencjometrem P1 ustawiamy żądany czas zadziałania. Obracając go zgodnie z ruchem wskazówek zegara, czas zwiększamy, a przeciwnie, zmniejszamy – jak w typowym pokrętle regulacji głośności. Przy zdjętej zworce JP1 czas można regulować w zakresie do 204 s z krokiem 200 ms, co daje wrażenie niemal płynnej regulacji. To również determinuje minimalny przedział czasowy, jaki można ustawić, czyli owe 200 ms. Zworka JP1 służy do ustawienia preskalera:

- zwarte wyprowadzenia 1 i 2: czas × 10
- zwarte wyprowadzenia 2 i 3: czas / 10

Daje to maksymalny do ustawienia czas, odpowiednio 2040 s i 20,4 s. Jeżeli ustawiany przedział czasu jest dosyć długi, polecam wstępne ustawienia oraz testy przeprowadzić z preskalerem dzielącym przez 10 (zwarte wyprowadzenia 2 i 3), a dopiero potem ustawić zworkę we właściwy sposób. Odmierzany czas wzrośnie dziesięciokrotnie lub stukrotnie.

W czasie trwania jednego odmierzania czasu przez układ można w dowolnej chwili wydłużyć ten interwał poprzez dodanie wartości zadeklarowanej potencjometrem P1 i zworką JP1. Takich prolongat może być maksymalnie 9: pierwsze zwarcie styków uruchamia odliczanie, może być ono maksymalnie 9 razy przedłużone. Dalsze impulsy przedłużające nie będą przez układ honorowane, ulegnie to wznowieniu dopiero po rozłączeniu się styków przekaźnika. Pobieranie informacji o położeniu ślizgacza potencjometru P1 i stanie zworki JP1 odbywa się przy rozłączonych stykach przekaźnika. Wynika z tego, że każde przedłużenie w danym cyklu doliczy tyle samo czasu.

Jeżeli ktoś (omyłkowo lub złośliwie) „wyklikał" zbyt długi czas, można układ wyzerować poprzez krótkotrwałe wciśnięcie przycisku S1 lub zwarcie skrajnych wyprowadzeń złącza J4 – oznaczonych na płytce jako RESET. Układ natychmiast wróci do stanu spoczynkowego, przekaźnik się rozłączy.

Między kolejnymi wciśnięciami przycisku wyzwalającego (podłączonego do zacisków złącza J2) musi minąć co najmniej 750 ms, aby układ uznał je za poprawne. Ma to na celu pominięcie drgań styków, które potrafią naprawdę solidnie iskrzyć – zwłaszcza w starych, wyeksploatowanych instalacjach elektrycznych.

Michał Kurzela, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- realizuje zabezpieczenia podnapięciowe, nadnapięciowe, przeciążeniowe i zwarciowe obwodu DC,
- sygnalizacja zadziałania zabezpieczenia,
- możliwość pomiaru prądu pobieranego przez obciążenie,
- blokuje przepływ prądu wstecznego do zasilania,
- płynne załączanie napięcia wyjściowego łagodzące problem wysokich prądów rozruchowych,
- zakres napięć zasilania to 2,7...18 V, zakres prądów 0,6...5,3 A, rezystancja wbudowanego klucza zasilania ok. 45 mΩ.

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

AVT5728 Regulowany bezpiecznik (EP 11/2019)

* 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

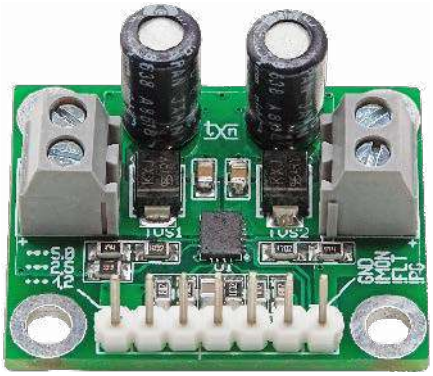
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Zabezpieczenie zasilania eFuse

Niewielki moduł umożliwiający realizację kompleksowego zabezpieczenia obwodu zasilania DC, szczególnie przydatny, gdy na jakość zasilania nie mamy wpływu, przykładowo w instalacji samochodowej, a chcemy ochronić cenną elektronikę w postaci komputera SBC przed uszkodzeniem.



Zaprezentowany w artykule moduł bazuje na specjalizowanym układzie TPS25940 firmy Texas Instruments. Układ w swojej strukturze zawiera wszystkie elementy niezbędne do realizacji zabezpieczeń podnapięciowego, nadnapięciowego, przeciążeniowego i zwarciowego z sygnalizacją aktywności zabezpieczenia oraz możliwością pomiaru prądu pobieranego przez obciążenie, dodatkowo układ blokuje przepływ prądu wstecznego do zasilania i umożliwia płynne załączanie napięcia wyjściowego, łagodząc problem prądów rozruchowych. Progi wyzwalania poszczególnych zabezpieczeń są dobierane zewnętrznymi rezystorami. Strukturę wewnętrzną układu pokazano na **rysunku 1**.

Budowa i działanie

Schemat modułu zabezpieczeń został pokazany na **rysunku 2**. Napięcie zasilające doprowadzone jest do złącza IN, kondensator CE1 filtruje zasilanie, dioda TVS1

eprasa.pl 136c999a57

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

Rezystory: (SMD0805) 1%
R1, R10: 470 kΩ
R2: 15 kΩ
R3: 33 kΩ
R4, R5, R6, R7: 18 kΩ
R8: 10 kΩ
R9: 47 kΩ

Kondensatory:
C1, C3: 0,1 µF ceramiczny/50 V (SMD0805)
CE1, CE2: 47 µF/25 V elektroktrolityczny
C2: 1 nF ceramiczny/50 V (SMD0805)

Półprzewodniki:
U1: TPS25940L (WQFN20)

Pozostałe:
ILIM: złącze SIP3 + zwora
IN, OUT: złącze śrubowe DG381-3.5-2
IO: złącze SIP4
TVS1, TVS2: transil SMBJ16A (SMD)

zabezpiecza przed skutkami przepięć w linii zasilającej. Dzielnik R1...R3 wchodzi w skład układu detekcji napięcia wejściowego obsługującego zabezpieczenia podnapięciowe ULVO i nadnapięciowe OVP. Przekroczenie progów zabezpieczeń ULVO/OVP skutkuje natychmiastowym rozłączeniem napięcia zasilania od zacisków wyjściowych OUT, zabezpieczając zasilany układ przed niepoprawną pracą (ULVO) lub uszkodzeniem (OVP). Progi zadziałania ustalane są wg wzorów:

$$V_{(OVPR)} = V_{(OV)} \cdot R3 / (R1 + R2 + R3)$$
$$V_{(ENR)} = V_{(UV)} \cdot (R2 + R3) / (R1 + R2 + R3)$$
$$V_{(OVPR)} = 0{,}99\ V\ typ.$$
$$V_{(ENR)} = 0{,}99\ V\ typ.$$

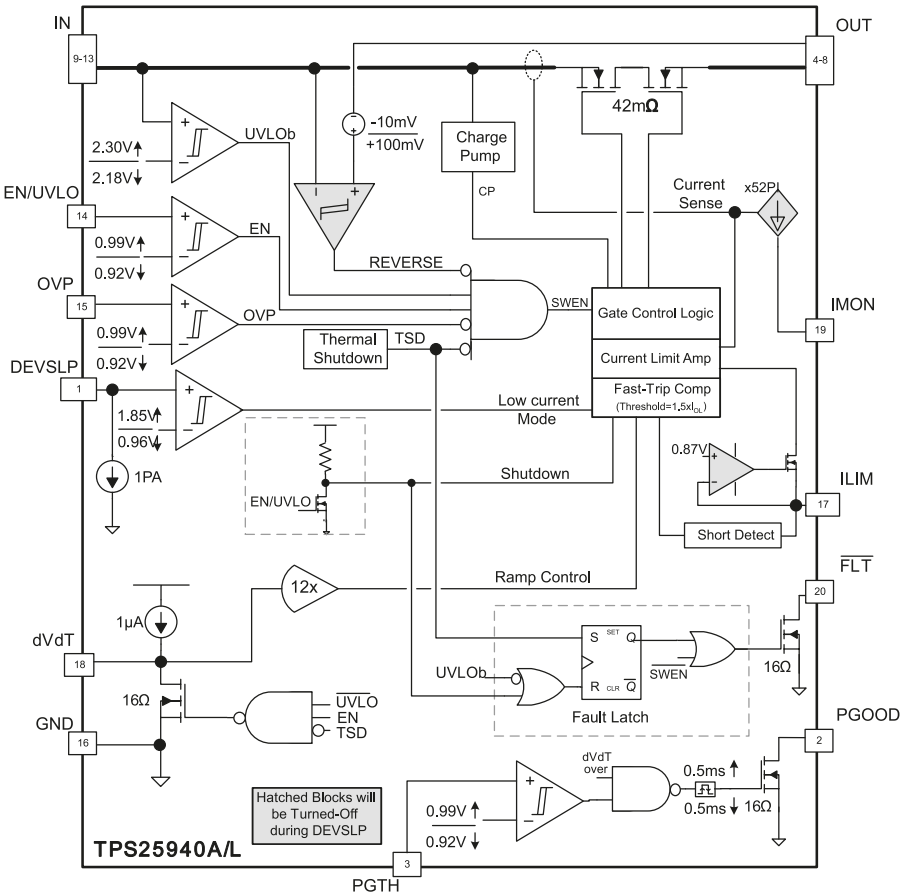
Wartości rezystorów ze względu na minimalny pobór prądu powinny być możliwie duże, ale muszą zapewnić polaryzację wejść, prąd dzielnika nie powinien praktycznie być mniejszy niż 2 µA. Komparatory wejść ULVO/OVP mają histerezę ok. 70 mV. Układ ma wbudowane zabezpieczenie przeciążeniowe i zwarciowe, wartość prądu zabezpieczenia określona jest rezystorem (R4...R7) podłączonym do wyprowadzenia Ilim. Prąd oblicza się ze wzoru:

$$I_{(LIM)} = 89 / R_{(LIM)}$$

W modelu prąd ustalany jest rezystorami R4...R7 i zworą ILIM na wartości 1,25 A, 2,5 A, 5 A.

Z pomiarem prądu związane jest wyjście monitorujące IMON, na którym dostępne jest napięcie liniowo odpowiadające prądowi obciążenia, ze współczynnikiem przetwarzania w modelu ok. 525 mV=1 A.

Kondensator C2 określa szybkość narastania napięcia wyjściowego, umożliwiając ograniczenie prądów rozruchowych, obliczany jest ze wzoru:

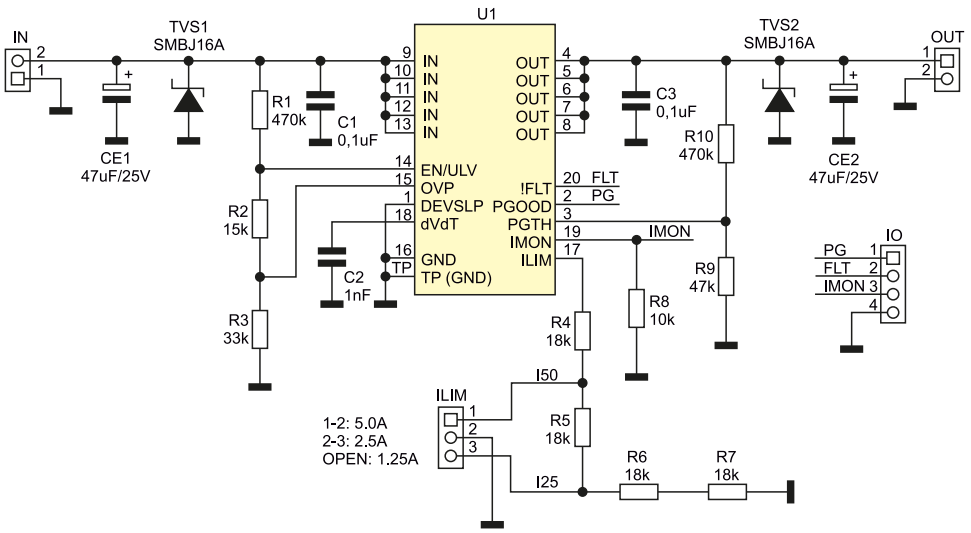


Rysunek 1. Struktura wewnętrzna TPS25940 (za notą TI)

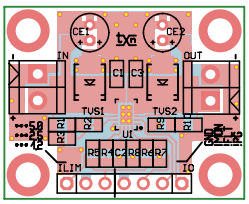
$$t_{(dvdt)} = 8{,}3 \cdot 104 \cdot V_{(In)} \cdot C2$$

W układ TPS29540 wbudowany jest dodatkowy komparator napięcia wyjściowego, dzięki któremu możliwe jest generowanie sygnału PGOOD, gdy napięcie wyjściowe spadnie poniżej progu określonego dzielnikiem R9, R10. Wartości progów są takie same jak w układzie ULVO tj. 0,99 V z histerezą 70 mV. Wyjście PGOOD ma topologię OD i wymaga rezystora podciągającego we współpracującym układzie.

Układ U1 zawiera także zabezpieczenie termiczne wyzwalane po przekroczeniu temperatury 160°C. Wszystkie stany awaryjne U1 sygnalizowane są stanem niskim na wyjściu FLT (OD). Sygnały PG, FLT, IMON doprowadzone są do złącza IO, napięcie wyjściowe do złącza OUT. Układ U1 dostępny jest w dwóch zgodnych wyprowadzeniami wykonaniach TPS25940L i TPS25940A, różniących się sposobem resetu zabezpieczeń. Wersja L (zatrzaskiwana) wyłącza wyjście i zatrzaskuje stan awaryjny do wyłączenia



Rysunek 2. Schemat modułu zabezpieczenia zasilania



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

eprasa.pl 136c999a57

napięcia zasilania układu, wersja A (automatyczna) wyłącza wyjście i podtrzymuje stan awaryjny do ustąpienia awarii, po czym wraca do normalnej pracy.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na miniaturowej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Przed montażem należy ewentualnie skorygować wartości elementów zgodnie z wymogami aplikacji. Montaż układu jest typowy i nie wymaga opisu, należy tylko poprawnie przylutować pad termiczny.

Układ nie wymaga uruchamiania, należy jednak sprawdzić działanie progów zabezpieczeń, zasilając układ z zasilacza laboratoryjnego i obciążając go sztucznym obciążeniem. Dla wartości elementów podanych na schemacie progi ograniczania prądu wynoszą 1,25 A, 2,5 A i 5 A, próg zabezpieczenia podnapięciowego ULVO=10,7 V, próg zabezpieczenia nadnapięciowego OVP=15,6 V, sygnalizacja PGOOD=10,9 V. Dokładny opis układu zamieszony jest w nocie katalogowej TPS25940, z którą polecam się zapoznać przed modyfikacją wartości elementów.

Układ jest szczególnie przydatny podczas uruchamiania układów prototypowych zasilanych z baterii lub akumulatorów oraz do zasilania komputerów SBC lub elektroniki w pojazdach z instalacją 12 V.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- ekspander umożliwia rozbudowę aplikacji o sześć ośmiobitowych quasi-dwukierunkowych portów cyfrowych GPIO,
- linie GPIO mogą być obciążone prądem do 25 mA w stanie niskim,
- korzysta z magistrali I²C,
- zastosowano trzy zworki umożliwiające łatwe ustalenie adresu,
- może być zasilany napięciami z zakresu 3,15...5,5 V.

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

----	Ekspander wyświetlacza LCD 2×16 z I²C i podświetleniem RGB (EP 7/2022)
----	Ekspander IO z układem PCA9531 (EP 4/2022)
----	Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 2/2022)
AVT5912	Expander wyjść z interfejsem I²C (EP 1/2022)
AVT5901	Moduł z zegarem RTC i pamięcią FRAM po I²C (EP 11/2021)
AVT5894	Ośmiokanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 10/2021)
AVT5884	Expander portu szeregowego UART dla magistrali I²C (EP 9/2021)
AVT5881	Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C (EP 8/2021)
AVT5854	Przedłużacz magistrali I²C (EP 4/2021)
----	Izolator magistrali I²C (EP 3/2021)
AVT5786	Translator adresu magistrali I²C (EP 8/2020)
----	Expander IO z interfejsem I²C (EP 6/2020)
AVT5769	Podwójny potencjometr z interfejsem I²C (EP 5/2020)
----	Moduł wyjść dużej mocy z kontrolą poprzez I²C (EP 5/2020)
AVT5751	I²C Extender – przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C (EP 3/2020)
AVT5708	Przedłużacz magistrali I²C (EP 8/2019)
AVT5687	Konwerter poziomów magistrali I²C (EP 7/2019)
AVT5154	Wyświetlacz LCD sterowany magistralą I²C (EP 10/2008)
AVT5147	Moduł wyświetlacza LED sterowany magistralą I²C (EP 9/2008)
AVT1439	Sprzętowy konwerter RS232<–>I²C (EP 8/2006)
AVT816	Uniwersalne moduły I²C (EP 5/1999)
AVT480	Mikroprocesorowy interfejs I²C (EP 12/1998)

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

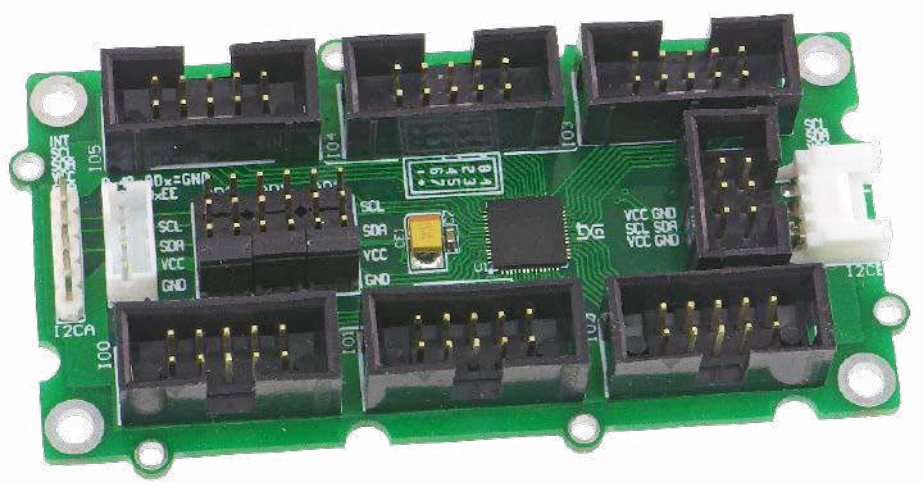
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Megaekspander I/O

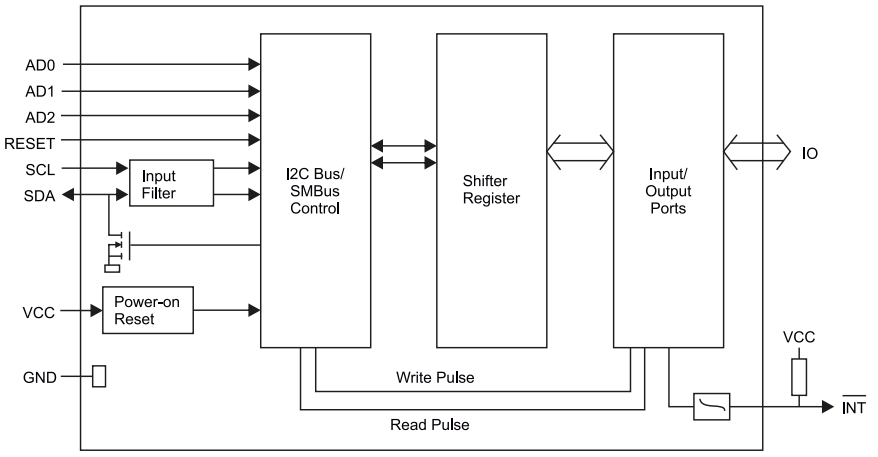
Moduł będzie ratunkiem w takich sytuacjach, w których zabrakło cyfrowych linii GPIO w Arduino, Raspberry Pi, STM32 itd. Dzięki użyciu magistrali I²C i rozszerzonej adresacji, bazowe 48 wyprowadzeń może zostać rozbudowane poprzez dołożenie kolejnych modułów do niebagatelnej liczby 3072 GPIO, co powinno wystarczyć nawet w najbardziej złożonych systemach automatyki domowej.



W układzie zastosowano układ PI4IOE5V96248 (Diodes/Pericom), który umożliwia rozbudowę aplikacji o sześć ośmiobitowych quasi-dwukierunkowych portów cyfrowych GPIO. Schemat wewnętrzny układu PI4IOE5V96248 został pokazany na **rysunku 1**.

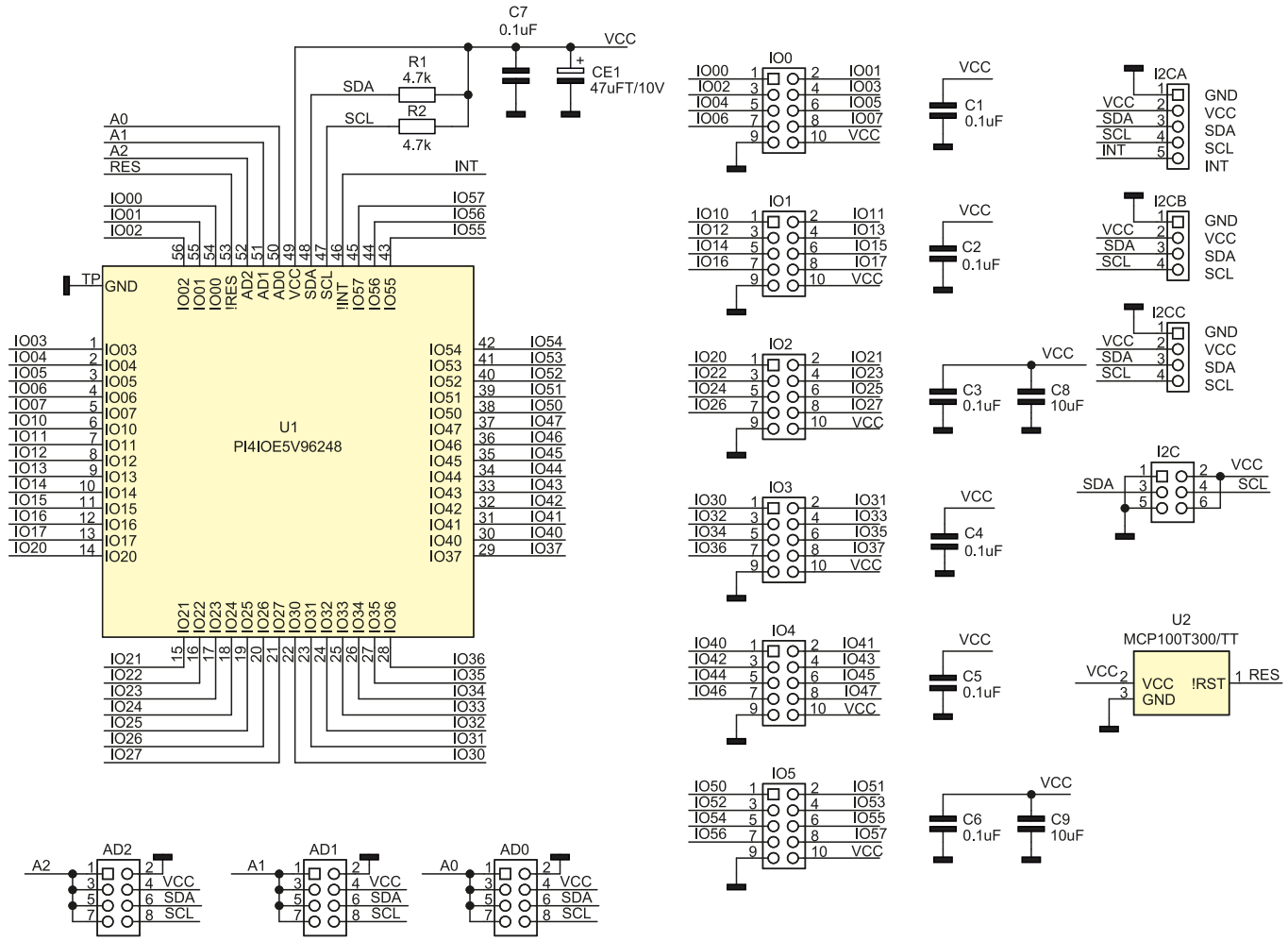
Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Oprócz układu U1 typu PI4IOE5V96248, w układzie zastosowano trzy zworki AD0...AD2 umożliwiające ustalenie adresu. Pełna adresacja U1 umożliwia zastosowanie do 64 układów na jednej magistrali. Skróconą adresację zaprezentowano w **tabeli 1**, pełna lista ze względu na objętość zamieszczona jest w dokumentacji dołączonej do materiałów dodatkowych.

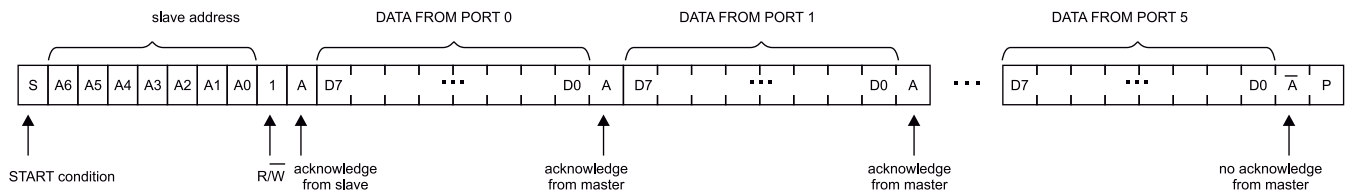


Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu PI4IOE5V96248

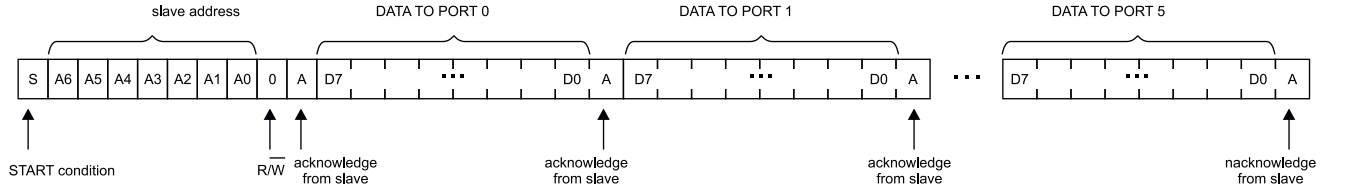
eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 2. Schemat modułu ekspandera IO



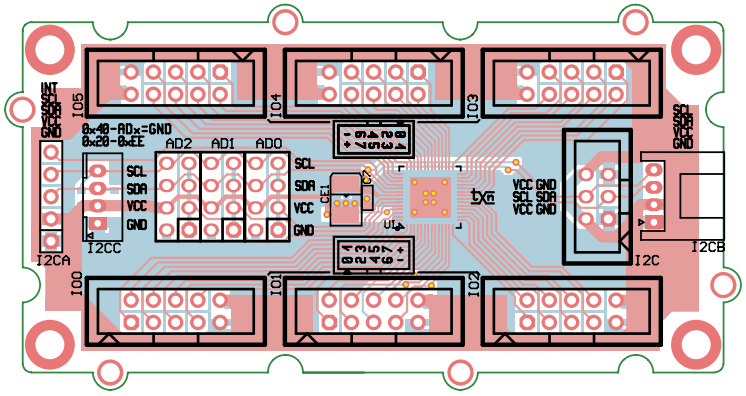
Rysunek 3. Sekwencyjny odczyt portów GPIO



Rysunek 4. Sekwencyjny zapis portów GPIO

Tabela 1. Skrócona adresacja układu PI4IOE5V96248

AD2	AD1	AD0	Adres
GND	SCL	GND	0x20 (0010 000X)
GND	SCL	VCC	0x22 (0010 001X)
GND	SDA	GND	0x24 (0010 010X)
GND	SDA	VCC	0x26 (0010 011X)
VCC	SCL	GND	0x28 (0010 100X)
VCC	SCL	VCC	0x2A (0010 101X)
VCC	SDA	GND	0x2C (0010 110X)
VCC	SDA	VCC	0x2E (0010 111X)



Rysunek 5. Schemat płytki PCB

eprasa.pl 136c999a57

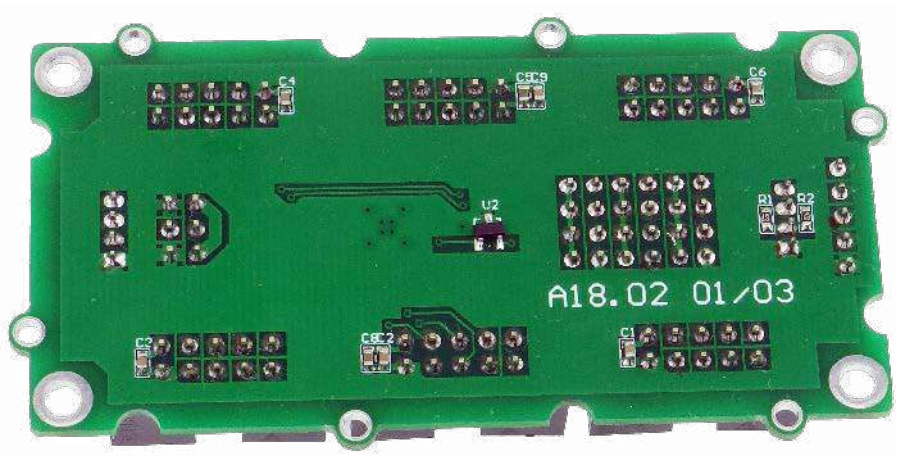
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1, R2: 4,7 kΩ (SMD0603) 5%

Kondensatory:
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7: 0,1 µF ceramiczny (SMD0603)
CE1: 47 µFT/10 V tantalowy (SMD3528)
C8, C9: 10 µF ceramiczny (SMD0603)

Półprzewodniki:
U1: PI4IOE5,96248V (TQFN56)
U2: MCP100T300/TT (SOT-23)

Pozostałe:
AD0, AD1, AD2: listwa 2×4 2,54 mm + zwory
I²C: gniazdo IDC6
I²CA: listwa SIP 1×5 2,54 mm
IO0, IO1, IO2, IO3, IO4, IO5: gniazdo IDC10



Fotografia 1. Zmontowany moduł widoczny od strony bottom

Sygnały sześciu portów GPIO wraz z zasilaniem doprowadzone są do złączy IO0...IO5. Magistrala I²C wyprowadzona jest na złącza I²CA...I²CC w standardzie SIP 2,54 mm, JST 2,00 mm i Grove. Dodatkowo na złącze I²CA i I²C wyprowadzono sygnał przerwania U1. Złącze I²C typu IDC6 może służyć do wygodnego kaskadowego łączenie modułów taśmą IDC 1:1. Układ U2 zapewnia poprawny restart układu po włączeniu zasilania.

Wyjścia GPIO układu U1 mogą być obciążone prądem do 25 mA w stanie niskim, co umożliwia bezpośrednie sterowanie LED przy całkowitym prądzie zasilania nieprzekraczającym 1200 mA. Moduł może być zasilany napięciami z zakresu 3,15...5,5 V. Po włączeniu zasilania wszystkie GPIO ustawione są jako wejścia w stanie wysokim.

Odczyt stanu wejść na magistrali I²C odbywa się sekwencyjnie zgodnie z **rysunkiem 3**. Podobnie jak w PCF8574, po zmianach kierunku GPIO należy pamiętać o ustawieniu stanu wysokiego na odpowiadającym wyprowadzeniu przed odczytem jego stanu. Podobnie w przypadku wyjść, ustawienie portów odbywa się sekwencyjnie, zgodnie z **rysunkiem 4**. Liczba wysyłanych bajtów nie jest ograniczona, ale po każdych sześciu układ nadpisuje wcześniejsze dane. Należy zwrócić na to uwagę podczas obsługi magistrali I²C. Wyprowadzenia wyjściowe GPIO posiadają aktywne podczas zmiany stanu na wysoki układy podciągania, które umożliwiają poprawę szybkości narastania zboczy, w przypadku dużego obciążenia GPIO.

Montaż i uruchomienie

Moduł montowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 5**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu. Zmontowany moduł pokazuje fotografia tytułowa, a od strony bottom – **fotografia 1**. Powodzenia w monitorowaniu i sterowaniu całym światem.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- może współpracować z jedną diodą lub łańcuchem diod power LED,
- zapewnia stabilny prąd wyjściowy o wartości do 3 A,
- pracuje w trybie rozproszonego widma dla zmniejszenia zakłóceń EMI,
- wykrywa najważniejsze usterki przetwornicy oraz dołączonych diod LED.

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)
AVT5815	Sterownik taśmy LED przez DMX (EP 10/2020)
AVT5789	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED z czujnikiem zbliżeniowym (EP 8/2020)
AVT5784	Wolnozmienny sterownik taśmy RGB (EP 8/2020)
AVT5788	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED sterowany włącznikiem (EP 8/2020)
AVT5733	Programowany sterownik LED dużej mocy (EP 12/2019)
AVT5706	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED (EP 8/2019)
AVT1996	Bedlight – sterownik oświetlenia nocnego z czujką ruchu (EP 8/2018)
AVT1975	Powolny rozjaśniacz do taśm LED 12 V (EP 7/2017)
AVT5561	Efektowny sterownik oświetlenia (EP 12/2016)
AVT5536	Sterownik taśmy LED ze zdalnym sterowaniem (EP 4/2016)
AVT1881	Programowany sterownik LED (EP 8/2015)
AVT1867	Sterownik zasilania taśm LED z wyłącznikiem czasowym (EP 8/2015)

* 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

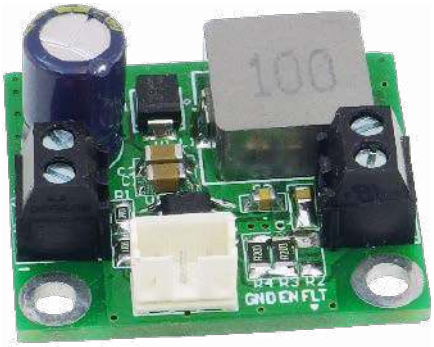
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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 power LED średniej mocy

Zaprezentowany układ, w zależności od doboru elementów i napięcia zasilania, może współpracować z jedną diodą lub łańcuchem diod power LED, zapewniając stabilny prąd wyjściowy o wartości do 3 A.



Zasilacz został zbudowany na specjalizowanym układzie IS32LT3954 firmy ISSI/Lumissil, którego budowę wewnętrzną pokazano na **rysunku 1**. Integruje on w swej strukturze przetwornicę obniżającą z układem stabilizacji prądu wyjściowego z możliwością regulacji sygnałem PWM. Przetwornica pracuje w trybie rozproszonego widma dla zmniejszenia zakłóceń EMI. Układ wyposażony jest w rozbudowany system monitorowania i wykrywa najważniejsze usterki przetwornicy oraz dołączonych diod LED.

eprasa.pl 136c999a57

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

Rezystory:
R1: 390 kΩ (SMD0805) 1% (dobrać)
R2, R3, R4: 0,2 Ω (SMD1206) 0,25 W 1% (dobrać)
R5: 1 kΩ (SMD0805) 5%

Kondensatory:
C1, C2: 10 μF/50 V (SMD1206)
CE1: 47 μF/63 V elektrolityczny LOW ESR
C3: 0,1 μF/50 V (SMD0805)
C4: 0,1 μF/50 V (SMD1206)

Półprzewodniki:
D1: SK510 dioda Schottky'ego (SMD)
LED, PWR: złącze śrubowe DG 3,5 mm, 2 wyprowadzenia
U1: IS32LT3954 (SO8TP)

Pozostałe:
CTRL: złącze PH 3 wyprowadzenia 2 mm proste
L1: 10 μH dławik Ferrocore HPI1260-100 (dobrać)

Budowa i działanie

Schemat zasilacza został pokazany na **rysunku 2**. Napięcie zasilania poprzez złącze PWR, zespół kondensatorów filtrujących CE1, C1, C2 doprowadzone jest do układu przetwornicy U1 typu 32LT3954. Rezystor R1 określa częstotliwość pracy układu, która w prezentowanym układzie wynosi ok. 500 kHz.

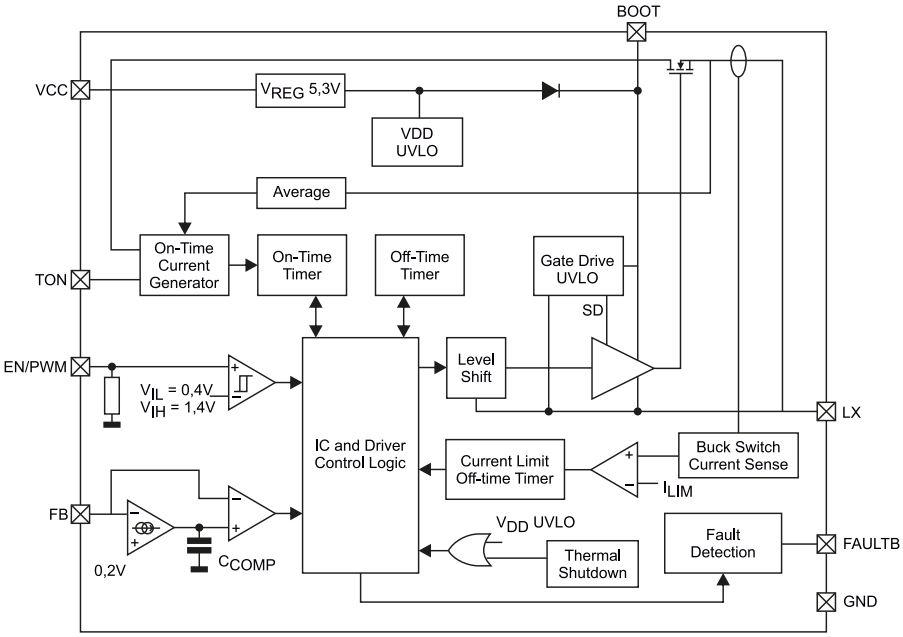
Rezystory R2...R4 są elementami układu stabilizacji prądu wyjściowego przetwornicy obniżającej napięcie. Wartość rezystorów dobierana jest w zależności od wymaganego prądu LED według wzoru:

$$I_{led}=V_{fb}/(R2||R4),$$

gdzie Vfb=0,2 V.

W układzie modelowym R2=0,2 Ω, R3, R4 nie są montowane, co ustala prąd LED na 1 A. Maksymalny prąd przetwornicy wynosi 3 A, odpowiada to wartości R2=R3=R4=0,2 Ω.

Dioda lub łańcuch diod podłączone są do złącza LED. Do złącza CTRL doprowadzone są sygnały EN i FLT. Podanie stanu wysokiego na wejście EN aktywuje przetwornicę, podanie sygnału PWM o częstotliwości w przedziale 100 Hz...20 kHz umożliwia regulację jasności LED. Próg zmiany stanu wejścia EN określony jest na 1,4 V, napięcie podane na wejście EN nie może przekraczać napięcia zasilania układu. Jeżeli nie używamy regulacji PWM, do załączenia przetwornicy wystarczy zewrzeć wejście z napięciem zasilania, a do wyłączenia z masą układu, wejście nie powinno pozostawać niepodłączone. Wyjście alarmowe FLT typu OD sygnalizuje stanem niskim usterkę w układzie.



Rysunek 1. Budowa wewnętrzna IS32LT3954

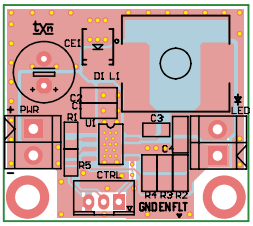
Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż nie wymaga szczegółowego opisu, należy tylko pamiętać, aby poprawnie przylutować pad termiczny U1. Po zlutowaniu należy płytkę umyć, usuwając resztki topnika. Zmontowany układ pokazuje **fotografia tytułowa.**

Układ nie wymaga uruchamiania, konieczna jest jednak optymalizacja elementów zgodnie z notą katalogową IS32LT3954 pod kątem dołączonej diody LED. W pierwszej kolejności dobierany jest rezystor R1, określający częstotliwość oscylatora, następnie na podstawie parametrów LED szacowany jest zakres napięć zasilania układu, ustalany jest rezystor układu stabilizacji prądu oraz dobierana jest wymagana indukcyjność dławika.

Wartości elementów modelu R2=0,2 Ω, R3, R4 nielutowane, przystosowane są do zasilania power LED COB 12 V/10 W. Układ wymaga w tym przypadku zasilania napięciem 15 V o wydajności przynajmniej 1 A. Zmierzona sprawność układu wynosi ok. 80%. Montując dodatkowo rezystor R3=0,2 Ω, można bez innych zmian w układzie zasilać LED 12 V/20 W, pamiętając o zwiększeniu wydajności prądowej zasilania do 2 A.

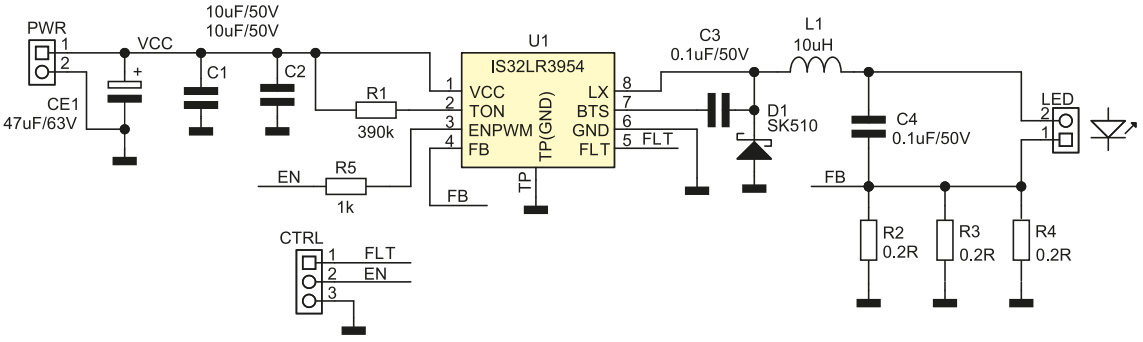
Należy pamiętać o odpowiednim chłodzeniu zarówno struktur LED, jak i układu, w przypadku pracy z maksymalnym prądem warto U1 i D1 wyposażyć w niewielkie radiatory i zapewnić cyrkulację powietrza wokół płytki. Po podaniu zasilania należy woltomierzem z funkcją TRMS sprawdzić spadek napięcia na rezystorach R2...R4 odpowiadający ustawionemu prądowi LED.



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

Adam Tatuś, EP

UWAGA! Podczas uruchamiania układu należy zachować szczególną ostrożność. Duże natężenie oświetlenia, jakie generują diody power LED, mogą przyczynić się do uszkodzenia wzroku. Ponadto wysokie temperatury elementów mogą spowodować poparzenia. Ze strukturą LED COB należy obchodzić się ze szczególną ostrożnością i zgodnie z zaleceniami producenta.



Rysunek 2. Schemat ideowy zasilacza LED

eprasa.pl 136c999a57

Podstawowe parametry:

- świecące elementy segmentów składowych wykonane są w postaci cienkich włókien rozżarzanych przepływem prądu, jak w żarówce,
- wyświetlacze sterowane statycznie z zastosowaniem ekspanderów GPIO z I²C typu TPIC2810,
- trwałość żarników w warunkach znamionowych określana jest na 10000 godzin,
- płytka dopasowana do formatu Raspberry Pi.

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

----	Interfejs aparatury kontrolnej i sygnalizacyjnej standardu M22 do Raspberry Pi (EP 7/2022)
----	Sterownik mikrosilników prądu stałego do Rpi Pico (EP 7/2022)
----	Moduł przekaźników półprzewodnikowych do RPi Zero i nie tylko (EP 7/2022)
----	Ekspander 16×PWM (EP 6/2022)
----	Moduł BLE4.1 dla RPi Pico (EP 6/2022)
----	Moduł LoRa dla Raspberry Pi Zero (EP 6/2022)
----	Ekspander modułów dla RPi Pico (EP 4/2022)
----	Podwójny interfejs ethernet dla RPi (EP 4/2022)
----	Moduł multiIO dla RPI Zero (EP 3/2022)
----	Interfejs użytkownika z wyświetlaczem OLED dla Pi Pico (EP 3/2022)
----	Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico (EP 2/2022)
----	Vintage audio DAC na TDA1387 (EP 2/2022)
AVT5914	Zasilacz buforowy dla RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5913	Cyfrowy wzmacniacz audio 2×10 W w formacie RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5909	Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero (EP 12/2021)
AVT5896	Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero (EP 10/2021)
AVT5890	Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero (EP 9/2021)
AVT5882	Podwójny klucz zasilania High Side (EP 8/2021)
----	Zasilacz PoE do Raspberry Pi (EP 7/2021)
----	Cyfrowy wzmacniacz audio w formacie RPi Zero (EP 7/2021)
----	Moduł DSP Audio do Raspberry Pi (EP 6/2021)
AVT5858	Płytka bazowa dla Raspberry Pi Pico (EP 5/2021)
AVT5851	Dwukanałowy port szeregowy dla Raspberry (EP 3/2021)
AVT5847	Interfejs wyświetlacza TFT-RGB dla RPi Zero (EP 3/2021)
-	Sterownik 18 LED dla Pi Zero (EP 2/2021)
AVT5811	Odtwarzacz audio z Raspberry Pi (EP 10-12/2020)

* 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

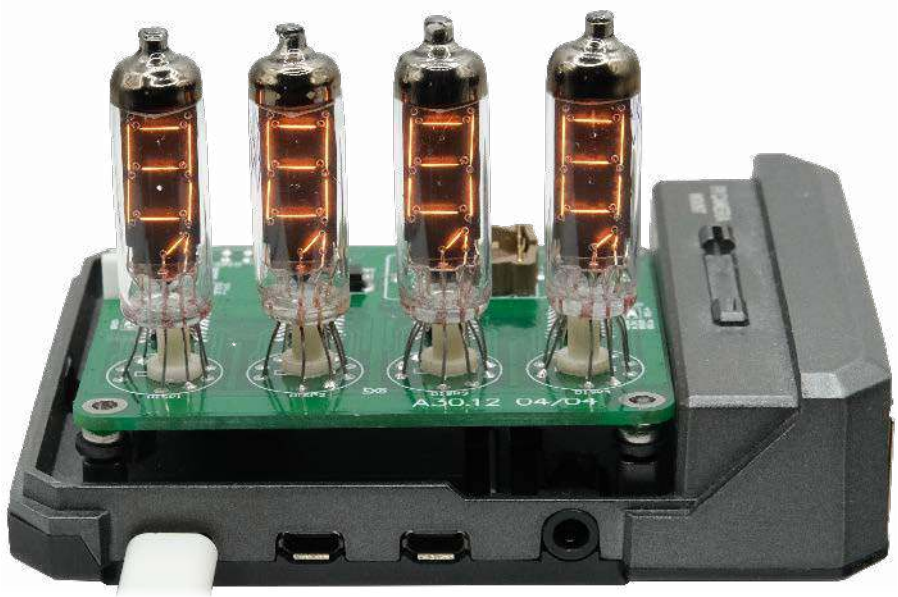
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Moduł z wyświetlaczami numitron

Nie każdy projektowany układ musi realizować śmiertelnie poważną funkcję, czasem warto zrobić coś dla zabawy i fajnego wyglądu, łącząc elementy sprzed kilkudziesięciu lat ze współczesnymi...



W module zastosowano dostępne na aukcjach internetowych wyświetlacze typu IW-9. Pod tajemniczą nazwą numitron, kryje się w zasadzie zupełnie prosta technologia wykonania. IW-9 to wyświetlacz o konstrukcji segmentowej, z przecinkiem po prawej stronie cyfry, czyli jak w klasycznym siedmiosegmentowym wyświetlaczu LED. Świecące elementy segmentów składowych wykonane są w postaci cienkich włókien rozżarzanych przepływem prądu, jak w żarówce. Całość umieszczona jest w szklanym balonie, z którego odpompowane jest powietrze. Podczas świecenia segment pobiera prąd w około 20 mA, przy napięciu 3...4 V, co jest porównywalne z wczesnymi typami wyświetlaczy LED. Podobnie jak w przypadku żarówek, obniżenie napięcia powoduje zmniejszenie jasności, ale podnosi trwałość żarników, która w warunkach znamionowych określana jest na 10000 godzin.

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 1**. Zastosowane wyświetlacze IW-9 mają wysokość cyfry ok. 11 mm, co zapewnia odpowiednią widoczność oraz pozwala na uzyskanie kompaktowej konstrukcji. Układ wyprowadzeń zaczerpnięty z noty katalogowej pokazano na **rysunku 2**. Cechy numitronu znacząco upraszczają konstrukcję modułu sterującego, nie jest potrzebne napięcie żarzenia oraz podniesione napięcie anod jak w przypadku wskaźników VFD lub wysokie napięcie jak w przypadku lamp Nixie. Do sterowania numitronem wystarczają klasyczne układy przeznaczone do sterowania wskaźnikami LED.

Pole odczytowe modułu składa się z czterech wyświetlaczy DISP1...DISP4 sterowanych statycznie, co upraszcza aplikację sterującą. Do sterowania segmentami zastosowano układy GPIO magistrali I²C o zwiększonej wydajności prądowej typu TPIC2810. Budowę wewnętrzną układu TPIC2810 pokazano na **rysunku 3**. TPIC2810 ma cztery rejestry pod subadresami 0x11, 0x22, 0x44, służące do kontroli działania układu:

- 0x11 – odczyt danych z rejestru wejściowego (bufora),
- 0x11 – zapis danych do rejestru wejściowego (bufora), nie ustawia stanów wyjść,
- 0x22 – zapis powoduje przepisanie rejestru wejściowego (bufora) do rejestru wyjściowego ustawiającego stan wyjść,
- 0x44 – zapis bezpośredni do rejestru wyjściowego, z ustawieniem stanu wyjść.

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

Rezystory: (SMD0603) 1%
R1, R2: 4,7 kΩ
R3, R5: 51 kΩ
R4: 10 kΩ
R6: 100 Ω

Kondensatory:
C1, C2, C3, C4: 0,1 μF (SMD0603)
C5, C6: 47 μF/10 V (SMD1206)
C7: 10 μF (SMD0603)

Półprzewodniki:
D2: STPS2L40U dioda Schotky'ego SMD
U1, U2, U3, U4: TPIC2810D (SO16)
U5: LMR10515YMFE (SOT-23-5)

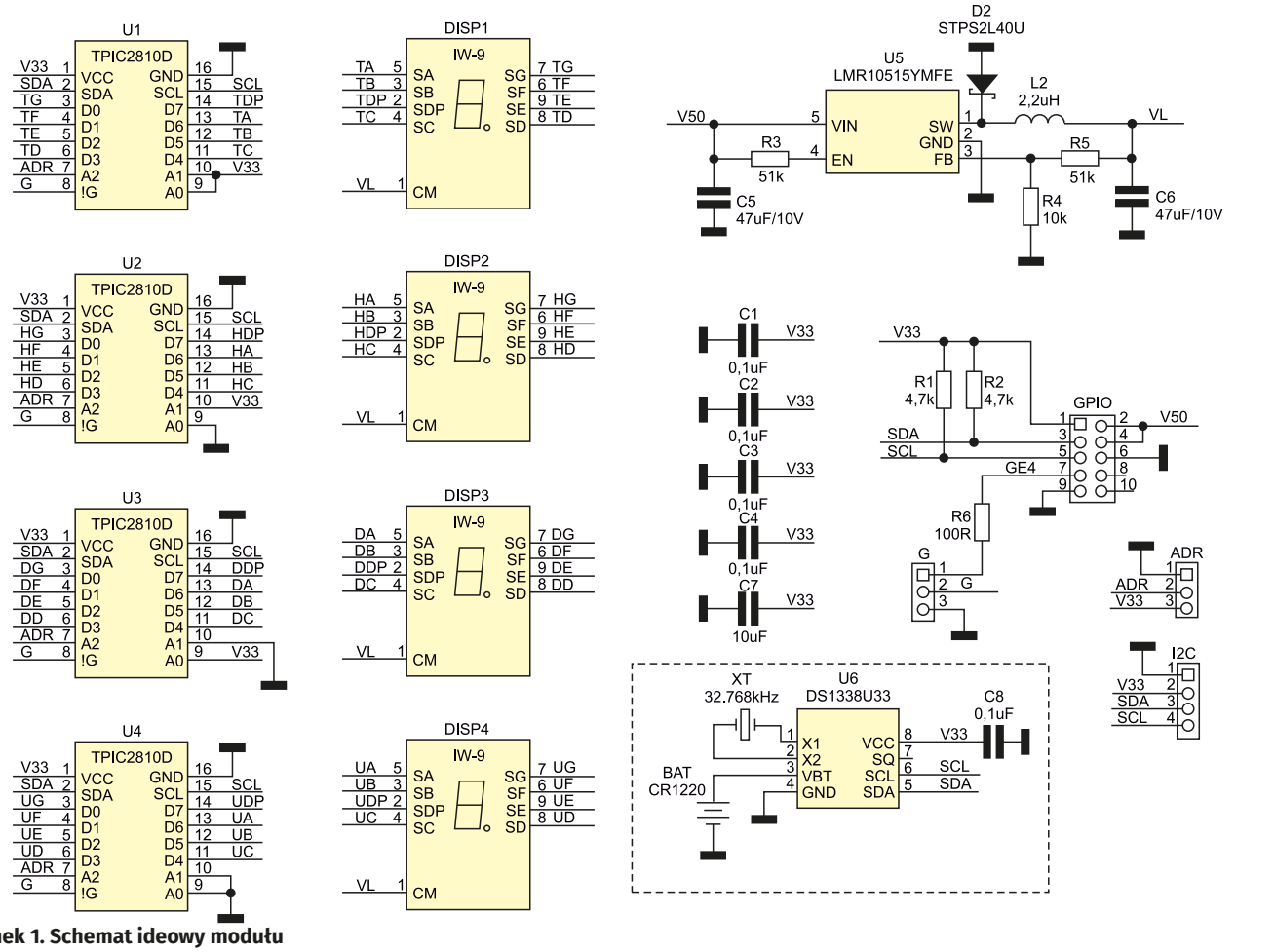
Pozostałe:
DISP1, DISP2, DISP3, DISP4: wyświetlacz IW-9 (numitron)
GPIO: złącze IDC żeńskie 2×50 pinów
I²C: złącze Grove kątowe
L2: 2,2 μH dławik mocy HPI0530-2R2
XT: rezonator kwarcowy 32,768 kHz

Tylko dla wersji z zegarem RTC
Kondensatory:
C8: 0,1 μF (SMD0603)

Półprzewodniki:
U6: DS1338U33 (MSOP8)

Pozostałe:
BAT: bateria CR1220 + oprawka KEYS1056

eprasa.pl 136c999a57

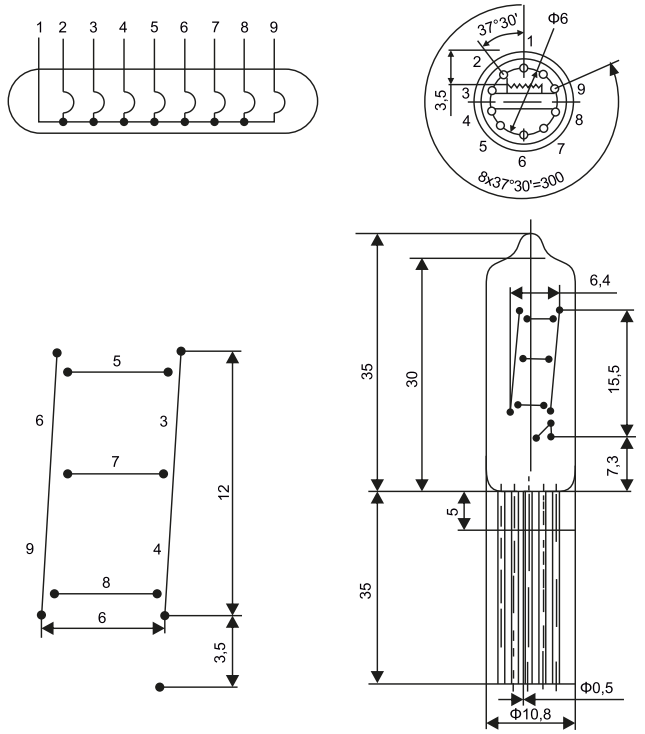


Rysunek 1. Schemat ideowy modułu

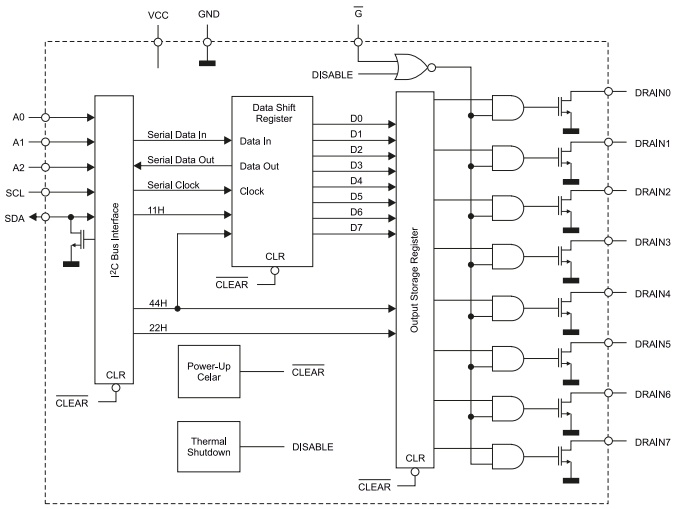
Każdy wyświetlacz sterowany jest niezależnym układem TPIC, segmenty przypisane są w kolejności DP,A...G, zaczynając od najstarszego bitu D7. Układy zajmują cztery kolejne adresy na magistrali I²C, zwora ADR umożliwia ustawienie dwóch zakresów adresacji 0x60...0x63 przy zwarciu do masy i 0x64...0x67 przy zwarciu do V33. Układy TPIC mają sprzętowe wejście załączające wskaźniki – G. Wejścia G wszystkich układów są połączone i doprowadzone do zwory G, która umożliwia stałe sprzętowe globalne załączenie wyświetlaczy po zwarciu do masy lub sterowanie programowe sygnałem GE4 z pinu GPIO4.

Napięcia zasilania do wyświetlaczy dostarcza przetwornica obniżająca U5 typu LMR10515. Wartość napięcia wyjściowego ustalana jest rezystorem R5 i w modelu wynosi ok. 3,7 V. Napięcie można dobrać według wzoru Vo=0,6(1+R5/R4). Przetwornica zasilana jest napięciem 5 V z Raspberry, należy pamiętać, że pobór mocy może wynosić ok. 3...3,5 W, co należy uwzględnić przy doborze zasilacza.

Dodatkowym wyposażeniem modułu jest zegar czasu rzeczywistego U6 typu DS1338



Rysunek 2. Karta katalogowa wyświetlacza IW-9

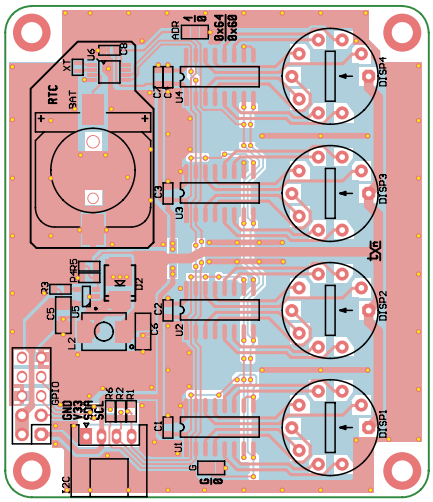


Rysunek 3. Struktura wewnętrzna układu TPIC2810

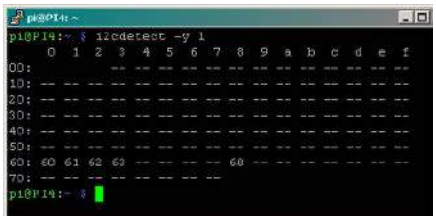
eprasa.pl 136c999a57

```
Listing 1. Skrypt g_OFF.sh

#!/bin/bash
cd /home/pi
BASE_GPIO_PATH=/sys/class/gpio
PIN1=4

if [ ! -e $BASE_GPIO_PATH/gpio$PIN1 ]; then
  echo $PIN1 > $BASE_GPIO_PATH/export
fi

echo "out" > $BASE_GPIO_PATH/gpio$PIN1/direction
echo "0" > $BASE_GPIO_PATH/gpio$PIN1/value
echo "G włączony G=0"
```

```
Listing 2. Skrypt g_ON.sh

#!/bin/bash
cd /home/pi
BASE_GPIO_PATH=/sys/class/gpio
PIN1=4

if [ ! -e $BASE_GPIO_PATH/gpio$PIN1 ]; then
  echo $PIN1 > $BASE_GPIO_PATH/export
fi

echo "out" > $BASE_GPIO_PATH/gpio$PIN1/direction
echo "1" > $BASE_GPIO_PATH/gpio$PIN1/value
echo "G wyłączony G=1"
```



Rysunek 4. Schemat płytki PCB



Rysunek 5. Detekcja modułu na magistrali I²C

Fotografia 1. Zmontowany moduł wyświetlaczy numitron

wraz z baterią podtrzymującą CR1220, przydatny, gdy moduł będzie zastosowany jako zegar. Układ uzupełnia złącze I²C w standardzie Grove 3,3 V służące do podłączenia zewnętrznych czujników.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej. Rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 4**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu, należy zwrócić tylko uwagę, aby przy montażu lamp zachować co najmniej 10 mm wyprowadzeń, aby nie ukruszyć szklanego cokołu. Elementy C8, U6, XT, BAT montowane są tylko w opcji z zegarem RTC. Zmontowany układ pokazano na **fotografii 1**.

Podczas montażu należy ustalić sposób sterowania globalnego, lutując zworę G oraz adresację modułu ustawiając odpowiednio zworą ADR. Uruchomienie modułu sprowadza się do kontroli napięcia zasilającego wskaźniki, powinno wynosić ok. 3,7 V.

Przed napisaniem aplikacji wykorzystującej moduł warto sprawdzić jego działanie za pomocą narzędzi systemowych. Rejestry sterowania segmentami wyświetlaczy w modelu dostępne są pod adresami 0x60...0x63 (jednostki...tysiące), co można sprawdzić poleceniem:

```
sudo i2cdetect -y 1
```

którego wynik został pokazany na **rysunku 5**. Jeżeli wszystko działa poprawnie, układy TPIC widoczne będą pod adresami 0x60...0x63, a opcjonalny zegar RTC pod adresem 0x68.

Do sterowania globalnym załączeniem/wyłączeniem należy ustawić stan wyprowadzenia GPIO4, np. skryptami z **listingu 1** i **2**. Po uruchomieniu drugiego skryptu poleceniem ./g_ON.sh i ustawieniu sygnału GE4 w stan niski (G=0) dla zaświecenia segmentów należy odpowiednie wyprowadzenia U1...U4 ustawić w stan wysoki poprzez zapis w rejestrze 0x44, wpisując polecenie np:

```
i2cset -y 1 0x60 0x44 0xff
```

To zaświeci wszystkie segmenty wskaźnika DISP4. Skrypt testowy iw9.sh dla wszystkich wyświetlaczy pokazano na **listingu 3**. Po jego uruchomieniu zostaną na dwie sekundy zaświecone wszystkie segmenty DISP1...DSIP4. Efekt działania skryptu jest widoczny na fotografii tytułowej. Jeżeli wszystko działa, można przejść do wykorzystania modułu we własnej aplikacji.

```
Listing 3. Skrypt testowy

#!/bin/bash
echo "Numitron TPIC2810 Driver ADR:0x60-0x63"

  echo "All ON"
  i2cset -y 1 0x60 0x44 0xFF
  i2cset -y 1 0x61 0x44 0xFF
  i2cset -y 1 0x62 0x44 0xFF
  i2cset -y 1 0x63 0x44 0xFF
  sleep 2

  echo "All OFF"
  i2cset -y 1 0x60 0x44 0x00
  i2cset -y 1 0x61 0x44 0x00
  i2cset -y 1 0x62 0x44 0x00
  i2cset -y 1 0x63 0x44 0x00
  sleep 2

echo exit
```

Adam Tatuś, EP

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

eprasa.pl 136c999a57

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5944

Podstawowe parametry:

- przeznaczony jest do napięcia sieci 230 V AC i poboru prądu do 8 A,
- zawiera zabezpieczenia przed przepięciami i przeciążeniem,
- regulacja czasu ograniczona poprzez dobranie pojemności kondensatora.

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

AVT5793	Ogranicznik napięcia zasilającego (EP 8/2020)
AVT3280	Softstart z wyłącznikiem (EdW 5/2020)
AVT2815	Softstart do transformatora
AVT1648	Softstart do elektronarzędzi
AVT1226	Układ opóźniania włączania (dwustopniowy) zasilania sieciowego soft start

* 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.

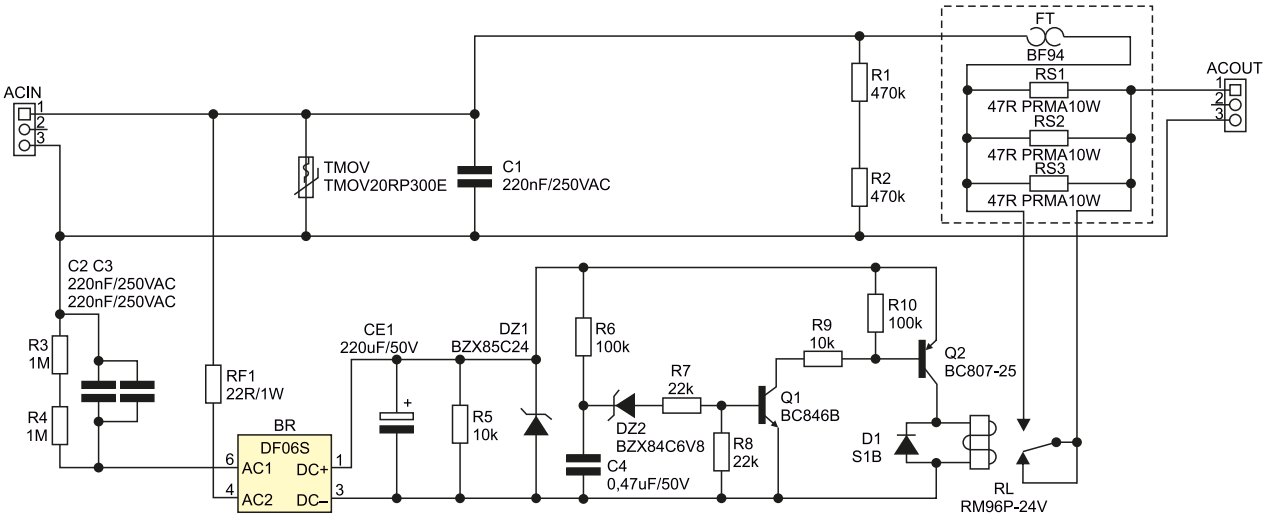
Ogranicznik prądu rozruchowego

Wiele urządzeń elektronicznych zasilanych z sieci energetycznej, np. zasilacze impulsowe większej mocy, obarczonych jest uciążliwą cechą polegającą na poborze sporego prądu podczas włączenia. Często skutkuje to zbędnym zadziałaniem zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych. Opisany układ ogranicza prąd rozruchu do wartości tolerowanej przez typowe zabezpieczenia instalacyjne.

Uwaga! Układ zasilany jest z napięcia sieciowego, podczas uruchamiania należy zachować szczególną ostrożność. Jakiekolwiek korekty wartości elementów muszą być wykonane po odłączeniu układu od obciążenia i zasilania oraz odczekaniu kilku sekund do rozładowania pojemności.

Budowa i działanie

Schemat ideowy układu pokazano na **rysunku 1**. Napięcie zasilające poprzez złącze ACIN doprowadzone jest do warystora TMOV dodatkowo zabezpieczającego przed skutkami przepięć w sieci zasilającej. Ze względu na zmianę wymogów dotyczących bezpieczeństwa urządzeń zastosowano



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

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

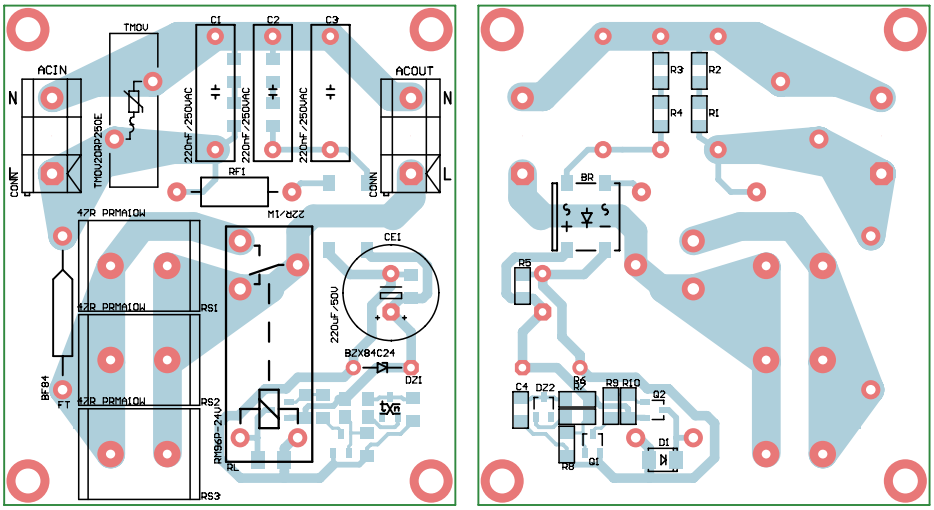
Rezystory: (SMD1206) 5%
R1, R2: 470 kΩ 0,5 W
R3, R4: 1M Ω 5% 0,5 W
R5, R9: 10 kΩ 0,25 W
R6, R10: 100 kΩ
R7, R8: 22 kΩ 5%

Kondensatory:
C1, C2, C3: 220 nF/250 V AC foliowy 15 mm
CE1: 220 µF/50 V elektrolityczny 5 mm
C4: 0,47 µF/50 V (SMD1206)

Pozostałe:
ACIN, ACOUT: złącze DG126-5.0-3
BR: mostek prostowniczy 1 A DF06S
DZ1: BZX85C24 dioda Zenera 1,3 W
DZ2: BZX84C6,8V dioda Zenera (SOT-23)
FT: wyłącznik termiczny BF94
RF1: rezystor bezpiecznikowy 22 Ω/1 W
RL: przekaźnik RM96P 24 V DC
RS1, RS2, RS3: rezystor mocy pionowy 47 Ω/10 W
TMOV: warystor z zabezpieczeniem TMOV20RP300E

Półprzewodniki:
D1: S1B dioda uniwersalna SMD
Q1: BC846B (SOT-23)
Q2: BC807-25 (SOT-23)

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

warystor z wbudowanym wyłącznikiem termicznym. Zapobiega on rozgrzaniu warystora do niebezpiecznej dla użytkownika temperatury w przypadku, gdy przepięcie jest długotrwałe i trwale przeciąża warystor.

Kondensator C1 w podstawowym zakresie tłumi zakłócenia w. cz. Rezystory R1, R2 rozładowują ładunek zgromadzony w C1 po wyłączeniu zasilania. Funkcję ogranicznika prądu rozruchu pełni blok rezystorów mocy RS1...RS3, włączonych w szereg z obciążeniem. Rezystory zwierane są przekaźnikiem RL sterowanym z opóźniającego układu czasowego na tranzystorze Q1 i obwodzie R6, C4, DZ2. Tranzystor Q2 pełni funkcję bufora prądowego. Układ czasowy zasilany jest z zasilacza beztransformatorowego z elementami C2 i C3 dostarczającego napięcia 24 V stabilizowanego diodą Zenera DZ1. Rezystor RF1 pełni funkcję bezpiecznika zasilania niezbędnego w przypadku awarii układu czasowego.

W szereg z blokiem rezystorów RS1...RS3 włączony jest bezpiecznik termiczny, rozłączający zasilanie po przekroczeniu temperatury 95°C. Jego zadziałanie może być wyzwolone przeciążeniem układu lub uszkodzeniem układu sterującego. Czas działania ograniczania RS1...RS3 może być zmieniony wartością kondensatora C4, należy uwzględnić też czas załączenia przekaźnika. Także wartości RS1...RS3 mogą być dobrane pod wymogi układu. Należy pamiętać o dużym chwilowym impulsie traconej na nich mocy, dlatego muszą być stosowane rezystory drutowe, przystosowane do przewodzenia impulsów prądowych o dopuszczalnej kilkukrotnej chwilowej przeciążalności np.: PRM10, AC10 itp. Obciążenie podłączone jest do złącza ACOUT.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na jednostronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż nie wymaga opisu, warto zadbać o odpowiedni kontakt termiczny bloku RS1...RS3 i wyłącznika BF, mocując go do bloku za pomocą kleju termoprzewodzącego. Podczas lutowania wyłącznika należy zapewnić odprowadzanie ciepła z wyprowadzeń, aby nie dopuścić do przegrzania i zadziałania bimetalu.

Układ nie wymaga uruchamiania, po ustalonej zwłoce przekaźnik zostanie zwarty i na obciążenie zostanie podane pełne napięcie. Każdorazowo należy sprawdzić poprawność działania z obciążeniem, w większości przypadków zarówno źródła światła, zasilacze transformatorowe, jak i impulsowe, bez problemu współpracują z układem ogranicznika, W przypadku zastosowania z silnikami AC (np. wentylatorów), należy sprawdzić, czy obniżone chwilowo podczas rozruchu napięcie nie spowoduje zablokowania obciążonego wirnika.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

eprasa.pl 136c999a57

Podstawowe parametry:

- komunikuje się z układem nadrzędnym poprzez standardowy interfejs szeregowy UART i komunikację znakową ASCII,
- może współpracować z konwerterem USB-UART
- wejścia zgodne z logiką 3,3 V.

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

----	Ekspander IO z układem PCA9531 (EP 4/2022)
----	Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 2/2022)
AVT5912	Expander wyjść z interfejsem I²C (EP 1/2022)
AVT5901	Moduł z zegarem RTC i pamięcią FRAM po I²C (EP 11/2021)
AVT5894	Ośmiokanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 10/2021)
AVT5884	Expander portu szeregowego UART dla magistrali I²C (EP 9/2021)
AVT5881	Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C (EP 8/2021)
AVT5854	Przedłużacz magistrali I²C (EP 4/2021)
----	Izolator magistrali I²C (EP 3/2021)
AVT5786	Translator adresu magistrali I²C (EP 8/2020)
----	Expander IO z interfejsem I²C (EP 6/2020)
AVT5769	Podwójny potencjometr z interfejsem I²C (EP 5/2020)
----	Moduł wyjść dużej mocy z kontrolą poprzez I²C (EP 5/2020)
AVT5751	I²C Extender – przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C (EP 3/2020)
AVT5708	Przedłużacz magistrali I²C (EP 8/2019)
AVT5687	Konwerter poziomów magistrali I²C (EP 7/2019)
AVT5154	Wyświetlacz LCD sterowany magistralą I²C (EP 10/2008)

* 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

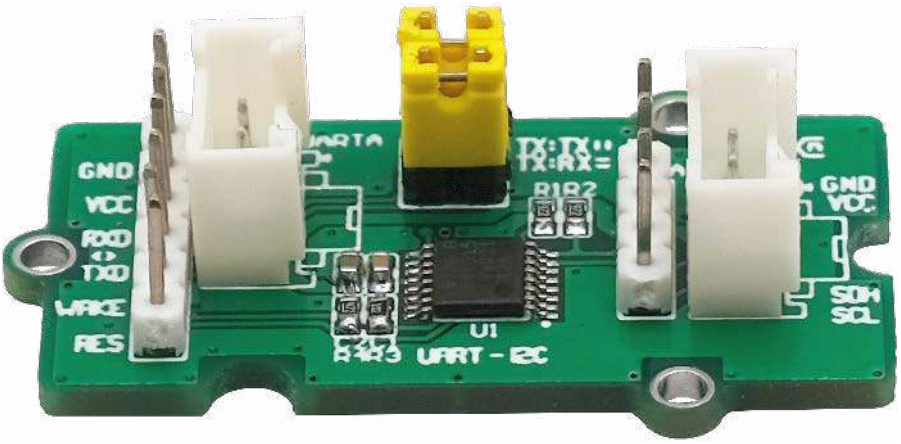
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] - zaprogramowany układ

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.

Mostek UART-I²C z układem SC18IM700

Magistrala I²C jest bardzo wygodnym i tanim sposobem wymiany informacji pomiędzy układami w obrębie urządzenia. Niestety nie wszystkie systemy mają wbudowany interfejs I²C, np. klasyczne komputery PC (dla ścisłości – mają wbudowany, ale nie ma możliwości wyprowadzenia i zastosowania we własnych aplikacjach). W takim przypadku przydatny jest układ mostka UART-I²C.



Zaprezentowany układ mostka UART-I²C pozwala na podłączenie układów I²C do monitorowania lub sterowania urządzeniami zewnętrznymi z użyciem portu szeregowego, czy to natywnego, czy zrealizowanego poprzez konwerter USB-UART. W konstrukcji zastosowano specjalizowany układ SC18IM700 firmy NXP, którego strukturę wewnętrzną pokazuje **rysunek 1**.

Układ komunikuje się z układem nadrzędnym poprzez standardowy interfejs szeregowy UART i komunikację znakową ASCII. Obsługuje odczyt i zapis magistrali I²C w trybie zapisu pojedynczego lub wielobajtowego z 16-bitowym buforem, zapewniając poprawne generowanie sygnałów sterujących magistralą. Zastosowanie układu umożliwia dołączenie układów ekspanderów GPIO, sterowników LED itp., bez konieczności poświęcenia czasu na oprogramowanie pośredniczące pomiędzy PC a I²C mikrokontrolera. Cała praca programistyczna przy zastosowaniu SC18IM700 ogranicza się do opracowania aplikacji na PC komunikującej się poprzez UART.

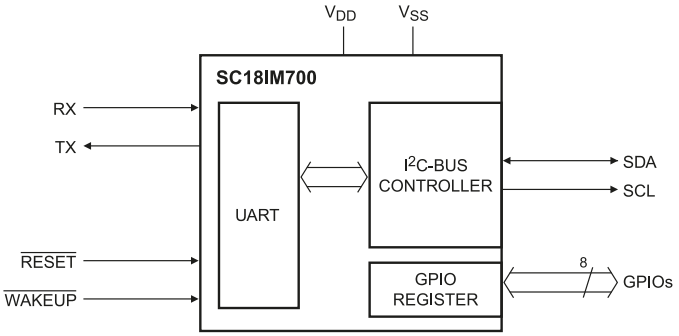
Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Układ nie odbiega od standardowej aplikacji, do złączy UART/UARTA doprowadzone są sygnały portu szeregowego z konwertera poziomów RS232 lub mostka USB/UART, zgodne z logiką 3,3 V oraz zasilanie 3,3 V. Na złącze UARTA wyprowadzone są dodatkowo sygnały RESET i WAKE umożliwiające restart lub wprowadzenie sprzętowe U1 w tryb obniżonego poboru mocy. Do złączy I²C, I²CA doprowadzona jest magistrala z układów zewnętrznych, także w standardzie 3,3 V.

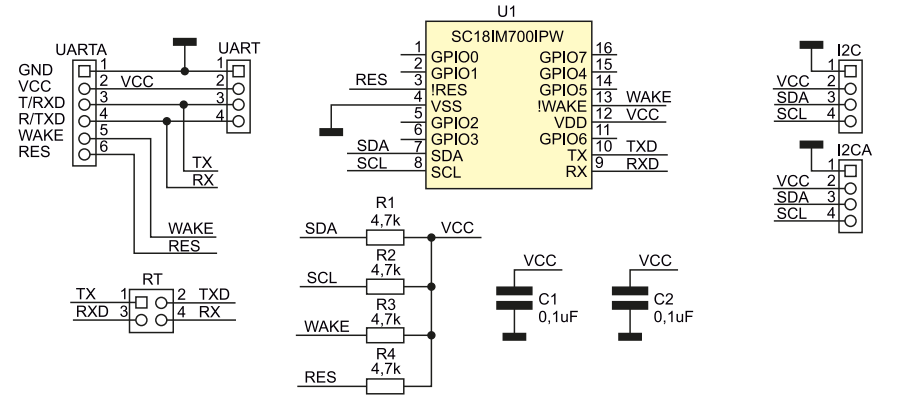
Zwora RT umożliwia przekrosowanie sygnałów UART RX/TX, gdy nie jest możliwe przekrosowanie w kablu (np. podczas użycia kabli i złączy zgodnych z Grove).

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż jest typowy i nie wymaga dokładnego opisu,



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu SC18IM700



Rysunek 2. Schemat ideowy mostka UART-I²C

eprasa.pl 136c999a57

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

Rezystory: (SMD0603)
R1, R2, R4: 4,7 kΩ
R3: 1 kΩ

Kondensatory: (SMD0603)
C1: 0,1 µF
C2: 1 µF

Pozostałe:
I²C: złącze JST 1 mm
I²CA: złącze szpilkowe 2,54 mm, 4 szpilki
RT: złącze IDC4 + zwory
UARTA: złącze szpilkowe 2,54 mm, 4 szpilki

Półprzewodniki:
U1: SC18IM700IPW (TSSOP16)

a poprawnie zmontowany układ nie wymaga uruchamiania.

W celu sprawdzenia działania należy podłączyć mostek do PC poprzez konwerter RS232 lub USB/UART z wyjściem sygnału o napięciu 3,3 V. Następnie należy zainstalować terminal portu szeregowego z możliwością wysyłania sekwencji znaków np. Realterm oraz przygotować płytkę z układem I²C np. AVT1707 z układem PCF8574.

Komunikacja z układem SC18IM700 odbywa się poprzez wysłanie polecenia w postaci komendy ASCII, zestaw rozpoznawanych komend znajduje się w **tabeli 1**. Komendy nierozpoznane są ignorowane. Układ ma wbudowany licznik time-out, który kasuje zawartość buforów, jeżeli odbiór kolejnych dwóch znaków zajmuje więcej niż 655 ms.

Układ jest skonfigurowany wstępnie po uruchomieniu, standard transmisji jest ustawiony na 9600, 8, N, 1. Konfiguracja może zostać zmieniona w rejestrach układu, zgodnie z **tabelą 2** i szczegółowym opisem w dokumentacji *SC18IM700.pdf* i *AN10397.pdf*, dołączonej do materiałów dodatkowych. Po uruchomieniu terminalu i restarcie układu zwrócone zostaną znaki OK, potwierdzające połączenie z układem. Do zmiany konfiguracji służą sekwencje poleceń zapisu rejestru wewnętrznego:

```
W <rejestr 0> <dana 0>...<rejestr N> <dana N> P
```

lub odczytu

```
R <rejestr 0> ...<rejestr N> P
```

po którym SC18IM700 zwróci ciąg wartości:

```
<dana 0> ... <dana N>
```

Przykładowy odczyt rejestru 00 to sekwencja:

```
52 00 50
```

która po resecie zwraca wartość domyślną 0xF0.

Podłączony do magistrali układ PCF8574 ma ustawiony adres 0x20, odczyt stanu (**rysunek 4**) wyprowadzeń wykonany za pomocą sekwencji:

```
53 41 01 50
```

która odczytuje jeden bajt spod adresu 0x41, czyli stan wyprowadzeń PCF8574 z ustawionym siedmiobitowym adresem 0x20. Ze względu na adresowanie 8-bitowe, najmłodszy bajt ustawiony jest na 1 dla operacji odczytu (0100 0001). Ustawienie wyjść (**rysunek 5**) wykonywane jest za pomocą sekwencji:

```
53 40 01 00 50
```

która zapisuje jeden bajt o wartości 0x00 pod adres 0x40, czyli stan wyprowadzeń PCF8574 z ustawionym siedmiobitowym adresem 0x20 zostanie zmieniony na 0x00. Ze względu na adresowanie 8-bitowe najmłodszy bajt ustawiony jest na 0 dla operacji zapisu (0100 0000). Poprawność wykonania operacji sprawdzamy, odczytując rejestr statusu I²CStat 0x0A sekwencją:

```
52 0A 50
```

która powinna zwrócić wartość 0xF0, zgodnie z **tabelą 3**. Stosując zapis wielobajtowy, można konfigurować układy o większej liczbie rejestrów, np. sterownik LED PCA9531 zastosowany w miniklawiaturze z podświetleniem – AVT5889.

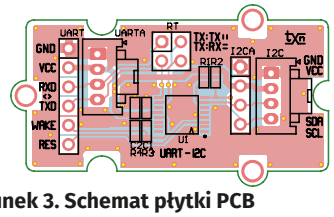
Adam Tatuś, EP

Tabela 1. Komendy ASCII układu SC18IM700

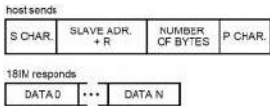
Komenda ASCII	Kod hex	Opis
S	0x53	I²C start
P	0x50	I²C stop
R	0x52	Odczyt rejestrów wewnętrznych
W	0x57	Zapis rejestrów wewnętrznych
I	0x49	Odczyt portu GPIO
O	0x4F	Zapis portu GPIO

Tabela 2. Rejestry wewnętrzne układu SC18IM700

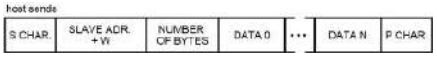
Adres rejestru	Nazwa rejestru	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	R/W	Wartość domyślna
0x00	BRG0	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	R/W	0xF0
0x01	BRG1	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	R/W	0x02
0x02	PortConf1	GPIO3.1	GPIO3.0	GPIO2.1	GPIO2.0	GPIO1.1	GPIO1.0	GPIO0.1	GPIO0.0	R/W	0x55
0x03	PortConf2	GPIO7.1	GPIO7.0	GPIO6.1	GPIO6.0	GPIO5.1	GPIO5.0	GPIO4.1	GPIO4.0	R/W	0x55
0x04	IOState	GPIO7	GPIO6	GPIO5	GPIO4	GPIO3	GPIO2	GPIO1	GPIO0	R/W	-
0x05	zarezer-wowany	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	-	0x00
0x06	I²CAdr	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	R/W	0x26
0x07	I²CClkL	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	R/W	0x13
0x08	I²CClkH	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	R/W	0x13
0x09	I²CTO	TO7	TO6	TO5	TO4	TO3	TO2	TO1	TE	R/W	0x66
0x0A	I²CStat	1	1	1	1	I²CStat[3]	I²CStat[2]	I²CStat[1]	I²CStat[0]	R	0xF0



Rysunek 3. Schemat płytki PCB



Rysunek 4. Budowa sekwencji odczytu



Rysunek 5. Budowa sekwencji zapisu

Tabela 3. Rejestr kontroli stanu magistrali I²C

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Stan magistrali I²C
1	1	1	1	0	0	0	0	I²C_OK
1	1	1	1	0	0	0	1	I²C_NACK_ON_ADDRESS
1	1	1	1	0	0	1	0	I²C_NACK_ON_DATA
1	1	1	1	1	0	0	0	I²C_TIME_OUT

eprasa.pl 136c999a57

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

PROJEKT NR 255

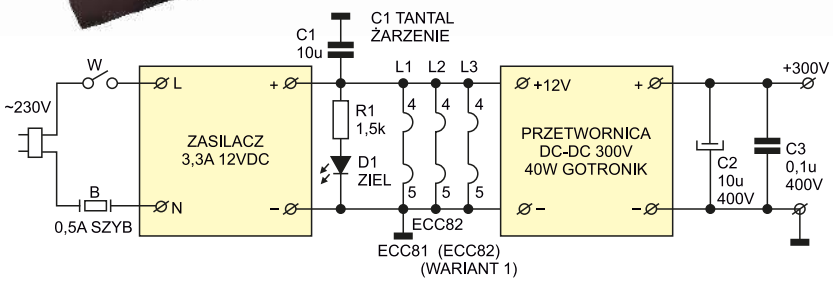
Przedwzmacniacz lampowy z regulacją barwy tonu

Wielu zwolenników dobrego brzmienia nie uznaje stosowania regulatorów barwy tonu we wzmacniaczach, szczególnie lampowych. Jednak w mojej subiektywnej ocenie uważam, że delikatne wyregulowanie brzmienia daje dobre efekty. Szczególnie w zakresie wysokich tonów, gdzie szczegóły w postaci cichych efektów perkusyjnych są lepiej eksponowane. Nie wyobrażam sobie słuchania koncertu symfonicznego lub jazzowego przy płaskiej charakterystyce odtwarzania.

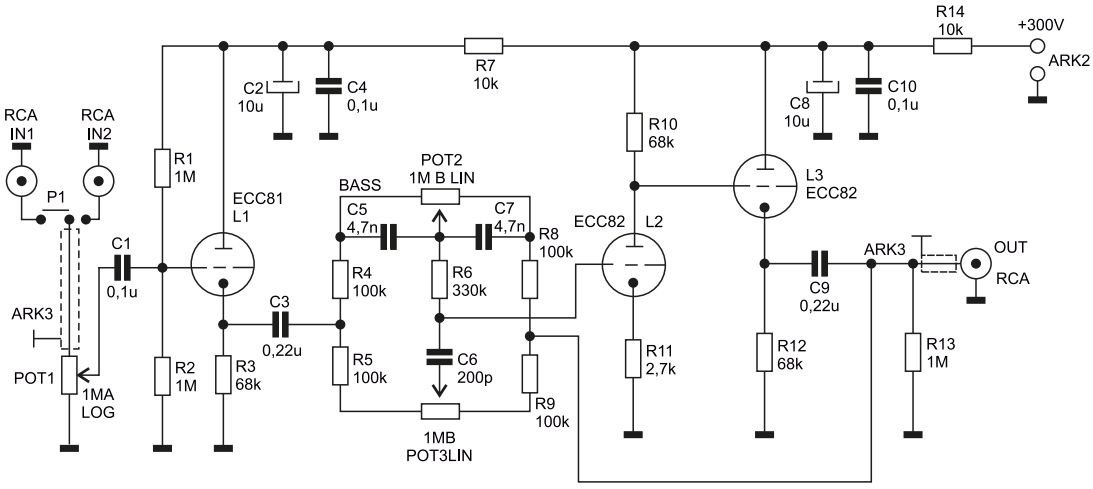
Przedwzmacniacz lampowy z regulacją barwy tonu włączony w tor starszych tranzystorowych wzmacniaczy znacznie „ociepla” ich brzmienie. W artykule zaprezentowano urządzenie w dwóch wersjach – z bierną regulacją oraz aktywną. Daje to pole do eksperymentowania i znalezienia rozwiązania najbardziej odpowiedniego dla siebie.

Budowa i działanie

Przedwzmacniacz zbudowany jest z trzech odrębnych bloków. Pierwszym blokiem jest zasilacz modułowy, który dostarcza napięcia 12 V. Napięcie z zasilacza trafia do przetwornicy step-up, która jest drugim blokiem. Przetwornica (wbrew temu, co podaje w katalogu firma Gotronik) daje na wyjściu napięcie stałe około 300 V po podłączeniu kondensatora elektrolitycznego. Pracuje na częstotliwości ponadakustycznej, więc nie wprowadza znaczących zakłóceń. Słychać



Rysunek 1. Schemat bloku zasilania przedwzmacniacza



Rysunek 2. Schemat przedwzmacniacza z regulacją aktywną

eprasa.pl 136c999a57

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

Zasilacz

Rezystory: (metalizowane, 0,25 W, 5%):
R1: 1,5 kΩ

Kondensatory:
C1: 10 μF/16 V tantalowy
C2: 10 μF/400 V
C3: 0,1 μF/400 V MKT

Półprzewodniki:
D1: dioda LED zielona 5 mm

Pozostałe:
Zasilacz DC 12 V, 3,2 A
Przetwornica step-up DC 40 W (Gotronik)
B: bezpiecznik 20×5, 0,5 A szybki
W: Wyłącznik przechylny 3 A

Przedwzmacniacz z regulacją aktywną (jeden kanał)

Rezystory: (metalizowane, 0,25 W, 5%)
R1, R2, R13: 1 MΩ
R3, R10, R12: 68 kΩ
R4, R5, R8, R9: 100 kΩ
R6: 330 kΩ
R11: 2,7 kΩ
R7, R14: 10 kΩ

Kondensatory:
C1: 0,1 μF/100 V
C2, C8: 10 μF/400 V
C3, C9: 0,1 μF/400 V MKT
C3, C9: 0,22 μF/250 V MKT
C5, C7: 4,7 nF/100 V MKT
C6: 200 pF ceramiczny

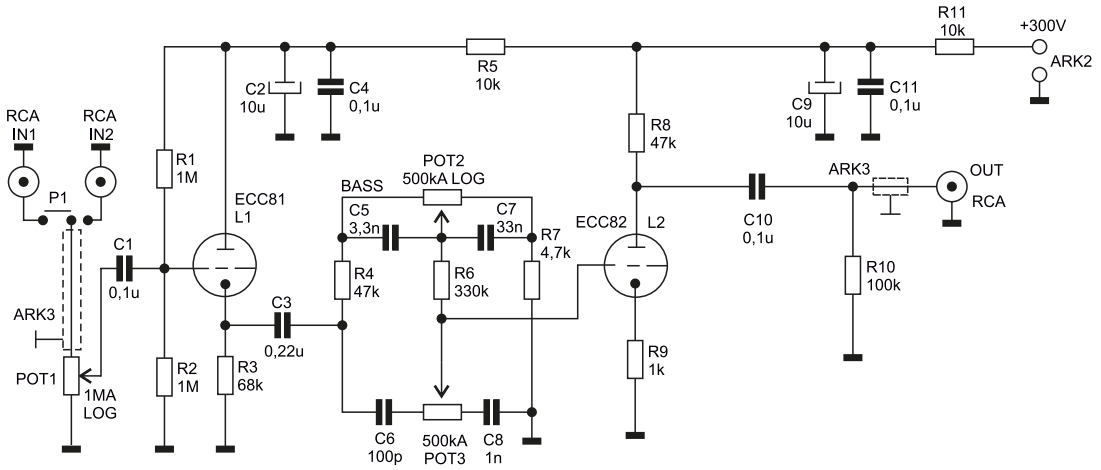
Pozostałe:
Pot1: 1 MΩ logarytmiczny,
Pot2, Pot3: 1 MΩ liniowy,
L1: ECC81
L2, L3: ECC82
P1: przełącznik przesuwny dwupozycyjny podwójny
IN1, IN2, OUT: gniazda RCA do obudowy
ARK 2 i 3 złącza śrubowe IN1, IN2, OUT, zasilanie 300 V oraz żarzenie

Przedwzmacniacz z regulacją pasywną (jeden kanał)

Rezystory: (metalizowane, 0,25 W, 5%)
R1, R2: 1 MΩ
R3: 68 kΩ
R4, R8: 47 kΩ
R5, R11: 10 kΩ
R6: 330 kΩ
R7: 4,7 kΩ
R9: 1 kΩ
R10: 100 kΩ

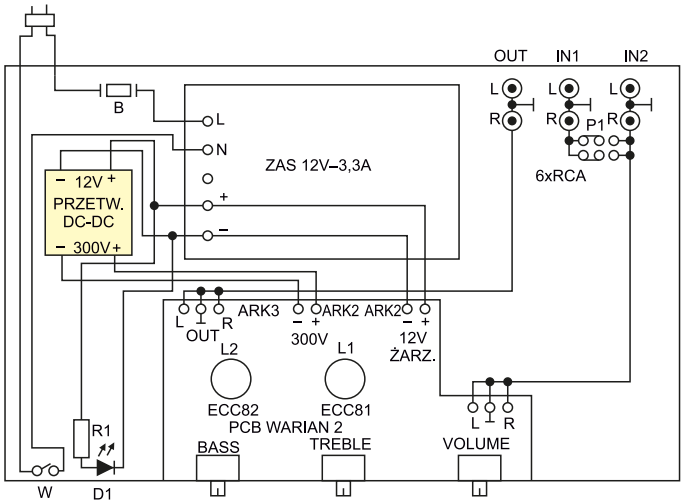
Kondensatory:
C1: 0,1 μF/100 V MKT
C2, C9: 10 μF/400 V
C3: 0,22 μF/250 V
C4, C11: 0,1 μF/400 V MKT
C5: 3,3 nF/100 V MKT
C6: 100 pF ceramiczny
C7: 33 nF/100 V MKT
C8: 1 nF/100 V MKT
C10: 0,1 μF/250 V MKT

Pozostałe:
POT1: 1 MΩ logarytmiczny
POT2, POT3: 500 kΩ logarytmiczny
L1: ECC81
L2, L3: ECC82
P1: przełącznik przesuwny dwupozycyjny podwójny
IN1, IN2, OUT: gniazda RCA do obudowy
ARK 2 i 3 złącza śrubowe IN1, IN2, OUT, zasilanie 300 V oraz żarzenie



Rysunek 3. Schemat przedwzmacniacza z regulacją pasywną

je minimalnie przy maksymalnie wysterowanym wzmacniaczu bez dołączonego sygnału. Można zastosować dodatkowy filtr LC, aby wyeliminować ten efekt. Napięcie 12 V zasila też obwody żarzenia lamp małej mocy. Żarzenia połączone są szeregowo (wyprowadzenia 4 i 5 lamp) i w takiej konfiguracji pracują prawidłowo. Zasilacz 12 V umożliwia niewielką regulację napięcia wyjściowego, więc można ustawić napięcie żarzenia na odpowiednim poziomie. Cały blok zasilania został pokazany na **rysunku 1**. Trzecim blokiem jest płytka z samym przedwzmacniaczem. Opracowałem dwie wersje – jedna zawiera regulację w układzie aktywnym, a druga – pasywnym.



Rysunek 4. Schemat połączenia modułów

Układ aktywny

Schemat układu został pokazany na **rysunku 2**. Sygnał podany na wejście poprzez potencjometr służący do korekty wzmocnienia steruje siatką pierwszą lampy, która pracuje w układzie wtórnika katodowego. Charakteryzuje się on niską impedancją wyjściową, co jest niezbędne do wysterowania układu regulacji barwy i nie spowoduje przesterowania następnej lampy. Obwód regulacji barwy z potencjometrami jest jednym z klasycznych rozwiązań. Przy stosunku oporności potencjometru do rezystancji sąsiadujących 1/10 uzyskuje się podbicie i osłabienie wzmocnienia ±13 dB zgodnie ze wzorem 20 log20=26. Pojemności w układzie oblicza się lub dobiera przy częstotliwości 100 Hz dla niskich tonów oraz 10 kHz dla wysokich. Układ powinien być zbalansowany wzmocnieniem tak, aby w środkowych położeniach suwaków potencjometrów całkowite wzmocnienie toru wynosiło 1 tj. 0 dB. W układzie aktywnym elementy barwy tonu włączone są w układ sprzężenia zwrotnego, co skutkuje znacznym obniżeniem zniekształceń nieliniowych oraz polepszeniem dynamiki i jakości dźwięku.

eprasa.pl 136c999a57

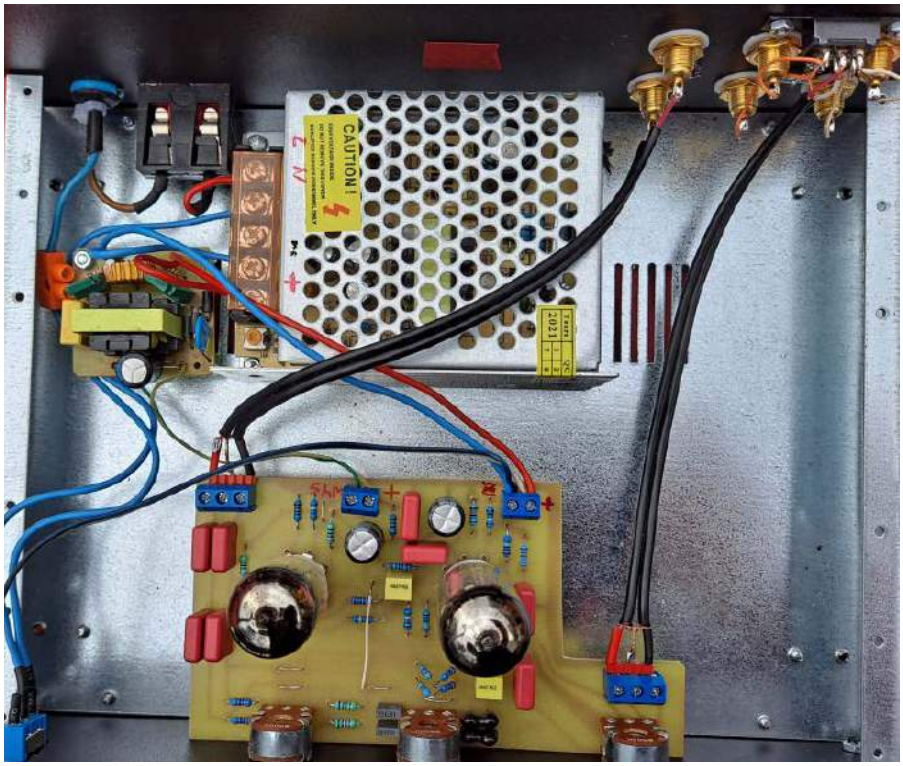
Układ pasywny

Schemat układu został pokazany na **rysunku 3**. Pierwszy stopień wzmocnienia jest taki sam jak w układzie aktywnym. Konfiguracja elementów barwy jest inna, lecz podlega takim samym prawom obliczeniowym. Końcowy sygnał wyprowadzony jest z anody drugiej lampy. Dla dogłębniejszego poznania problematyki obliczeń układów z barwą tonu polecam literaturę, może nieco leciwą, bo z lat 80. ubiegłego wieku lecz naprawdę dogłębnie traktującą omawianą problematykę – „Układy scalone w sprzęcie elektroakustycznym" Cezarego Rudnickiego. Polecam też literaturę z tamtego okresu prekursora elektroakustyki Aleksandra Witorta.

Montaż i uruchomienie

Schemat połączeń modułów w urządzeniu został pokazany na **rysunku 4**. Wnętrze urządzenia pokazano na **fotografii 1**, niemal odwzorowuje ono schemat połączeń z rysunku 4.

Henryk Michałowski
michalowskihenio@gmail.com



Fotografia 1. Wygląd wnętrza obudowy przedwzmacniacza

REKLAMA

Sięgnij po archiwalne wydania
ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ

Przesyłka GRATIS

Zamów wygodnie na
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 136c999a57

Inteligentne rozwiązania przemysłowe poprawiające efektywność energetyczną

Producenci stoją obecnie w obliczu problemu wdrażania nowych obiektów Przemysłu 4.0, co wymusza na nich wprowadzenie bardziej zrównoważonych, wydajnych i innowacyjnych linii produkcyjnych. Przemysł wytwórczy musi ograniczać emisję związków węgla i przechodzi z paliw kopalnych na niskoemisyjne alternatywy. Ponieważ energia jest integralną częścią wszystkiego, co robimy, realizacja procesów przemysłowych o zwiększonej wydajności energetycznej położy podwaliny pod przemysłową transformację energetyczną.

Nowoczesne urządzenia elektroniczne można teraz podłączyć do Internetu w celu dostarczania danych w czasie rzeczywistym. Informacje te ułatwiają zrozumienie zastosowania oraz funkcji urządzenia i pozwalają na zmniejszenie zużycia energii. Monitorowanie zużycia energii elektrycznej, wody i gazu z zastosowaniem czujników Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT) pozwala analizować każdą fazę procesu produkcyjnego, wyświetla rzeczywistą wydajność energetyczną, wskazuje krytyczne punkty i umożliwia podejmowanie działań mających na celu zmniejszenie zużycia energii, emisji CO_2 i ogólnych kosztów produkcji. Takie systemy monitorują i zarządzają maszynami, sprzętem, procesami i łańcuchami dostaw.

Branże przemysłowe na całym świecie są przygotowane do wdrażania rozwiązań, które zapewniają zerowe emisje przemysłowe. Jest to uwarunkowane długoterminowym prognozowaniem cen emisji dwutlenku węgla. W tym artykule zaprezentowano różne inteligentne rozwiązania, których wdrożenie przybliży do osiągnięcia zerowej emisji poprzez rozwój Przemysłu 4.0 i bardziej efektywne zarządzanie zużyciem energii.

Znaczenie efektywności energetycznej w osiągnięciu zerowej emisji

Zerowa emisja odnosi się do celu, jakim jest minimalizacja całkowitej emisji dwutlenku węgla (lub ogólnie – gazów cieplarnianych). Jedna trzecia branży posiada już technologię zerowej emisji dwutlenku węgla, a pozostałe dwie trzecie stawiają sobie przyrostowe wyzwania technologiczne – to również jest określane jako neutralność pod względem emisji dwutlenku węgla. Sektor przemysłowy okazał się kluczowy w działaniach mających na celu poprawę efektywności energetycznej i zmniejszenie wpływu na środowisko. Niezależnie od tego, czy chodzi o globalną konkurencyjność, zmianę klimatu, czy też lepsze ludzkie doświadczenia, ma to bardzo duży sens dla sektora przemysłowego, aby efektywniej korzystać z energii. W artykule omówimy, jak przebiega przyjęcie nowych inteligentnych rozwiązań, jakie korzyści wynikają z ich wdrożenia oraz dlaczego zerowa emisja jest wymagana dla poprawienia efektywności energetycznej.

Korzyści wynikające z zastosowania energooszczędnych technik

Znaczenie Przemysłu 4.0 w zarządzaniu energią polega na tym, że umożliwia wdrażanie technologii adaptacyjnych, które mają ogromny wpływ na zmniejszanie zużycia poprzez zwiększenie wydajności i zrównoważony rozwój. Efektywność energetyczna związana jest ze strategiami przemysłowymi bazującymi na konkurencyjnych produktach wytwarzanych przy niższych kosztach energii. Przemysł 4.0 odnosi się do cyfryzacji procesów i przynosi korzyści w postaci wzrostu produktywności ze względu na skrócone czasy procesu, ograniczenie procesów operacyjnych i kosztów dzięki zwiększonej wydajności, zmniejszenie zapotrzebowania na zasoby itd. Ułatwia również przejście do czystej i zrównoważonej energetyki. Pozwala też na osiągnięcie pewnego stopnia personalizacji w usługach – aby zaspokoić wymagania i potrzeby klientów, konieczne jest posiadanie dokładnych informacji o procesach w czasie rzeczywistym.

Przyjęcie nowych technologii informacyjnych i komunikacyjnych poprawia zarządzanie energią i sprawia, że korporacyjne procedury operacyjne będą bardziej zrównoważone. Dzięki technikom cyfrowym producenci mogą korzystać z Internetu Rzeczy i technik analizowania dużych zbiorów danych, aby uzyskać wgląd w zużycie energii. Pomaga to w opanowaniu wszystkich aktywów i przekształceniu tradycyjnych energochłonnych konstrukcji w budynki energooszczędne. Takie rozwiązanie pozwoli firmom wywiązać się ze społecznej odpowiedzialności biznesu wobec poprawy stanu środowiska.

Łatwe monitorowanie zużycia energii umożliwia utrzymanie wydajnej pracy przy zachowaniu dobrego stanu sprzętu oraz pozwala zaplanować czynności konserwacyjne, aby zapobiec niepotrzebnemu zużyciu energii. Zautomatyzowane sterowanie bazujące na czujnikach może korzystać z algorytmów opartych na AI/ML, aby zapewnić określone zużycie energii i zaprezentować kompleksowe statystyki podkreślające kluczowe kwestie. Poniżej wskazano kilka zalet wynikających ze stosowania inteligentnych technologii sterowania zużyciem energii:

eprasa.pl 136c999a57

- Interoperacyjność – połączenie zasobów linii produkcyjnych i zasobów ludzkich za pośrednictwem Internetu i innych specjalizowanych usług,
- Wirtualizacja – umożliwia tworzenie wirtualnych kopii informacji z systemów BackOffice, czujników, modeli symulacyjnych itd.,
- Monitorowanie w czasie rzeczywistym – możliwość przechwytywania danych, wykonywania analiz i podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym,
- Modułowość – elastyczność podczas dodawania, usuwania lub wymiany elementów.

Inne rozwiązania przybliżające do zerowej emisji

A. Izolacja termiczna obiektów przemysłowych

Izolacja termiczna to ważne zagadnienie pozwalające na zmniejszenie zużycia energii w budynkach poprzez zapobieganie nagrzewaniu/wychładzaniu przez konstrukcję budynku. Izolacja termiczna umożliwia drastyczną redukcję emisji CO_2, zmniejsza straty ciepła, oszczędza miejsce, optymalizuje koszty, poprawia bezpieczeństwo i może wpłynąć na uzyskanie zgodności z przepisami lokalnymi i międzynarodowymi. Tworząc stabilne warunki termiczne, usprawnia się operacje, proces kontroli i jakości produktu przy jednoczesnym skróceniu przestojów związanych z konserwacją i naprawą.

B. Przejście na czyste paliwa

Efektywność energetyczną można zwiększyć dzięki zautomatyzowanym systemom sterowania urządzeniami grzewczymi i chłodniczymi, oświetleniem oraz innymi systemami, na które wpływają takie czynniki, jak temperatura powietrza na zewnątrz i w pomieszczeniu, wilgotność czy poziom oświetlenia i można je monitorować przy użyciu typowych czujników bezprzewodowych. Czysta energia elektryczna staje się dominującą formą energii i pociąga za sobą potencjalnie podwojone zapotrzebowania na tę formę energii elektrycznej, a w konsekwencji – czterokrotny wzrost niskoemisyjności przy generowaniu elektryczności. Diagramy przepływu energii są również doskonałym narzędziem do śledzenia strat energii w liniach produkcyjnych lub procesach technicznych. Pomagają określić, na jakim etapie występują straty.

C. Modułowe rozwiązania do wychwytywania dwutlenku węgla

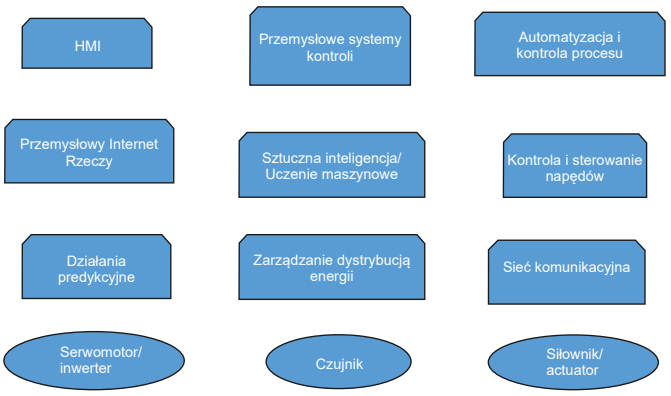
Modularyzacja to przyszłość technologii wychwytywania dwutlenku węgla. Zapewnienie szybkiego, skalowalnego, ustandaryzowanego rozwiązania, które można dostosować do dowolnej aplikacji, przyspieszy przejście na zielony przemysł. Technologie wychwytywania, przetwarzania i składowania dwutlenku węgla (CCUS – *Carbon Capture, Utilisation and Storage*) mogą odgrywać kluczową rolę w przenoszeniu przemysłu w kierunku zerowej emisji. Wychwytują dwutlenek węgla z zakładów przemysłowych, zanim dotrze do atmosfery ziemskiej i umożliwiają przekształcenie CO_2 w użyteczne produkty komercyjne lub jego przechowywanie pod ziemią.

D. Rozwój technologii Przemysłu 4.0 (IIoT)

Wypracowaliśmy obiecujące podejście do zmniejszenia zużycia energii niezbędnej w procesach produkcyjnych z połączenia metodologii zarządzania i technologii Przemysłu 4.0. Usprawnienie efektywności energetycznej w sektorze przemysłowym można osiągnąć za pomocą:

a. dodatkowych ulepszeń technicznych – modyfikację istniejących technologii, z nową lub ulepszoną kontrolą lub poprzez ulepszone projektowanie procesów;
b. stosowanie usług przemysłowych gwarantujących właściwy serwis i konserwację;
c. projektowanie i budowę nowoczesnych zakładów produkcyjnych.

Na **rysunku 1** wyróżniono elementy składowe środowiska przemysłowego, które mają wpływ na wydajność całego systemu. Są to m.in. czujniki, systemy komunikacji maszyna-maszyna, sztuczna inteligencja,



Rysunek 1. Elementy składowe środowiska przemysłowego

uczenie maszynowe i rozszerzona rzeczywistość. Zaawansowane analizy prowadzą do usprawnień w całym przemysłowym łańcuchu dzięki danym operacyjnym i podglądem w czasie rzeczywistym w inteligentnym środowisku produkcyjnym.

System automatyki przemysłowej składa się z wielu elementów, które pełnią różnorodne funkcje powiązane z kontrolą, nadzorem i zarządzaniem operacjami związanymi z procesem przemysłowym. Elementy te mogą również komunikować się ze sobą w celu wymiany informacji niezbędnych do ogólnego koordynowania i optymalizacji działania zakładu/fabryki/procesu. Te elementy łączą się bezpośrednio i fizycznie z urządzeniami i maszynami.

Rozwój nowych produktów powoduje ulepszanie wydajności i jakości systemu. Energia elektryczna stanowi znaczną część kosztów produkcji, więc trudno się dziwić, że istnieje dążenie do poprawy efektywności energetycznej. Silniki elektryczne to główne jednostki napędowe stojące za niemal wszystkimi urządzeniami automatyki w zakładach produkcyjnych i trudno sobie wyobrazić przyszłość bez nich. Silnik synchroniczny z magnesami trwałymi (PMSM) to nowy standard, który zastępuje bezszczotkowy silnik prądu stałego (BLDC) w wielu obszarach. Przedmiotem dalszych badań stała się konstrukcja synchronicznego silnika reluktancyjnego SynRM. Stawia wysokie wymagania do zakresu temperatur stosowanych komponentów i wymaga nowych koncepcji sterowania i stopni wykonawczych PWM.

Zmniejszanie zapotrzebowania na energię maszyny dzięki automatyzacji

Dążenie do zmniejszenia wpływu operacji obróbczych zwiększyło liczbę działań badawczych, których efektem są publikacje dotyczące energooszczędnych obrabiarek i procesów obróbki. Integracja systemów sterowania silnikiem, automatyki i zarządzania energią zapewnia bardziej wydajne operacje i obniża koszty. Wdrożenie technologii automatycznych może przynieść szereg korzyści w zakresie wydajności takich, jak większa przepustowość, wyższa jakość, większe bezpieczeństwo, zmniejszona zmienność, redukcja odpadów oraz wyższa satysfakcja klienta. Automatyzacja działań może umożliwić firmom poprawę wydajności poprzez: redukcję błędów oraz poprawę jakości i szybkości, a w niektórych przypadkach osiągnięcie wyników wykraczających poza ludzkie możliwości.

Automatyzacja przyczynia się również do produktywności, a także znacząco obniża koszty produkcji poprzez wydajne zużycie energii, siły roboczej i materiałów. Automatyka przemysłowa polega na zastosowaniu systemów sterowania, takich jak: komputery lub roboty oraz technologie informacyjne pomagające w produkcji i serwisowaniu. Wymaga przeglądu aktualnych środków związanych z maszynami i procesami, umożliwiającymi poprawę wydajności energetycznej oraz automatyzację w Przemyśle 4.0. Na podstawie analizy wymagań energetycznych można dostosować środki projektowe, które pozwolą na zmniejszenie zapotrzebowania na energię jednostek głównych i pomocniczych.

eprasa.pl 136c999a57

Korzyści z wdrożenia automatyzacji – poprawiona wydajność

Operacje produkcyjne zwykle wymagają znacznego zużycia energii, a zmniejszanie zużycia to doskonały sposób na obniżenie kosztów i poprawę efektywności środowiskowej. Z pomocą przychodzą systemy kontroli, dzięki którym kierownicy zakładów mogą nadzorować operacje i uzyskiwać dostęp do informacji. Dzięki najnowocześniejszej technologii system sterowania procesem umożliwia połączenie takich komponentów jak interfejs człowiek-maszyna (HMI), moduł nadzorujący (*Control and Data Acquisition – SCADA*), czujniki, wyłączniki, napędy, złącza, systemy komunikacyjne, raportowanie, alarmowanie, przesyłanie wiadomości i programowalne sterowniki logiczne (PLC) w jednej zintegrowanej platformie, która pozwala zautomatyzować znaczną część operacji. Automatyka przemysłowa i sterowanie procesami korzystają z zaawansowanych urządzeń sterujących do prowadzenia różnych operacji przemysłowych bez znaczącej interwencji człowieka. Automatyzacja przemysłowa obejmuje również znaczną ilość technologii sprzętowych, związanych z oprzyrządowaniem do monitorowania, sterowaniem napędami, kondycjonowaniem sygnału, komunikacją i wyświetlaniem, które są wbudowane jako samodzielne systemy komputerowe itp. Systemy automatyki mogą mieć znacznie więcej funkcji, takich jak obliczanie nastaw dla systemów sterowania, monitorowanie wydajności systemu, uruchamianie lub wyłączanie zakładu i harmonogramowanie pracy i sprzętu itp.

Wyzwania stojące przed optymalizacją zużycia energii

Efektywność energetyczna systemów automatyzacji produkcji to złożony, wielowymiarowy problem. Kilka kluczowych wyzwań projektowych związanych z optymalizacją efektywności energetycznej to, po pierwsze, zwiększenie wydajność systemu i/lub liczby jednostek przetwarzających w zakładzie na godzinę. To wymaga nowych i dokładniejszych algorytmów, które zapewniają wyniki w krótszym czasie, skracają czas pozycjonowania narzędzi i umożliwiają większe prędkości głowicy narzędzia. Po drugie, opracowywanie nowych komponentów, takich jak bardziej zintegrowane, wydajne i energooszczędne procesory, oprócz nowych sterowników bramek, które można wdrożyć w obecnych systemach, ale są zaprojektowane specjalnie dla nowych wysokonapięciowych tranzystorów IGBT z technologią GaN lub SiC. Po trzecie, należy robić to, co umożliwi najlepsze wykorzystanie energii poprzez działania energooszczędne w całym falowniku lub serwonapędzie, a także zmniejszenie strat w trybie czuwania, wykorzystanie energii hamowania jednostki napędowej, a na koniec rozbudowanie sieci o moduły procesowe w całym zakładzie produkcyjnym.

Inteligentne rozwiązanie z obsługą IoT

Inteligentna produkcja odnosi się do technologii bazujących na dużych ilościach danych używanych w celu umożliwienia bardziej inteligentnej, świadomej produkcji. Pod wieloma względami idea inteligentnej fabryki jest wymienna z cyfrową fabryką. Platforma IoT znajduje się w centrum ruchu Industry 4.0, co odnosi się do nowej fazy w rewolucji przemysłowej, która koncentruje się głównie na analizie danych w czasie rzeczywistym, wbudowanych czujnikach, łączności, automatyzacji i uczeniu maszynowym.

Inteligentne rozwiązania z obsługą Internetu Rzeczy nie tylko pomagają w uzyskaniu lepszej kontroli nad sprzętem i maszynami, ale także zapewniają zwiększenie wydajności i produktywności, ograniczenie kosztów operacyjnych, rosnące zadowolenie klientów itp. Inteligentne rozwiązania przemysłowe analizują dane w czasie rzeczywistym i zwiększają wydajność procesu, zmniejszając jednocześnie interwencję człowieka i koszty energii. Za pomocą inteligentnego rozwiązania do monitorowania firmy mogą uzyskać głębszy wgląd w stan sprzętu, produktywność i lokalizację.

Energooszczędne silniki

Silniki odpowiadają również za około 70% całkowitej energii zużywanej w zakładzie przetwórczym. Silniki elektryczne grają kluczową rolę w napędzaniu przenośników taśmowych, pomp, sprężarek, mieszadeł, wentylatorów i innej krytycznej infrastruktury. Wraz ze wzrostem liczby silników w zakładach technologicznych zarządzanie i monitorowanie takich aktywów jest krytyczne w zapobieganiu podstawowym błędom procesu. Około 85% tych silników jest asynchronicznych, ze względu na ich niski koszt, solidność oraz łatwość instalacji i konserwacji. Energooszczędne silniki elektryczne zmniejszają zużycie energii dzięki ulepszonemu projektowi, lepszym materiałom i ulepszonym technikom produkcyjnym. Wymiana silnika może być uzasadniona wyłącznie oszczędnościami kosztów energii elektrycznej uzyskanymi dzięki energooszczędnej pracy.

Energooszczędne silniki działają dłużej i mogą wymagać mniej działań konserwacyjnych. W niższych temperaturach smar łożyskowy służy dłużej, wydłuża się wymagany czas między kolejnymi smarowaniami. Niższe temperatury przekładają się na trwałość izolacji. Niska jakość zasilania może wpływać na działanie silników energooszczędnych. W niektórych aplikacjach kontrola prędkości ma kluczowe znaczenie. W wielofazowych silnikach indukcyjnych poślizg jest miarą strat uzwojenia. Im mniejszy poślizg, tym wyższa wydajność. W energooszczędnych silnikach mniejszy poślizg powoduje wzrost prędkości o 1% w stosunku do standardowych odpowiedników. Moment rozruchowy dla wydajnych silników może być niższy niż w przypadku standardowych silników. Kierownicy obiektów powinni zachować ostrożność przy stosowaniu wydajnych silników do aplikacji wymagających wysokiego momentu obrotowego.

Ulepszoną pracę silnika i wydłużony czas bezawaryjnej pracy można osiągnąć tylko wtedy, gdy silnik używany jest w połączeniu z systemem automatyzacji w celu optymalizacji wydajności. Inteligentne sterowniki silników i przekaźniki, przemienniki częstotliwości (VFD) i softstarty, centralne moduły sterowania silnikiem (MCC) to tylko niektóre elementy, które mogą odgrywać rolę w poprawie niezawodności silnika i wydajności. Inteligentne sterowanie silnikiem zapewnia dane o zużyciu energii dla każdego silnika. Mierniki wielofunkcyjne i inteligentne wyłączniki służą do monitorowania jakości i ilości energii elektrycznej.

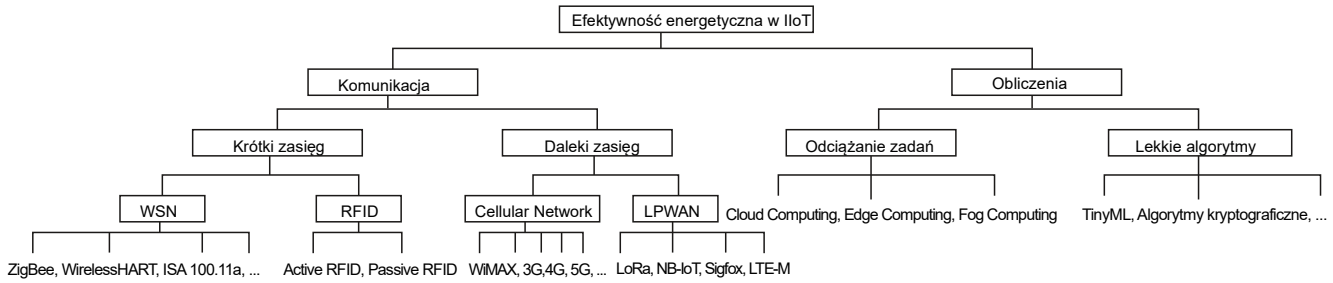
Napęd o zmiennej częstotliwości (VFD)

Układ VFD prostuje standardowe zasilanie sieciowe AC na DC, a następnie syntetyzuje DC do napięcia AC o zmiennej częstotliwości. Technologia AC VFD ewoluowała w kierunku wysoce wyrafinowanego cyfrowego sterowania mikroprocesorowego, wraz z modułami wykonawczymi IGBT o wysokiej częstotliwości przełączania. Doprowadziło to do zaawansowanych możliwości przy jednoczesnej łatwości programowania i rozszerzonej diagnostyce. Dwie najważniejsze korzyści wynikające z ewolucji w tej technologii to zmniejszone koszty i zwiększona niezawodność, a dodatkowo nowe rozwiązania znacznie zmniejszyły rozmiar fizyczny sprzętu. Nowoczesne napędy AC o zmiennej prędkości są bardzo zbliżone do napędu DC pod względem szybkiej odpowiedzi momentu obrotowego i precyzyjnej prędkości. Jednak silniki prądu przemiennego są znacznie bardziej niezawodne i przystępne cenowo niż silniki prądu stałego, co czyni je znacznie bardziej rozpowszechnionymi.

Przemysłowe systemy sterowania (ICS)

Układy scalone obejmują wiele elementów sterujących, takich jak systemy kontroli nadzorczej i akwizycji danych, i mają kluczowe znaczenie dla: infrastruktury krytycznej. ICS obejmują również rozproszone systemy sterowania (DCS) i inne kompaktowo sterowane konfiguracje systemowe, takie jak programowalne sterowniki logiczne (PLC), inteligentne urządzenia elektroniczne (IED), zdalne terminale (RTU) i inne urządzenia polowe. ICS zwiększa wydajność, bezpieczeństwo i niezawodność dzięki ciągłej kontroli i monitorowaniu każdego procesu przemysłowego oraz zmniejszonemu nakładowi pracy ręcznej. PLC to kompaktowe

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 2. Kluczowe technologie komunikacyjne i obliczeniowe w zakresie efektywności energetycznej IIoT

urządzenia modułowe, z wieloma wejściami i wyjściami, zawierające również procesor. Sterowniki PLC wewnątrz ICS służą jako użyteczny pomost między światem fizycznym i cybernetycznym. Cyfrowe moduły I/O otrzymują sygnały z przemysłowych czujników lub przełączników do monitorowania parametrów, takich jak: poziom cieczy, bliskość obiektów lub stan włącznika/wyłącznika. Wyjścia cyfrowe to sygnały, które sterują różnymi przemysłowymi urządzeniami sterującymi, takimi jak przekaźniki, sterowniki silników, zawory włącz/wyłącz i solenoidy, które realizują funkcje na podstawie stanu wyjścia kontrolera.

Zasilacze przemysłowe

Niezbędnym elementem elektrycznych paneli sterowania są zasilacze, które zazwyczaj konwertują wysokie napięcie AC na niskie napięcie DC do zasilania urządzeń PLC, I/O i HMI. Starsze i większe zasilacze liniowe są zastępowane nowoczesnymi wydajnymi zasilaczami impulsowymi (SMPS) o mniejszych rozmiarach i nieskomplikowanej konstrukcji dzięki zintegrowanym tranzystorom MOSFET firmy Oring. Oferują ulepszone funkcje zwiększające niezawodność maszyny oraz bezpieczeństwo elektryczne komponentów i systemów, które zasilają.

Rozwiązania komunikacyjne dla inteligentnej produkcji

Przemysł 4.0 wprowadził szeroką gamę technologii komunikacyjnych, mechanizmów połączeń i możliwości analizy danych. Integracja protokołów komunikacyjnych dla łączności między różnym sprzętem produkcyjnym i obliczeniowym jest jednym z najważniejszych osiągnięć czwartej rewolucji przemysłowej, odróżniającym ją od dotychczasowych osiągnięć w Digital Manufacturing. Aby sprostać wyzwaniom zwiększania efektywności energetycznej w komunikacji, konieczne jest uciekanie się do wielu technologii zmieniających paradygmat, takich jak energooszczędna architektura sieci i protokoły, energooszczędne techniki transmisji bezprzewodowej, sieci przemysłowe, energooszczędne sieci szkieletowe, inteligentna sieć i oportunistyczne współdzielenie widma bez powodowania szkodliwych zakłóceń zakłócających. Aby uzyskać korzyści ze Smart Manufacturing przygotowuje się maszyny do komunikacji z innymi maszynami (M2M) bez interwencji człowieka. Istnieją różne rodzaje technologii komunikacji bezprzewodowej stosowane w IIoT, takie jak RFID, ZigBee, BT, BT-BLE, Wi-Fi, WirelessHART i ISA 100.11a dla IIoT krótkiego zasięgu oraz LoRa, 5G dla IIoT dalekiego zasięgu. Lokalizacja nie determinuje już dostępu do informacji i umiejętności kontrolowania procesu. Zużycie energii w komunikacji stanowi główną część całkowitego zużycia energii przez systemy IIoT.

Komunikacja i przetwarzanie w IIoT

Jak pokazano na **rysunku 2**, energooszczędne mechanizmy w komunikacji można podzielić na kilka grup bazujących na określonych technologiach transmisji systemu IIoT. Zgodnie z transmisją zasięgu technologie są klasyfikowane jako systemy komunikacji krótkiego i dalekiego zasięgu.

Komunikacja IIoT krótkiego zasięgu

Zasięg komunikacji urządzeń w systemach IIoT krótkiego zasięgu jest bardzo ograniczony – nie więcej niż setki metrów, co wymaga, aby systemy działały w pobliżu siebie lub w sposób kaskadowy. Prace nad systemami IIoT krótkiego zasięgu powinny skupiać się przede wszystkim na RFID (pasywnych i aktywnych) oraz bezprzewodowych sieciach czujnikowych (WSN). Takie systemy IIoT obsługują szeroki zakres zastosowań, w tym inteligentną produkcję, śledzenie łańcucha dostaw, zarządzanie artykułami detalicznymi i monitorowanie środowiska. Standard IEEE 802.15.4 jest najczęściej stosowany w systemach IIoT dla sieci WSN. Standard IEEE 802.15.4 definiuje warstwę fizyczną (PHY) i funkcje podwarstwy średniej kontroli dostępu (MAC) do obsługi bezprzewodowych sieci osobistych o małej przepływności (LRWPAN) przy niskich kosztach, małym zużyciu energii i niewielkiej szybkości transmisji danych w aplikacjach IIoT. Różnorodne protokoły WSN, takie jak ZigBee, WirelessHart, ISA 100.11a i inne, bazują na IEEE 802.15.4 i zostały zaprojektowane tak, aby spełniać potrzeby różnych aplikacji IIoT. Bluetooth Low Energy (BLE) to technologia bezprzewodowej sieci osobistej (WPAN) bazująca na IEEE 802.15.1, standard i technologia Wi-Fi to protokół bezprzewodowej sieci lokalnej (WLAN) oparty na protokole IEEE 802.11 zapewniający bezpieczny dostęp do szybkiej sieci bezprzewodowej w pasmach 2,4 GHz i 5 GHz. Typowy system RFID składa się z czytnika RFID i tagów RFID. Tagi RFID są podzielone na cztery typy na podstawie ich częstotoliowości działania: LF (niska częstotliwość) RFID, HF (wysoka częstotliwość) RFID, UHF (ultrawysoka częstotliwość) RFID oraz mikrofalowe RFID.

Komunikacja IIoT dalekiego zasięgu

W zależności od typów sieci systemy IIoT dalekiego zasięgu są dalej podzielone na sieci komórkowe i sieci rozległe o małej mocy (LPWAN). Technologie komunikacyjne sieci komórkowych obejmują: WiMAX, 3G, 4G, 5G itp. W sieciach komórkowych kładzie się nacisk na energooszczędne systemy 5G IIoT jako integrację 5G i IIoT. Technologie LPWAN obejmują LoRa, NBIoT, Sigfox itp. Zapewniają one kluczowe parametry, które mają znaczący wpływ na efektywność energetyczną i niezawodność inteligentnych rozwiązań przemysłowych.

Technologie komputerowe

W celu poprawy wydajności komunikacji IIoT wykonano wiele badań mających na celu wskazanie możliwości oszczędzania energii w różnych technologiach komunikacyjnych. Ogólnie rzecz biorąc, istnieją dwa modele pracy w technologiach obliczeniowych: lekkie algorytmy (lightweight algorithms) i model odciążania zadań (task offloading). Ze względu na ograniczone zasoby urządzeń IIoT większość istniejących prac jest realizowana w sposób lekki. Technologia TinyML ma na celu integrację techniki bazującej na uczeniu maszynowym (ML) w urządzeniach o ograniczonej energii. Lekki kryptograficzny algorytm nie tylko zapewnia bezpieczeństwo systemów IIoT, ale także minimalizuje zużycie energii przez urządzenia IIoT. Inne lekkie mechanizmy obejmują pomiar i obliczanie cech łącza, szacowanie łącza, decyzje dotyczące routingu, kodowanie sieci itd. Drugi kierunek pracy – odciążanie zadań, pojawia się wraz z przetwarzaniem brzegowym, przetwarzaniem mgły i przetwarzaniem w chmurze. Powszechnie uważa się, że przetwarzanie w chmurze oferuje wszechobecny, wygodny dostęp sieciowy na żądanie i współdzieloną pulę konfigurowalnych zasobów obliczeniowych (np. przepustowość,

eprasa.pl 136c999a57

Tabela 1. Porównanie technologii komunikacyjnych bliskiego i dalekiego zasięgu

Technologia		Zasięg	Częstotliwość działania	Modulacja/ technologia	Szerokość kanału	Przepustowość	Typowe aplikacje
RFID		Mały zasięg (<15 m)	LF: 125 kHz HF: 13,54 MHz UHF: 850/910 MHz Mikrofale: 2450 GHz/5800 GHz		Wąska (ok. 100 kHz)	Niska, średnia (1 kbps...1 MHz)	Produkcja przemysłowa, logistyka
IEEE 802.15.4		Mały zasięg (<1 km)	8685 MHz/ 915 MHz/ 2,4 GHz	O-QPSK, DSSS, BPSK	Średnia (2/5 MHz)	Niska (20/40/250 kbps)	Kontrola przemysłowa
Cellular Network	3G	Duży zasięg (1...10 km)	1880...1900 MHz 2010...2025 MHz	CDMA	Średnia, szeroka (5/15/25 MHz)	Średnia, wysoka (300 kbps...2 Mbps)	Smart Home/Office, autonomiczne auta, nadzór wizyjny
	4G	Duży zasięg (1...10 km)	1880...1900 MHz, 2320...2370 MHz, 2575...2635 MHz	64–QAM 256–QAM	Szeroka (15/25/50/160 MHz)	High (500 Mbps...1 Gbps)	
	5G	Duży zasięg (10 m...1 km)	3300...3400 MHz 3400...3600 MHz 4800...5000 MHz	512–QAM 1024–QAM	Szeroka (100/160/800 MHz	High (ok. 10 Gbps)	
	LoRa	Duży zasięg (ok. 10 km)	433/470/868/915/ 920 MHz	CSS	Wąska (125/250/500 kHz)	Low (<=27 kbps)	
LPWAN	NB-IoT	Duży zasięg (ok. 15 km)	GSM/LTE	OFDMA SC-FDMA	Wąska (180 kHz)	Low (ok. 50 kbps)	Inteligentna uprawa roślin, inteligentne systemy pomiarowe, systemy parkingowe
	Sigfox	Duży zasięg (ok. 10 km)	868/902 MHz	UNB, BPSK	Wąska (192 kHz)	Low (ok. 100 bps)	
	LTE-M	Duży zasięg (ok. 10 km)	GSM	QPSK, 16-QAM	Wąska (180 kHz)	Low to medium (375 kbps/1 Mbps)	

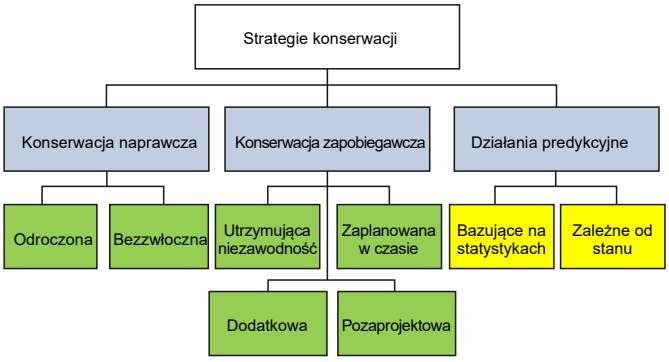
pamięć masowa, procesor itp.). Jest to jedna z głównych technologii wspomagających IIoT, które przekształcają konwencjonalne firmy, dostarczając zasoby o wysokiej niezawodności, skalowalności i dostępności dla systemów IIoT. Przetwarzanie brzegowe, które jest uważane za uzupełnienie przetwarzania w chmurze, ma tendencję do zapewniania elastycznych zasobów na obrzeżach sieci dla aplikacji, które wymagają dużych zadań obliczeniowych o dużej przepustowości i ultraniskich opóźnieniach. Przetwarzanie brzegowe wykorzystuje zasoby do przetwarzania na brzegu sieci, dzięki czemu urządzenia brzegowe mogą przenieść zadania wymagające dużej mocy obliczeniowej na serwer brzegowy, który wykonuje zadania i zwraca wyniki. Paradygmat przetwarzania brzegowego pozwoli oszczędzać energię w urządzeniach brzegowych, takich jak urządzenia IoT, przy jednoczesnym zmniejszeniu opóźnienia zadania. Węzły brzegowe mogą prowadzić przechowywanie, buforowanie i przetwarzanie danych oprócz odciążania, a także dystrybuować żądania i usługi dostarczania do użytkowników. Ramy obliczeniowe mgły zyskują również na popularności w rozwoju IIoT. Podstawowe rozróżnienie między przetwarzaniem brzegowym a przetwarzaniem mgły jest takie, że przetwarzanie brzegowe jest bardziej związane z komponentami, podczas gdy przetwarzanie mgły dotyczy bardziej strony infrastruktury.

Rola działań predykcyjnych

Automatyzacja bazująca na IoT umożliwia cyfrowe połączenie wielu urządzeń zasilanych energią ze scentralizowaną bramą za pomocą bezprzewodowych łączy, dzięki czemu Plant Manager może monitorować i nadzorować operacje ogromnych zakładów produkcyjnych z dowolnego miejsca na świecie. Umożliwia przechwytywanie i analizę danych w wybranej perspektywie wykorzystującej algorytmy AI/ML za pośrednictwem scentralizowanej platformy chmurowej. Skrupulatnie monitorowane i w pełni sterowany zakład produkcyjny pomogłyby w optymalizacji zużycia energii, monitorowaniu stanu maszyn, postępie w zakresie bezpieczeństwa elektrycznego oraz we wdrażaniu działań predykcyjnych.

Jak pokazano na **rysunku 3**, klasyfikację strategii utrzymania można podzielić na trzy klasy: konserwacja naprawcza (CM), konserwacja zapobiegawcza (PM) i konserwacja predykcyjna (PdM). CM jest podobny do prac naprawczych, które są wykonywane, gdy sprzęt ma ewidentną ustarkę lub awarię. Dlatego CM jest również nazywany konserwacją od uruchomienia do awarii, konserwacją w przypadku awarii lub konserwacją po awarii. PM to działania przeprowadzane w ustalonych odstępach czasu lub zgodnie z wcześniej określonymi kryteriami w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa awarii lub degradacji niektórych funkcji. PM jest zaplanowane bez wystąpienia jakiegokolwiek monitoringu zajęcia. PdM odnosi się do inteligentnego monitorowania sprzętu w celu uniknięcia przyszłych awarii.

Na podstawie pomiarów symptomów awarii wyróżnia się dwie grupy: działania predykcyjne bazujące na statystyce oraz działania predykcyjne bazujące na stanie. PdM ewoluował od wizualnej metody inspekcji do zautomatyzowanych metod wykorzystujących zaawansowane techniki przetwarzania sygnału, rozpoznawanie wzorców, uczenie maszynowe, sieci neuronowe, logikę rozmytą itp. Wraz ze zintegrowanymi czujnikami działania predykcyjne mogą pozwolić uniknąć niepotrzebnej wymiany sprzętu, skrócić czas przestoju maszyny, przyspieszyć znalezienie przyczyny usterki i w ten sposób przyczynią się do zaoszczędzenia kosztów i poprawienia wydajności. W związku z tym działania predykcyjne koncentrują się głównie na dwóch aspektach: poprawie efektywności energetycznej (klucz do oszczędzania energii) i redukcji nieplanowanych przestojów. Według Departamentu Energii USA program konserwacji wykorzystujący PdM może przynieść oszczędności od 8% do 12% w porównaniu z programem bazującym na samej konserwacji zapobiegawczej. Działania predykcyjne mogą zmniejszyć koszty energii i konserwacji



Rysunek 3. Klasyfikacja strategii konserwacji

eprasa.pl 136c999a57

nawet o 30%, awarie o 35% do 45%, a przestoje nawet o 75%. Fabryki, obiekty oraz budynki handlowe i mieszkalne zużywają prawie 40% całkowitej ilości energii w Ameryce. Uświadomienie sobie potencjalnych korzyści jest fundamentem do rozpoczęcia działań.

Monitorowanie i działania predykcyjne

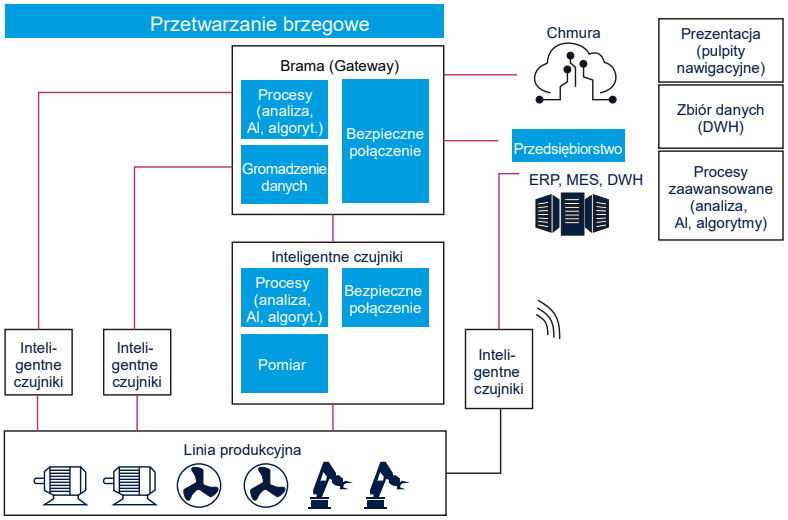
Monitorowanie energii i ukierunkowanie procesu to metoda, w której komponent energetyczny jest również traktowany jako kontrolowany zasób, taki jak w przypadku personelu i kapitału. Polega na systematycznym, zdyscyplinowanym podziale obiektu na Centra Kosztów Energii, gdzie zużyta energia jest porównywana z produktem końcowym. Audyt energetyczny zakładu przetwórczego, tj. przemysłu, jest podstawowym krokiem w celu zidentyfikowania możliwości zmniejszenia kosztów energii i śladu węglowego. Obejmuje głównie zrozumienie przebiegu procesów, analizę warunków atmosferycznych i ocenę środków oszczędzania energii. W czasie monitorowania konieczne jest ustalenie aktualnie dostępnego wzorca procesu i zużycia energii na poziomie maszyny. Predictive Maintenance to bardzo skuteczne narzędzie do sprawdzania optymalizacji w maszynach i szukania możliwych sposobów na obniżenie kosztów energii podczas produkcji. Elementami systemu monitorowania są:

- Rejestracja danych – mierzy i rejestruje zużycie energii;
- Analiza – koreluje zużycie energii z wydajnością;
- Porównanie – porównuje zużycie energii z ustalonymi wartościami i punktami odniesienia;
- Ustanowienie celu – za pomocą wyznaczonego celu możemy kontrolować zużycie energii;
- Monitorowanie – regularnie porównuje zużycie energii z wyznaczonym celem,
- Raportowanie – obliczenie wyniku i porównanie zmienności danych od założonego celu,
- Kontrola – wdrożenie technik i strategii kontroli, które pozwolą uniknąć zmienności danych wynikowych.

Działania predykcyjne w Przemyśle 4.0

Uzyskanie najwyższego poziomu wymaga konwergencji wielu czynników, w tym przede wszystkim big data, przetwarzania w chmurze, przetwarzania brzegowego, uczenia maszynowego i łączności. Wyzwaniem dla inżynierów rozwijających rozwiązania IoT jest zapewnienie platformy wspierającej wymagane i dostępne elementy. Czujniki, rozwiązania przewodowe i bezprzewodowe, anteny, baterie oraz coraz mniejsze złącza i elementy pasywne umożliwiają kompaktową, często odległą łączność o niskim poborze mocy. Produkty te powinny być zaprojektowane tak, aby wytrzymać trudne warunki środowiskowe, które są powszechne w przemyśle. Modele predykcyjne stają się dokładniejsze i wydajniejsze, gdy są budowane i szkolone przez odpowiedni czas. Dane historii użytkowania i informacje o usługach mogą być również wykorzystywane do poprawy efektywności modelu i mogą poprawić wyniki działań predykcyjnych.

Na **rysunku 4** pokazano schemat modelu monitorowania stanu (CM). Zastosowano monitorowanie kilku parametrów, takich jak wibracje sprzętu i pomiar temperatury w celu zidentyfikowania potencjalnych problemów, takich jak niewspółosiowość lub awarie łożysk. Gdy analiza drgań wykaże zmianę częstotliwości harmonicznych elementów wyposażenia wirującego, narzędzia do monitorowania stanu mogą wykryć degradację sprzętu. Analizę częstotliwości można przeprowadzić za pomocą zarówno danych wibrometru, jak i mikrofonu. Techniki ciągłego monitorowania stanu mogą być stosowane w szeregu urządzeń, w tym w sprężarkach, pompach, wrzecionach i silnikach, a także mogą być używane np. do wykrywania częściowej nieszczelności próżni. Działania predykcyjne bazują na monitorowaniu stanu, wykrywaniu anomalii i algorytmach klasyfikacji. Zawierają modele predykcyjne, które



Rysunek 4. Schemat blokowy działań predykcyjnych z przetwarzaniem brzegowym

mogą oszacować pozostały czas pracy maszyny na podstawie wykrytych anomalii. Aby przewidzieć stan sprzętu, technika ta wykorzystuje różne technologie, w tym analizy statystyczne i uczenie maszynowe.

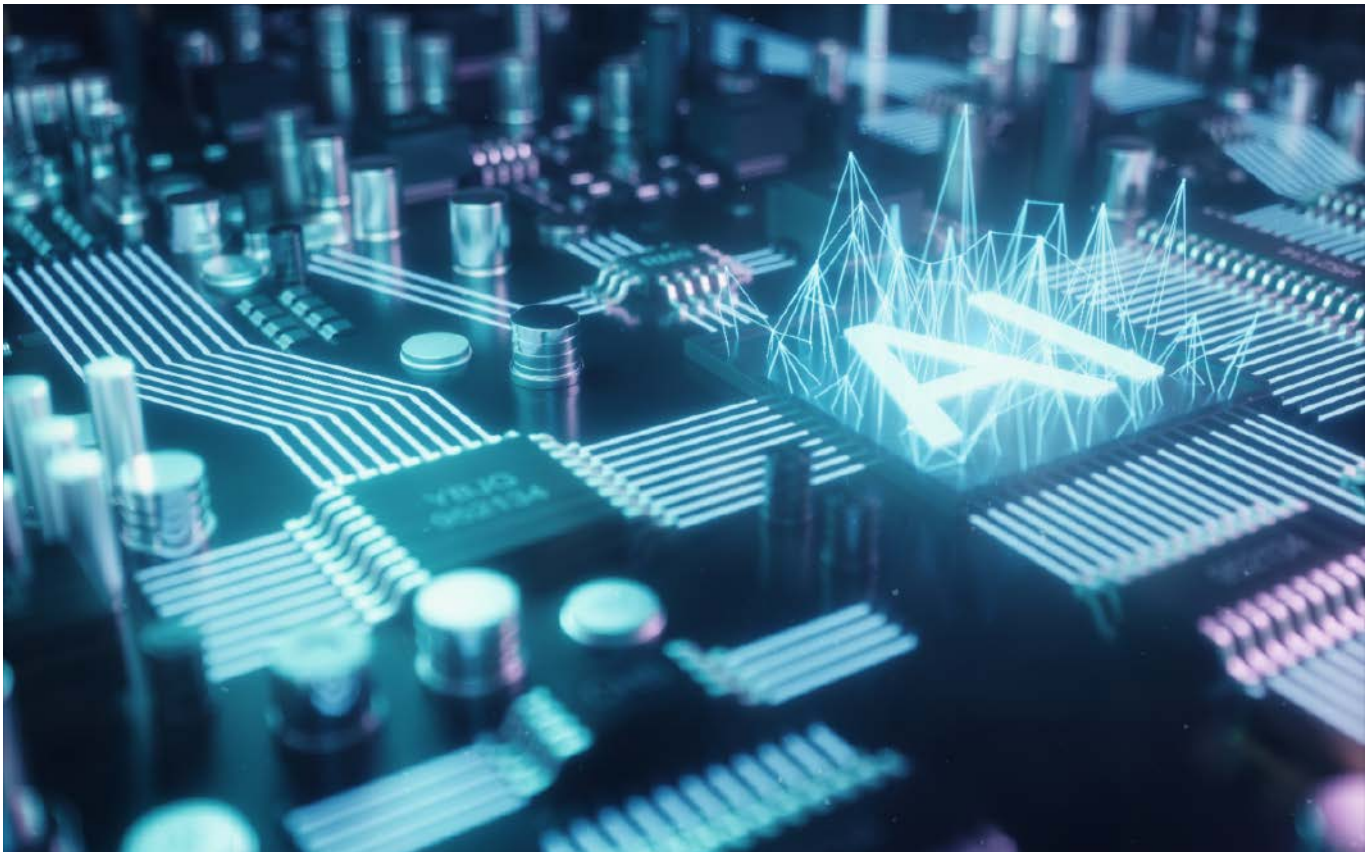
Działania predykcyjne wymagają szerokiego zakresu umiejętności i kompetencji, od projektowania inteligentnych czujników, konfigurowania oprogramowania wbudowanego działającego w węzłach czujników oraz bramach do tworzenia oprogramowania, które ma być wbudowane w chmurę lub firmowy system ERP. Algorytmy AI/ML mogą być stosowane do wykrywania problemów technicznych i anomalii wcześniej i wydłużają czas sprawności sprzętu. Gromadzą i rejestrują wstępnie przetworzone, bezpieczne dane dla wizualizacji i wykorzystania w innych algorytmach przetwarzania. Minimalizując opóźnienie obliczeniowe, inteligentne węzły czujników mogą również analizować dane i identyfikować nieprawidłowości. Bramy służą do zbierania i analizowania danych z kilku węzłów lub jako most komunikacyjny zapewniający bezpieczne połączenie z chmurą przez Ethernet, technologie Wi-Fi, komórkowe lub LPWAN. Połączenie technologii brzegowych i przetwarzania w chmurze może pomóc w rozwoju technik konserwacji predykcyjnej, a także poprawę ich produktywności i efektywności. Techniki AI/ML mogą być również stosowane na brzegu, aby ulepszyć profile misji inteligentnych węzłów czujnikowych i bram oraz poszerzyć zakres wykrywania i klasyfikacji anomalii.

Wnioski

Zrównoważenie energetyczne w sektorze przemysłowym jest ważnym elementem efektywności i ochrony zasobów energetycznych bez zmniejszania zapotrzebowania na wytwarzanie zielonej energii. Powinien powstać plan lub strategia na przyszłość dotycząca zrównoważonej energii, która zapewni wgląd w wykorzystanie energii i zapotrzebowanie na energię, w miarę rozwoju technologicznego. Strategia powinna obejmować również zachęcanie do działań, które są korzystne dla środowiska i wspierać alternatywne źródła energii. Aby zrealizować cel strategii, należy opracować zrównoważoną i wydajną obsługę procesów. Aby konkurować w skali globalnej, przemysł wytwórczy powinien zużywać mniej energii, wytwarzać mniej dwutlenku węgla i mniej korzystać z ograniczonych zasobów. Zużycie energii jest kluczowym priorytetem biznesowym w większości przemysłu. W rezultacie analiza efektywności energetycznej może pomóc sektorowi nie tylko w oszczędzaniu energii, ale także w obniżeniu kosztów operacyjnych i utrzymaniu przewagi konkurencyjnej. W rezultacie należy podjąć wysiłki w celu poprawienia zysku poprzez odpowiednie zarządzanie energią. Monitorowanie, analizowanie charakterystyk pracy, dokonywanie modyfikacji minimalizujących straty w różnych lokalizacjach mogą przyczynić się do poprawy wydajności przemysłowej.

Farnell
https://pl.farnell.com

eprasa.pl 136c999a57



AI i ML w systemach wbudowanych,

czyli sztuczna inteligencja nie tylko do superkomputerów

*Algorytmy bazujące na sztucznej inteligencji dziś nie są zadaniem przeznaczonym wyłącznie dla superkomputerów. Możliwości jakie daje AI (*Artificial Intelligence *– sztuczna inteligencja) oraz ML (*Machine Learning *– uczenie maszynowe) nie pozostały obojętne dla producentów układów elektronicznych. Powstają nowe, miniaturowe, wysokowydajne i energooszczędne mikrokontrolery przygotowane do implementacji tych technologii. Umożliwiły one rozwój urządzeń z funkcjami przetwarzania brzegowego (*Edge Computing*) oraz sztucznej inteligencji brzegowej (*Edge AI*) w projektach IoT. Zatem ciężar inteligentnych aplikacji jest przenoszony z systemu centralnego na urządzenia początkowe. W artykule wytłumaczymy, dlaczego tak się dzieje oraz wyjaśnimy najważniejsze zagadnienia dotyczące tych technologii. Omówimy też wybrane narzędzia programowe i rozwiązania sprzętowe ułatwiające implementację tych złożonych algorytmów.*

Współczesny świat jest przepełniony elektroniką napędzaną systemami wbudowanymi. Rozwiązania tego typu stały się nieodzownym elementem naszego życia i posługujemy się nimi, nawet o tym nie myśląc np. kupując bilet w parkomacie czy wypłacając gotówkę w bankomacie, ale korzystamy z nich także wtedy, gdy przechodzimy przez przejście dla pieszych albo słuchamy wskazówek nawigacji w samochodzie.

Dzięki dużej wydajności układów mamy możliwość implementacji różnego rodzaju skomplikowanych algorytmów wykonujących złożone operacje matematyczne. Jednak postęp technologiczny przyczynia się nie tylko do wzrostu wydajności układów. Sprawia też, że stają się miniaturowe i energooszczędne, co pozwala na ich szersze zastosowania oraz szybki rozwój takich dziedzin jak IoT.

Mechanizm *Machine Learning* jest elementem sztucznej inteligencji i oznacza algorytmy „uczące się", czyli takie, które poprawiają własne działanie poprzez doświadczanie. Początki uczenia maszynowego sięgają lat 50...60., czego przykładem może być projekt programu Arthura Samuela do szkolenia zawodników szachowych [1]. Dużym sukcesem był program *TD-Gammon* autorstwa Gerald Tesauro [2] opracowany w latach 90., ponieważ przyczynił się do przyśpieszenia rozwoju tej dziedziny. Program ten uczył się strategii rozgrywki, grając w ponad milion gier i osiągnął poziom potrafiący konkurować z mistrzami świata w grze Backgammon.

eprasa.pl 136c999a57

Rysunek 1. Moduł obliczeniowy z układem FPGA z rodziny Speedster7t firmy Achronix

Wraz z rozwojem wcześniej omawianych technologii zaczęło przybywać rozwiązań pozwalających rozwijać projekty związane z uczeniem maszynowym. Powstają nowe chipy specjalizowane dla sztucznej inteligencji. Należą do nich mikrokontrolery z mniejszymi zasobami pamięciowymi i mniejszą ilością pobieranej energii w porównaniu do procesorów graficznych czy FPGA. Ponadto przybywa narzędzi programowych pozwalających w łatwiejszy i zoptymalizowany sposób implementować algorytmy uczenia maszynowego. Popularne frameworki uczenia maszynowego, takie jak: Keras, TensorFlow czy ONNX, mają wsparcie ze strony producenta mikrokontrolerów STM32 (STM32Cube.AI). Przyjrzyjmy się teraz kilku dostępnym i godnym uwagi rozwiązaniom z dziedziny AI.

FPGA dla AI

Aktualnie dostępne na rynku układy FPGA okazują się świetnym rozwiązaniem dla problemów sztucznej inteligencji. Układy FPGA są konfigurowalnymi urządzeniami sprzętowymi – oznacza to, że można dokonywać optymalizacji pod kątem określonych typów architektur, takich jak np. splotowe sieci neuronowe. Pozwalają ograniczyć pobór prądu przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności pod względem wydajności obliczeniowej i szybkości transferu danych. Programowalność w połączeniu z możliwością rekonfiguracji daje im przewagę nad procesorami graficznymi przy wdrażaniu algorytmów AI/ML. Rozwiązania uczenia maszynowego wymagają zapewnienia szybkich operacji wejścia/wyjścia, dużych zasobów obliczeniowych i również odpowiednią hierarchię pamięci.

Przykładem skrojonego na miarę potrzeb AI/ML układu FPGA mogą być układy z rodziny Speedster7t firmy Achronix (**rysunek 1**), które zostały zaprojektowane w celu przyśpieszenia aplikacji uczenia maszynowego. Mają one wysokowydajne układy SerDes (serializery i deserializery), interfejsy pamięci o dużych przepustowościach, specjalizowane procesory uczenia maszynowego oraz bardzo szybkie porty PCIe 5. generacji. To sprawia, że układy powinny poradzić sobie z takimi zadaniami, jak:

- pozyskiwanie dużej ilości danych z szybkich i licznych źródeł wejściowych,
- przechowywanie pobranych danych wraz z modelami DNN (*Graph Neural Network* – głębokie sieci neuronowe) oraz częściowymi wynikami z obliczeń z każdej warstwy,
- przechowywanie gotowych obliczeń oraz dystrybucje do zasobów na chipie, aby szybko dokonywać obliczania warstwy,

Tabela 1. Zestawienie wymagań aplikacji i zastosowanych rozwiązań w układach Speedster7t

Wymagania aplikacji	Rozwiązania Speedster7t
Szybkie interfejsy wejścia/wyjścia	porty Ethernet 400G PCIe Gen5 112 Gbps SerDes
Szybki dostęp do pamięci	łączna przepustowość GDDR6 4 Tb/s, przepustowość DDR4 256 Gb/s
Szybki transfer danych	sieć 2D na chipie (NoC), która zapewnia przepustowość do 20 Tb/s dla szybkich, szerokich transferów danych
Duża prędkość i elastyczne wsparcie operacji matematycznych	Procesory uczenia maszynowego: mnożnik/akumulator liczb całkowitych, natywna obsługa bloków zmiennoprzecinkowych, wydajne mnożenie macierzy

- ostatecznie – prezentacja gotowych wyników.

Zestawienie najważniejszych rozwiązań zastosowanych w układach z rodziny Speedster7t zestawiono w **tabeli 1**.

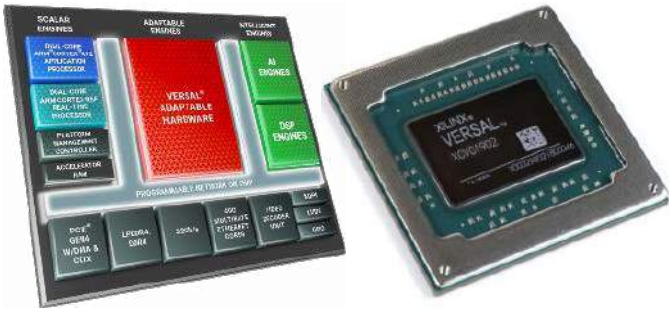
Kolejnym układem FPGA, który został zoptymalizowany do wykonywania zadań AI, jest Intel Stratix 10 NX (**rysunek 2**). Specjalne bloki obliczeniowe zapewniają przyśpieszone rozwiązania obliczeniowe sztucznej inteligencji. Układ zawiera nowy typ zoptymalizowanego bloku AI o nazwie AI Tensor Block, który jest dostosowany do typowych mnożeń macierz-macierz lub wektor-macierz stosowanych w obliczeniach AI, z możliwościami zaprojektowanymi do wydajnej pracy zarówno dla małych, jak i dużych rozmiarów macierzy. Pojedynczy blok tensora AI osiąga wydajność 143 INT8 TOPS lub 286 INT4 TOPS.

Chip ma transceivery PAM4 działające z przepustowością do 57,8 Gb/s w celu implementacji wielowęzłowych rozwiązań wnioskowania AI, zmniejszając lub eliminując przepustowość jako czynnik ograniczający w projektach wielowęzłowych. Kolejne rozwiązania to m. in. PCIe Gen3 ×16 i 10/25/100G Ethernet MAC/PCS/FEC. Układy wejścia-wyjścia zapewniają skalowalne rozwiązanie łączności i elastyczność w dostosowywaniu się do wymagań rynku. W rankingu PeerSpot na najlepsze FPGA układy te zajmują 4. miejsce i są o jedną pozycję wyżej niż układy Speedster7t, pierwszą pozycję w tym rankingu zajmuje firma Xilinx i jej rozwiązanie programowalnych macierzy bramek.

Numer jeden według PeerSpot to układy układy FPGA serii Xilinx 7. Składają się z one z czterech rodzin FPGA, które spełniają pełen zakres wymagań systemowych, od tanich, niewielkich rozmiarów, wrażliwych na wymagania aplikacji o dużej objętości, aż po zapewniające ultrawysoką przepustowość połączeń oraz pojemność logiczną i możliwości przetwarzania sygnału w najbardziej wymagających aplikacjach wysokiej wydajności (**rysunek 3**). Choć Xilinx nie ma specjalnie przygotowanej gamy układów FPGA wyspecjalizowanych do zadań uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji, to z dużą dozą prawdopodobieństwa damy radę wybrać układ spełniający wymagania naszych aplikacji.

Rysunek 2. Układ FPGA Intel Stratix 10 NX, który został zoptymalizowany do wykonywania zadań AI

eprasa.pl 136c999a57



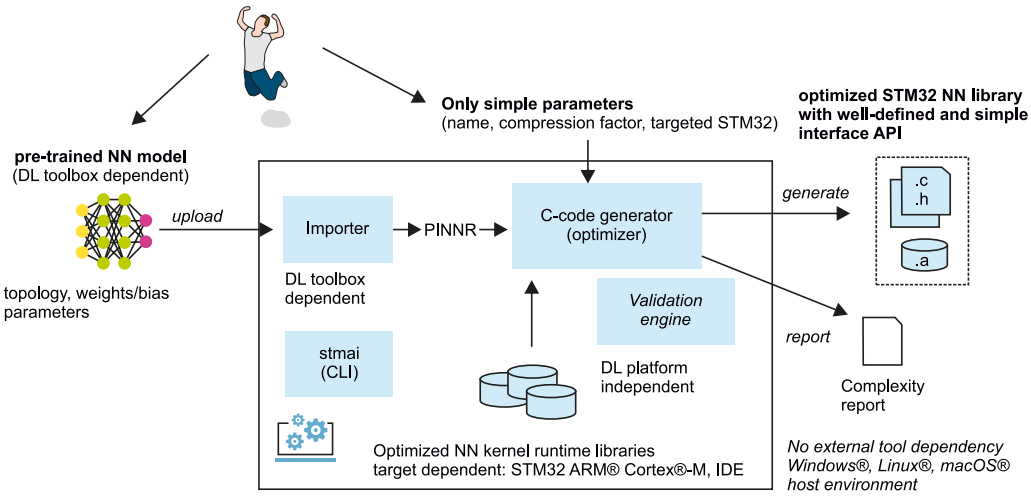
Rysunek 3. Architektura Versal łączy różne typy silników z bogactwem połączeń i możliwości komunikacji, dzięki czemu doskonale nadaje się do adaptacyjnego wnioskowania i zaawansowanego przetwarzania sygnałów

Rysunek 4. Możliwości biblioteki STM32Cube.AI

Mikrokontrolery w uczeniu maszynowym

Problematyka uczenia maszynowego przy zastosowaniu układów scalonych, takich jak mikrokontrolery, sprowadza się głównie do wymagań sprzętowych. Złożone algorytmy wymagają dużych mocy obliczeniowych i zazwyczaj przekraczają możliwości przeciętnych mikrokontrolerów, które są zoptymalizowane do wykonywania niezbyt skomplikowanych zadań, ale przy niewielkim zapotrzebowaniu na energię i szybkim czasie reakcji. Projekty uczenia maszynowego bazujące na mikrokontrolerach zmagają się również z problemem ograniczonej pamięci, która jest kluczowym kryterium w AI.

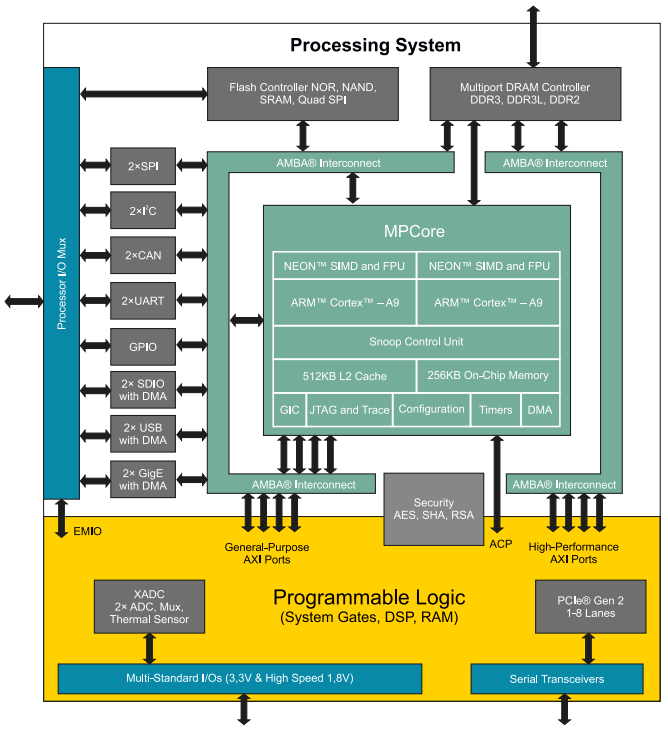
Nie oznacza to jednak, że te energooszczędne układy należy spisać na straty i zapomnieć o wdrażaniu uczenia maszynowego. Mikrokontrolery cechują się stosunkowo niskimi cenami, co, w porównaniu do innych rozwiązań, jest ważnym argumentem przemawiającym za szukaniem rozwiązań. Natomiast małe zużycie energii umożliwia realizację aplikacji zasilanych bateryjnie lub energią pozyskaną z otoczenia, co oznacza ogromną ilość nowych zastosowań. Dlatego powstały narzędzia umożliwiające implementację uproszczonych funkcji i przykładem może być biblioteka STM32Cube.AI, która może konwertować wstępnie wytrenowane algorytmy sztucznej inteligencji (**rysunek 4**). Zastosowanie takiego podejścia wymaga przygotowania modelu za pomocą takich narzędzi jak Keras czy Tensor Flow Lite lub innych mogących generować modele w standardzie ONNX. Tak zaimportowane modele są optymalizowane pod względem użycia pamięci RAM i ROM. Późniejszym etapem jest użycie gotowych bibliotek na wybranym mikrokontrolerze (**rysunek 5**).



Rysunek 5. Schematyczne działanie silnika X-CUBE-AI

STM32Cube.AI jest częścią ekosystemu STM32Cube i obsługuje modele z głównych platform AI. Dla osób, które mają umiejętności projektowania AI i opracowały wstępnie predefiniowane własne modele ANN (*Artificial Neural Networks*), STM32Cube.AI zawiera również wiele przykładowych aplikacji. Dostępne są narzędzia do debugowania i zintegrowane biblioteki, aby szybko rozpocząć pracę z projektami AI na układach STM32.

Rozwój techniki sieci neuronowych sprawił, że AI przestało ograniczać się jedynie do superkomputerów. TinyML jest szybko rozwijającą się dziedziną sztucznej inteligencji dotyczącą głównie przetwarzania sieci głębokich bezpośrednio na urządzeniach wbudowanych, o niewielkich zasobach. Przykładowo, Seeeduino Xiao (**rysunek 6**) spełnia wymagania dotyczące wdrożenia technologi ultra TinyML. Moduł



Rysunek 6. Diagram blokowy architektury Zynq-7000 SoC

eprasa.pl 136c999a57

ten charakteryzuje się niewielkimi wymiarami 23,5×17,5 mm i wyposażony został w mikrokontroler SAMD21 ARM Cortex M0+ 32-bit 48 MHz z 256 kB flash oraz 32 kB SRAM. Takie zestawienie w zupełności wystarcza do zrealizowania projektów związanych ze sztuczną inteligencją bazującą na TinyML.

SoC z Linux w sztucznej inteligencji

Układy typu SoC (*System on Chip*) w połączeniu z systemem operacyjnym Linux dostarczają wielu możliwości związanych z uczeniem maszynowym. Układy SoC zawierają różne urządzenia peryferyjne i komponenty obliczeniowe w układzie scalonym, które mogą zapewnić dużą wydajność obliczeniową związaną z przetwarzaniem danych. W niektórych przypadkach uważane są za doskonałe rozwiązanie do wdrażania aplikacji ML w systemach wbudowanych. Powodem tego są zaawansowane możliwości, jakie oferują tego typu układy oraz fakt, że coraz częściej są wyposażane w specjalne jednostki wyspecjalizowane do wykonywania zadań uczenia maszynowego. Ponadto bardzo często pracują pod obsługą systemu Linux, który ma liczną bazę bibliotek wspomagających AI/ML. Linux również umożliwia uruchamianie skryptów napisanych w języku Python, który jest niewątpliwym liderem wśród narzędzi do analizy danych, jak również problemów natury sztucznej inteligencji i uczenia się maszyn.

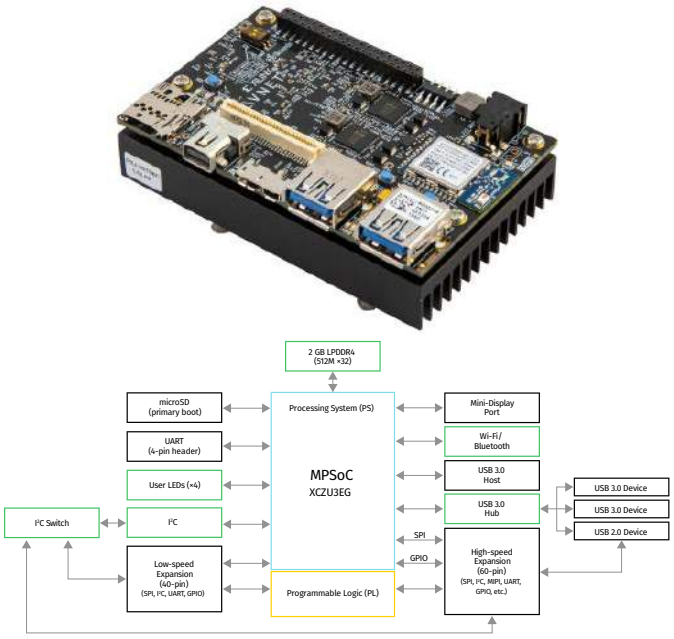
Wiele amatorskich projektów oraz prototypów aplikacji profesjonalnych realizuje się na popularnej płytce Raspberry Pi z systemem Linux. Dzięki dobrej dostępności do oprogramowania dla systemu Linux można relatywnie szybko projektować urządzenia służące np. do inteligentnego przetwarzania obrazów, korzystając z biblioteki OpenCV. Firma XILIX wyszła naprzeciw potrzebom takich rozwiązań i opracowała architekturę Zynq.

Zynq jest w pełni programowalnym SoC, który łączy FPGA z tradycyjnym procesorem ARM Cortex (**rysunek 6**). Połączenie o wysokiej przepustowości oraz małych opóźnieniach między różnymi elementami architektury Zynq zapewnia interfejs bazujący na standardzie Advanced eXtensible Interface. Proces projektowania architektury Zynq ma kilka wspólnych kroków z układem FPGA. Najważniejszym etapem jest określenie specyfikacji i wymagań systemu, gdzie poszczególne zadania są przydzielane do realizacji w logice programowalnej (PL) lub w systemie przetwarzania (PS). Ten etap jest ważny, ponieważ wydajność całego systemu będzie zależała od zadań, które zostaną przydzielone do realizacji w najbardziej odpowiedniej technologii: sprzętowej lub programowej. Firma Xilinx przygotowała specjalne układy dla potrzeb *Machine Learning* zawierające architekturę Zynq – dostępne platformy to: Zynq-7000 SoC, Zynq UltraScale+ MPSoC, Zynq UltraScale+ RFSoC (**tabela 2**). Do szybkiego rozpoczęcia prac z architekturą Zynq UltraScale+ warto użyć gotowej płytki uruchomieniowej Ultra96-V2 od AVNET (**rysunek 7**).

Dodatkowym atutem przy stosowaniu technologii firmy Xilinx jest opracowane przez firmę i udostępnione specjalne SDK (*Software Development Toolkit*) przeznaczone do implementacji sztucznej inteligencji w projektach bazujących na wspomnianych układach – Xilinx AI SDK.

Tabela 2. Zestawienie kluczowych parametrów różnych platform rodziny Zynq

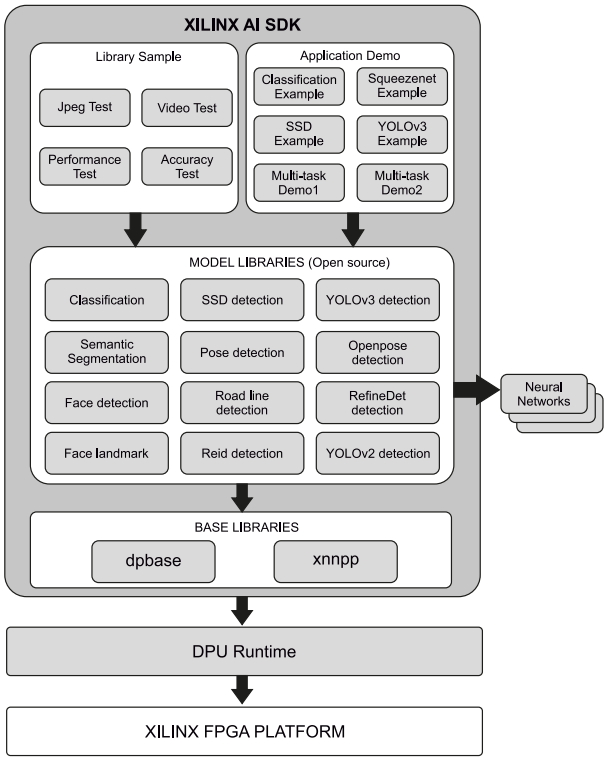
Zynq-7000 SoC	Zynq UltraScale+ MPSoC	Zynq UltraScale+ RFSoC
• jeden lub dwa rdzenie ARM Cortex-A9, • programowalna logika serii 7 w technologii 28 nm, • transceivery do 12,5 Gb	• dwa lub cztery rdzenie ARM Cortex-A53, • dwa rdzenie Cortex-R5F, • programowalna logika FinFET+ w technologii 16 nm, • układ graficzny ARM Mali-400MP2, • kodek wideo H.264/H.265	• cztery rdzenie ARM Cortex-A53, • dwa rdzenie Cortex-R5F, • programowalna logika FinFET+ w technologii 16 nm, • cyfrowe bloki RF-ADC, RF-DAC, SD-FEC



Rysunek 7. Komputer jednopłytkowy Ultra96-V2 od AVNET z układem Zynq UltraScale+

Xilinx AI SDK

Pakiet oprogramowania Xilinx AI SDK jest zestawem bibliotek oraz interfejsów API (**rysunek 8**). Został opracowanych w celach wydajnego i zoptymalizowanego wykorzystania zasobów nawet w przypadku osób słabo znających zagadnienia z zakresu uczenia maszynowego czy układów FPGA. Zestaw narzędzi pozwala programistom skupić się na rozwoju ich aplikacji, nie wymagając często trudnych dla nich zadań polegających na konfiguracji logiki programowalnej. Zawiera liczną bazę bibliotek, m.in. przykładowe biblioteki analizy plików Jpeg, wideo oraz aplikacje demonstracyjne możliwe do uruchomienia w celach



Rysunek 8. Zasoby i struktura pakietu XILINX AI SDK

eprasa.pl 136c999a57

testowych. Biblioteki modeli zawierają wiele implementacji modeli sztucznej inteligencji, model detekcji twarzy, wykrywanie linii na jezdni i wiele innych (rysunek 8).

Dzięki zastosowaniu odpowiednich narzędzi możemy zrezygnować z pojedynczej implementacji własnego modelu uczenia maszynowego i optymalizacji związanej ze sprzętem. Przykład detekcji twarzy pochodzący z dokumentacji wprowadzającej do omawianego SDK zawiera raptem 25 linii kodu C++ (**listing 1**). Do uruchomienia przykładu należy uprzednio pobrać i zainstalować SDK w systemie Linux na urządzeniu pracującym na układach firmy XILINX. Do wykonania tych czynności można posłużyć się dokumentacją dostępną na stronie producenta układów, dostarczającego wspomniane narzędzia.

Listing 1. Przykład aplikacji do detekcji twarzy pochodzący z dokumentacji wprowadzającej do Xilinx AI SDK

```
#include <xilinx/yolov3/yolov3.hpp>
#include <iostream>
#include <map>
#include <string>
#include <opencv2/opencv.hpp>
main ( int argc, char **argv ) {
    Mat img = cv::imread(argv[1]);
    auto yolo = xilinx::yolov3::YOLOv3::create_ex("yolov3_voc_416", true);
    auto results = yolo->run(img);
    for(auto &box : results.bboxes){
        int label = box.label;
        float xmin = box.x * img.cols + 1;
        float ymin = box.y * img.rows + 1;
        float xmax = xmin + box.width * img.cols;
        float ymax = ymin + box.height * img.rows;
        if(xmin < 0.) xmin = 1.;
        if(ymin < 0.) ymin = 1.;
        if(xmax > img.cols) xmax = img.cols;
        if(ymax > img.rows) ymax = img.rows;
        float confidence = box.score;
        cout << "RESULT: " << label << "/t" << xmin << "/t" << ymin << "/t"
            << xmax << "/t" << ymax << "/t" << confidence << "/n";
        rectangle(img, Point(xmin, ymin), Point(xmax, ymax), Scalar(0, 255, 0),1, 1, 0);
    }
}
```

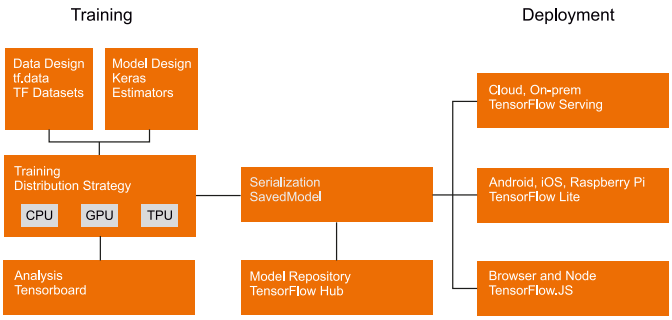
TinyML oraz TensorFlow Lite

TinyML to dziedzina sztucznej inteligencji zajmująca się głównie przetwarzaniem sieci głębokich bezpośrednio na urządzeniach wbudowanych. Oznacza to, że operacje i algorytmy uczenia maszynowego realizowane są wewnątrz tych urządzeń. Główną ideą małego uczenia maszynowego jest przeprowadzanie analizy danych na urządzeniu zasilanym bateryjnie i pobieranie przy tym energii rzędu pojedynczych mW. Dzięki rozwojowi TinyML okazuje się, że małe urządzenia stosujące uczenie maszynowe znajdują różnorodne zastosowania i okazują się wystarczająco dobre w nowych rozwiązaniach.

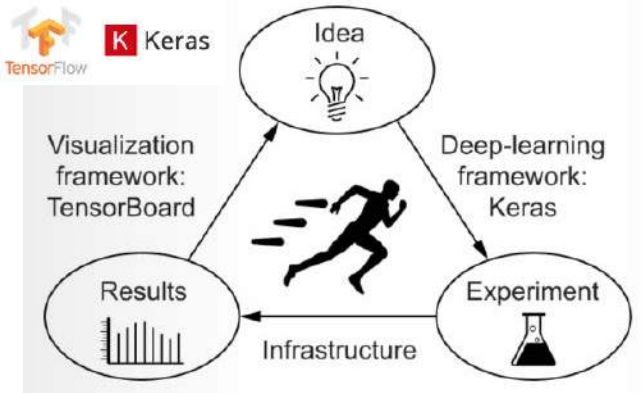
Google opracowało zestaw narzędzi o nazwie TensorFlow (**rysunek 9**), które umożliwiają realizację uczenia maszynowego, pomagając programistom uruchamiać ich modele m.in. na urządzeniach mobilnych, wbudowanych i brzegowych. Element TensorFlow Lite jest zoptymalizowany pod kątem opóźnień, prywatności, rozmiaru oraz poboru mocy. Umożliwia realizację algorytmów AI na różnych platformach, m.in. na układach SoC, mikrokontrolerach oraz urządzeniach z systemami iOS i Android. Dodatkowo pozwala na obsługę wielu języków programowania, takich jak C++, Python, Objective-C, Swift oraz Java. Dzięki optymalizacji modelu oraz akceleracji sprzętowej zyskujemy wysoką wydajność opracowanego rozwiązania. Dokumentacja dostarcza kompleksowe przykłady implementacji dla typowych zadań uczenia maszynowego, które można adaptować do własnych projektów.

Dzięki ścisłej integracji Keras z TensorFloworaz szybkiemu wykonywaniu funkcji w języku Python, TensorFlow 2.0 sprawia, że doświadczenie tworzenia aplikacji jest jak najbardziej znajome dla programistów Pythona.

Narzędzie Keras jest wysokopoziomowym API głębokiego uczenia napisanym w Pythonie działającym na platformie TensorFlow. Keras kładzie główny nacisk na możliwość szybkiego eksperymentowania, pozwala to na szybkie przejście z pomysłu do realizacji (**rysunek 10**). API zapewnia przede wszystkim niezbędne abstrakcje i bloki konstrukcyjne do opracowywania i dostarczania rozwiązań uczenia maszynowego z dużą szybkością iteracji. Keras i TensorFlow są łączone



Rysunek 9. Struktura narzędzi TensorFlow 2.0



Rysunek 10. Keras to narzędzie programistyczne, które kładzie nacisk na możliwość szybkiego eksperymentowania

ze sobą, przykładowo API STM32Cube.AI obsługuje wspomniane frameworki, które można implementować w projektach bazujacych na produktach firmy STM32.

Podsumowanie

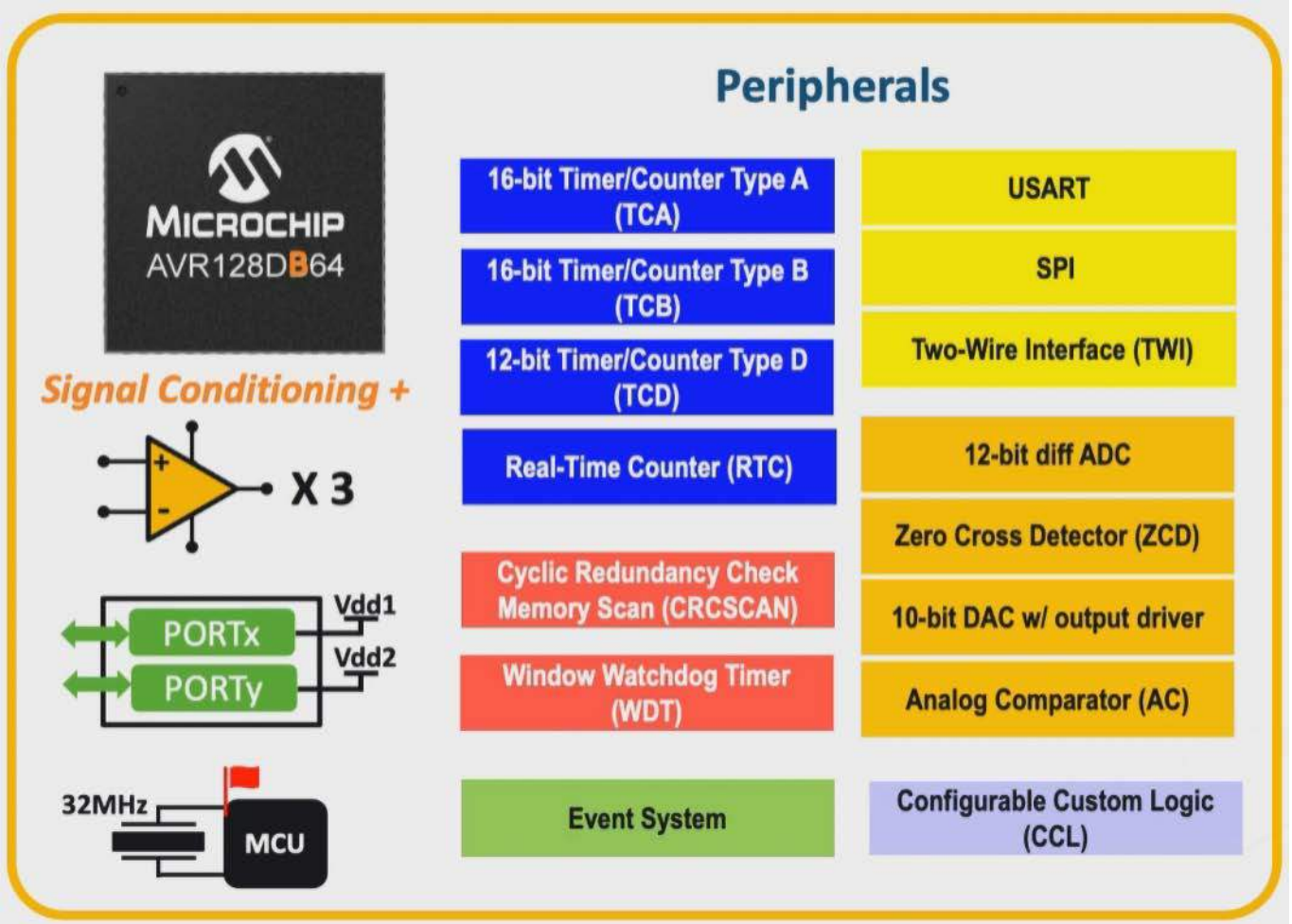
Edge AI – tak określamy stosowanie uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji w urządzeniach wbudowanych. Aktualnie pojawia się coraz więcej narzędzi wspierających prace projektantów i programistów takich systemów oraz już dostępne narzędzia stale się rozwijają. Producenci sprzętu również poprawiają swoje układy uwzględniając rosnące potrzeby wdrażania sztucznej inteligencji. Świadczy to głównie o tym, że istnieje potrzeba i uzasadnienie stosowania technologii uczących w małych i energooszczędnych układach różnego przeznaczenia. Szereg zalet, o jakich wspomniano, to głównie możliwość wprowadzenia oszczędności i zastosowania technologii w miejscach niedostępnych lub trudnych i drogich do wdrożenia rozwiązań sprzętowych, takich jak np. procesory graficzne. Wybór odpowiedniego rodzaju sprzętu uzależniony będzie głównie od potrzeb konkretnego systemu, jego zastosowania oraz końcowego wdrożenia. Obecnie urządzenia takie, jak chociażby AGD, dzięki AI mogą zyskać nowe możliwości, przez co stają się bardziej atrakcyjne dla konsumenta.

Edge AI, oprócz tego, że umożliwia zasilanie bateryjne, ma dodatkowo jedną ważną zaletę: urządzenia mogą wykonywać operacje z dziedziny AI/ML w środowisku izolowanym od dostępu do Internetu. W niektórych aplikacjach może to być cecha decydująca o wybraniu właśnie tej technologii.

Lucjan Bryndza, EP
lucjan.bryndza@boff.pl

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Arthur_Samuel
[2] https://en.wikipedia.org/wiki/TD-Gammon

eprasa.pl 136c999a57



Mikrokontrolery rodziny AVR DB

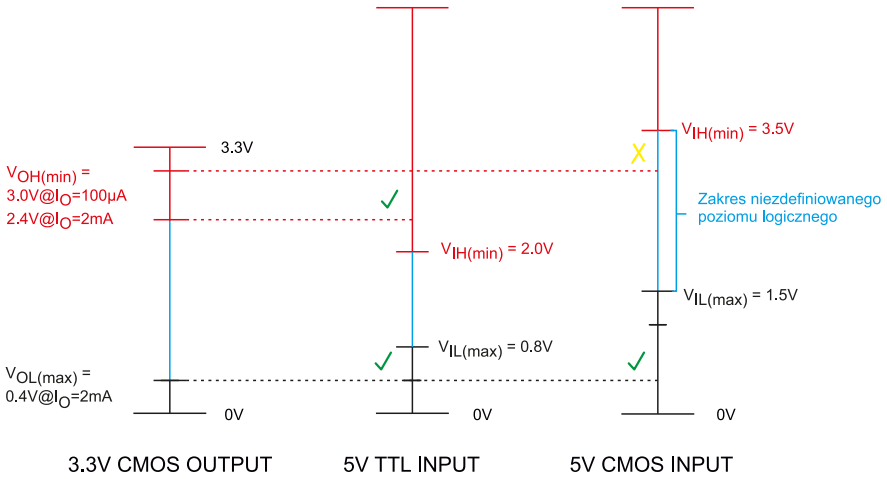
Microchip, producent między innymi 8-bitowych mikrokontrolerów rodzin PIC16, PIC18, ATtiny i AVR, nie ustaje w poszukiwaniu coraz to nowych zastosowań tych komponentów. Wyposażanie mikrokontrolerów z relatywnie mało wydajnym rdzeniem w unikalne układy peryferyjne wydaje się dobrym pomysłem. Wielokrotnie opisywałem układy z rdzeniem PIC16F wyposażone w peryferia działające niezależne od pracy rdzenia, takie jak generator NCO, COG, wzmacniacze operacyjne czy układy CLC. Z czasem te peryferia migrowały do wydajniejszych mikrokontrolerów z rdzeniem AVR. Inwencja inżynierów Microchipa w dziedzinie modyfikacji układów peryferyjnych prostych mikrokontrolerów wydaje się niewyczerpana, czego przykładem mogą być nowe właściwości rodziny AVR DB.

Rodzina mikrokontrolerów AVR DB jest dość dobrze wyposażona w standardowe zasoby. Najwyższa seria AVR128DB65 ma 128 kB pamięci programu Flash, 16 kB pamięci SRAM i 512 B EEPROM. Rdzeń może pracować z częstotliwością 24 MHz. Znajdziemy tu też szereg najczęściej spotykanych układów peryferyjnych: 16-bitowe i 12-bitowe liczniki, układ RTC, układy komunikacyjne USART, SPI TWI/I²C, 12-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy ADC z wejściem różnicowym i wejściem asymetrycznym, 10-bitowy przetwornik cyfrowo-analogowy DAC. Układy analogowe uzupełniają wzmacniacze operacyjne, komparator analogowy, układ wykrywania przejścia przez zero (ZCDs) i źródła napięć referencyjnych. O tym, że jest to układ wyjątkowy, świadczą dwie funkcjonalności: tryb pracy linii portów MVIO i rozbudowany konfigurowalny moduł wzmacniaczy operacyjnych współpracujący z wbudowanymi przetwornikami.

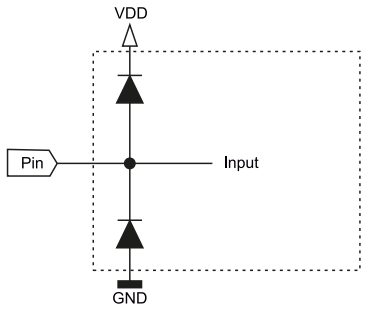
Tryb MVIO

Mikrokontrolery i większość układów peryferyjnych na początku swojej drogi rozwojowej były zasilane napięciem +5 V. Ze względu na taką samą wartość napięcia zasilania współpraca pomiędzy wszystkimi elementami systemu cyfrowego przebiegała w większości bez problemów i zakłóceń. Standard zasilania +5 V utrzymywał się bardzo długo, ale od jakiegoś czasu zaczęto oferować mikrokontrolery, które mogły pracować z niższym napięciem +3,3 V. Zmiana (obniżenie) napięcia zasilania była podyktowana dwoma czynnikami: zwiększeniem szybkości działania układów cyfrowych, w tym rdzenia mikrokontrolera, oraz zmniejszeniem poboru mocy. Ta ostatnia

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 1. Połączenie układów zasilanych napięciem +3,3 V i +5 V



Rysunek 2. Zabezpieczenia wejść cyfrowych CMOS

cecha ma szczególne znaczenie w układach zasilanych bateryjnie, bo wpływa na wydłużenie czasu pracy. W wysokowydajnych systemach ograniczanie zużycia mocy pozwala na panowanie nad temperaturą i ogranicza koszty chłodzenia.

Nowoczesne wydajne mikrokontrolery mają zasilanie wielonapięciowe, na przykład rdzeń jest zasilany napięciem +1,8 V, a układy peryferyjne napięciem +3,3 V. Istnieją też mikrokontrolery, które można zasilić napięciem z zakresu od +1,8 V do +5,5 V.

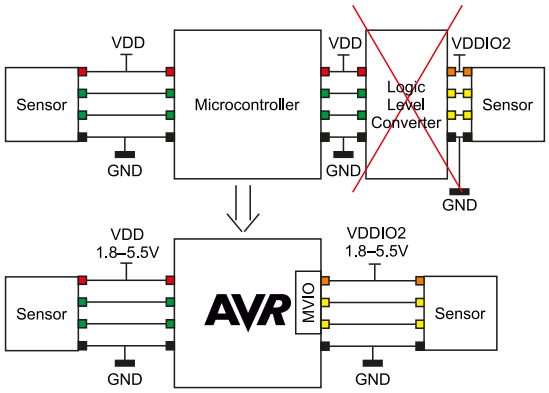
Niestety w układach, w których mikrokontroler (lub jego układy peryferyjne, w tym porty) jest zasilany określonym napięciem i musi współpracować z zewnętrznymi układami cyfrowymi zasilanymi innym (wyższym lub niższym) napięciem zasilania, mogą się pojawić problemy z prawidłową identyfikacją poziomów napięć odpowiadających stanom logicznym i w konsekwencji błędnym działaniem całego układu.

Na **rysunku 1** pokazano przykład połączenia wyjścia układu cyfrowego zasilanego napięciem +3,3 V z wejściami układów cyfrowych wykonanych w technologii TTL (bipolarnej) i technologii CMOS. Oprócz różnicy napięć istotna jest też technologia wykonania układów. Najlepiej, gdyby wszystkie elementy były wykonane w technologii mikrokontrolera (CMOS), bo ogranicza to możliwość błędnego działania.

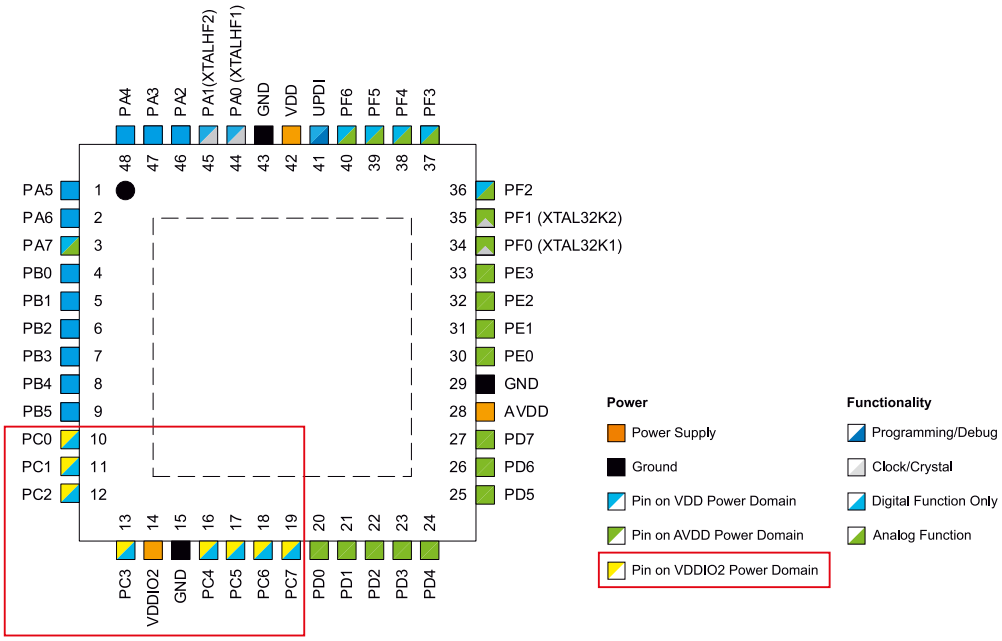
Jeszcze większe problemy pojawiają się, kiedy wyjście układu zasilanego napięciem +5 V łączymy z wejściem układu zasilanego napięciem +3,3 V. Każde z wejść CMOS jest zabezpieczone parą diod spolaryzowanych zaporowo, tak jak pokazano na **rysunku 2**. Pojawienie się na wejściu napięcia wyższego niż napięcie zasilania VCC +0,7 V powoduje spolaryzowanie górnej diody i zaczyna przez nią płynąć prąd. Przy większej wydajności prądowej wyjścia może to spowodować uszkodzenie zarówno wyjścia, jak i diody zabezpieczającej wejście. Część układów mikrokontrolerów zasilanych napięciem +3,3 V ma wejścia akceptujące poziomy napięć do 5 V (*+5 V tolerant*), ale nie jest to normą.

Sprawy się jeszcze bardziej komplikują, jeżeli chcemy użyć połączenia przez linię dwukierunkową, na przykład linie interfejsu I²C czy linie danych wejścia/wyjścia magistral równoległych. Te problemy można rozwiązać, stosując specjalizowane konwertery poziomów logicznych. Dobrze dobrane usuwają wszystkie problemy systemów dwunapięciowych.

Równie dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie mikrokontrolerów AVR DB wyposażonych w konfigurowalny zintegrowany konwerter/przesuwnik poziomu napięć logicznych. Funkcja wielonapięciowych wejść/wyjść (MVIO) umożliwia zasilanie podzbioru wyprowadzeń portów I/O przez napięcie VDDIO2. Poziomy logiczne wyjść i wejść MVIO są odnoszone do tego napięcia VDDIO2, a nie do napięcia zasilania VDD. Dla wejść napięcie stanu niskiego VIL będzie miało wartość nie większą niż 0,2 VDDIO2 (bufor Schmitta) lub nie większą niż 0,3 VDDIO2 dla magistrali I²C. Napięcie stanu



Rysunek 3. Idea działania MVIO w AVR DB



Rysunek 4. Przykład obudowy mikrokontrolera z wyprowadzeniami MVIO

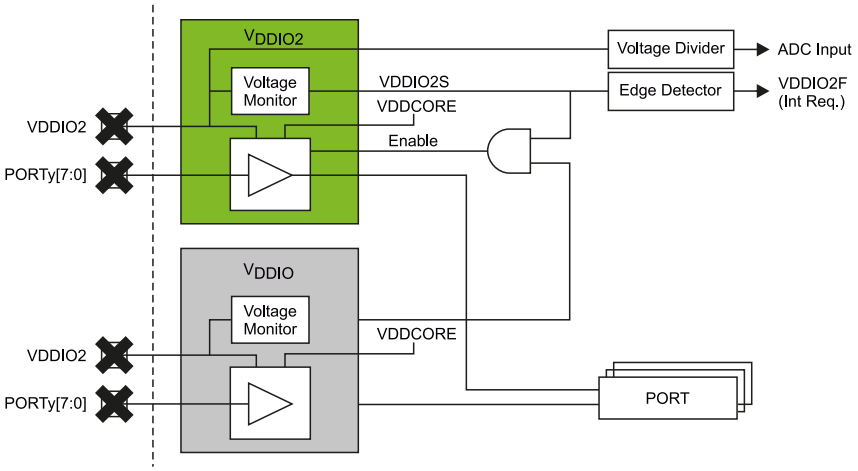
eprasa.pl 136c999a57

wysokiego VIH jest nie mniejsze niż 0,8 VDDIO2 (bufor Schmitta) lub nie mniejsze niż 0,7 VDDIO2 (magistrala I²C). W przypadku wyjść napięcie stanu niskiego VOL jest nie większe niż 0,6 V, a napięcie stanu wysokiego nie mniejsze niż VDDIO2 – 0,7 V. Mikrokontroler i wyprowadzenia nieobjęte działaniem MVIO są zasilane napięciem VDD. VDD i VDDIO2 są niezależne od siebie, ale oba muszą się mieścić w tym samym dopuszczalnym zakresie od +1,8 V do +5,5 V. Idea tego rozwiązania została pokazana na **rysunku 3**.

Obecnie wyprowadzenia z funkcją MVIO są zgrupowane w porcie PORTC zasilanym przez wyprowadzenie VDDIO2 (**rysunek 4**). Mogą mieć tylko funkcję cyfrowych linii I/O (nie mogą być wejściami analogowymi). Wyprowadzenia z funkcją MVIO zachowują się tak samo jak zwykłe cyfrowe wyprowadzenia I/O. Mogą być uniwersalnymi liniami GPIO, liniami magistral szeregowych, w tym również dwukierunkowych (USART, SPI, I²C) oraz wyjściami PWM.

Tryb zasilania MVIO jest programowany przez bit konfiguracyjny (bezpiecznik – *fuse*). Dostępne są dwa tryby pracy. Pierwszy z pojedynczym napięciem pracy. MVIO nie jest aktywny i wyprowadzenia VDDIO2 oraz VDD muszą być ze sobą połączone. Drugi tryb to podwójne napięcie pracy, kiedy na VDDIO2 i VDD są podawane różne napięcia.

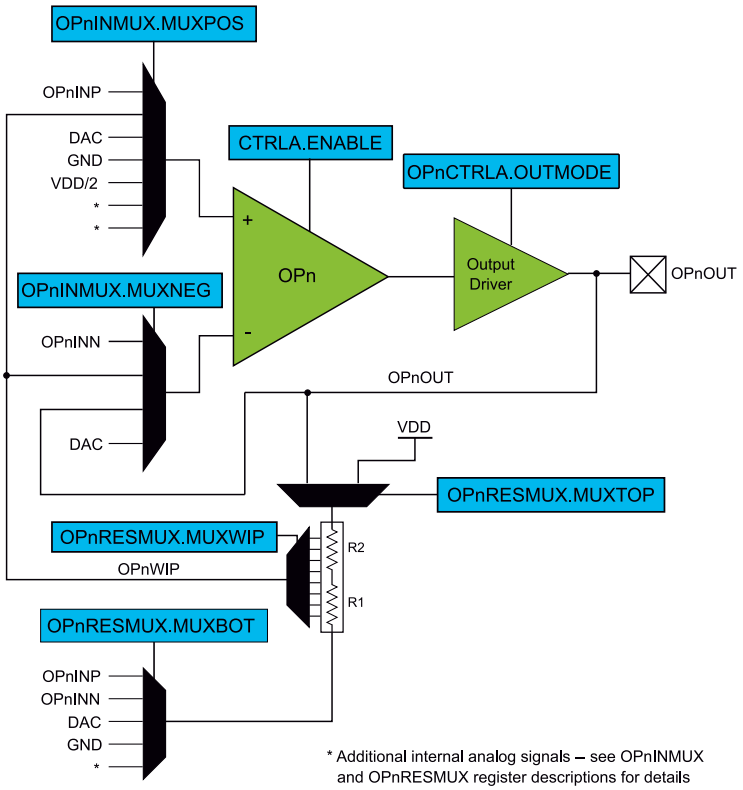
Na **rysunku 5** pokazano schemat blokowy modułu. Wykrycie poziomu napięcia VDDIO2 spoza dopuszczalnego zakresu sygnalizowane jest bitem rejestru stanu. Ustawienie tego bitu może wygenerować przerwanie. Napięcie VDDIO2 podzielone przez 10 może też być mierzone przez wewnętrzny ADC przy wewnętrznym napięciu odniesienia 1,024 V.



Rysunek 5. Schemat blokowy modułu MVIO

Moduł wzmacniaczy operacyjnych OPAMP

Wzmacniacze operacyjne są wbudowywane w mikrokontrolery od jakiegoś czasu i nie jest to nic nowego. Zazwyczaj mają niezbyt wygórowane parametry, ale do podstawowych zadań, na przykład dopasowywania poziomu sygnału do zakresu napięć wejściowych przetwornika ADC, wystarczają. Na czym zatem polega wyjątkowość modułu wzmacniaczy OPAMP w rodzinie AVR DB? Jest on zbudowany z trzech (w niektórych wersjach z dwu) wzmacniaczy operacyjnych i może być programowo elastycznie konfigurowalny za pomocą analogowego multipleksera. Programowa konfiguracja umożliwia pracę wzmacniaczy w różnych topologiach (wzmacniacz odwracający, nieodwracający, bufor wzmacniacz kaskadowy). Druga bardzo ważna cecha to, że w dużej liczbie przypadków nie są do pracy wzmacniaczy potrzebne żadne elementy zewnętrzne (głównie rezystory – określające wzmocnienie). W takich przypadkach nie trzeba stosować zewnętrznych układów wzmacniaczy i elementów biernych, co upraszcza płytkę drukowaną i obniża koszt urządzenia. Znacząco też może uprościć i przyspieszyć proces projektowania i prototypowania urządzenia.



Rysunek 6. Schemat blokowy modułu jednego wzmacniacza operacyjnego

Schemat blokowy jednego wzmacniacza został pokazany na **rysunku 6**. Wzmacniacze operacyjne pracujące w układach wzmacniaczy odwracających i nieodwracających wymagają dołączenia zewnętrznych rezystorów określających ich topologię i wzmocnienie. Jak widzimy na rysunku 6, w moduł peryferyjny wzmacniacza wbudowano drabinkę rezystancyjną (R1, R2) dołączaną do wejść/wyjść wzmacniacza analogowym multiplekserem. Pozwala to, jak już wiemy, skonfigurować takie wzmacniacze bez konieczności dołączania elementów (rezystorów) zewnętrznych. Moduł (moduły) OPAMP można skonfigurować jako:

- samodzielny wzmacniacz operacyjny,
- bufor (wzmacniacz o wzmocnieniu 1),
- wzmacniacz odwracający o wzmocnieniu określonym przez R1 i R2,
- integrator,
- wzmacniacz różnicowy,
- wzmacniacz kaskadowy,
- wzmacniacz pomiarowy.

Multiplekser na wejściu nieodwracającym (+) każdego wzmacniacza operacyjnego umożliwia podłączenie do zewnętrznego wyprowadzenia mikrokontrolera, przełącznika pozycji „suwaka" drabinki rezystorowej, wyjścia przetwornika cyfrowo-analogowego DAC, masy (GND), napięcia VDD/2 lub wyjścia z innego wzmacniacza operacyjnego. Drugi multiplekser na wejściu odwracającym (–) każdego wzmacniacza operacyjnego umożliwia podłączenie do zewnętrznego wyprowadzenia mikrokontrolera, przełącznika pozycji „suwaka" drabinki rezystorowej, wyjścia wzmacniacza operacyjnego lub wyjścia DAC.

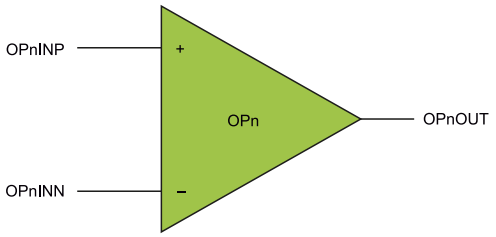
Trzy dodatkowe multipleksery podłączone do każdej drabinki rezystorowej zapewniają dodatkową elastyczność konfiguracji. Dwa z tych multiplekserów wybierają górne i dolne połączenie wyprowadzeń wzmacniacza z drabinką rezystorową, a trzeci steruje pozycją przełącznika pozycji „suwaka".

eprasa.pl 136c999a57

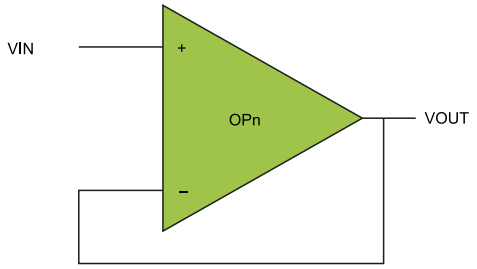
Konfiguracje modułu wzmacniaczy operacyjnych

Samodzielny wzmacniacz operacyjny

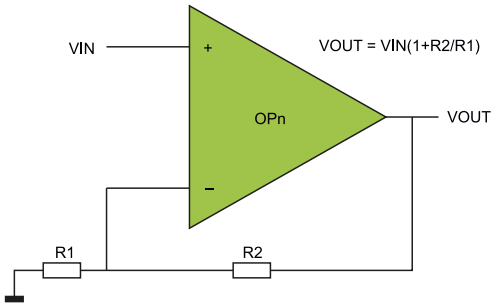
W tej konfiguracji oba wejścia: odwracające (–) i nieodwracające (+) oraz wyjście wzmacniacza są podłączone do wyprowadzeń mikrokontrolera (**rysunek 7**). Jest to przydatna konfiguracja, w której użytkownik chce wykonać wszystkie połączenia z elementami wzmacniacza na zewnątrz mikrokontrolera, na przykład w układach filtrów, kiedy potrzebne są precyzyjne rezystory o ściśle określonych wartościach i kondensatory.



Rysunek 7. Samodzielny wzmacniacz operacyjny



Rysunek 8. Układ bufora



Rysunek 9. Układ wzmacniacza nieodwracającego

Układ bufora

Układ bufora pokazanego na **rysunku 8** ma wzmocnienie równe 1, bardzo dużą impedancję wejściową i bardzo małą impedancję wyjściową. Taki układ stosuje się do separacji dwu obwodów, tak by wyjście separowanego układu (wejście bufora) nie obciążało wejścia kolejnego układu (wyjście bufora).

Układ wzmacniacza nieodwracającego

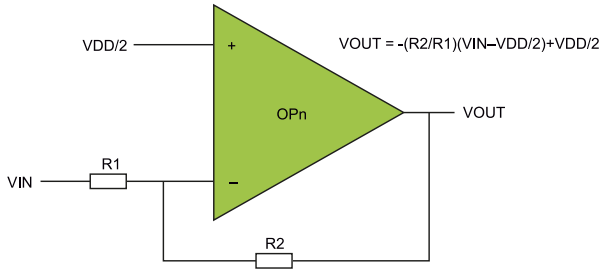
Wzmacniacz nieodwracający (**rysunek 9**) nie zmienia fazy sygnału wzmacnianego. Wzmocnienie zależy od wartości rezystorów R1 i R2 i jest wyliczane według zależności:

$$V_{OUT} = V_{IN}\left(R2/R1\right)$$

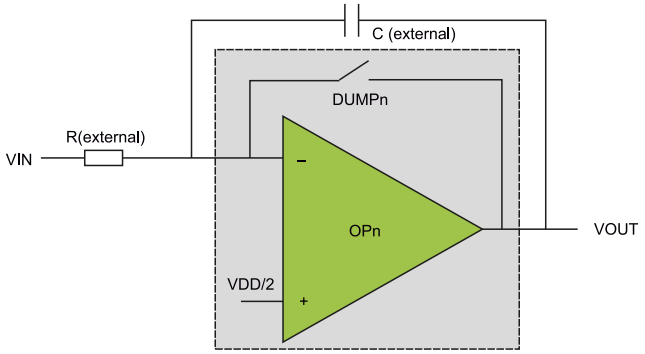
W tej konfiguracji wewnętrzne rezystory R1 i R2 są dołączane przez programowany multiplekser analogowy.

Układ wzmacniacza odwracającego

Wzmacniacz odwracający (**rysunek 10**) odwraca fazę sygnału wejściowego (przesunięcie



Rysunek 10. Wzmacniacz odwracający



Rysunek 11. Układ integratora

o 180°). W klasycznym wzmacniaczu odwracającym wejście nieodwracające jest połączone z masą, wtedy wzmocnienie układu zależy tylko od stosunku oporności R2 do R1. Napięcie wyjściowe wzmacniacza jest liczone według zależności:

$$V_{OUT} = V_{IN}\left(1 + R2/R1\right)$$

Tutaj zdecydowano się do sygnału wyjściowego dodać składową stałą o wartości VDD/2 po to, aby możliwe było wzmacnianie sygnałów symetrycznych względem masy. Sygnał wyjściowy wyliczany jest z zależności:

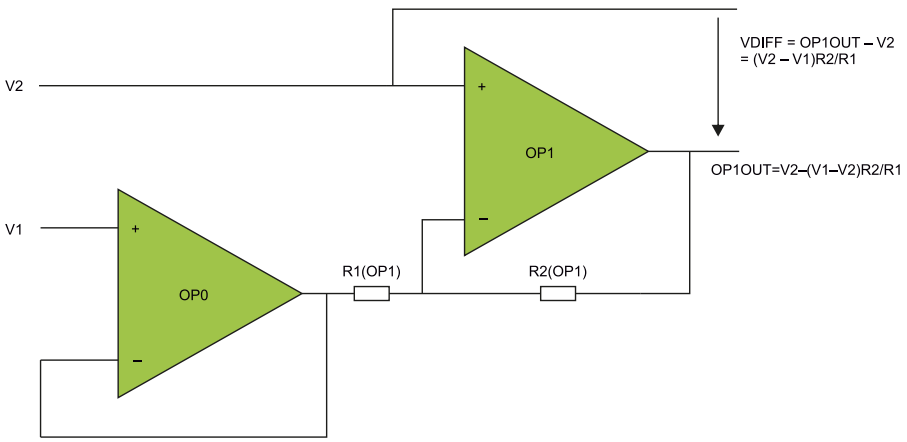
$$V_{OUT} = -\left(R2/R1\right)\left(V_{IN} - V_{DD}/2\right) + V_{DD}/2$$

Integrator

Na **rysunku 11** pokazano wzmacniacz skonfigurowany jako integrator. Do prawidłowej pracy niezbędne jest dołączenie zewnętrznego rezystora i kondensatora.

Wzmacniacz różnicowy

Za pomocą dwu wzmacniaczy można skonfigurować wzmacniacz wzmacniający sygnał różnicowy sygnałów podawanych na wejścia nieodwracające (**rysunek 12**). Wzmocnienie określają rezystory R1 i R1 z układu wzmacniacza OP1.

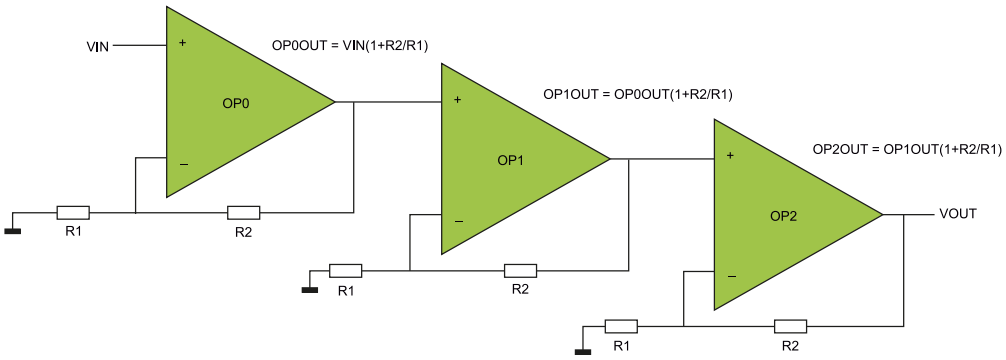


Rysunek 12. Wzmacniacz różnicowy

eprasa.pl 136c999a57

Wzmacniacz kaskadowy

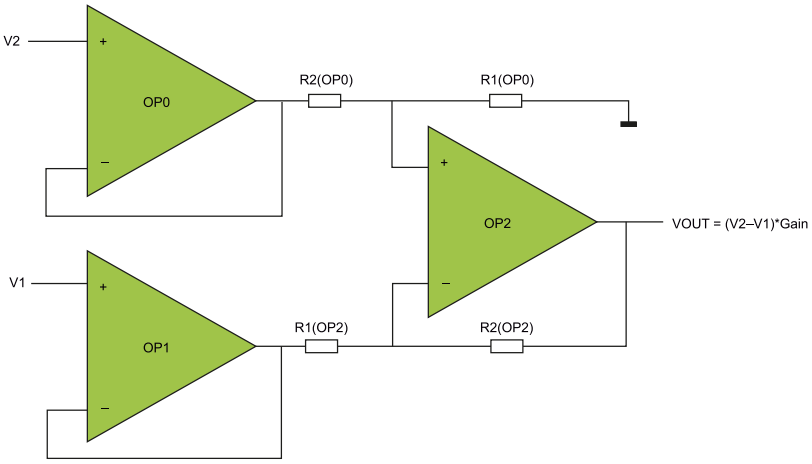
Wzmacniacze kaskadowe stosuje się w celu uzyskania dużego wzmocnienia. Są zbudowane z identycznych stopni połączonych szeregowo. W naszym przypadku można skonfigurować wzmacniacze odwracające lub nieodwracające zbudowane z dwu lub trzech stopni. Przykładowa konfiguracja trzystopniowego wzmacniacza kaskadowego nieodwracającego została pokazana na **rysunku 13**.



Rysunek 13. Trzystopniowy kaskadowy wzmacniacz nieodwracający

Wzmacniacz pomiarowy

Wzmacniacz pomiarowy ma wejście różnicowe i wyjście asymetryczne. Impedancja wejściowa jest bardzo duża, na przykład 109 Ω, a impedancja wyjściowa bardzo mała. Taki wzmacniacz ma często ustalone stałe wzmocnienie lub wzmocnienie ustalane za pomocą rezystora dołączonego do specjalnych wyprowadzeń. W naszym przypadku wzmocnienie jest programowane. Symetryczne, różnicowe wejście pozwala na wyodrębnienie z zaszumionego kanału przesyłowego użytecznych sygnałów różnicowych przy jednoczesnym silnym tłumieniu sygnałów wspólnych (tłumienie zależy od współczynnika CMR). Konfiguracja wzmacniacza pomiarowego została pokazana na **rysunku 14**. Wzmocnienie (również tłumienie) można zaprogramować tak jak to pokazano na **rysunku 15**.



Rysunek 14. Wzmacniacz pomiarowy

Konfiguracja i programowanie modułu wzmacniaczy operacyjnych

W dokumentacji mikrokontrolerów rodziny AVR DB są umieszczone dokładne opisy wszystkich rejestrów konfiguracyjnych wszystkich modułów peryferyjnych w tym modułu wzmacniaczy operacyjnych. Na podstawie tych informacji można dowolnie, zależnie od potrzeb skonfigurować każdy ze wzmacniaczy. Jednak jest to metoda pracochłonna i żmudna. Dużo lepszym rozwiązaniem jest skorzystanie ze środowiska projektowego IDE i wbudowanego konfiguratora peryferii. Mikrokontrolery AVR miały (i być może mają dalej) swoje środowisko IDE Atmel Studio. Po przejęciu Atmela przez Microchipa, IDE Atmel Studio został przemianowany na Microchip Studio, ale mikrokontrolery AVR można programować i debugować w znanym mi środowisku MPLAB IDE. Przykłady konfiguracji modułu OPAMP zostaną wykonane właśnie w środowisku MPLAB X IDE z zainstalowaną najnowszą wtyczką konfiguratora MCC.

Przykład konfiguracji wzmacniacza pomiarowego w środowisku MPLAB X IDE

Konfigurację rozpoczynamy od wybrania modułu OPAMP z listy urządzeń *Device Resources*. Wybrany moduł pojawi się w liście *Project Resources*. Okno konfigurowania modułu OPAMP ma cztery zakładki:

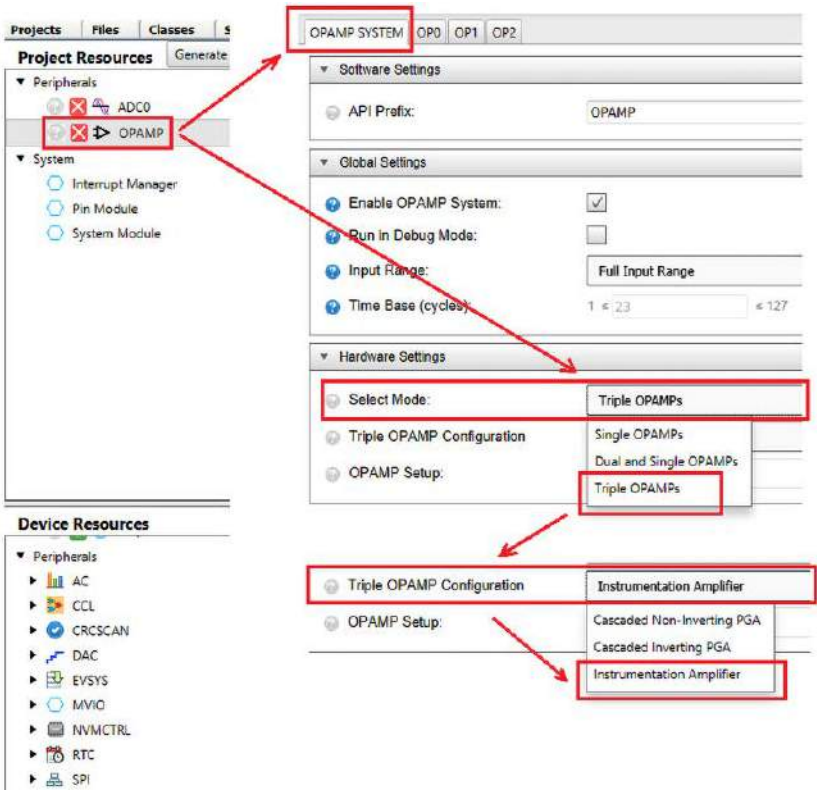
GAIN	OP0RESMUX.MUXWIP	OP2RESMUX.MUXWIP
1/15	0x7	0x0
1/7	0x6	0x1
1/3	0x5	0x2
1	0x3	0x3
3	0x2	0x5
7	0x1	0x6
15	0x0	0x7

Rysunek 15. Programowanie wzmocnienia wzmacniacza pomiarowego

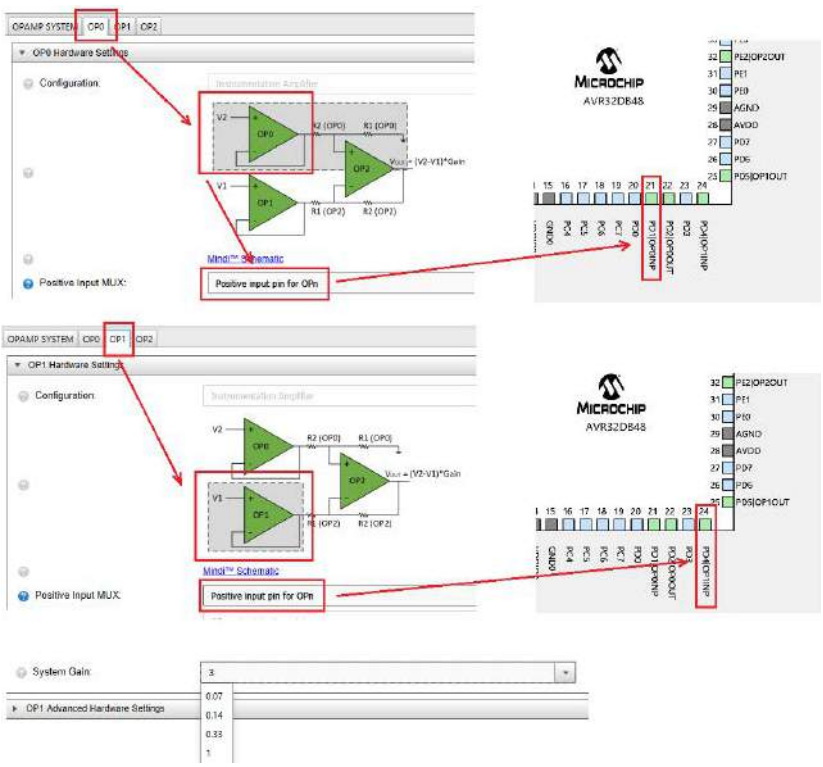
Listing 1. Konfiguracja modułu OPAMP pracującego jako wzmacniacz pomiarowy ze wzmocnieniem 3

```
void OPAMP_Initialize(){
    OPAMP_DisableSystem();
    //TIMEBASE 23;
    OPAMP.TIMEBASE =
        OPAMP_TIMEBASE_VALUE << OPAMP_TIMEBASE_gp;
    //DBGRUN disabled;
    OPAMP.DBGCTRL = 0x00;
    //IRSEL FULL;
    OPAMP.PWRCTRL = 0x00;
    //OP0 Configuration : Instrumentation Amplifier
    //Instrumentation Amplifier Gain : 3

    //MUXNEG OUT; MUXPOS INP;
    OPAMP.OP0INMUX = 0x20;
    //MUXWIP WIP2; MUXBOT GND; MUXTOP OUT;
    OPAMP.OP0RESMUX = 0x55;

    //RUNSTBY disabled; OUTMODE NORMAL;
    //EVENTEN disabled; ALWAYSON enabled;
    OPAMP.OP0CTRLA = 0x05;
    //SETTLE 127;
    OPAMP.OP0SETTLE = 0x7F;
    //OP1 Configuration : Instrumentation Amplifier
    //Instrumentation Amplifier Gain : 3
    //MUXNEG OUT; MUXPOS INP;
    OPAMP.OP1INMUX = 0x20;
    //MUXWIP WIP0; MUXBOT OFF; MUXTOP OFF;
    OPAMP.OP1RESMUX = 0x00;
    //RUNSTBY disabled; OUTMODE NORMAL;
    //EVENTEN disabled; ALWAYSON enabled;
    OPAMP.OP1CTRLA = 0x05;
    //SETTLE 127;
    OPAMP.OP1SETTLE = 0x7F;
    //OP2 Configuration : Instrumentation Amplifier
    //Instrumentation Amplifier Gain : 3
    //MUXNEG WIP; MUXPOS LINKWIP;
    OPAMP.OP2INMUX = 0x16;
    //MUXWIP WIP5; MUXBOT LINKOUT; MUXTOP OUT;
    OPAMP.OP2RESMUX = 0xB1;
    //RUNSTBY disabled; OUTMODE NORMAL;
    //EVENTEN disabled; ALWAYSON enabled;
    OPAMP.OP2CTRLA = 0x05;
    //SETTLE 127;
    OPAMP.OP2SETTLE = 0x7F;

    OPAMP_EnableSystem();
}
```

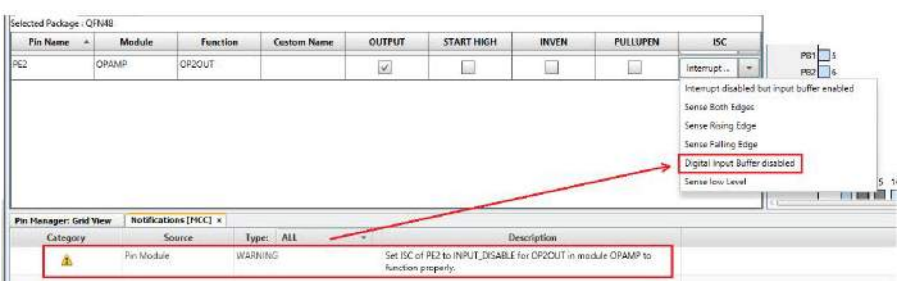

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 16. Konfiguracja zakładki OPAMP SYSTEM za pomocą wtyczki MCC



Rysunek 17. Konfiguracja źródła sygnału i wzmocnienia wzmacniacza różnicowego



Rysunek 18. Prawidłowa konfiguracja wyjść wzmacniaczy operacyjnych

OPAMP SYSTEM, *OP0*, *OP1* i *OP2*. W zakładce *OPAMP SYSTEM* ustawiamy:

- Tryb pracy: pojedynczy wzmacniacz, podwójny lub pojedynczy wzmacniacz i potrójny wzmacniacz. Ponieważ, jak wiemy, wzmacniacz pomiarowy używa wszystkich trzech wzmacniaczy operacyjnych, wybieramy opcję potrójnego wzmacniacza (triple OPAMPs).
- Konfigurację wzmacniacza: trzy wzmacniacze są używane w układzie potrójnego wzmacniacza kaskadowego lub przez wzmacniacz pomiarowy. Wybieramy zgodnie z założeniem – wzmacniacz pomiarowy.

Konfiguracja zakładki *OPAMP SYSTEM* dla wzmacniacza pomiarowego została pokazana na **rysunku 16**.

W kolejnym kroku trzeba wybrać źródło sygnału różnicowego podawanego na wejścia wzmacniacza pomiarowego. Załóżmy, że będą to wyprowadzenia mikrokontrolera skonfigurowane jako wejścia analogowe. W zakładce *OP0* pojawia się schemat wzmacniacza z zaznaczonym na szaro wzmacniaczem OP0 i rezystorami R1, oraz R2 przypisanymi do modułu OP0. Mierzone napięcie V2 jest podawane na wejście nieodwracające wzmacniacza OP0. W oknie *Posistive input MUX* z rozwijanej listy wybieramy źródło sygnału jako *Positive input for OPn*. Konfigurator automatycznie skonfigurował linię PD0 portu PORTD jako pierwsze analogowe wejście różnicowego wzmacniacza pomiarowego.

Cała procedura jest powtarzana dla drugiego wejścia pomiarowego. Mierzone napięcie V1 jest podawane na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego OP1. W oknie *Posistive Input MUX* wybieramy *Positive input for OPn*, a konfigurator konfiguruje linię PD4 portu PORTD jako drugie wejście analogowe różnicowego wzmacniacza pomiarowego.

Ostatnia czynnością jest określenie wzmocnienia wzmacniacza w oknie *System Gain*. Po takim skonfigurowaniu pojawiają się ostrzeżenia o nie do końca dobrze skonfigurowanych wyjściach wzmacniacza połączonych z wyprowadzeniami mikrokontrolera. Żeby wszystko poprawnie działało, trzeba w oknie *Pin Module konfiguratora MCC* zablokować wejściowy bufor dla sygnałów cyfrowych, tak jak to zostało pokazane na **rysunku 18**.

Na **listingu 1** pokazano inicjalizację modułu OPAMP do pracy jako wzmacniacz pomiarowy ze wzmocnieniem 3, wygenerowaną przez MCC. Widać tu wyraźnie, jak pożyteczną pracę wykonuje konfigurator i ile czasu pozwala zaoszczędzić tylko na skonfigurowaniu jednego modułu peryferyjnego.

Tomasz Jabłoński, EP

eprasa.pl 136c999a57

Konsola do gier retro z RPi Zero

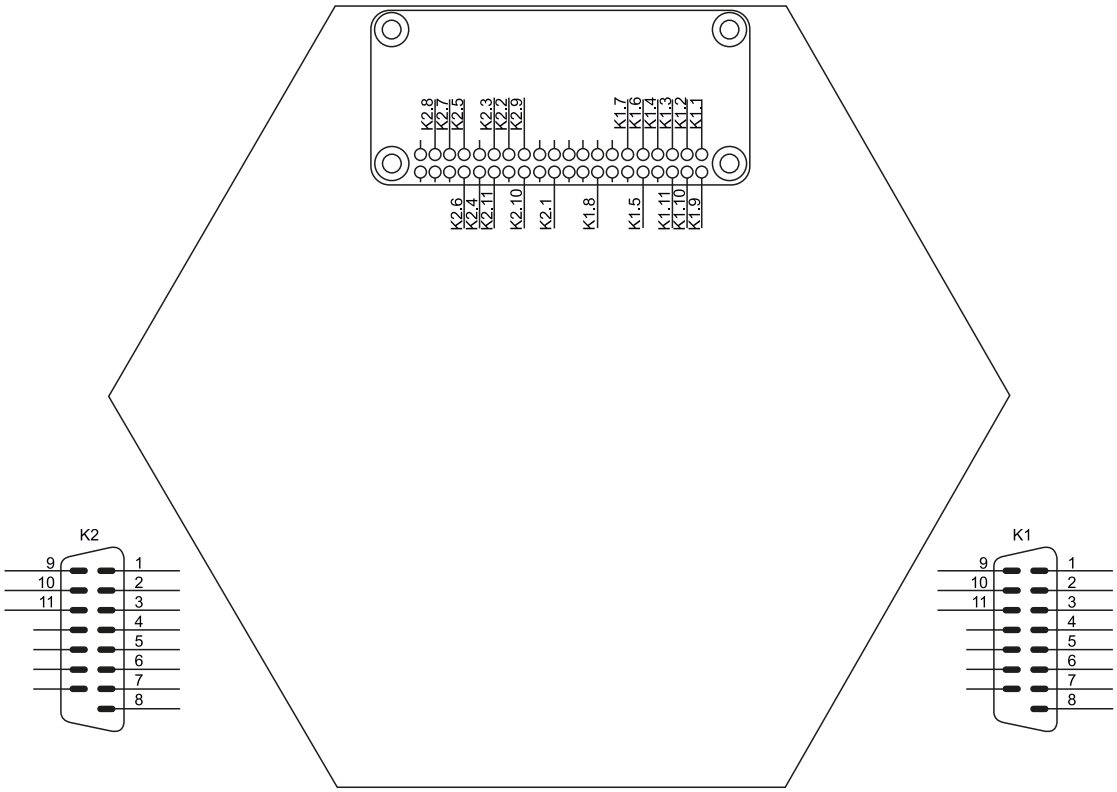
Jednym z popularnych sposobów użycia możliwości komputera Raspberry Pi jest budowa konsoli do gier retro. Dostępne są różne gotowe zestawy do realizacji konstrukcji tego typu, jednak postanowiłem zaprojektować własną wersję, którą nazwałem ZW-G1. Dzięki szczegółowemu opisowi, który zawarłem w tym artykule, jestem przekonany, że każdy będzie w stanie zbudować jej egzemplarz. Zaprezentowana konsola pozwoli powrócić do gier, które sprawiały tyle radości w latach 90.

Zaprezentowany projekt wyróżnia się na tle innych konstrukcji tego typu przede wszystkim dzięki temu, że można go szybko uruchomić. Układ elektroniczny konsoli ZW-G1 został zaprojektowany w taki sposób, aby nie wymagał zastosowania płytek drukowanych do montażu elementów elektronicznych. Takie rozwiązanie ułatwia zdobycie potrzebnych komponentów oraz znacząco obniżyło koszt i skróciło czas potrzebny na zbudowanie konsoli. Natomiast elementy obudowy konsoli ZW-G1 zostały wykonane na drukarce 3D z użyciem filamentu PLA.

Budowa i działanie

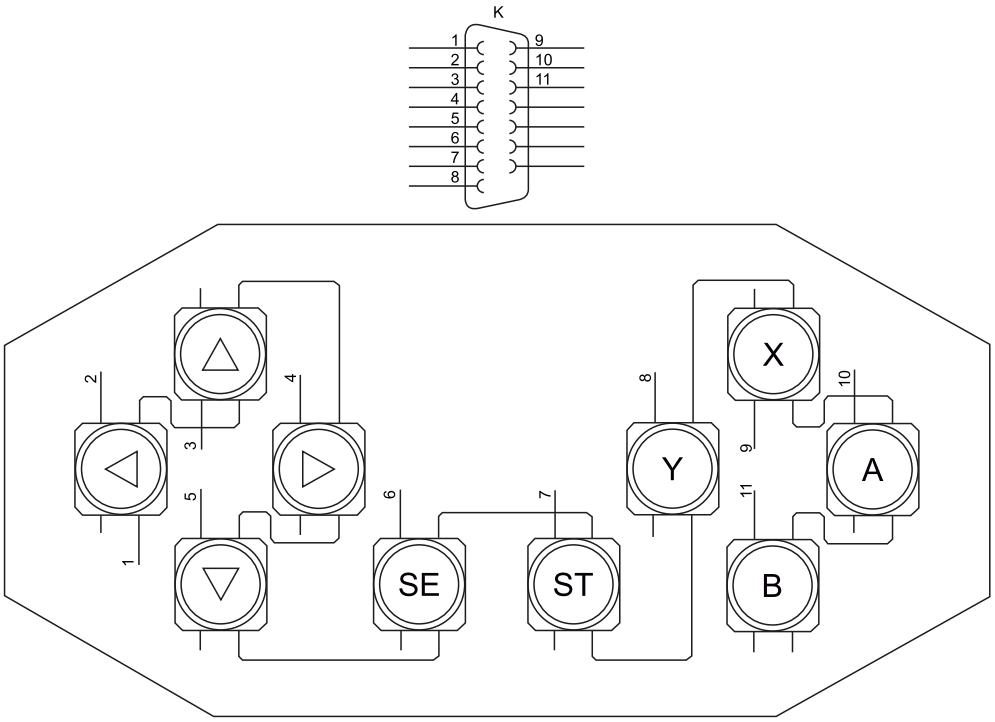
Schemat ideowy konsoli (bazy) znajduje się na **rysunku 1**. Jej najważniejszym komponentem jest komputerek Raspberry Pi Zero. Schemat ideowy jednego kontrolera został pokazany na **rysunku 2**. Kontrolery są dołączane do bazy poprzez złącza D-SUB15. Połączenia pomiędzy wyprowadzeniami GPIO komputera a złączami D-SUB15 można łatwo wykonać z użyciem krótkich, cienkich przewodów (**fotografia 1**).

Natomiast wykonanie połączeń dla przycisków kontrolera wymaga zastosowania 11-żyłowej wiązki o długości dostosowanej do własnych potrzeb. Jeden z biegunów każdego przycisku należy podłączyć do wspólnej żyły doprowadzonej do styku numer 1 złącza D-SUB15, a pozostałe

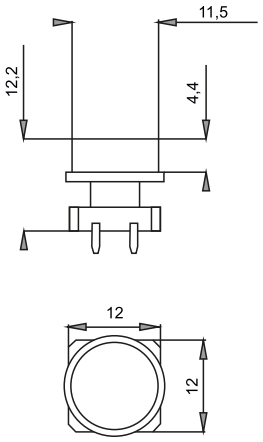


Rysunek 1. Schemat ideowy bazy

eprasa.pl 136c999a57

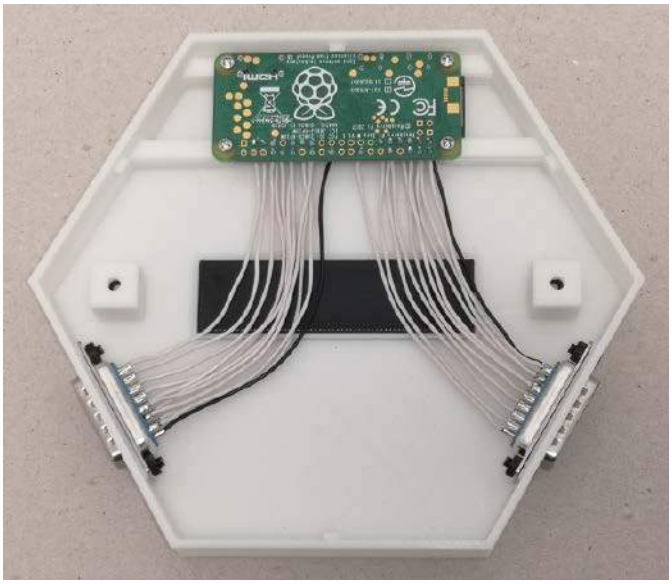


Rysunek 2. Schemat ideowy kontrolera



Rysunek 3. Wymiary przycisku

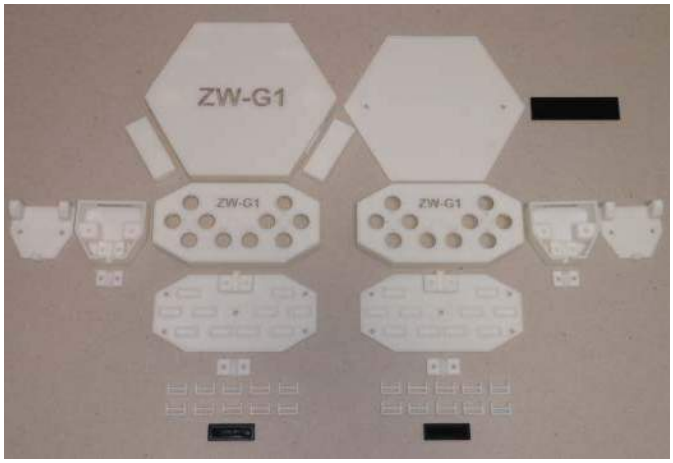
żyły łączymy z drugimi biegunami przycisków – jedna żyła do jednego przycisku (**fotografia 2**). Należy pamiętać o zachowaniu numeracji styków złącza (jak na schemacie z rysunku 2). Obydwa kontrolery należy wykonać w identyczny sposób.



Fotografia 1. Wykonane połączenia pomiędzy komputerem Raspberry Pi i złączami D-SUB15

Montaż i uruchomienie

Na **fotografii 3** pokazano wszystkie wydrukowane elementy potrzebne do budowy konsoli. Pliki STL dostępne są na stronie [1]. Zanim



Fotografia 3. Wydrukowane części obudowy konsoli ZW-G1

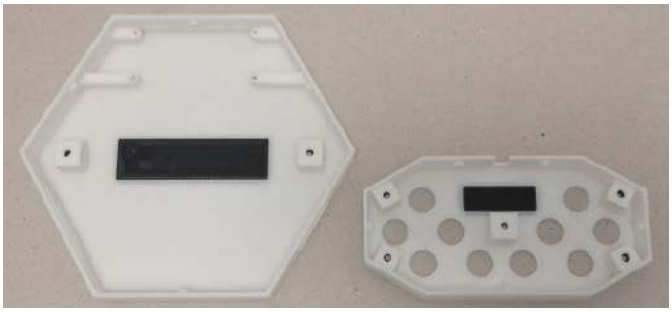
Fotografia 2. Wykonane połączenia pomiędzy przyciskami w kontrolerze i złączem D-SUB15

Fotografia 4. Pogłębienie otworów montażowych i umiejscowienie nakrętek M3

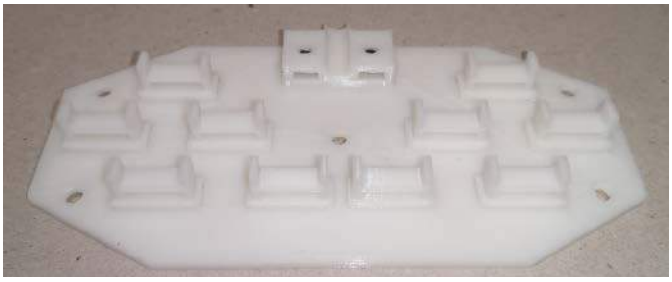
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

śruba stożkowa M3×8 mm – 28 szt.,
wkręt do tworzywa PZ 2,2×6 mm – 4 szt.,
nakrętka M3 – 28 szt.,
podkładka antypoślizgowa o średnicy 10 mm – 6 szt.,
komputerek Raspberry Pi Zero W,
karta pamięci mikroSD o pojemności 16 GB,
zasilacz mikroUSB 5 V o wydajności prądowej 2 A,
przewód OTG microUSB – USB A o długości 120 mm,
adapter miniHDMI – HDMI,
pendrive USB 16 GB,
przycisk o wymiarach 12×12 mm z białą nasadką – 20 szt.,
przewód 0,22 mm² biały – ok. 36 m,
przewód 0,22 mm² czarny – ok. 5 m,
oplot poliestrowy 5/10 mm czarny – 3 m,
gniazdo D-SUB15 – 2 szt.,
wtyk D-SUB15 – 2 szt.

eprasa.pl 136c999a57



Fotografia 5. Wklejenie czarnych zaślepek w górnej części bazy oraz kontrolera



Fotografia 6. Umiejscowienie uchwytów do montażu przycisków w kontrolerze

zastosujemy je w naszej konsoli, wymagają kilku drobnych prac przygotowawczych. Przy użyciu wiertła 3,5 mm należy pogłębić otwory montażowe, a następnie w odpowiednie miejsca włożyć nakrętki M3 (**fotografia 4**). W górnej części bazy oraz kontrolera za pomocą niewielkiej ilości kleju błyskawicznego wklejono czarne zaślepki (**fotografia 5**), natomiast w dolnej części bazy wklejono także podkładki antypoślizgowe o średnicy 10 mm.

Montaż przycisków w kontrolerze wykonano za pomocą specjalnych uchwytów (**fotografia 6**), dlatego muszą mieć odpowiednie wymiary – najważniejsze z nich zostały pokazane na **rysunku 3**. Po przylutowaniu wszystkich przewodów wiązkę zabezpieczono oplotem poliestrowym, którego końce owinięto kawałkami czarnej taśmy izolacyjnej o długości 10 cm.

Komputer Raspberry Pi przykręcono do górnej części bazy za pomocą śrub PZ 2,2×6 mm, wszystkie pozostałe śruby montażowe są stożkowe o rozmiarze M3×8 mm.

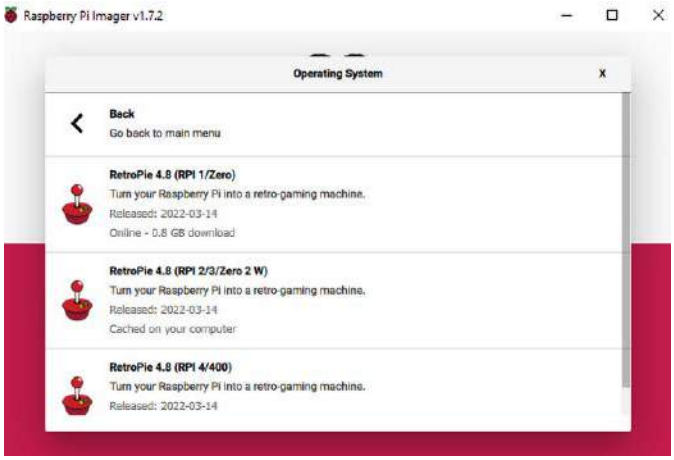
Oprogramowanie

Aby uruchomić gry retro na komputerze Raspberry Pi, trzeba zainstalować na nim odpowiednie oprogramowanie. W przypadku konsoli ZW-G1 jest to RetroPie (**rysunku 4**). Instalator systemu RetroPie dostępny jest na stronie internetowej [2]. Obsługa instalatora jest intuicyjna i nie powinna sprawić żadnych problemów. Ważne, aby zainstalować wersję systemu dla komputera Raspberry Pi Zero (**rysunku 5**). Po włożeniu karty mikroSD do komputera Raspberry Pi oraz podłączeniu telewizora, klawiatury i zasilacza, można przystąpić do konfiguracji systemu RetroPie.

Należy przytrzymać dowolny klawisz na klawiaturze, wtedy powinien pojawić się opis KEYBOARD (**rysunek 6**). Następnie trzeba przyporządkować odpowiednim funkcjom klawisze na klawiaturze (**rysunek 7**):

```
D-PAD UP → klawisz strzałki w górę,
D-PAD DOWN → klawisz strzałki w dół,
D-PAD LEFT → klawisz strzałki w lewo,
D-PAD RIGHT → klawisz strzałki w prawo,
START → klawisz Enter,
SELECT → klawisz Shift (prawy),
BUTTON A/EAST → klawisz A,
BUTTON B/SOUTH → klawisz B,
BUTTON X/NORTH → klawisz X,
```

Rysunek 4. Oprogramowanie RetroPie



Rysunek 5. Instalator systemu RetroPie

Rysunek 6. Wybranie klawiatury do obsługi systemu RetroPie

Rysunek 7. Przyporządkowanie odpowiednim funkcjom klawiszy na klawiaturze

```
BUTTON Y/WEST → klawisz Y.
```

Pozostałe funkcje należy pominąć, wystarczy przytrzymać dowolny klawisz na klawiaturze, aż pojawi się opis NOT DEFINED. W celu potwierdzenia dokonanych ustawień, po podświetleniu się pola OK, trzeba nacisnąć na klawiaturze klawisz A. Po pojawieniu

eprasa.pl 136c999a57

Rysunek 8. Zmodyfikowany plik konfiguracyjny Retrogame

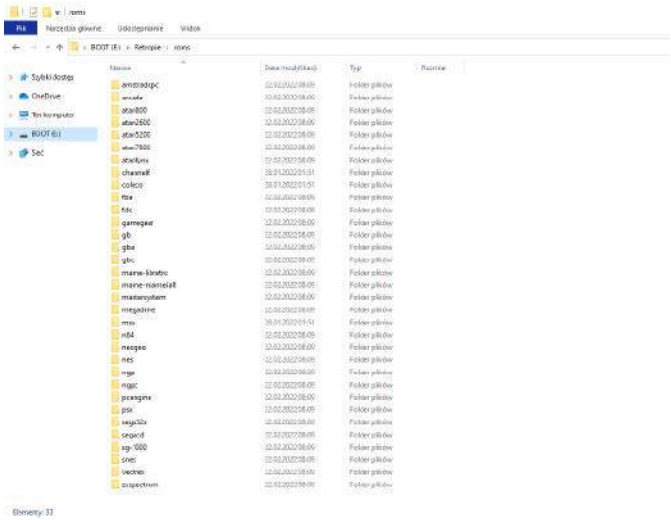
się informacji dotyczącej przycisku specjalnego HOTKEY należy wybrać YES, ponieważ nie będzie on wykorzystywany.

Do kontynuowania konfiguracji systemu RetroPie niezbędne jest podłączenie komputera Raspberry Pi do sieci Wi-Fi. Po naciśnięciu klawisza F4 uruchomi się wiersz poleceń. Po wpisaniu polecenia `sudo raspi-config` otworzy się menu konfiguracyjne. Wybierając *System Options* → *Wireless LAN*, następnie wskazując państwo, w którym użytkownik się aktualnie znajduje, oraz wpisując nazwę oraz hasło sieci Wi-Fi, komputer Raspberry Pi zostanie podłączony do Internetu. Aby zadziałały kontrolery podłączone do wejść GPIO komputera Raspberry Pi, konieczne jest zainstalowanie programu Retrogame, który połączy przyciski w kontrolerach z wirtualną klawiaturą. Po wpisaniu instrukcji: `curl https://raw.githubusercontent.com/adafruit/Raspberry-Pi-Installer-Scripts/master/retrogame.sh>retrogame.sh`
program zostanie pobrany, a polecenie
`sudo bash retrogame.sh`
pozwoli go uruchomić. W otwartym oknie należy wybrać konfigurację nr 6 oraz od nowa uruchomić Raspberry Pi.

Konieczna jest jeszcze modyfikacja pliku konfiguracyjnego Retrogame. Wpisując polecenie:
`sudo nano /boot/retrogame.cfg`
uruchomimy aktualną konfigurację, którą trzeba zmodyfikować jak na **listingu 1** (**rysunek 8**). Kombinacja klawiszy Ctrl+X, następnie Y i Enter zapisze zmiany w pliku.

Po skonfigurowaniu oprogramowania RetroPie pozostało jeszcze wgranie gier. Można je znaleźć w Internecie (**rysunek 10**). Wystarczy w wyszukiwarce wpisać hasło RetroPie ROMs. Należy pamiętać, aby pobierać gry tylko z legalnych źródeł, ponieważ wiele z nich może być chronione prawami autorskimi. Po podłączeniu sformatowanego pendrive'a zamiast klawiatury oraz ponownym uruchomieniu konsoli system RetroPie utworzy na pendrivie foldery z nazwami konsol, do których należy skopiować gry (**rysunek 9**). Po skopiowaniu gier i podłączeniu pendrive'a do konsoli oraz ponownym jej uruchomieniu gry powinny być już dostępne w głównym oknie oprogramowania RetroPie. Można już odłączyć pendrive, ponieważ gry zostaną automatycznie skopiowane na kartę mikroSD. Więcej informacji na temat konsoli ZW-G1 znajduje się na stronie internetowej www.zw-robotics.pl.

```
Listing 1.
Modyfikacja pliku
konfiguracyjnego
Retrogame

LEFT 26
RIGHT 13
UP 19
DOWN 12
A 20
B 16
X 21
Y 7
RIGHTSHIFT 6
ENTER 5
S 27
T 15
U 17
C 4
I 23
W 18
D 22
Z 2
G 14
2 3
```



Rysunek 9. Utworzone przez RetroPie foldery z nazwami konsol

Rysunek 10. Przykładowe gry dla RetroPie

Zygmunt Wypich
zygmunt.wypich@zw-robotics.pl

[1] https://bit.ly/3cLLkDK
[2] https://www.raspberrypi.com/software/

REKLAMA

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

eprasa.pl 136c999a57

Licznik zużycia filamentu do drukarki 3D

Jak mówi znane przysłowie, wszystko, co dobre, szybko się kończy. Z drugiej strony, warto być świadomym nadchodzącego końca… końca materiałów do druku 3D w naszej drukarce. Tak jak wskaźnik tonera w klasycznej drukarce jest aktualizowany na żywo i pozwala nam oszacować, ile jeszcze stron możemy wydrukować, tak samo licznik filamentu w drukarce 3D pozwala na oszacowanie, ile materiału zostało jeszcze w szpuli.

Z pewnością każdemu, kto regularnie korzysta z drukarki 3D, zdarzyło się, że filament skończył się podczas druku: jakiś czas temu założyliśmy nową szpulę PLA, wydrukowaliśmy kilka elementów i gdy tego feralnego dnia zaczęliśmy drukować jakiś element (zwłaszcza większy i bardziej czasochłonny), to wydawało nam się, że tworzywa wystarczy. Niestety czasami szacunki nas zawodzą i filament kończy się w trakcie druku.

Istnieje proste rozwiązanie na uniknięcie opisanego problemu – licznik zużytego filamentu. Zaprezentowane w poniższym artykule urządzenie realizuje właśnie taką funkcję. Jest to bardzo prosta implementacja tego pomysłu. Nie jest to licznik regresywny, to znaczy, że nie zapisuje tego, co jest w drukarce i nie odejmuje tego, co zostało zużyte, zachowując dane w pamięci. Za pomocą tego urządzenia dowiemy się tylko tego, ile filamentu zużyto na dany wydruk. Dzięki temu możemy samodzielnie śledzić, ile filamentu zostało jeszcze na szpuli.

Mimo minimalizmu zaprezentowanego licznika, jest to bardzo praktyczny dodatek do każdej drukarki 3D, korzystającej z filamentu. Jeśli chcemy, nic nie stoi na przeszkodzie, aby rozbudować ten moduł o dowolne inne funkcjonalności czy zintegrować z elektroniką i oprogramowaniem drukarki (jeśli istnieje taka możliwość) lub specjalnym serwerem druku, takim jak np. OctoPi/OctoPrin.

Potrzebne elementy

Do wykonania licznika potrzebnych będzie kilka modułów i innych komponentów, w szczególności:

- moduł Arduino Pro mini 5 V,
- dwa łożyska 686ZZ (o wymiarach 13×6×5 mm),
- dwa magnesy neodymowe o wymiarach 5×5×2 mm,
- ekran OLED o rozdzielczości 128×64 z interfejsem SPI,
- dwa o-ringi o średnicy wewnętrznej 11 mm i średnicy 2,5 mm,
- czujnik Halla typu A3144E,
- opornik 10 kΩ,
- kabel USB oraz ładowarka USB do zasilenia modułu,
- elementy do połączeń z goldpinami, aczkolwiek można również przewody łączyć bezpośrednio, lutując je ze sobą.

Na **fotografii 1** pokazano wszystkie potrzebne elementy zebrane w jednym miejscu.

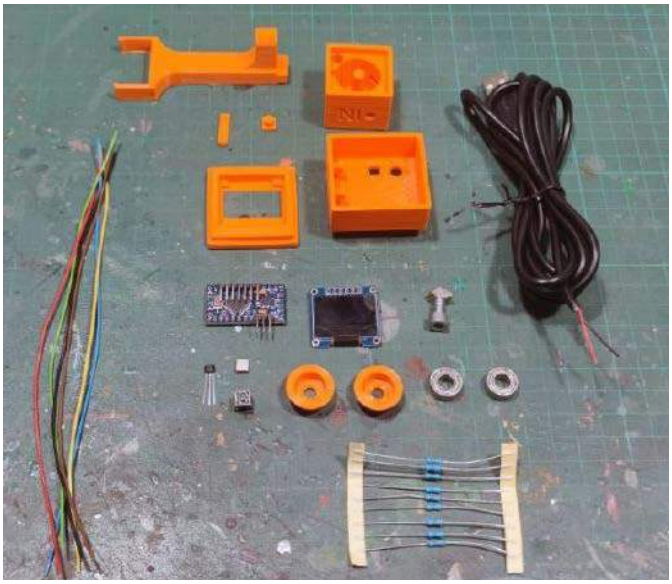
Elementy mechaniczne – drukowane w 3D

Jeśli konstruujemy licznik do pomiaru ilości zużytego przez drukarkę 3D filamentu, to z dużym prawdopodobieństwem mamy drukarkę 3D, a przynajmniej mamy dostęp do takiej drukarki. Dlatego też jest ona narzędziem pierwszego wyboru do wyprodukowania elementów mechanicznych omawianego licznika.

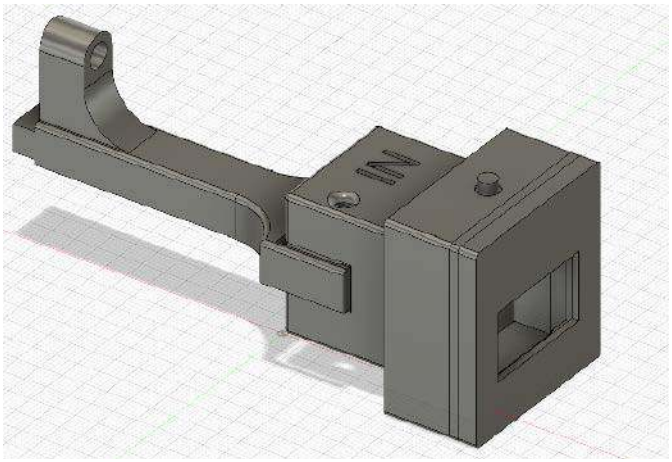
Projekt elementów mechanicznych został wykonany za pomocą programu Fusion360. To doskonałe narzędzie dostępne dla hobbystów, które pozwala na uproszczenie projektowania. Jak wskazuje sam autor omawianej konstrukcji, „cudownie móc szybko i skutecznie wprowadzać zmiany, nawet po zakończeniu projektu". Elementy do druku 3D są wykonane tak, aby nie trzeba było ich sklejać, pasują dokładnie do siebie i trzymają się razem na tyle mocno, aby nie wypadły przez przypadek.

Wszystkie pliki znajdują się na stronie projektu. Autor udostępnia wszystkie projekty w postaci plików STL, więc można zaimportować je do używanego przez siebie oprogramowania CAM/Slicera

eprasa.pl 136c999a57



Fotografia 1. Elementy potrzebne do budowy urządzenia wraz z elementami z druku 3D



Rysunek 1. Model zmontowanej obudowy urządzenia

Rysunek 2. Zasada działania mechanicznego sensora do pomiaru długości zużywanego filamentu

do drukarki 3D i następnie wydrukować. Należy wydrukować po jednej sztuce z każdego pliku oraz dwa elementy z pliku *cono2iman2.stl*.

Elementy montażowe, załączone w projekcie, dostępne są w dwóch wersjach – przeznaczonej do drukarki Artillery x1, której używa autor oraz do Endera 3 v1, z uwagi na jego zawrotną popularność. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby zaprojektować własny montaż do innej drukarki, jakiej używamy. Aby to uprościć, autor umieścił na stronie z projektem również plik Fusion360 z całym urządzeniem. Na **rysunku 1** pokazano gotową, zmontowaną obudowę urządzenia w formie rzutu 3D z programu CAD. Widoczne jest miejsce na wyświetlacz, przycisk oraz wejście dla filamentu (opisane IN).

Zasada działania systemu jest bardzo prosta. Filament jest lekko dociskany do gumowych o-ringów, które powodują obracanie zamocowanych na łożyskach rolek w kształcie dwóch stożków. Do tego elementu przymocowany jest magnes. On także obraca się dookoła osi rolki, co powoduje, że raz na obrót zbliża się do czujnika Halla i aktywuje go (**rysunek 2**). Jako że na rolce zamocowane są dwa magnesy, to jedna detekcja magnesu sensorem Halla oznacza, że przez urządzenie przeszła długość filamentu o długości połowy obwodu rolki:

$$L = \frac{1}{2} \times 2\pi r,$$

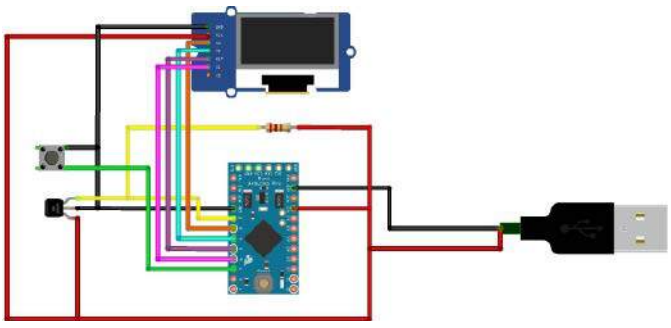
gdzie r to promień rolki w układzie. W przypadku rolki wykorzystanej przez autora, promień ten równy jest 10 mm, co oznacza, że jeden impuls z hallotronu równa się około 31,4 mm filamentu. Jest to też rozdzielczość pomiaru.

Projektując tego rodzaju układ pomiarowy, zawsze konieczny jest kompromis. Z jednej strony zależy nam na zwiększeniu dokładności pomiaru, a z drugiej strony pojawiają się kwestie mechaniczne. Rozdzielczość pomiaru długości zużytego filamentu jest wprost proporcjonalna do promienia rolki pomiarowej, z drugiej strony nie można jej zmniejszać w nieskończoność – 10 mm to wielkość dobrana przez autora jako optymalna, aby zapewnić lekkie działanie systemu. W innym przypadku układ może wpływać na działanie drukarki 3D i powodować jej niepoprawną pracę.

Alternatywną metodą zwiększenia rozdzielczości pomiaru jest dodanie magnesów na obwodzie rolki. To jest uzależnione od czułości i charakterystyki kierunkowej sensora Halla – kluczowe jest to, aby pomiędzy magnesami hallotron nie wykrywał żadnego pola, inaczej zamiast możliwych do rozdzielenia impulsów, na wyjściu obserwować będziemy tylko jeden stan.

Elektronika

Elektronika w tym systemie jest dosyć prosta. Do modułu Arduino podłączony jest wyświetlacz OLED, przycisk i sensor Halla. Schemat układu pokazano na **rysunku 3**. Hallotron ma trzy piny, do których musi być podłączone zasilanie (VCC i GND) oraz wyjście. Układ generuje proste impulsy cyfrowe w zależności od obecności pola magnetycznego w okolicy sensora. Wyjście tego elementu to otwarty kolektor, więc potrzebne jest podciągniąganie do zasilania – w tym przypadku rezystor 10 kΩ podłączony do linii VCC. Przycisk do sterowania podłączony jest pomiędzy masę a jedno z wejść cyfrowych Arduino. Może być ono wewnętrznie podciągnięte do zasilania, więc w przypadku tego elementu nie ma konieczności montowania podciągającego opornika.



Rysunek 3. Schemat połączeń modułów w urządzeniu

eprasa.pl 136c999a57

Ostatnim elementem jest wyświetlacz OLED, który oprócz zasilania (VCC i GND) podłączony ma interfejs szeregowy do sterowania. W tym przypadku jest to czteroprzewodowa magistrala SPI – linie MOSI, CLK, CS oraz RESET.

Oprogramowanie

Oprogramowanie dla tego układu zostało napisane w środowisku Arduino IDE. Dzięki temu kod jest prosty i przejrzysty – idealnie nadaje się dla hobbystów i amatorów, a także elektroników, którzy, z różnych względów, dopiero teraz uczą się programowania i pracy z mikrokontrolerami. Na **listingu 1** zaprezentowano szkic Arduino, który steruje tym prostym urządzeniem. Szkic podzielony jest na dwie zasadnicze części – funkcje *setup()* oraz *loop()* – jak każdy szkic Arduino. Pierwsza część odpowiedzialna jest za konfigurację układu – wejść i interfejsów odpowiedzialnych np. za komunikację. Druga funkcja to nieskończona pętla, która stanowi główne ciało programu.

Za obsługę wyświetlacza odpowiada biblioteka Adafruit_SSD1306 poprzez obiekt *display()*, którego metody służą do konfiguracji i obsługi wyświetlacza. W sekcji *setup()* konfigurowane są piny przycisku i sensora Halla (za pomocą funkcji *pinMode()*), a do pinu *hall* „podłączane" jest przerwanie (*attachInterrupt()*). Spowoduje to, że każdorazowe zbocze narastające na tym pinie skutkuje uruchomieniem funkcji *iman()*, zdefiniowanej w dalszej części kodu. Dalsza część bloku *setup()* to konfiguracja wyświetlacza – orientacji, wielkości tekstu itd.

Funkcja *iman()* jest bardzo prosta. Obsługa przerwania musi być szybka, dlatego też w funkcji tej znajduje się tylko inkrementacja licznika *interrupt*.

W sekcji loop() znajduje się logika obsługi licznika, wyświetlania itd. W pierwszej kolejności program sprawdza stan przycisku *button* i zapisuje jego stan w zmiennej *state*. Jeśli zmierzony stan jest niski (LOW), to oznacza, że przycisk został wciśnięty, więc licznik *round* jest zerowany, a następnie czyszczony jest wyświetlacz, aby to, co jest na nim prezentowane, odpowiadało rzeczywistości. Licznik ten zlicza liczbę impulsów z hallotronu.

Logika stojąca za zliczaniem impulsów (zmienna *interrupt*) musi pozwalać na zliczanie zboczy. Dlatego zastosowano pomocniczą zmienną *interrupt2*. Jeśli wartości obu tych zmiennych są różne, tzn. że pomiędzy obecną a poprzednią iteracją funkcji *loop()* nastąpiło wyzwolenie przerwania i funkcji *iman()*, to w takiej sytuacji wartość *interrupt* jest przenoszona do *interrupt2*, a wartość *round* jest inkrementowana. Następnie program oblicza liczbę obrotów rolki – *roundtotal*, która jest równa połowie *round*. Obliczana jest też rzeczywista długość zużytego filamentu, która zapisywana jest w zmiennej *roundtotal2*. Wartość ta jest wyświetlana następnie na ekranie OLED. Finalnie *interrupt* jest zerowane. Podobnie, jeżeli licznik interrupt jest większy lub równy 2, to również zostanie wyzerowany.

Program do mikrokontrolera dobrze jest załadować przed rozpoczęciem montażu. W przeciwnym wypadku programowanie będzie dosyć trudne z uwagi na zabudowanie Arduino w obudowie urządzenia. Firmware najprościej załadować do układu, korzystając z Arduino IDE.

Podsumowanie

„Czy można to zrobić lepiej? Jasne, ale wtedy byłoby droższe i większe" – podsumowuje swoją konstrukcję autor. Jest to bardzo minimalistyczne urządzenie, co jest jednak jego ogromną zaletą. Można dzięki temu system ten zastosować w niemal każdej drukarce 3D. Jedyne, co trzeba dostosować pomiędzy drukarkami, to sposób montażu urządzenia w drukarce. Projekt może być wartościowym dodatkiem do drukarki 3D, który ustrzeże nas przed problemami, jakie opisano na początku artykułu. Może również być podstawą bardziej złożonego projektu, który nie tylko mierzy zużycie filamentu, ale także zapisuje wartość pomiędzy wydrukami, a może nawet komunikuje się z oprogramowaniem drukarki i uniemożliwia drukowanie, jeśli nie ma ona odpowiedniej ilości filamentu? Nic nie ogranicza kreatywności w tym zakresie.

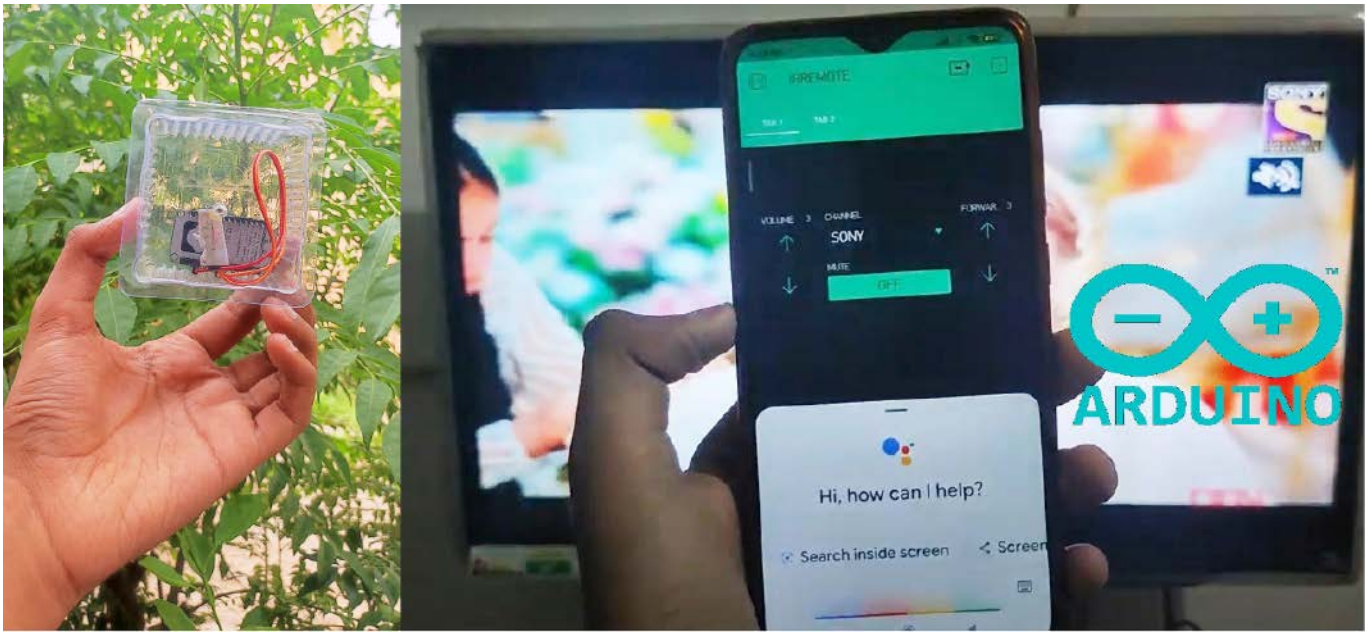
Nikodem Czechowski, EP

Źródło: https://bit.ly/3PNm2Uo

Listing 1. Szkic Arduino programu do obsługi licznika zużycia filamentu w drukarce 3D

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define SCREEN_WIDTH 128   // Szerokość wyświetlacza OLED
#define SCREEN_HEIGHT 64  // Wysokość wyświetlacza OLED
#define OLED_MOSI   3     // SDA
#define OLED_CLK   4    // SCL
#define OLED_DC    5
#define OLED_CS    12
#define OLED_RESET 6

Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT,
  OLED_MOSI, OLED_CLK, OLED_DC, OLED_RESET, OLED_CS);

const int hall = 2;
int interrupt;
int interrupt2;
int button = 7;
int state;
float round = 0;
float roundtotal = 0;
float roundtotal2 = 0;

void setup() {
  pinMode(button, INPUT_PULLUP);
  pinMode(hall, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(
    digitalPinToInterrupt(hall), iman, RISING);
    display.begin();
    display.setRotation(2);
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(3);
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    display.setCursor(15, 5);
    display.println("  0.00");
    display.setTextSize(2);
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    display.setCursor(30, 38);
    display.println(F("Metros"));
    display.display();
    Serial.begin(9600);
    }

void loop() {
  state = digitalRead(button);
  if (LOW == state){
    round = 0;
  }
  if (round == 0) {
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(3);
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    display.setCursor(15, 5);
    display.println("  0.00");
    display.setTextSize(2);
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    display.setCursor(30, 38);
    display.println(F("Metros"));
    display.display();
  }
    if (interrupt != interrupt2) {
    interrupt = interrupt2;
    round++;
    roundtotal = round/2;
    roundtotal2= roundtotal*0.0188*3.1415;
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(3);
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    if (roundtotal2 < 10) {
      display.setCursor(51, 5);
      display.println(roundtotal2,2);
    }
    if (roundtotal2 >= 10) {
      display.setCursor(35, 5);
      display.println(roundtotal2,2);
    }
    if (roundtotal2 >= 100) {
      display.setCursor(15, 5);
      display.println(roundtotal2,2);
    }
    display.setTextSize(2);
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    display.setCursor(30, 38);
    display.println(F("Metros"));
    display.display();
    Serial.println(roundtotal2,2);
    interrupt = 0;
    }
  if (interrupt >= 2) {
    interrupt = 0;
  }
}

void iman() {
  interrupt++;
}
```


eprasa.pl 136c999a57



IR Blaster

– prosty, uniwersalny pilot na podczerwień integrowany z Internetem Rzeczy

Kiedy oglądamy telewizję, szczególnie w grupie kilku osób, bardzo często zdarza się, że pilot od telewizora staje się... niewidzialny. To małe urządzenie potrafi zniknąć gdzieś w czeluściach kanapy, pod poduszką, za meblem i potrafi się bardzo skutecznie ukrywać. Zaprezentowany w artykule projekt jest bardzo ciekawym rozwiązaniem tego problemu i w dodatku korzysta z technologii IoT – za pomocą prostej aplikacji integruje się z domowym asystentem, takim jak Google Home czy Amazon Alexa.

Celem opisanego projektu było skonstruowanie urządzenia, które może zmieniać kanały telewizyjne i będzie sterowane za pomocą poleceń głosowych wydawanych domowemu asystentowi, takiemu jak Google Home lub Alexa. W ten sposób powstał IR Blaster – urządzenie z dziedziny IoT, którym można sterować za pomocą aplikacji Blynk i poleceń głosowych z całego świata.

Opracowana aplikacja została dostosowana do konkretnego dekodera, jakiego używa autor konstrukcji, jednak nic nie stoi na przeszkodzie, aby przygotować uniwersalne urządzenie, które będzie sterowało wszystkimi urządzeniami korzystającymi z pilota na podczerwień za pomocą poleceń głosowych.

Potrzebne elementy

Zaprezentowany system od strony sprzętowej jest dosyć prosty. Do zbudowania IR Blastera potrzebne będą trzy moduły:

- płytka z ESP8266 lub ESP32, wspierana w ekosystemie Arduino IDE,
- dioda podczerwona o maksimum emisji przypadającym na ok. 940 nm, aby była wykrywana przez czujniki w telewizorach itp.,
- odbiornik podczerwieni TSOP1738.

Oprócz powyższych modułów potrzebne będzie jeszcze źródło zasilania dla modułu z mikrokontrolerem ESP, przewody do podłączenia diody i odbiornika oraz przewód mikroUSB do podłączenia mikrokontrolera do komputera, aby go zaprogramować.

Zasada działania pilota

Zasada działania systemu jest bardzo prosta. Zasadniczo system omawiany w tym artykule składa się z dwóch elementów – systemu komunikacji w podczerwieni, który jest odpowiedzialny za komunikację z telewizorem oraz systemu, który komunikuje się z usługami w sieci. Ich integrację zapewnia mikrokontroler ESP32, obsługujący oba systemy.

Każdy przycisk w pilocie ma inny kod. Kod wysyłany z pilota jest dekodowany przez odbiornik, który w odpowiedzi realizuje odpowiednią komendę. Generalnie każde urządzenie używa innego zestawu komend, więc w pierwszej kolejności konieczne jest zebranie komunikatów, jakie wysyła nasz pilot, aby móc je następnie skopiować i używać wraz z mikrokontrolerem.

Autor konstrukcji do tworzenia oprogramowania dla modułu z ESP używa edytora Arduino on-line, który jest dostępny pod adresem: https://create.arduino.cc/editor. Aby z niego skorzystać, wystarczy założyć w portalu konto, pobrać specjalnego agenta, który zainstalowany na komputerze pozwoli na komunikację z płytką mikrokontrolera. Teraz wystarczy dodać tylko w menedżerze bibliotek IRREMOTEESP8266 do ulubionych i już mamy dostęp do wszystkich potrzebnych elementów. Programy te są również dostępne w repozytorium na GitHubie.

Zbieranie komunikatów

W pierwszej kolejności musimy zarejestrować komendy wysyłane przez naszego pilota w podczerwieni. W tym celu zastosujemy odbiornik podczerwieni typu TSOP1738, podłączony do naszego mikrokontrolera w sposób pokazany na **rysunku 1**. Do sterowania tym prostym układem wystarczy skrypt z **listingu 1**. Po zbudowaniu układu i załadowaniu szkicu z listingu 1 do pamięci mikrokontrolera wystarczy uruchomić monitor portu szeregowego, aby odbierać komunikaty,

eprasa.pl 136c999a57

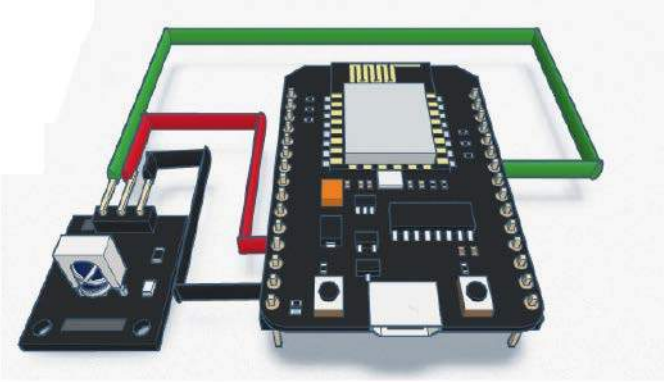
które nadaje nasz pilot. Zapiszmy te wartości, gdyż potrzebne one nam będą w drugiej części projektu – systemu do wysyłania komunikatów.

Obsługa przez smartfona – integracja z innymi usługami

Zanim możliwe będzie wysyłanie komunikatów IR, konieczne jest skonfigurowanie usług w sieci, aby mogły one komunikować się z urządzeniem. Do tego posłuży aplikacja Blynk. Możemy zainstalować ją na naszym smartfonie i skonfigurować do przesyłania odpowiednich komend. Na **rysunku 2** pokazano poszczególne elementy konfiguracji aplikacji w smartfonie.

Po pobraniu i zainstalowaniu aplikacji Blynk możemy zalogować się do niej i utworzyć nowy projekt. W nim ustawiamy poszczególne elementy (za pomocą ikonki ze znakiem plusa). Dodajemy elementy STEP H oraz STEP V (patrz rysunek 2), dodajemy przyciski do wyciszania i inne. Następnie w każdym elemencie sterującym musimy wybrać pin V0 jako sterujący. Jest to wirtualny pin, który widoczny będzie w skrypcie Arduino (**listing 2** w dalszej części artykułu). Konfigurujemy także kody, jakie przekazywane są do aplikacji na Arduino, które identyfikują, jaka wiadomość ma być wysłana poprzez podczerwień.

W aplikacji generujemy także tzw. token autoryzacji, jaki będzie nam potrzebny, aby aplikacja na Arduino mogła połączyć się z serwerem Blynk w chmurze. Token ten musimy zapisać i następnie przekopiować do skryptu (listing 2).



Rysunek 1. Schemat układu do odbierania kodów z pilota

Listing 1. Szkic Arduino, który odbiera kody z pilota i prezentuje je w konsoli szeregowej

```
#include <Arduino.h>
#include <IRremoteESP8266.h>
#include <IRrecv.h>
#include <IRutils.h>

#ifdef ARDUINO_ESP32C3_DEV
// Wykorzystanie pinu 14 na ESP32-C3 uniemożliwia boot
const uint16_t kRecvPin = 10;
#else  // ARDUINO_ESP32C3_DEV
const uint16_t kRecvPin = 14;
#endif  // ARDUINO_ESP32C3_DEV

IRrecv irrecv(kRecvPin);
decode_results results;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  // Start the receiver
  irrecv.enableIRIn();
  // Wait for the serial connection to be establised.
  while (!Serial)
    delay(50);
  Serial.println();
  Serial.print("IRrecvDemo is now running and waiting for IR message");
  Serial.println(kRecvPin);
}

void loop() {
  if (irrecv.decode(&results)) {
    serialPrintUint64(results.value, HEX);
    Serial.println("");
    irrecv.resume();  // Receive the next value
  }
  delay(100);
}
```

Wysyłanie komunikatów

Do sterowania telewizorem używane jest proste urządzenie, którego schemat został pokazany na **rysunku 3**. Do modułu z mikrokontrolerem podłączona jest dioda LED, pracująca jako nadajnik podczerwieni. Generowanie samych sygnałów jest realizowane programowo, co upraszcza cały układ. Na listingu 2 pokazany jest skrypt, który steruje pracą nadajnika. Szkic Arduino należy uzupełnić danymi do logowania do lokalnej sieci Wi-Fi (SSID oraz hasło) oraz tokenem autoryzacji, zapisanym w zmiennej *auth*.

Jak każdy program Arduino, ten także zawiera sekcję *setup()* oraz *loop()*. Pierwsza z nich konfiguruje dwa elementy:

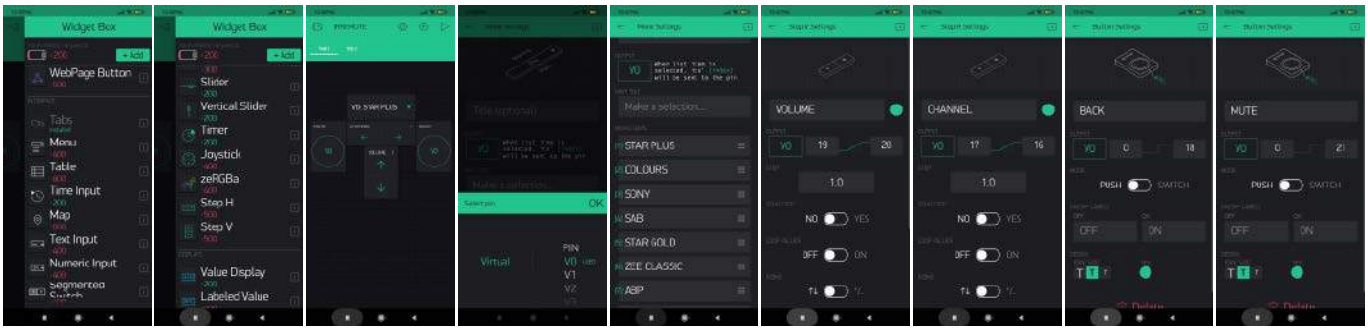
- uruchamia nadajnik podczerwieni – irsend.begin()
- oraz konfiguruje połączenie z Blynk – Blynk.begin(auth, ssid, pass).

Z kolei sekcja nieskończonej pętli uruchamia tylko aplikację Blynk – Blynk.run().

Kluczowa część aplikacji, opisująca logikę sterowania, znajduje się w funkcji BLYNK_WRITE(V0), gdzie *V0* to skonfigurowany przez nas wcześniej wirtualny pin, który sterowany jest za pomocą Blynk. Dla uproszczenia pominięto w funkcji na listingu 2 większą część definicji funkcji, a pozostawiono tylko trzy przykładowe wpisy. Metoda param.asInt() zwraca parametr ustawiony w Blynk, który definiuje, jaki komunikat ma być uruchomiony, dlatego też to ona decyduje, jaki komunikat zostanie wysłany za pomocą metody irsend.sendNEC(x), gdzie *x* to wartość wysyłanego komunikatu w postaci liczby 32-bitowej, zapisanej heksadecymalnie.

Integracja asystenta Google

Finalnym krokiem jest zintegrowanie systemu z asystentem Google, aby w ten sposób możliwe było sterowanie naszym urządzeniem. Jedną z metod jest usługa IFTTT – *If This Then That*, która pozwala łączyć ze sobą różne wydarzenia i budować proste mechanizmy automatyki, pracujące w chmurze. Na **rysunku 4** pokazano, w jaki sposób skonfigurować to, aby asystent Google, po wychwyceniu słowa



Rysunek 2. Aplikacja Blynk na smartfona – konfiguracja

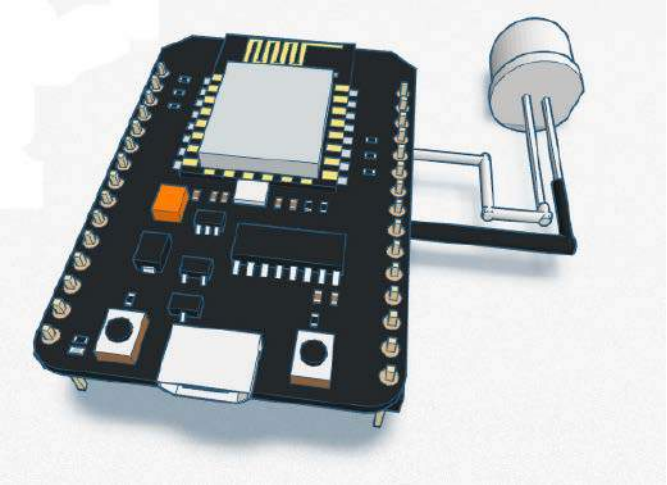
eprasa.pl 136c999a57

Listing 2. Skrypt sterujący pracą nadajnika (fragment)

```
#if defined(ESP8266)
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#else
#include <WiFi.h>
#endif  // ESP8266
#if defined(ESP32)
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#endif  // ESP32
#include <IRremoteESP8266.h>
#include <IRsend.h>

// Pin GPIO ESP8266 używany do sterowania diodą.
const uint16_t kIrLed = 4;
// Konfiguracja pinu sterującego diodą IR
IRsend irsend(kIrLed);

char auth[] = "";     // Token autoryzacji Blynk.
char ssid[] = "";     // SSID sieci Wi-Fi.
// Hasło sieci Wi-Fi. Zostaw puste, jeśli sieć jest otwarta.
char pass[] = "";

void setup() {
  irsend.begin();
  #if ESP8266
    Serial.begin(115200, SERIAL_8N1, SERIAL_TX_ONLY);
  #else  // ESP8266
    Serial.begin(115200, SERIAL_8N1);
  #endif  // ESP8266
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}

BLYNK_WRITE(V0) {
    if (param.asInt() == 1) {
      Serial.println("starplus");
      irsend.sendNEC(0x80BF49B6);
      delay(1000);
      irsend.sendNEC(0x80BFE11E);
      delay(1000);
      irsend.sendNEC(0x80BF49B6);
      delay(1000);
    }
    else if (param.asInt()==19) {
      Serial.println("VOLUME-");
      irsend.sendNEC(0x80BF31CE);
    }
    else if (param.asInt()==20) {
      Serial.println("VOLUME+");
      irsend.sendNEC(0x80BFBB44);
    }
    else if (param.asInt()==21) {
      Serial.println("MUTE");
      irsend.sendNEC(0x80BF39C6);
    }
}

void loop() {
  Blynk.run();
}
```

kluczowego/polecenia, uruchamiał poprzez REST-owe API Blynka nasz wirtualny pin V0.

Automatykę w IFTTT możemy skonfigurować w aplikacji IFTTT na smartfona. Po pobraniu i zainstalowaniu aplikacji możemy zarejestrować się w IFTTT i utworzyć pierwsze z poleceń. Wybieramy polecenie, jakiego chcemy użyć – jest to *if*, a następnie wyszukujemy asystenta Google. Wybieramy zdanie, jakie ma być wypowiedziane i tworzymy (jako *then*) tzw. webhook. Webhook jest to wywołanie, korzystające z interfejsu REST. W tym przypadku korzystamy z API Blynka, dlatego też musimy wpisać związane z nim dane:
adres: http://188.166.206.43/TWÓJ TOKEN UWIERZYTELNIANIA BLYNK/update/V0,



Rysunek 3. Schemat nadajnika podczerwieni

metoda: PUT,
typ treści > application/json,
treść > ["Dodaj wartość swojego kanału"].

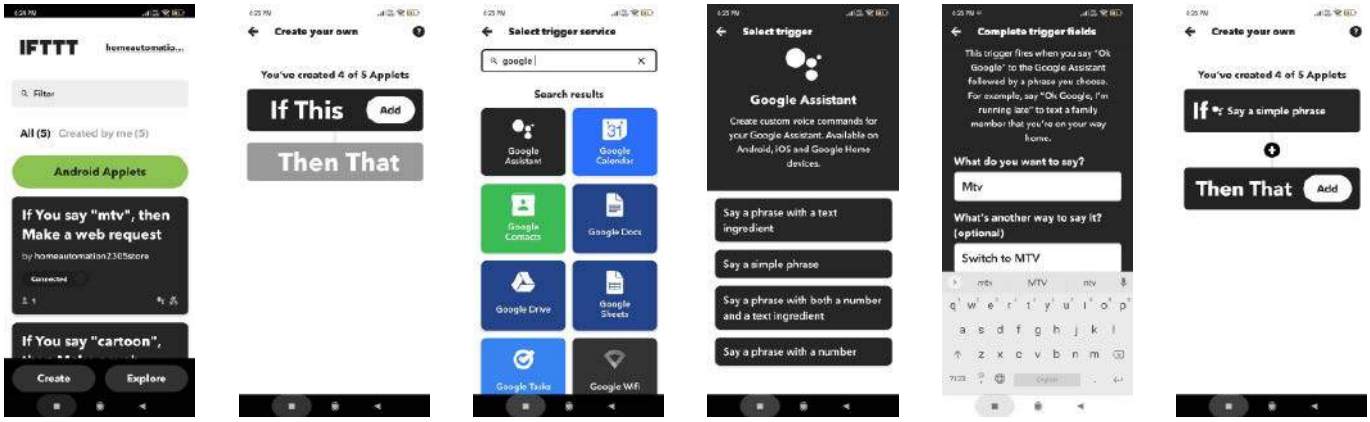
W ten sposób skonfigurowaliśmy jedno polecenie, analogicznie postępujemy dla pozostałych, konfigurując poszczególne połączenia. Dzięki IFTTT możliwe jest ich zintegrowanie nie tylko z asystentem Google, ale także szeregu innych usług, między innymi Amazon Alexa itp.

Podsumowanie

Teraz można już przetestować swój zdalny nadajnik podczerwieni, korzystający z usług IoT, sterując nim za pomocą aplikacji Google Assistant/Blynk. Autor pracuje obecnie nad bardziej uniwersalną konstrukcją, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby konstrukcja ta była inspiracją dla któregoś z czytelników. Zaprezentowane w artykule urządzenie pokazuje ogromne możliwości współczesnych systemów Internetu Rzeczy – wystarczy proste urządzenie z połączeniem z Internetem, aby realizować nawet bardzo złożone funkcje. Można zintegrować układ z jeszcze bardziej zaawansowaną automatyzacją i przełączać kanały automatycznie, wyłączać i włączać telewizor o zadanych godzinach itp. Z pewnością da się wymyślić jeszcze bardziej złożone algorytmy sterowania, które komuś się przydadzą.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
https://bit.ly/3SaAxU0
https://www.youtube.com/watch?v=hqOfjMZuPR0
https://github.com/Arduino-IRremote/Arduino-IRremote
https://github.com/crankyoldgit/IRremoteESP8266



Rysunek 4. Konfiguracja aplikacji IFTTT

eprasa.pl 136c999a57

Czujniki i układy interfejsowe

We współczesnych urządzeniach elektronicznych, nie tylko profesjonalnych, ale również w sprzęcie powszechnego użytku, coraz częściej są stosowane wszelkiego rodzaju czujniki. Na bieżąco informują człowieka o parametrach środowiskowych i technologicznych. Wspomagają najbardziej skomplikowane i złożone zadania metrologiczne, często w ogóle umożliwiają wykonanie pomiarów, o których kiedyś mogliśmy tylko marzyć.

Słowo „czujnik" może kojarzyć się z realizowaniem funkcji ostrzegawczych, niekoniecznie związanych z wykonywaniem precyzyjnych pomiarów. Przykładem niech będzie klasyczny czujnik zbliżeniowy stosowany w tokarce, ostrzegający operatora o tym, że suport narzędziowy został odsunięty do określonej pozycji (np. skrajnej). Funkcja taka może być z powodzeniem zrealizowana z użyciem prostego, mechanicznego wyłącznika krańcowego albo poprzez zastosowanie bardziej złożonego elementu, jakim jest czujnik indukcyjny. To, która koncepcja zostanie przyjęta w danym urządzeniu, zależy od wymaganej precyzji, szybkości działania, budżetu, możliwości współpracy z układami automatyki itp. Przykład ten pokazuje, że nie można mylić czujnika z detektorem. Chociaż oba elementy reagują na określony bodziec, wywołany jakąś wielkością fizyczną, to detektorem nie można określić ilościowych parametrów wymuszenia, a jedynie stwierdzić, że ono wystąpiło.

Szeroka gama czujników pozwala realizować złożone funkcje pomiarowe – taki właśnie kontekst mamy na myśli w artykule. Przykładem niech będzie akcelerometr, który z zasady działania mierzy przyspieszenie, ale stosując mniej lub bardziej złożone operacje matematyczne, można na podstawie jego wskazań określać szybkość i przebytą drogę, a więc określać położenie jakiegoś obiektu.

Skoro czujniki potrafią mierzyć różne parametry, nasuwa się koncepcja budowania urządzeń, które nie tylko pokazują na bieżąco ich wskazania, ale mogą też je rejestrować. Współczesne czujniki bardzo często są wyposażane w interfejsy umożliwiające bezpośrednie odczytywanie danych na przykład przez mikrokontrolery. Procesem niezbędnym w każdym cyfrowym urządzeniu pomiarowym jest akwizycja, obejmująca odczytywanie danych z czujnika, próbkowanie i kwantowanie, a następnie ewentualne rejestrowanie danych (czy to w postaci nieobrobionej, czy obrobionej) w jakimś rodzaju pamięci – RAM, Flash itp. Odczytywanie napięcia lub prądu stanowiącego elektryczną postać jakiejś wielkości fizycznej, a następnie próbkowanie i kwantowanie jest w nowoczesnych elementach często realizowane bezpośrednio w czujniku. Po wstępnej obróbce dane są przesyłane do procesora którymś z popularnych interfejsów cyfrowych – SPI, I²C, I²S, 1-wire itp. Czujniki cyfrowe, choć obecnie przeważają w ofertach producentów, nie są jedynymi. Nadal dostępne są również czujniki analogowe. W ich przypadku akwizycja musi być realizowana przez dodatkowe układy zewnętrzne (wzmacniacze, filtry, przetworniki A/C). Należy jednak podkreślić, że w wielu rozwiązaniach, szczególnie takich, które nie wymagają dużych rozdzielczości i szybkości działania, wystarczające mogą być przetworniki analogowo-cyfrowe wbudowane w strukturach mikrokontrolerów.

Czujniki – podziały

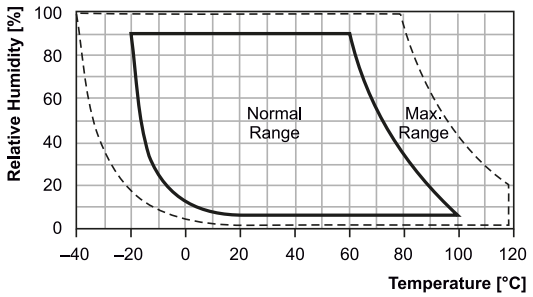
Czujnikami nazywamy elementy zamieniające pewną wielkość fizyczną, chemiczną lub biologiczną na inną, zwykle na elektryczną. Metody zamiany są różne i to one stanowią pierwszą kategorię klasyfikacji. Według niej można wyróżnić czujniki, które pobierają pewną część energii z badanego środowiska i przetwarzają ją na wielkość wyjściową. Są to czujniki aktywne (generacyjne). Dzięki pobieraniu energii z badanego środowiska do poprawnej pracy nie wymagają dodatkowego zasilania. Przykładowe czujniki generacyjne to: różnego rodzaju fotoogniwa, termoelementy (termopary), ogniwa elektrochemiczne, hallotrony, sensory piezoelektryczne, prądnice tachometryczne itp. Na przeciwnym końcu tej klasyfikacji są czujniki pasywne (parametryczne, modulacyjne). Wytworzenie sygnału wyjściowego wymaga zewnętrznego zasilania. Wynika to z faktu, że czujniki pasywne zamieniają mierzoną wielkość fizyczną na inną, np. na rezystancję, indukcyjność czy pojemność. Przykłady czujników pasywnych to: tensometr (przetwornik siły), termistor, fotorezystor, magnetorezystor, różnego rodzaju czujniki pojemnościowe i indukcyjne. Istnieją ponadto czujniki o wielokrotnym przetwarzaniu. Na przykład w czujniku przepływu ostateczny pomiar jest wykonywany przez zwykły czujnik temperatury, ale jego wskazanie jest zależne od mierzonego przepływu jakiejś cieczy, wywołującego zmianę temperatury samego czujnika.

Inną klasyfikacją czujników jest materiał, z jakiego zostały wykonane i pośrednio związana z tym zasada działania. Przeglądając dokumentację techniczną szerokiej gamy wyrobów, nasuwa się spostrzeżenie, że większość czujników jest zbudowana w oparciu na krzemie, ale spotykane są również czujniki niemające z krzemem nic wspólnego, na przykład czujniki piezoelektryczne czy światłowodowe.

Zastosowanie krzemu jako materiału, z którego jest wykonany czujnik, nie narzuca zasady jego działania. Wykorzystywane są różne własności samego pierwiastka, ale też często stosowane są dodatkowe komponenty decydujące o zachowaniu się kompletnego czujnika w określonych sytuacjach. Oczekiwane reakcje krzemu na określone zjawiska są uzyskiwane metodą odpowiedniego domieszkowania krzemu, a także stosowania specyficznych operacji technologicznych w trakcie produkcji elementu i łączenia krzemu z innymi pierwiastkami lub związkami. Metody te pozwalają uzyskać na przykład zmiany rezystancji czy pojemności struktury krzemowej wywołane czynnikami zewnętrznymi, takimi jak naprężenia mechaniczne, ciśnienie, przyspieszenie itp. Znana wrażliwość krzemu na temperaturę, która w wielu aplikacjach użytkowych jest ogromnym problemem dla konstruktorów, w przypadku budowy czujników temperatury stanowi istotę działania elementu. Bardzo duża gama produktów jest wykonywana w oparciu o tę cechę. Inną, nie mniej przydatną właściwością krzemu, jest jego wrażliwość na światło. Jest ona wykorzystywana oczywiście we wszelkiego rodzaju fotoczujnikach i detektorach światła.

Jeszcze jedną kategorią podziału czujników jest standard wyjścia. W przypadku czujników analogowych spotykamy elementy z wyjściem napięciowym lub prądowym. Większość czujników stosowanych współcześnie jest natomiast wyposażana w któryś z popularnych interfejsów cyfrowych. Najczęściej jest to SPI lub I²C. Swego czasu dużą popularnością cieszyły się czujniki z interfejsem 1-wire lansowanym przez specjalizującą się w produkcji czujników, niestety nieistniejącą już, firmę Dallas.

eprasa.pl 136c999a57

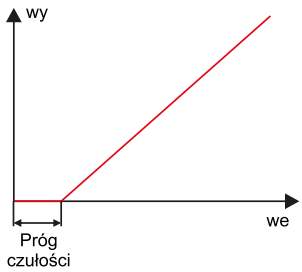


Rysunek 1. Charakterystyka statyczna czujnika wilgotności

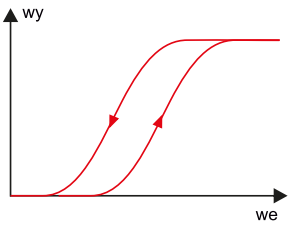
Parametry czujników

Rozróżniamy dwa podstawowe rodzaje parametrów opisujących czujniki. Są to parametry statyczne i dynamiczne. Każdy z nich charakteryzuje zachowanie się czujnika w określonym stanie otoczenia. **Parametry statyczne** odnoszą się do stabilnych warunków, w których wartość wielkości mierzonej jest niezmienna lub zmiany są na tyle wolne, że w czasie pomiaru nie wpływają na sygnał wyjściowy czujnika. Przykładem parametru statycznego jest zależność wskazań czujnika wilgotności w funkcji temperatury (**rysunek 1**). Parametry statyczne są w ogólnym przypadku opisane wielomianem u=a1x+a2x2+a3x3+...anxn. Od stopnia tego wielomianu zależy liniowość charakterystyki. Dla projektanta najkorzystniejsze są oczywiście charakterystyki liniowe, gdyż odczytana z czujnika wartość może być po ewentualnym prostym skalowaniu (wymnożeniu przez stały współczynnik skalowania) wyświetlona jako wynik pomiaru. W przypadku charakterystyk nieliniowych konieczna jest dodatkowa linearyzacja wyniku prowadzona w oparciu o znajomość współczynników wielomianu. Na szczęście producenci czujników zwykle podają dane niezbędne do opracowania ostatecznego wyniku. Wiedzą o tym dobrze na przykład konstruktorzy urządzeń wykorzystujących termopary. Bardzo często dla usprawnienia obliczeń nieliniowe charakterystyki czujników są aproksymowane odcinkami liniowymi. Wygoda użycia czujników liniowych bywa jednak tylko pozorna, gdyż występują w nich efekty, które muszą być uwzględniane w pomiarach. Chodzi o przesunięcie charakterystyki (offset), zmianę czułości, próg czułości i histerezę. O ile pierwszy efekt nie psuje liniowości, o tyle pozostałe mogą być już o to posądzone. Najmniej kłopotu sprawia próg czułości, który zmniejsza zakres liniowości o początkowy fragment charakterystyki (**rysunek 2**). Znacznie gorzej jest z histerezą, która w znacznym stopniu delinearyzuje charakterystykę (**rysunek 3**). Należy ponadto zwrócić uwagę na to, że wspomniany offset może wynikać z procesu technologicznego stosowanego do produkcji czujnika, ale dodatkowym utrudnieniem jest zmienność offsetu w czasie lub jego zależność od innych czynników, np. od temperatury.

Jeśli mierzone parametry zmieniają się w czasie porównywalnym, a nawet krótszym od czasu reakcji czujnika, konieczne jest rozpatrywanie **parametrów dynamicznych**. Wiążą one zmiany wartości wyjściowej i wejściowej z czasem. W tym przypadku do opisu właściwości czujnika nie wystarczy już wielomian, konieczne jest użycie równań różniczkowych. Praktycy nie muszą jednak obawiać się konieczności wykonywania skomplikowanych obliczeń matematycznych. Taki opis czujnika potrzebny jest jedynie do ewentualnego rozpatrywania zagadnień teoretycznych i tworzenia modeli symulacyjnych czujników. Symulacja jest obecnie podstawową metodą badania zjawisk dynamicznych. Dostępne darmowe narzędzia, takie jak LTspice, stwarzają możliwość symulowania układów nawet przez amatorów. Przykładem parametrów dynamicznych są charakterystyki amplitudowe lub amplitudowo-fazowe.



Rysunek 2. Charakterystyka czujnika z wyraźnie widocznym progiem czułości



Rysunek 3. Histereza

W notach katalogowych czujników spotykamy często parametry, które zostaną scharakteryzowane niżej.

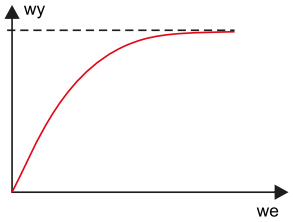
- **Czułość**. Stosunek zmian wartości wyjściowej do wejściowej. Cichym założeniem jest rozpatrywanie małych zmian obu wartości – wyjściowej i wejściowej tak, aby parametr ten był opisywany pochodną charakterystyki przejściowej. Interpretacją graficzną czułości elementu jest nachylenie tej charakterystyki. Zasadniczo podawanie czułości ma sens jedynie w odniesieniu do czujników liniowych. W ogólnym przypadku musi być dołączany opis warunków, dla których obowiązuje podawana czułość, a dla układów nieliniowych parametr ten ma charakter jedynie porównawczy.
- **Stała przetwarzania.** Parametr ten jest odwrotnością czułości. Niekiedy wygodniej jest z niego korzystać zamiast z czułości.
- **Rozdzielczość.** Jest to najmniejsza wykrywalna zmiana wartości wyjściowej czujnika. Parametr ten jest dość oczywisty dla czujników cyfrowych – jest to zmiana wartości sygnału wyjściowego odpowiadająca najmłodszemu bitowi. Dla czujników analogowych rozdzielczość jest trudniejsza do zdefiniowania, gdyż sygnał wyjściowy ma charakter ciągły, nie dyskretny jak w czujnikach cyfrowych. Rozdzielczość czujników analogowych może być odnoszona do poziomu szumów.
- **Dokładność.** Jest to parametr często mylony z rozdzielczością i precyzją. Tymczasem dokładność jest to maksymalne odchylenie wartości mierzonej od rzeczywistej. Nie jest to parametr stały, wpływają na niego wspomniane wcześniej czynniki, takie jak: histereza, liniowość, czułość, offset. Należy zauważyć, że czujnik może być precyzyjny, ale niedokładny i odwrotnie. Czujnik jest precyzyjny wtedy, gdy odchylenie standardowe jego odczytów jest małe. Dobrą analogią może być strzelec, który ma wprawdzie dobre tzw. skupienie, ale jego strzały nie trafiają w środek tarczy.
- **Zakres.** To różnica między minimalnym a maksymalnym sygnałem wejściowym, dla którego czujnik zwraca wiarygodną wartość wyjściową. Sygnały wejściowe spoza zakresu w najlepszym przypadku dają błędną wartość wyjściową, w sytuacjach skrajnych mogą spowodować uszkodzenie czujnika. Niekiedy podawany jest również parametr: **pełny zakres sygnału wyjściowego**, określający różnicę sygnału wyjściowego zmierzoną dla maksymalnego i minimalnego sygnału wejściowego.
- **Liniowość/nieliniowość.** To pojęcie pojawiało się już wcześniej, ale nie w kontekście istotnego parametru, a jedynie pewnej cechy czujnika. Od strony praktycznej jest to jednak jeden z najważniejszych parametrów, gdyż charakterystyka przejściowa czujnika w praktyce nigdy nie jest idealnie liniowa, a na cele użytkowe jest aproksymowana linią prostą. W praktyce często podawanym parametrem jest **nieliniowość całkowa** określająca, jak bardzo rzeczywista charakterystyka czujnika różni się od idealnej. Jest ona określana jako maksymalne względne odchylenie rzeczywistej charakterystyki przetwarzania od charakterystyki idealnej, przy czym charakterystykę idealną wyznacza linia prosta łączącą skrajne punkty zakresu przetwarzania. Nieliniowość całkowa jest podawana w procentach w odniesieniu do pełnego zakresu:

$$\varepsilon_c = \frac{\left(\Delta U_{wy}\right)_{max}}{U_{FS}} \cdot 100\%$$

- **Histereza.** Niestety, czasami bywa tak, że wyniki pomiarów jakiejś wzrastającej wielkości dla narastającego sygnału wejściowego nie pokrywają się z pomiarami w przypadku, gdy kierunek zmian jest przeciwny (sygnał wejściowy maleje). Mamy wówczas

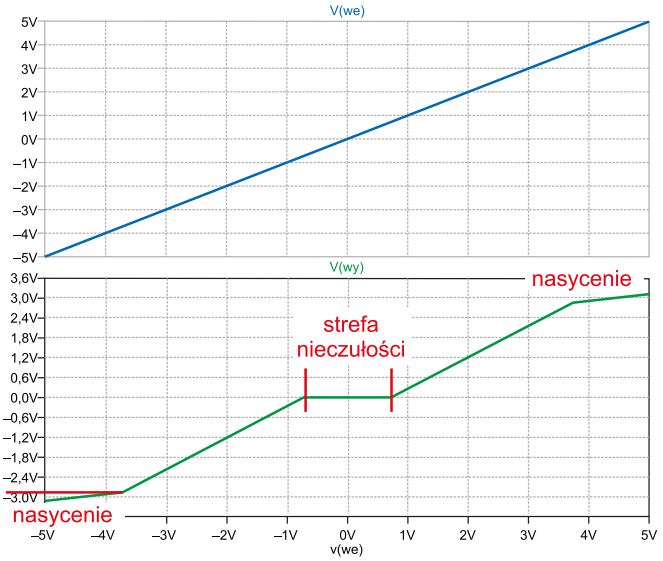
eprasa.pl 136c999a57

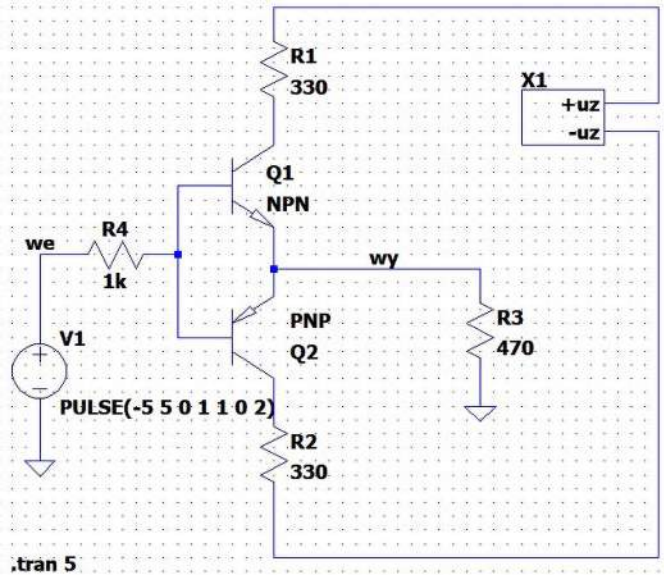
do czynienia z histerezą. Parametr ten jest szczególnie widoczny w czujnikach indukcyjnych i magnetycznych. Największe odchylenie występuje zwykle w środku zakresu pomiarowego (rysunek 3).



Rysunek 4. Nasycenie

- **Nasycenie** nie jest wprawdzie parametrem podawanym w danych technicznych czujników, ale można o nim wspomnieć ze względu na to, że bardzo często mamy z nim do czynienia. Jest to parametr blisko związany z zakresem pomiarowym czujnika, przy czym o ile przekroczenie zakresu często wiąże się z możliwością uszkodzenia elementu, o tyle wejście w stan nasycenia oznacza utratę wiarygodności wyników, ale nie musi powodować uszkodzenia elementu. Efekt nasycenia wynika z technologii produkcji danego czujnika (**rysunek 4**).
- **Strefa nieczułości.** Możemy zaobserwować, że czasami w pewnym, zwykle dość wąskim zakresie zmian wielkości wejściowej czujnik nie odpowiada zmianami sygnału wyjściowego. Mówimy wówczas o strefie nieczułości (**rysunek 5**). Strefa taka może wynikać np. z zastosowania w układzie wyjściowym czujnika komplementarnej pary tranzystorów bipolarnych, które nie reagują na napięcia sterujące mniejsze od napięcia przewodzenia złącza baza-emiter.





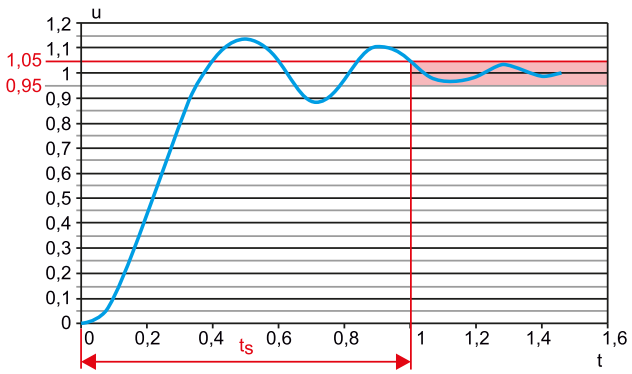
Rysunek 5. Strefa nieczułości

- **Dryft.** Pierwszym skojarzeniem tego parametru jest oczywiście temperatura. Dryft temperaturowy występuje w każdym rodzaju czujników. Można uznać, że jest to jeden z większych wrogów każdego konstruktora. Dryft temperaturowy określa stopień odchylenia wskazań czujnika przy stałym wymuszeniu, wywołany zmianami temperatury. Dryftem temperaturowym charakteryzują się nawet czujniki teoretycznie skompensowane temperaturowo, który byłby jednak znacznie większy, gdyby tej kompensacji nie było. Nie można ponadto lekceważyć **dryftu długoterminowego**. Określa on zakres zmian wartości wyjściowych czujnika przy niezmiennym wymuszeniu, wywołanych procesami starzenia się. W wielu przypadkach jest to parametr teoretyczny, uzyskiwany na drodze symulacji lub przez obliczenia.
- **Czas ustalania się wyniku.** Ten parametr można zakwalifikować do parametrów dynamicznych. Zwykle nie jest podawany w katalogach, gdyż dość silnie zależy od konfiguracji i warunków pracy czujnika. Konstruktor urządzenia, w którym jest stosowany jakiś czujnik powinien jednak go znać, gdyż ma on duże znaczenie w planowaniu pomiarów. Najlepszym przykładem jest tu miernik temperatury. Czujnik wskaże na swoim wyjściu prawidłową wartość dopiero wtedy, gdy sam osiągnie temperaturę mierzoną. Ma on jednak swoją bezwładność termiczną, która wpływa na minimalny czas pomiaru. Dodatkową trudnością jest logarytmiczny charakter dochodzenia do temperatury końcowej, co powoduje, że w miarę upływu czasu zmiany wskazań są coraz mniejsze, a to z kolei może wpływać na przedwczesną decyzję o zakończeniu pomiaru i niedoszacowanie wyniku. Podobną cechę mają na przykład rezystancyjne czujniki gazów, w których alundowe podłoże pokryte półprzewodzącą gazoczułą warstwą tlenków metali jest podgrzewane. Przyjmuje się, że czas ustalania się wyniku jest określony od chwili pobudzenia czujnika do osiągnięcia stanu, w którym sygnał nie zmienia się więcej niż o 5% wartości końcowej (**rysunek 6**).

W dokumentacji technicznej czujników można spotkać ponadto szereg parametrów o mniejszym znaczeniu albo charakterystycznych dla danego rodzaju czujnika. Zaprezentowane parametry i klasyfikacja czujników nie wypełniają całkowicie listy. Zebrano i wymieniono te pozycje, które są najważniejsze z praktycznego punktu widzenia. Mając tę wiedzę, możemy przystąpić do prezentacji poszczególnych grup czujników.

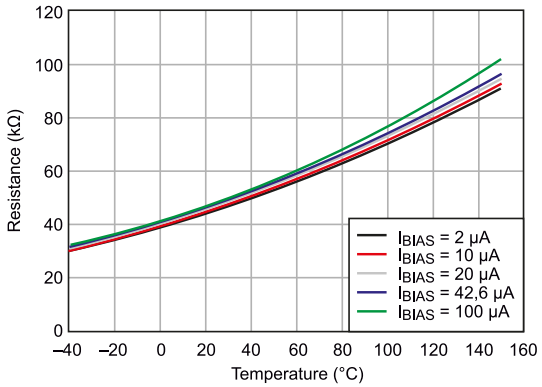
Czujniki temperatury

Czujniki temperatury stanowią chyba najliczniejszą grupę spośród wszystkich rodzajów sensorów. Również historycznie są jednymi z pierwszych, jakie były stosowane w elektronice. Zawdzięczamy to względnie dużej łatwości wykonania takiego czujnika, wynikającej z wszechobecnej zależności niemal wszystkich parametrów fizycznych od temperatury. Zależność ta wymaga stałej kontroli i regulacji temperatury w procesach produkcyjnych, co sprawia, że jest to chyba najczęściej wykonywany pomiar w ogóle. Co więcej, jest to również

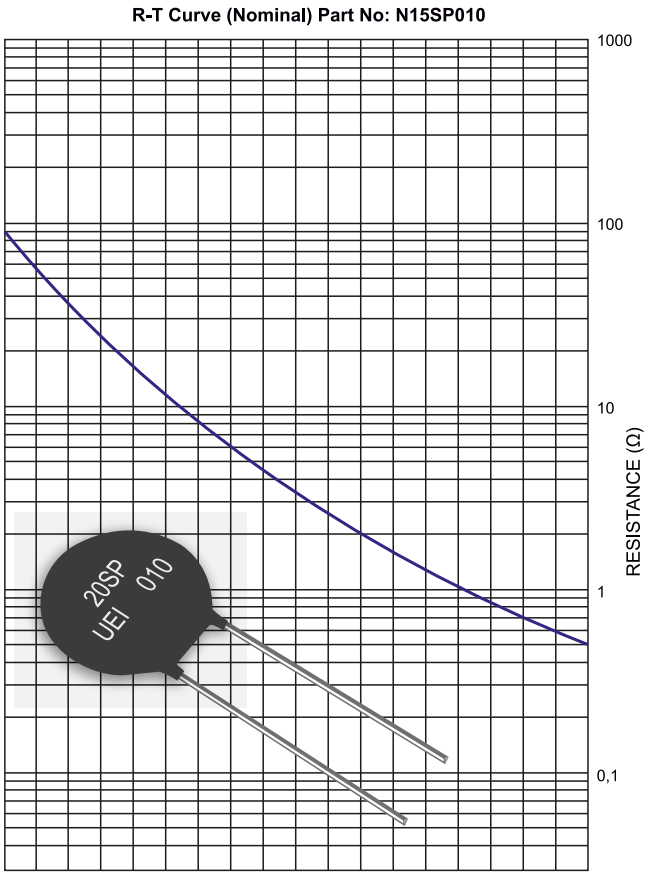


Rysunek 6. Interpretacja czasu ustalania

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 7. Charakterystyka termistora PTC



Rysunek 8. Charakterystyka termistora NTC

parametr, który musi być mierzony w bardzo szerokim zakresie. Trudno sobie wyobrazić, aby zadanie takie realizowało jedno urządzenie, choćby dlatego, że wykonanie sensora mierzącego w zakresie od dużych temperatur ujemnych do setek czy tysięcy stopni Celsjusza jest praktycznie niemożliwe. Z oczywistych powodów pomiary najwyższych temperatur są możliwe tylko metodami pirometrycznymi lub termowizyjnymi, w których sensor nie jest umieszczany bezpośrednio w mierzonym obszarze.

Jednymi z najpopularniejszych czujników temperatury są **termorezystory (termistory)**. Dzielimy je na termorezystory metalowe RTD, produkowane z platyny, miedzi i niklu. Elementy te charakteryzują się dodatnim współczynnikiem temperaturowym, co oznacza, że wraz ze wzrostem temperatury rośnie ich rezystancja. Z tego względu określa się je jako elementy PTC (*Positive Temperature Coefficient*).

Przykładowa charakterystyka termistora PTC typu TMP64 została pokazana na **rysunku 7**, na **rysunku 8** natomiast widzimy charakterystykę termistora NTC o ujemnym współczynniku temperaturowym. Maksymalne temperatury mierzone termorezystorami metalowymi to 273...1000°C.

Czujniki temperatury są również produkowane na bazie tlenków żelaza, manganu, litu, tytanu i rutenu. Należą one do grupy czujników półprzewodnikowych. Można nimi mierzyć temperatury nieprzekraczające 250°C. W zdecydowanej większości są to czujniki NTC, ale elementy PTC można również znaleźć w ofertach handlowych. Należy zwrócić uwagę na dość rzadkie materiały, z jakich są produkowane: tytanian baru domieszkowany lantanem, bizmutem czy antymonem.

Powszechnie używanym, szczególnie w zastosowaniach przemysłowych, czujnikiem temperatury są termopary. Należą one do grupy termoogniw (termoelementów). Wielkością wyjściową termopary jest napięcie wytwarzane na styku dwóch różnych, odpowiednio dobranych przewodników. Napięcie to powstaje na skutek zjawiska Seebecka polegającego na tym, że na styku dwóch metali lub półprzewodników umieszczonych w różnych temperaturach powstaje siła elektromotoryczna. Wynika to z różnych koncentracji ładunku w końcówkach znajdujących się w różnych temperaturach. Konsekwencją zasady działania termopary jest konieczność umieszczania jednej elektrody w znanej temperaturze, np. w mieszaninie wody i lodu. Taki wymóg jest dość trudny w realizacji praktycznej, więc często przyjmuje się jakąś wygodniejszą formę temperatury odniesienia, tzw. sztuczne zero. Napięcie wytwarzane na końcówkach termopary jest zależne od zastosowanych materiałów i jest proporcjonalne do różnicy temperatury mierzonej i temperatury odniesienia. Osiąga ono jednak małe wartości rzędu kilkudziesięciu miliwoltów, co z kolei narzuca dość ostre wymagania na przyrząd pomiarowy. Do produkcji termopar wykorzystywane są powszechnie występujące metale, takie jak: żelazo, miedź, nikiel, chrom, aluminium, ale też metale szlachetne: platynę, platynorod, wolfram, molibden. W zależności od użytych materiałów powstają termopary różnych typów, które są oznaczane literami: R, S, B, J, T, K, E, N. Poszczególne typy termopar są przydzielone do trzech grup, a każda z nich jest przeznaczona do pomiarów w określonych zakresach temperatury. Grupa I: od –200°C do 1200°C, grupa II: od 0°C do 1600°C i grupa III: od 0°C do 2200°C.

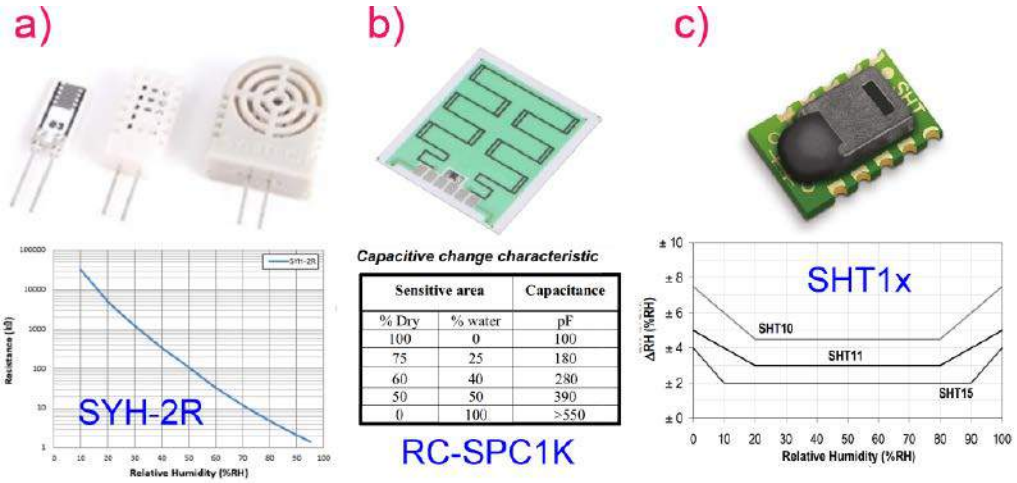
Dużą popularnością cieszą się platynowe czujniki rezystancyjne typu PT100 i PT1000. Są one proste w użyciu, względnie tanie i niezawodne. Liczba umieszczona przy symbolu PT informuje o rezystancji czujnika w temperaturze 0°C.

W zastosowaniach amatorskich często nie jest wymagana duża dokładność pomiaru. Elektronicy sięgają wówczas po jedno z najprostszych rozwiązań, jakim jest zwykłe krzemowe złącze półprzewodnikowe p-n. Do tego celu może być zastosowana prosta dioda półprzewodnikowa albo tranzystor bipolarny, z którego używamy tylko jednego złącza, np. baza-emiter. Elementy te charakteryzują się stałym współczynnikiem temperaturowym wynoszącym 2 mV/°C. Wadą takiego rozwiązania jest konieczność przeprowadzenia dość niewygodnej kalibracji toru pomiarowego. Innym bardzo popularnym elementem, który można wręcz zaliczyć do kultowych, jest cyfrowy układ DS18B20 produkowany przez firmę Maxim-Dallas, przekazujący wyniki pomiarów interfejsem 1-wire. Układ mierzy temperaturę w zakresie od –55°C do +128°C z rozdzielczością 0,0625°C i z dokładnością

Fotografia 9. Czujniki temperatury: PT100, KTY81, LM335AZ, BME680, DS18B20

eprasa.pl 136c999a57

0,5°C. Dokładność jest jednak gwarantowana tylko w przedziale –10°C...+85°C. Układ jest gotowy do pracy od razu po zamontowaniu, nie wymaga żadnej kalibracji ani linearyzacji. Jego wadą jest dość długi czas pomiaru wynoszący aż 750 ms i trochę niewygodne jak na dzisiejsze czasy zasilanie napięciem 5 V. Trudno natomiast stwierdzić, czy zastosowanie w układzie interfejsu 1-wire jest zaletą, czy wadą. Korzystną cechą tego rozwiązania są uproszczone do maksimum połączenia – wystarczy tylko jedna linia sygnałowa i oczywiście masa. Interfejs ten nie jest jednak implementowany w mikrokontrolerach i wymaga programowej obsługi. Na **fotografii 9** zostały pokazane czujniki temperatury różnych typów i różnych producentów.



Sensitive area		Capacitance
% Dry	% water	pF
100	0	100
75	25	180
60	40	280
50	50	390
0	100	>550

Fotografia 10. Czujniki wilgotności: a) rezystancyjny SYH-2R, b) pojemnościowe RC-SPC1K, c) cyfrowy czujnik wilgotności i temperatury SHT1x

Czujniki wilgotności

Wilgotność i temperatura to parametry środowiskowe pozostające w ścisłym związku ze sobą. Bardzo często dane techniczne różnych urządzeń elektronicznych podawane w dokumentacji technicznej odnoszą się do konkretnej temperatury i wilgotności lub do ograniczonego przedziału tych wielkości. Wilgotność jest też ważnym parametrem wielu procesów technologicznych i z tego względu powinna być dokładnie kontrolowana. Wilgotność jest więc wraz z temperaturą i ciśnieniem jednym z najczęściej wykonywanych pomiarów wielkości fizycznych. Dostrzegając współzależność temperatury i ciśnienia, producenci oferują czujniki zdolne do jednoczesnego pomiaru obu tych parametrów.

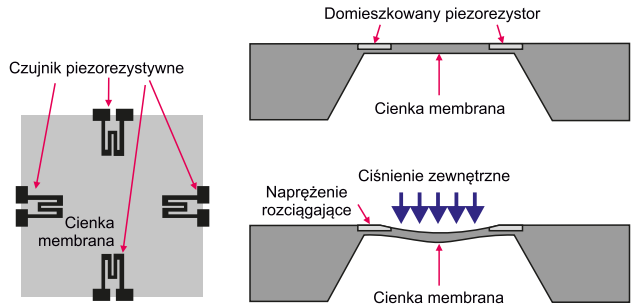
Jak to bywa w wielu przypadkach, proste z pozoru zagadnienia komplikują się w chwili, gdy zaczynamy je realizować w praktyce. Problem z wilgotnością polega na tym, że istnieje kilka definicji z nią związanych. Mówiąc o wilgotności, najczęściej mamy na myśli wilgotność względną, będącą stosunkiem ilości pary wodnej zawartej w powietrzu do ilości pary wodnej, jaką powietrze jest w stanie utrzymać w danej temperaturze. Wilgotność względna jest wyrażana w procentach (%RH). Jest też wilgotność bezwzględna, czyli masa pary wodnej wyrażona w gramach w 1 m3 powietrza. Jednostką wilgotności bezwzględnej jest więc g/m3. Należy też wspomnieć o wilgotności właściwej, czyli masie pary wodnej w 1 kg powietrza. Znaczenie praktyczne, szczególnie w technice, ma również punkt rosy określający temperaturę, w której zawarta w powietrzu para wodna zaczyna się skraplać. Jak nietrudno się domyślić, wilgotność, temperatura i ciśnienie atmosferyczne pozostają ze sobą w związku. Większość przyrządów elektronicznych mierzy wilgotność względną.

Starsi Czytelnicy pamiętają zapewne dawne higrometry, w których czujnikiem był włos (np. koński) zmieniający swoją długość pod wpływem wilgotności. Odpowiednio zamontowana do niego wskazówka wskazywała na skali wilgotność powietrza. Dzisiaj, w dobie elektroniki, takie rozwiązania przechodzą już powoli do lamusa, a we współczesnym sprzęcie koński włos został zastąpiony czujnikami elektronicznymi.

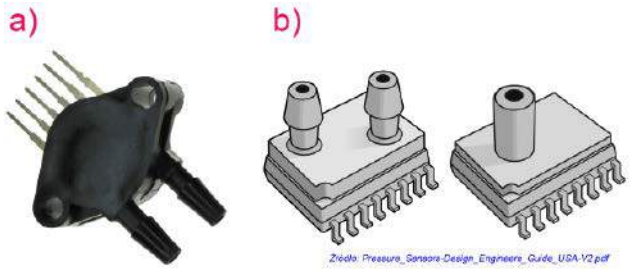
Wilgotność jest najczęściej mierzona metodą higroskopową, a więc rezystancyjną lub pojemnościową. Zasada pomiaru polega na zmianie właściwości ciała, na przykład polimeru, na skutek pochłaniania wody z powietrza. Zasada ta jest wykorzystana w czujnikach rezystancyjnych. Czujniki pojemnościowe natomiast to w rzeczywistości kondensatory o odpowiedniej konstrukcji. Funkcję dielektryka spełnia w nich odpowiednio dobrana warstwa higroskopijnego polimeru. Zmiana stałej dielektrycznej, a więc i pojemności jest proporcjonalna do wilgotności względnej powietrza. Zaletą czujników pojemnościowych jest możliwość pracy w wysokich temperaturach dochodzących nawet do 200°C. Oferta na czujniki wilgotności jest obszerna. Dostępne są elementy każdego rodzaju. Przykłady zostały przedstawione na **fotografii 10.**

Czujniki ciśnienia

Gdy mówi się o czujniku ciśnienia, pierwszym skojarzeniem jest element używany do pomiaru ciśnienia jakiegoś gazu. Najczęściej mamy na myśli powietrze, ale w ogólnym przypadku może to być dowolny gaz. Pamiętajmy jednak, że pojęcie ciśnienia odnosi się także do cieczy. To, czy czujnik ma mierzyć ciśnienie gazu, czy cieczy, jest w zasadzie sprawą techniczną, my dla ustalenia uwagi pozostaniemy przy koncepcji czujnika gazu. I tym razem sprawa nie jest tak prosta ze względu na różne definicje ciśnienia. W pomiarach każdej wielkości fizycznej, jakakolwiek by ona była, zawsze musimy mieć jakiś punkt odniesienia, jakieś umowne zero. Wynik pomiaru jest umowną „odległością" tej wielkości od zera. O ile „zero" dla wilgotności, siły, szybkości, przyspieszenia itd. można sobie jakoś wyobrazić, a nawet dokładnie zdefiniować, o tyle z ciśnieniem już tak łatwo nie jest. W sposób naturalny przychodzi na myśl próżnia jako stan, w którym nie ma żadnego gazu, a więc ciśnienie jest równe zero. Problem polega jednak na tym, że wytworzenie idealnej próżni jest praktycznie niemożliwe.



Rysunek 11. Budowa piezorezystywnego czujnika ciśnienia



Rysunek 12. Obudowy czujników ciśnienia różnicowego: a) do montażu przewlekanego, b) do montażu SMD

eprasa.pl 136c999a57

Fotografia 13. Czujnik ciśnienia na zakres 1 MPa w obudowie ze stopniem ochrony IP65

Fotografia 14. Czujniki ciśnienia: MPX5100GP, MPX2050DP, KP226E3408, 2SMPB-02E, BPS130-HA015P-1MG.

To prawda, ale uzyskanie temperatury równej zeru bezwzględnemu też jest niemożliwe, a jednak jakoś sobie z tym radzimy.

Wiedząc to, możemy zdefiniować różne rodzaje ciśnień. Mamy zatem ciśnienie absolutne, a więc takie, które jest mierzone względem umownej próżni. Drugi rodzaj ciśnienia to ciśnienie względne, dla którego punktem odniesienia jest ciśnienie atmosferyczne (jakkolwiek by było zmienne). Jak na ironię, ciśnienie względne ma chyba największe znaczenie w technice. Mamy wreszcie ciśnie różnicowe, w którym punktem odniesienia jest ciśnienie przyjętego medium wzorcowego.

Czujniki ciśnienia są wykonywane najczęściej jako elementy piezorezystancyjne (najbardziej uniwersalne), pojemnościowe (przeznaczone do małych ciśnień rzędu 40 hPa) lub piezoelektryczne. Przykładowa budowa czujnika piezorezystancyjnego została pokazana na **rysunku 11**. Piezorezystywne czujniki zostały naniesione na krawędziach cienkiej membrany, na którą z jednej strony działa mierzone ciśnienie. Uginająca się pod jego wpływem membrana powoduje zmianę rezystancji piezorezystorów połączonych w konfiguracji mostka. Sygnał wyjściowy zostaje wyprowadzony w postaci analogowej na wyprowadzenia czujnika albo po wzmocnieniu i wstępnej obróbce zostaje przesyłany cyfrowo do układu nadrzędnego, np. do mikrokontrolera. Czujniki piezorezystancyjne mogą mierzyć ciśnienie statyczne, gdyż membrana ulega ugięciu proporcjonalnemu do działającego na nią ciśnienia. W czujnikach piezoelektrycznych zamiast piezorezystorów są zastosowane elementy piezoelektryczne, które pod wpływem odkształcania wytwarzają proporcjonalne do niego napięcie. Jeżeli jednak odkształcanie ustanie, zanika również wytwarzane przez piezoelement napięcie. Czujniki tego typu mogą więc mierzyć tylko ciśnienia dynamiczne i zupełnie nie nadają się do pomiaru ciśnień statycznych, np. ciśnienia atmosferycznego. Trzeba też mieć na uwadze, że czujniki z elementami piezoelektrycznymi (nie mylić z piezorezystancyjnymi) są wrażliwe na wstrząsy i wibracje.

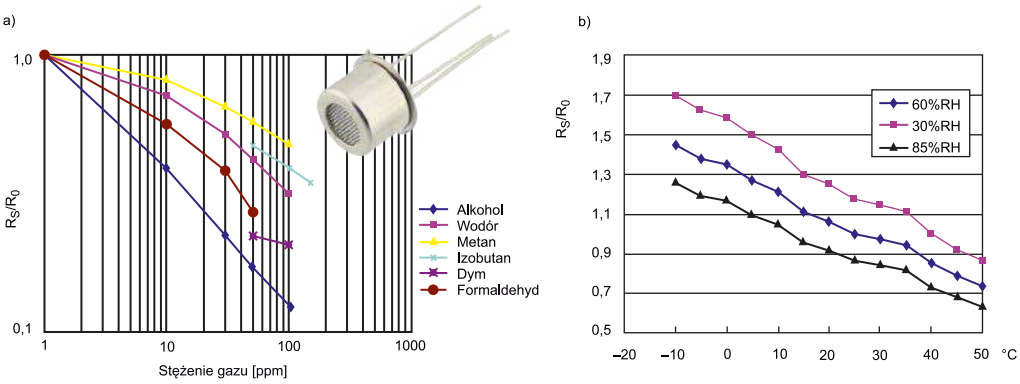
Sporą grupę czujników ciśnienia stanowią elementy produkowane w technologii MEMS. Ich niekwestionowaną zaletą jest duży stopień miniaturyzacji. O ile małe wymiary czujnika ciśnienia atmosferycznego (np. 3×3 mm) w niczym nie przeszkadzają, gdyż wlot ma średnicę 0,35 mm, o tyle wymiary czujników ciśnienia różnicowego muszą być znacznie większe z uwagi na konieczność doprowadzenia obu ciśnień do sensora, który sam w sobie może być bardzo mały. Przykładowe obudowy takich czujników przedstawiono na **rysunku 12.** Oba ciśnienia są kierowane na membranę po przeciwnych jej stronach. W efekcie odkształca się ona w stopniu proporcjonalnym do różnicy ciśnień. W czujnikach ciśnienia bezwzględnego ciśnienie jest kierowane tylko na jedną stronę membrany, druga jest zamknięta i uszczelniona, co z wystarczającą dokładnością odpowiada próżni. W czujnikach typu „gauge", będących odmianą czujnika różnicowego, ciśnienie mierzone jest podawane do jednego portu, a drugi port pozostaje otwarty. W ten sposób ciśnieniem odniesienia jest ciśnienie atmosferyczne.

Widoczne na rysunku 12 obudowy wyglądają dość delikatnie i raczej nie nadają się do pomiarów wysokich ciśnień spotykanych w procesach przemysłowych czy choćby w motoryzacji. Czujniki ciśnienia na zakresy rzędu megapaskali muszą mieć zdecydowanie masywniejszą budowę, na przykład taką jak na **fotografii 13**, na **fotografii 14** pokazano natomiast czujniki na niższe ciśnienia.

Czujniki gazów

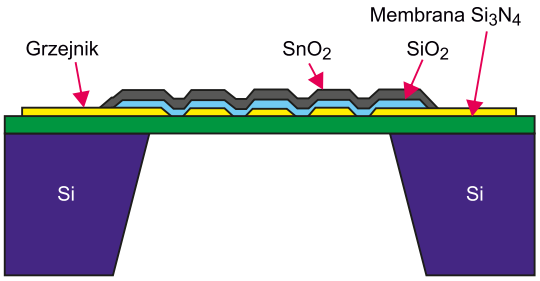
Skoro potrafimy już zmierzyć ciśnienie gazu, to przydałaby się jeszcze możliwość jego rozpoznawania. Odbiegamy tym samym od zjawisk czysto fizycznych, wkraczamy w zakres oddziaływań elektrochemicznych. To zupełnie odmienne wyzwania dla technologów i konstruktorów czujników elektronicznych. Czujniki gazów odgrywają bardzo dużą rolę w systemach bezpieczeństwa i sterowania procesami produkcyjnymi. W wielu urządzeniach wystarczy tylko detekcja określonego gazu w danym środowisku, np. w czujkach czadu czy metanu, w innych oczekiwany jest dokładny pomiar ilościowy (stężenie gazu), np. w alkomatach mierzących stężenie alkoholu w wydychanym powietrzu. Zagadnienie nie jest proste, gdyż nie jest łatwo uzyskać czujnik o dużej selektywności i czułości, który dodatkowo nie byłby wrażliwy na inne parametry środowiskowe. Można to zaobserwować na przykładzie popularnego czujnika jakości powietrza MP503 pokazanego na **rysunku 15a**. Przez okienko tego czujnika do struktury sensora dociera powietrze otoczenia, którego temperatura i wilgotność w znacznym stopniu wpływają na wskazania (rysunek 15b). Na skutek silnej zależności wskazań czujnika od tych parametrów w urządzeniach użytkowych konieczne jest zwykle stosowanie układów kompensacji temperaturowej. Znacznie gorzej jest z wilgotnością. Jedynym sensownym rozwiązaniem jest przeliczanie wyniku końcowego stężenia gazu na podstawie jego wskazań i zmierzonej jednocześnie wilgotności. Jest to możliwe, jeśli jest znana charakterystyka stężenia gazu w funkcji wilgotności.

Istnieje kilka rodzajów czujników gazu i związanych z nimi technologii. Każda z nich charakteryzuje się nieco odmienną zasadą działania. I tak w czujnikach katalitycznych wykorzystywana jest egzotermiczna reakcja katalitycznego utleniania. Czujnik zawiera



Rysunek 15. Charakterystyka czujnika gazu MP503, a) zależność względnej zmiany rezystancji czujnika w funkcji stężenia różnych gazów, b) zależność względnej zmiany rezystancji czujnika w funkcji temperatury i wilgotności

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 16. Budowa półprzewodnikowego cienkowarstwowego czujnika gazu

dwa elementy, jeden bierny i jeden aktywny, który jest pokryty katalizatorem. Oba elementy w atmosferze obojętnej mają taką samą rezystancję. Aby możliwe było utlenianie, element z katalizatorem palladowym musi być podgrzany. Jest on więc wykonany w postaci powłoki otaczającej tzw. pelistor, czyli platynową cewkę. Gaz zawarty w powietrzu otaczającym katalizator ulega spalaniu, a wytworzone ciepło zmienia rezystancję cewki. Intensywność spalania, a więc i zmiana rezystancji cewki zależą od stężenia gazu. Czujnik taki ma jednak dość nieprzyjemną wadę, traci swoją czułość w przypadku długotrwałego przebywania w środowisku o wysokim stężeniu gazu, jest ponadto czuły na wszystkie gazy palne. Dodatkowo czujnik może tracić swoje właściwości przez kontakt z innymi substancjami, takimi jak ołów, siarka i silikony.

Półprzewodnikowe rezystancyjne czujniki gazów są wykonywane w technologii cienko- lub grubowarstwowej. Na podłożu krzemowym nanoszona jest cienka membrana np. z azotku krzemu (Si3N4), a na niej jest umieszczana grzałka utworzona z cienkiej warstwy złota, na którą z kolei nakłada się warstwę izolującą z dwutlenku krzemu (SiO2) – **rysunek 16**. Zasada działania jest podobna do omówionej wcześniej.

Należy jeszcze wspomnieć o absorpcyjnych czujnikach gazów wykorzystujących pochłanianie promieniowania podczerwonego przez wiązania chemiczne w cząsteczkach gazu. W czujnikach tych miniaturowa komora jest prześwietlana wiązką podczerwoną i na podstawie pomiaru stopnia pochłonięcia tego promieniowania określane jest stężenie gazu. Producent musi oczywiście wyznaczyć charakterystykę pochłaniania dla każdego typu sensora i każdego gazu. Przykładowe czujniki gazu zostały pokazane na **fotografii 17**. Podczas poszukiwań tych elementów do swoich projektów warto zwrócić uwagę na to, że wielu dystrybutorów umieszcza te elementy w grupie czujników środowiskowych.

Czujniki jakości powietrza

Pomiar jakości powietrza stał się w ostatnich latach bardzo ważny, można nawet mówić o pewnej modzie. Na ulicach w centrach miast coraz częściej są ustawiane wielkie wskaźniki informujące o stopniu zanieczyszczenia powietrza. Podawane parametry to temperatura, ciśnienie, wilgotność, zawartość tlenku azotu, gazów cieplarnianych CO2 i O2, a także zawartości cząstek stałych, czyli pyłu zawieszonego i aerozoli atmosferycznych. Pierwsze z wymienionych parametrów potrafimy już mierzyć omówionymi już czujnikami, pozostały czujniki zapylenia. Mierzą one zawartość cząstek PM10, PM2.5 i mikrocząstek. Najczęściej działają na zasadzie pomiaru pochłaniania lub rozpraszania promieniowania podczerwonego. Uzyskanie wyniku końcowego rozróżniającego poszczególne pyły wymaga dość skomplikowanej budowy wewnętrznej i dość skomplikowanych obliczeń matematycznych opartych na złożonych algorytmach. Byłby to temat na osobny artykuł. Na **fotografii 18** zostały pokazane czujniki zapylenia w postaci złożonych modułów elektronicznych.

Akcelerometry i żyroskopy

Czujniki przyspieszenia i rotacji przyczyniły się w minionych kilkunastu latach do implementacji w urządzeniach elektronicznych całkowicie nowych funkcjonalności, niespotykanych wcześniej. Nowinki spotykamy nie tylko w urządzeniach profesjonalnym, ale też w sprzęcie powszechnego użytku, choćby w smartfonach i laptopach. Laik mógłby zapytać, po co akcelerometr w laptopie? W dzisiejszych komputerach, w których klasyczne dyski HDD już praktycznie nie występują, akcelerometr faktycznie nie jest niezbędny, ale w starszych laptopach mógł skutecznie chronić głowice i talerze dysku przed mechanicznymi uszkodzeniami w przypadku gwałtownych ruchów komputera czy upadku z wysokości. Z tego typu komputerami pracujemy bardzo często, trzymając je na kolanach. Prawdopodobieństwo upuszczenia go jest więc dość duże. Wstrząs spowodowany upadkiem niechybnie mógłby doprowadzić do bardzo przykrego uszkodzenia dysku. Wykrywając dostatecznie wcześnie fazę spadku, możliwe było zaparkowanie głowic przed uderzeniem o podłoże. Odwracanie zawartości ekranu w smartfonach czy laptopach zawdzięczamy również zastosowaniu akcelerometrów, które są wrażliwe na każdy rodzaj przyspieszenia, w tym przyspieszenie ziemskie. Mówiąc o zastosowaniach tych czujników nie sposób nie wspomnieć o czujnikach opóźnienia (ujemnego przyspieszenia) instalowanych w poduszkach powietrznych czy napinaczach pasów, a także w licznych aplikacjach sportowych i fitness.

Obecnie produkowane są akcelerometry wykonane w technologii pojemnościowej (najbardziej powszechnej), piezoelektrycznej i piezorezystywnej.

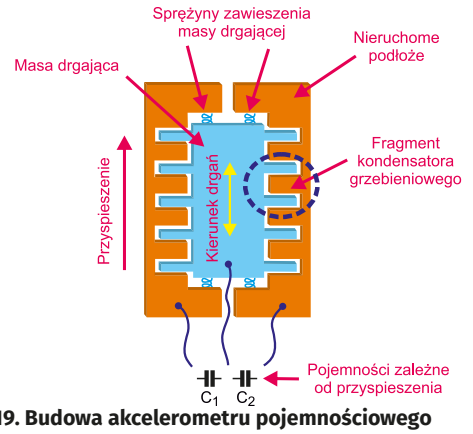
Wykonanie czujnika przyspieszenia – akcelerometru, stało się możliwe dzięki opracowaniu technologii MEMS (Micro Elektro Mechanical System). Technologia ta, oparta na anizotropowym trawieniu krzemu lub polimerów, umożliwia łączenie subminiaturowych elementów mechanicznych o wymiarach mikrometrycznych z klasycznymi technologiami produkcji układów scalonych (wykorzystujących np. operację fotolitografii).

Uproszczona budowa **akcelerometru** została pokazana na **rysunku 19.** Zasada działania czujnika jest bardzo intuicyjna. Struktura układu umocowana jest trwale do obudowy układu. W części mechanicznej tworzy nieruchome podłoże stanowiące odizolowane od siebie okładziny zewnętrzne dwóch kondensatorów. W strukturze jest wytrawione okno, w którym porusza się bezwładnie masa drgająca. Ma

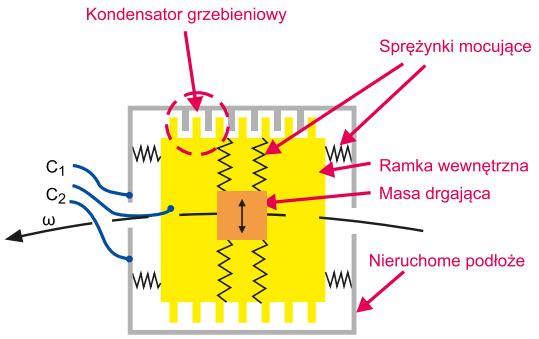
Fotografia 17. Czujniki gazu: SGAS701, SCD41-D-R1, ZMOD451DAI3V, INIR-ME-5%

Fotografia 18. Czujniki zapylenia: SPS30, 32322550, B5W-LD0101-1, NextOPC

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 19. Budowa akcelerometru pojemnościowego



Rysunek 20. Budowa żyroskopu

ona kształt belki z wypustami, które wchodzą w nieco szersze zagłębienia podłoża. Drgająca belka jest przymocowana do podłoża miniaturowymi sprężynkami. Jeśli belka jest poddana przyspieszeniu, to zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona działa na nią siła proporcjonalna do tego przyspieszenia i masy belki. Siła ta powoduje rozciągnięcie sprężynek proporcjonalne do przyspieszenia. Warunkiem jest, aby kierunek przyspieszenia był równoległy do sprężystego zawieszenia. Przesunięcie belki powoduje wzajemne przemieszczenie się wypustów belki w zagłębieniach podłoża tworzących od strony elektrycznej dwa różnicowe kondensatory grzebieniowe (de facto składające się z 40 kondensatorów składowych). W wyniku tego przemieszczenia zmieniają się pojemności kondensatorów. W części elektrycznej układu MEMS znajduje się układ, którego zadaniem jest wytworzenie sygnału wyjściowego proporcjonalnego do przyspieszenia. Zawiera on oscylator generujący dwa sygnały przesunięte w fazie o 180° o częstotliwości ok. 1 MHz. W dalszej części umieszczono demodulator synchroniczny, filtry i wzmacniacz. Spotykane są układy z wyprowadzonym napięciem analogowym, obecnie coraz więcej akcelerometrów ma wyjście cyfrowe, np. SPI, przekazujące obrobioną wartość przyspieszenia w postaci cyfrowej.

Akcelerometry piezorezystancyjne działają na podobnej zasadzie, przy czym kondensatory zamieniono na elementy, które można by nazwać mikrotensometrami. Na skutek przyspieszenia ulegają one odkształceniom mechanicznym, które zmieniają ich rezystancję. Metoda pomiaru jest bardzo podobna do pomiarów tensometrycznych, o których będzie jeszcze mowa.

Wiemy, że pojemnościowe czujniki przyspieszenia są wrażliwe na przyspieszenie ziemskie. Z prostych zależności trygonometrycznych wynika, że jeśli czujnik zostanie ustawiony tak, że jego oś pionowa znajdzie się pod pewnym kątem w stosunku do przyspieszenia ziemskiego, to sensor tej osi zmierzy tylko część przyspieszenia ziemskiego zmniejszoną w stosunku proporcjonalnym do kosinusa kąta pochylenia. Prawidłowość ta została zastosowana w specjalnej grupie czujników przyspieszenia, zwanych inklinometrami, które znajdują zastosowania w układach automatycznego poziomowania, elektronicznych poziomnicach itp. Akcelerometry takie są specjalnie optymalizowane do takich aplikacji.

W akcelerometrach piezoelektrycznych element bezwładny nie zmienia swej pojemności czy rezystancji, lecz generuje pewne napięcie proporcjonalne do przyspieszenia. Z zasady działania akcelerometr piezoelektryczny jest wrażliwy tylko na przyspieszenia dynamiczne, zupełnie nie reaguje na przyspieszenie ziemskie. Taki czujnik odznacza się dużą czułością i małymi szumami. Z tego względu elementy te są stosowane głównie w przemyśle, do precyzyjnych pomiarów drgań i wibracji.

Zasada działania akcelerometrów po odpowiedniej modyfikacji została zastosowana do produkcji elektronicznych żyroskopów. Tym razem do Newtona dołączył Coriolis. To właśnie opisany przez niego efekt – efekt Coriolisa – stanowi podstawę teorii zastosowaną w żyroskopie. O co chodzi? Coriolis pierwszy opisał działanie pozornej siły występującej podczas ruchu po okręgu. Ruch po okręgu kojarzy się z jakąś zakrzywioną trajektorią, ale w omawianym efekcie nie do końca o to chodzi. Wyobraźmy sobie, że poruszamy się ruchem jednostajnym prostoliniowym po obracającej się tarczy od jej środka do zewnątrz. W układzie związanym z ziemią faktycznie nasza trajektoria będzie zakrzywiona, ale w układzie związanym z tarczą trajektoria ruchu będzie prostoliniowa. Podczas poruszania się będziemy odczuwali wyrzucającą nas na zewnątrz tarczy siłę odśrodkową, ale również nieco mniej odczuwalną, ale istniejącą siłę, która chciałaby nas zepchnąć z toru prostoliniowego. Aby zachować prostoliniowy kierunek marszu, musimy tę siłę cały czas korygować. Jeśli jednak zatrzymamy się w jakimś punkcie, siła ta, zwana siłą Coriolisa, przestaje na nas działać. Dokładna analiza matematyczna pozwala sformułować zależność $a_c=2\Omega v$, gdzie a_c – przyspieszenie Coriolisa, v – prędkość ruchu liniowego. W żyroskopie rolę człowieka przyjmuje masa polikrzemowa zawieszona na polikrzemowej ramce (**rysunek 20**). Na rysunku pokazano fragment kołowej trajektorii, po której porusza się żyroskop z zaznaczoną prędkością kątową. Masa drgająca porusza się wzdłuż promienia trajektorii, natomiast ramka wewnętrzna tylko w kierunku prostopadłym, a więc zgodnym z siłą Coriolisa. Metoda pomiaru jest podobna do tej, którą znamy z akcelerometru.

W konstrukcjach akcelerometrów i żyroskopów wrażenie robią nie tylko same rozwiązania mikroelektromechaniczne ale też możliwości pomiarowe. Pojemność kondensatora grzebieniowego wynosi zaledwie kilka fF (1 fF=10^{-15} F).

Coraz większą popularnością cieszą się układy Measurement Unit stanowiące połączenie akcelerometru, żyroskopu i magnetometru. Takie kompaktowe układy są określane jako 9-osiowe czujniki położenia. Przykładowe akcelerometry zostały pokazane na **fotografii 21**, a żyroskopy na **fotografii 22**.

Inne czujniki

Czujniki to temat bardzo obszerny. W artykule nie została poruszona nawet połowa zagadnień. Pozostaje więc choćby wymienić z nazwy czujniki, dla których zabrakło tu miejsca.

Choć nie były omówione wcześniej, to zostały już wspomniane czujniki tensometryczne. Bez nich nie sposób wyobrazić sobie nowoczesnej automatyki przemysłowej. **Tensometr** to element wrażliwy na nacisk lub siłę. Odpowiednio dobrana warstwa rezystancyjna jest napylona na elastyczną folię, która następnie jest naklejana na belkę np. metalową. Belka jest umocowana tak, aby mierzone siły powodowały jej mikroodkształcenie, co w konsekwencji wywołuje zmiany rezystancji. Są one oczywiście niewielkie, jednak metodami mostkowymi, przy zastosowaniu wzmacniaczy pomiarowych, można je mierzyć z dużą precyzją.

Podobnie działają czujniki dotyku i nacisku, przy czym zasada ich działania często jest oparta na zjawiskach pojemnościowych lub optycznych (załamywanie wiązki podczerwonej). Skoro jesteśmy przy optyce, to należy wymienić czujniki koloru, czujniki światła widzialnego, podczerwonego i ultrafioletu. Istnieje nawet grupa czujników potrafiących zliczać pojedyncze fotony. Czujniki optyczne składające się z nadajnika i odbiornika (najczęściej wiązki podczerwonej) tworzą grupę

eprasa.pl 136c999a57

czujników odbiciowych, używanych np. do pomiarów odległości, ale też układów zliczających lub stosowanych w barierach bezpieczeństwa i czujkach ruchu.

Wspomniane wcześniej czujniki położenia zawierały sensor pola magnetycznego pozwalający budować np. elektroniczne kompasy. Pole magnetyczne jest wykrywane i mierzone czujnikami Halla. Elementy te są oparte na zjawisku Halla polegającym na generowaniu napięcia w przewodniku z prądem znajdującym się w polu magnetycznym. Jest to efekt całkowicie statyczny, niemający nic wspólnego z indukcją elektromagnetyczną. Napięcie jest wytwarzane tak, że jego wektor jest prostopadły do wektora prądu, a więc prostopadle do kierunku przepływu prądu. Do grupy czujników opartych na zjawiskach magnetycznych należy ponadto zaliczyć indukcyjne czujniki zbliżeniowe i czujniki prądu. Pozostały czujniki poziomu, przepływu, można by bardziej szczegółowo klasyfikować czujniki optyczne i wydzielać jeszcze szereg innych.

Fotografia 21. Akcelerometry MEMS

Fotografia 22. Żyroskopy i czujniki położenia (MU)

Akwizycja, układy interfejsowe

Jak już było wspomniane wcześniej, jednym z procesów realizowanych przez systemy przetwarzania danych jest akwizycja, czyli zespół operacji niezbędnych do uzyskania takiej postaci sygnału, która poddawana jest końcowej interpretacji. Akwizycja obejmuje zatem odczytywanie danych z czujnika, próbkowanie i kwantowanie, a więc uzyskanie cyfrowej postaci sygnału mierzonego, który następnie jest analizowany przez komputer i udostępniany w postaci wykresów, tabel lub zamieniany na inną postać sygnału. W wielu przypadkach akwizycja obejmuje również rejestrowanie danych. Jak widać, jest to równie szeroki temat, jak same czujniki. W artykule ograniczymy się jedynie do układów interfejsowych.

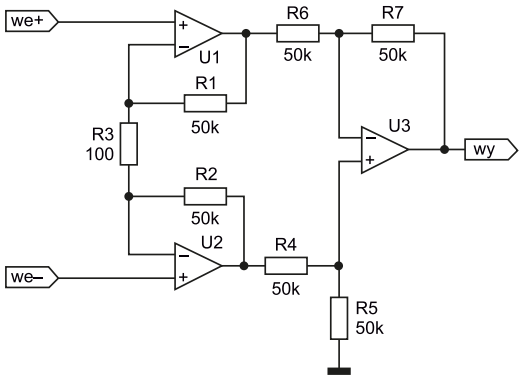
Sygnały uzyskiwane z wielu czujników są z zasady ich działania bardzo niewielkie. W czystej postaci nie nadawałyby się do dalszej obróbki. Konieczne jest wzmocnienie (czasami dość znaczne), dopasowanie składowej stałej (offsetu) i ewentualne filtrowanie. Filtrowanie jest ważną operacją z punktu widzenia próbkowania. Operacja ta ma na celu nie tylko odrzucenie niepotrzebnych składników sygnału, np. szumu, ale też zabezpieczenie przed aliasingiem, który mógłby w znacznym stopniu zaburzyć interpretację sygnału. Należy pamiętać, że filtr antyaliasingowy musi znaleźć się przed przetwornikiem analogowo-cyfrowym.

Wiele czujników wytwarza sygnał o amplitudzie równej zaledwie kilka miliwoltów. Jeśli ma on być przetwarzany w przetworniku o zakresie kilku woltów, musi być zastosowany wzmacniacz o wzmocnieniu równym kilkaset, a nawet ponad tysiąc V/V. Czujniki takie są często konfigurowane w układzie mostkowym. Różnicowy sygnał wyjściowy z mostka jest kierowany do wzmacniaczy pomiarowych (instrumentalnych) będących specjalną klasą wzmacniaczy operacyjnych. Taki wzmacniacz można zbudować z pojedynczych wzmacniaczy operacyjnych (**rysunek 23**), ale dzisiaj już chyba nikt tak nie robi ze względu na powszechną dostępność kompletnych, scalonych wzmacniaczy pomiarowych. Większość producentów układów scalonych ma w swojej ofercie elementy tego typu, chociaż do liderów należy zaliczyć firmy Analog Devices i Texas Instruments. Jednym z najpopularniejszych wzmacniaczy pomiarowych jest AD620 Analoga. Jest to układ o symetrycznym wejściu i asymetrycznym wyjściu. Wzmocnienie jest ustawiane za pomocą odpowiednio dobranego rezystora. Sygnał z asymetrycznego wyjścia może być podawany bezpośrednio na filtr antyaliasingowy i dalej na przetwornik analogowo-cyfrowy. Wysokie parametry scalonych wzmacniaczy pomiarowych są uzyskiwane dzięki przestrzeganiu ostrych reżimów technologicznych, a powtarzalność parametrów zapewnia m.in. laserowe trymowanie wartości rezystorów decydujących m.in. o niskim współczynniku tłumienia sygnałów wspólnych (CMRR) i małym offsecie.

Układy wejściowe czujników mostkowych budowane z użyciem pojedynczych wzmacniaczy pomiarowych mają niestety tę wadę, że trzeba dodatkowo zapewnić układ zasilania mostka. Rozwiązaniem są kompletne scalone wzmacniacze pomiarowe zawierające układ zasilania mostka i niezbędne źródła napięcia referencyjnego. Przykładem jest układ INA125 opracowany w firmie Burr-Brown, którego wewnętrzny schemat ideowy został przedstawiony na **rysunku 24**. Układ może być zasilany pojedynczym napięciem od 2,7 V do 36 V lub dwoma napięciami ±1,35 V...±18 V. Wzmocnienie ustawiane jest zewnętrznym rezystorem Rg w zakresie od 4 do 10000.

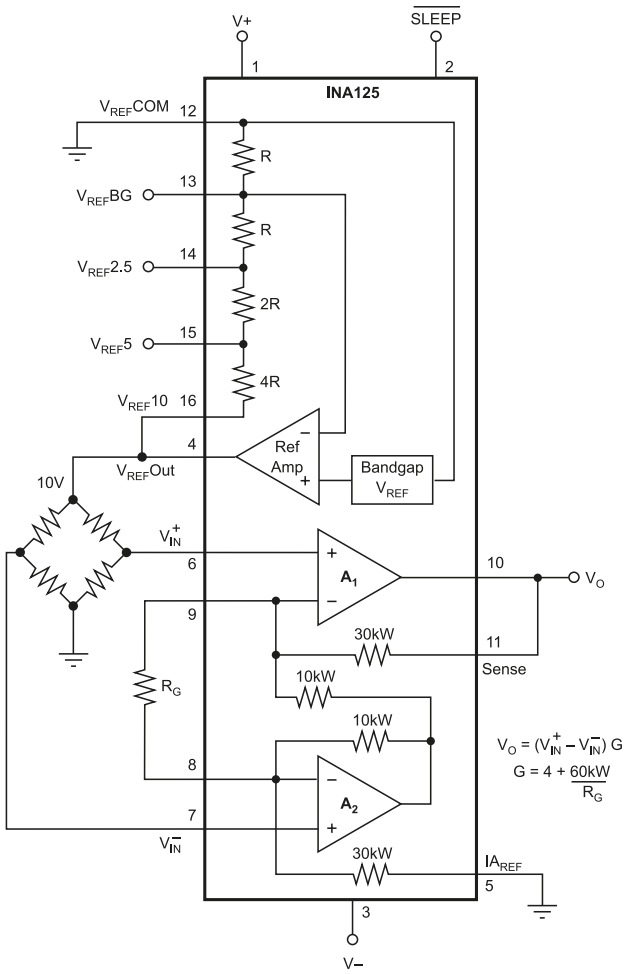
W wielu aplikacjach, szczególnie medycznych, wymagana jest pełna izolacja galwaniczna między czujnikami pomiarowymi a dalszą częścią elektroniki. Rozwiązaniem takiego problemu są wzmacniacze z izolacją optyczną, np. ACNT-H79x firmy Broadcom. Układy te zapewniają wzmocnienie 8,2 V/V z utrzymaniem półprocentowej dokładności, są zasilane napięciem 5 V i wzmacniają sygnały do 200 kHz.

Elementem systemów przetwarzania analogowo-cyfrowego jest układ Sample and Hold. Wprawdzie nowoczesne przetworniki ADC zawierają go w swojej strukturze, to jednak mogą się zdarzyć przypadki, w których konieczne jest wykonanie takiego układu na piechotę. I znowu, podobnie jak ze wzmacniaczami pomiarowymi, składanie układu Sample and Hold z pojedynczych wzmacniaczy w sytuacji, gdy są dostępne gotowe wyroby, byłoby raczej pozbawione sensu. Przykładowo, układ taki – LF398S8, został zaprojektowany



Rysunek 23. Typowa konfiguracja wzmacniacza pomiarowego

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 24. Wewnętrzny schemat ideowy układu INA125

przez Linear Technology w czasach, gdy firma ta funkcjonowała jeszcze samodzielnie. Układ ten charakteryzuje się bardzo wysoką impedancja wejściową rzędu 1010 Ω, co uzyskano dzięki zastosowaniu tranzystora FET w stopniu wejściowym. Pewną niewygodą w dzisiejszych czasach jest podwójne zasilanie ±5...±15 V.

Problemy zaopatrzeniowe

W czasie pisania artykułu chyba nie ma firmy zajmującej się produkcją elektroniki, która nie cierpiałaby z powodu niespotykanych wcześniej problemów zaopatrzeniowych. Jest to problem ogólnoświatowy, a co gorsza, dotyczy wszystkich grup elementów. Bywały przypadki, kiedy to spaliła się gdzieś fabryka pamięci, co spowodowało nagły zastój w produkcji komputerów. Problem ten i inne podobne udawało się jednak szybo pokonywać, znajdując rozwiązania alternatywne. Obecny kryzys jednak trwa, można powiedzieć nieustannie, mniej więcej od początku roku 2020, a więc od czasu, który można wiązać z covidem-19. Z tym, że pandemię w znacznym stopniu opanowano, a spoglądając dziś na stany magazynowe dystrybutorów części elektronicznych, dostrzegamy same zera, z często występującą adnotacją informującą, że wznowienie sprzedaży nastąpi najszybciej jak to będzie możliwe. Tylko czas leci, a ten moment nie nadchodzi.

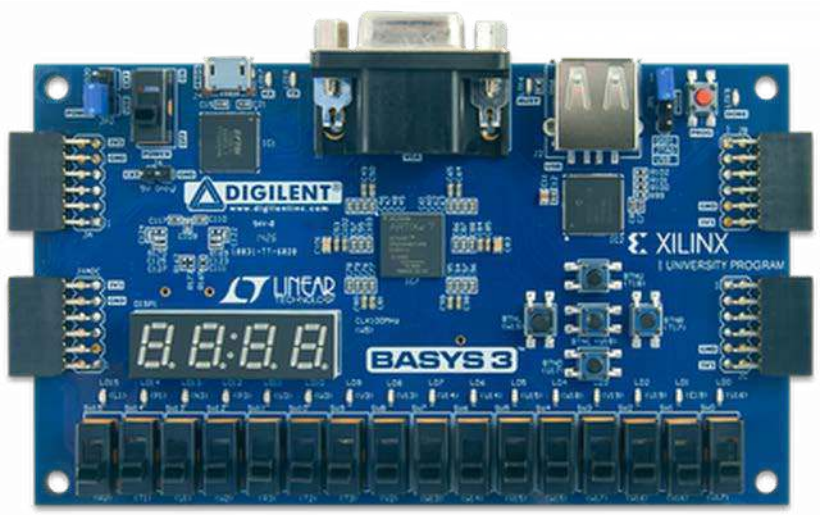
Innym problemem jest stosunkowo krótki czas życia niektórych elementów. Niestety dotyczy on w dużym stopniu na przykład czujników i to wszelkiego rodzaju, a nie jakiejś wybranej grupy. Jak na ironię wynika to często z szybkiego postępu technologicznego i chęci sięgania po nowości przez użytkowników urządzeń końcowych. Utrzymywanie produkcji przestarzałych komponentów przestaje się opłacać, tym bardziej że serwisowanie urządzeń też mija się z celem wobec parcia użytkowników na nowości. Wszystkie te sytuacje i trendy komplikują planowanie produkcji i jej utrzymanie przynajmniej w zakładanym czasie. Cieszą się za to konstruktorzy, którym pracy nie brakuje. Żeby tylko mieli z czego realizować swoje projekty.

Jarosław Doliński, EP

REKLAMA

Zestawy uruchomieniowe FPGA

Zestaw Basys 3 Artix-7 FPGA Trainer Board http://bit.ly/2MW1wFS



Kod handlowy: FPGA0001 • Producent: Digilent

Zestaw Basys 3 jest w szczególności polecany hobbystom i organizatorom kursów poświęconych układom programowalnym, oraz uczestnikom tych kursów. Oryginalny Basys 3 to zestaw do projektowania układów/systemów cyfrowych w środowisku Vivado Design Suite, z układem FPGA w wersji 35-T rodziny Artix 7 firmy Xilinx pozwalającym je praktycznie wdrożyć. Zestaw ten to najnowsza odsłona linii produktów Basys powstała specjalnie z myślą o osobach początkujących i studentach kierunków elektronicznych. W ich ręce producent oddaje gotowy do użycia produkt o dużej liczby peryferii zawierający niezbędne obwody. Tym samym nie ma potrzeby dołączania odrębnych komponentów, by stworzyć określone rozwiązanie. Ostatnie może być przy tym proste (np. bramki logiczne) lub bardziej złożone (np. namiastka domu inteligentnego). Zatem to sprzęt do zastosowań domowych oraz profesjonalnych, w tym do układów czasu rzeczywistego (RTOS).

AVT sklep

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

http://sklep.avt.pl

eprasa.pl 136c999a57

Złącza do zadań specjalnych (2)

W poprzedniej części artykułu zaprezentowaliśmy tematykę uniwersalnych złączy hybrydowych oraz subminiaturowych. Tym razem przyjrzymy się interesującym przykładom złączy wysokonapięciowych i magnetycznych, a także kilku grupom rozwiązań opracowanych dla branży medycznej oraz rozwiązań podwodnych.

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

Złącza wysokonapięciowe

Jak wspomnieliśmy już poprzednio, niektóre złącza uniwersalne mogą pracować z napięciami rzędu 5 kV, co wymaga nie tylko przemyślanych rozwiązań w zakresie kształtu i wymiarów izolacji, ale także doboru odpowiednich materiałów, z których wykonane będą korpusy izolacyjne oraz elementy obudowy. W niektórych zastosowaniach konieczne jest jednak użycie gniazd i wtyków o znacznie wyższych ratingach napięciowych – wtedy z pomocą przychodzą specjalistyczne konektory o zakresie napięć roboczych rzędu kilkunastu i więcej kilowoltów.

Szczególnie interesującą ofertę w zakresie złączy HV opracowała niemiecka firma hivolt.de. Najnowsza seria ultrawysokonapięciowych komponentów, oznaczona numerem HC7, obejmuje modele o napięciu znamionowym od 10 kVDC do nawet 100 kVDC (!) – należy tutaj podkreślić, że mówimy o maksymalnym dopuszczalnym napięciu pracy, gdyż wszystkie produkty przeszły testy przy napięciu o 50% wyższym. W konstrukcji złączy uwagę zwracają silnie wysunięte izolatory teflonowe (**fotografia 1**), efektywnie zwiększające zarówno odstępy powierzchniowe, jak i powietrzne pomiędzy metalowym korpusem a środkowym przewodnikiem. Wtyki HC7 współpracują ze specjalistycznymi kablami HV o średnicy około 11...12 mm, również znajdującymi się w ofercie niemieckiego producenta.

Złącza o niższych napięciach nominalnych występują w wersji z mocowaniem bagnetowym i są silnie wzorowane na standardzie BNC – z tą różnicą, że (podobnie jak omówione wcześniej HC7) również zawierają wydłużone izolatory. Przykład zaprezentowano na **fotografii 2** – złącza z serii 57 SHV mogą pracować z napięciem stałym do 5 kVDC lub przemiennym do 3,5 kVrms i zapewniają wysoki poziom bezpieczeństwa dotykowego dzięki cofnięciu „gorącego" przewodnika w głąb korpusu. Komponenty te są produkowane z myślą o aparaturze laboratoryjnej, wyposażeniu nuklearnym czy też wysokonapięciowych zasilaczach i wzmacniaczach. W ofercie hivolt.de znalazły się także 1-, 2- oraz 3-torowe złącza VP-CL o ratingu 13 kVDC, zawierające mocowanie zatrzaskowe (**fotografia 3**).

Fotografia 3. 3-torowe złącze HV z serii VP-CL marki hivolt.de (https://t.ly/mxop)

Fotografia 4, Dziewięciotorowy wtyk ST 91 i kompatybilne gniazdo BU 91 marki SPS Electronic (https://t.ly/tq2F)

Podobne rozwiązania konstrukcyjne w zakresie koordynacji izolacji korpusów złączy są stosowane również przez innych producentów. Dobrym przykładem mogą być tutaj produkty z serii ST x1/BU x1, gdzie x oznacza liczbę pinów (5, 7 lub 9). Elementy te, dostarczane przez niemiecką markę SPS Electronic, mają napięcie nominalne 10 kVDC/7 kVAC, mogą przewodzić prąd o natężeniu do 30 A(AC) i bazują na teflonowych izolatorach. Wtyki męskie są przeznaczone do zarabiania na kablu, natomiast gniazda mają kołnierze z czterema otworami montażowymi (**fotografia 4**).

Złącza magnetyczne

W niektórych sytuacjach użyteczne okazuje się zastosowanie złącza magnetycznego. Tego rodzaju komponenty mają wbudowane (zwykle dwa) niewielkie magnesy neodymowe o ściśle określonym, powtarzalnym ułożeniu biegunów. Pozycjonowanie wtyku w gnieździe odbywa się zatem niejako samoczynnie – wystarczy jedynie zbliżyć wtyczkę do gniazda, a siły oddziaływań pomiędzy magnesami zajmą się resztą. Złącza magnetyczne – choć nie zdobyły jeszcze zbyt dużej popularności – można już spotkać w niektórych zastosowaniach konsumenckich. Dość powiedzieć o systemie ładowania gadżetów ubieralnych (np. opasek marki Xiaomi), wyposażonych w customowe, dwupinowe złącza samoczynnie pozycjonujące się do odpowiedniej

Fotografia 1. 100-kilowoltowe złącza marki hivolt.de z serii HC7 (https://t.ly/0_Lf)

Fotografia 2. Złącza z serii 57 SHV marki hivolt.de (https://t.ly/mxop)

Fotografia 5. Złącze ładowarki przeznaczone do opasek Xiaomi Mi Smart Band 5/6. Widok od strony pinów (https://t.ly/wccW)

Fotografia 6. Złącze z fotografii 5 po podłączeniu do opaski (https://t.ly/Vo_X)

eprasa.pl 136c999a57

Fotografia 7. Akcesoryjny zestaw kabla USB z wymiennymi końcówkami magnetycznymi (microUSB, Lightning i USB C) marki Kruger & Matz (https://t.ly/2J3q)

Fotografia 8. Złącze magnetyczne z serii RoPD marki Rosenberger (https://t.ly/hGL5)

Fotografia 11. Obrotowe, magnetyczne złącza zasilające marki GT Contact (https://t.ly/cSIF)

polaryzacji (**fotografie 5 i 6**). W sprzedaży detalicznej dostępne są także uniwersalne zestawy kabli USB z wymiennymi końcówkami według trzech najpopularniejszych standardów: microUSB, USB C i Lightning (**fotografia 7**) – warto dodać, że oprócz względów czysto ergonomicznych, tego typu rozwiązania mają także inne zalety. Umieszczenie niskoprofilowej, miniaturowej końcówki na stałe w gnieździe urządzenia mobilnego częściowo zabezpiecza jego wnętrze przed dostawaniem się zabrudzeń i wilgoci, zmniejsza efekt zużycia mechanicznego w wyniku częstych cykli łączeniowych, a nade wszystko – zabezpiecza gniazdo i przewód przed uszkodzeniem w wyniku przypadkowego szarpnięcia.

Złącza magnetyczne są jednak dostępne także w wielu innych wykonaniach, przeznaczonych do rozmaitych aplikacji profesjonalnych: przemysłowych (automatyka i robotyka), medycznych (urządzenia monitorujące), a nawet motoryzacyjnych (lekkie pojazdy elektryczne). Dość często jako potencjalne zastosowanie tego typu elementów wymienia się także… drony. Szeroką ofertę zróżnicowanych gniazd i wtyków magnetycznych można znaleźć w katalogu firmy Rosenberger. Oprócz pokazanych na **fotografii 8** złączy z serii RoPD, przeznaczonych do transferu dużej mocy (10...40 A/60 VDC) oraz danych (cztery piny 12-woltowe) i zapewniających zaskakująco wysoki poziom szczelności (IP67), producent oferuje także magnetyczną odmianę złączy „ethernetowych" 8P8C (**fotografia 9**). W ofercie firmy Rosenberger można znaleźć ponadto mniejsze, uniwersalne złącza wielopinowe z serii MultiMag 15 (**fotografia 10**), zapewniające rating na poziomie 12 VDC/4,5 A i kontrolowaną impedancję par różnicowych na poziomie 100 Ω oraz MultiMag 6 (24 VDC/1 A).

W tym samym segmencie rynku znajdziemy rozmaite złącza obrotowe – i to zarówno przeznaczone do aplikacji zasilających, jak i przekazu danych. Do pierwszej kategorii można zaliczyć np. obrotowe złącze dwupinowe marki GT Contact (**fotografia 11**), zdolne do pracy z obciążeniem na poziomie 5 A/30 V. Jeżeli dana aplikacja wymaga natomiast przesyłu danych (w tym także zgodnie z USB 2.0), warto rozważyć zastosowanie hermetycznych (IP68!) złączy z serii Stingray marki Amphenol o obciążalności styków do 3 A (prąd ciągły)/5 A (prąd udarowy). Złącze pokazane na **fotografii 12** może pracować przy dowolnej orientacji wtyku względem gniazda, co zapewniają koncentryczne styki współpracujące z dociśniętymi sprężynowo pinami. Co więcej, jeden ze styków oferuje funkcję FMLB (first-mate-last-break), a to oznacza, że zostaje połączony jako pierwszy i rozłączony jako ostatni – więcej na ten temat pisaliśmy w pierwszej części artykułu (EP 06/2022). Złącza Stingray są przeznaczone do aplikacji ubieralnych, np. stymulatorów mięśni stosowanych do treningów EMS, wojskowych systemów telekomunikacyjnych, itp.

Fotografia 12. Obrotowe złącze magnetyczne z serii Stingray marki Amphenol (https://t.ly/3ezr)

Złącza medyczne

Branża medyczna jest szczególnie wymagająca pod względem praktycznie każdego zagadnienia technicznego, które wiąże się z konstrukcją i oprogramowaniem aparatury diagnostycznej oraz terapeutycznej. Nie inaczej jest w przypadku złączy, które muszą spełniać rygorystyczne normy w zakresie wytrzymałości izolacji, bezpieczeństwa dotykowego, rezystancji połączeń, hermetyczności, odporności na środki dezynfekcyjne i temperaturę, czy też wreszcie możliwości sterylizacji. A to dopiero początek długiej listy wymagań stawianych gniazdom i wtykom stosowanym w urządzeniach medycznych. Aby pojąć ogromne zróżnicowanie tej gałęzi rynku, wystarczy wyszukać właściwie dowolne zdjęcie, figurujące w Internecie pod hasłem *medical connectors* (**fotografia 13**), a następnie uświadomić sobie, że niemal każdy duży gracz na rynku medycznym korzysta nie tylko z rozwiązań katalogowych, lecz także ze złączy przeznaczonych zaledwie do jednego lub kilku modeli produkowanych przez niego urządzeń. Z tego też powodu w artykule nie sposób zawrzeć systematycznego przeglądu złączy medycznych – zamiast tego skupimy się na kilku praktycznych zastosowaniach, prezentując wybrane rodziny komponentów.

Medyczne złącza jednorazowe

Zabiegi i procedury diagnostyczne wymagają zachowania rygorystycznych wymogów w zakresie ograniczania transmisji patogenów – bakterii, wirusów i grzybów – pomiędzy kolejnymi pacjentami. Medycy doskonale wiedzą, że najwięcej zakażeń przenosi się przez ręce, które z oczywistych przyczyn mają kontakt nie tylko z ciałem pacjenta, ale także setkami powierzchni dotykowych, do których należą m.in. elementy aparatury medycznej oraz akcesoria. Istnieją dwie metody zapobiegania przenoszeniu zakażeń: stosowanie produktów jednorazowych oraz dekontaminacja i sterylizacja wyposażenia wielorazowego użytku. Pierwsza z wymienionych technik sprawdza się doskonale nie tylko w przypadku strzykawek, igieł, środków opatrunkowych czy też

Fotografia 9. Zestaw komplementarnych złączy Magnetic RJ45 marki Rosenberger (https://t.ly/c5yr)

Fotografia 10. Złącza MultiMag 15 marki Rosenberger (https://t.ly/_XOJ)

Fotografia 13. Kilka przykładowych złączy medycznych (https://t.ly/tWCV)

eprasa.pl 136c999a57

Fotografia 14. Przykład jednorazowego akcesorium medycznego – samoprzylepny czujnik SpO_2 (https://t.ly/vZXB)

Fotografia 15. Nóż elektrochirurgiczny wielorazowego użytku marki Valleylab (https://t.ly/lBjV)

rozmaitych drenów i cewników – jednorazowe bywają wszak liczne elementy elektryczne lub elektroniczne (zarówno ze względów epidemiologicznych, jak i czysto technicznych). Przykładowo, samoprzylepne czujniki pulsoksymetryczne (**fotografia 14**) – choć nie mają przecież kontaktu z płynami ustrojowymi – i tak nie mogłyby być używane wielokrotnie, gdyż warstwa klejąca jest nierozerwalnie zintegrowana z foliową „kieszonką" zawierającą elementy optoelektroniczne.

Złącza sterylizowalne

W przypadku inwazyjnych procedur medycznych konieczne jest zachowanie sterylności stosowanych narzędzi i wyposażenia – taka sytuacja ma miejsce nie tylko w szeroko pojętej chirurgii, ale także w przypadku rozmaitych zabiegów w obszarze kardiologii inwazyjnej, stomatologii bądź endoskopii. Co prawda istnieją jednorazowe urządzenia elektroniczne wymagające sterylizacji już na etapie produkcji, ale najczęściej mamy do czynienia z wyposażeniem wielorazowego użytku – dobrym przykładem mogą być tutaj chociażby noże elektrochirurgiczne, występujące w obydwu wymienionych odmianach.

Z punktu widzenia elektroniki liczba cykli mycia i sterylizacji ma duże znaczenie dla wytrzymałości zarówno kabli, jak i złączy – sterylizacja parowa w autoklawie wymaga zastosowania temperatur rzędu 120...130°C, co stanowi niemałe narażenie dla materiałów polimerowych i klejów stosowanych w wyposażeniu medycznym. Przykładowo, nóż elektrochirurgiczny Valleylab pokazany na **fotografii 15** może przetrwać 30 cykli sterylizacji parowej w temperaturze do 134°C. W przypadku gdy dany przyrząd ma być sterylizowany razem z kablem i złączem, konieczne jest zatem dobranie takiego wtyku, który nie tylko spełni wszelkie wymagania pod względem bezpieczeństwa i parametrów elektrycznych (obciążalność prądowa, napięcie izolacji, rezystancja zestyku), ale też będzie w stanie zachować je po określonej liczbie procedur sterylizacji.

Fotografia 16. Wtyk i gniazdo z rodziny ODU MINI-MED® (https://t.ly/1mOx)

Fotografia 17. Złącza z serii ODU MINI-SNAP® (https://t.ly/G5UaL)

Fotografia 18. Sterylizowalne złącza ODU MEDI-SNAP® z korpusami tworzywowymi (https://t.ly/RvzW)

Fotografia 19. Przykładowe złącza zalewane silikonem marki ODU (https://t.ly/AxV7)

Marka ODU wprowadziła na rynek obszerną ofertę złączy medycznych. Rodzina okrągłych złączy ODU MINI-MED obejmuje rozwiązania miniaturowe, przeznaczone do sterylizacji tlenkiem etylenu (ETO) – przykład został pokazany na **fotografii 16**. Z kolei złącza z serii ODU MINI-SNAP (**fotografia 17**) mogą być sterylizowane w autoklawach nawet do 500 razy (!), co niebywale wydłuża czas eksploatacji intensywnie używanego wyposażenia medycznego. Co ciekawe, firma opracowała także serię tworzywowych złączy ODU MEDI-SNAP, które również są w stanie znieść wiele cykli sterylizacji parowej. Dodatkowo producent oferuje usługę zalewania złączy nieprzywierającą powłoką silikonową (wraz z kompletnym montażem wiązek kablowych, a nawet indywidualnym znakowaniem laserowym – **fotografia 19**), co znacząco skraca czas wdrożenia końcowego produktu na rynek medyczny. Warto dodać, że najnowsze portfolio firmy obejmuje także złącza hybrydowe, wyposażone – oprócz konwencjonalnych pinów – w sekcje koncentryczne, światłowodowe oraz płynowe (**fotografia 20**).

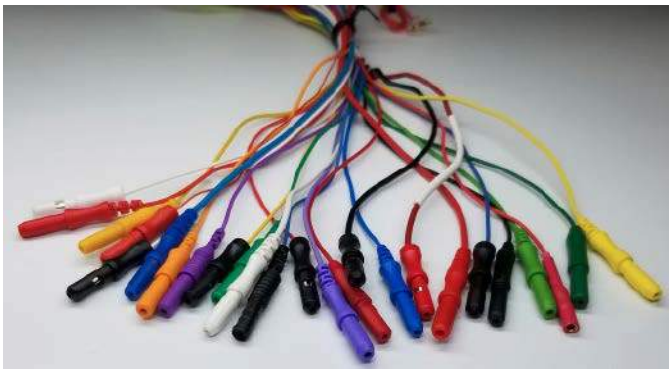
Złącza elektrodiagnostyczne i elektrostymulacyjne

Komitety normalizacyjne dawno już dostrzegły ryzyko, jakie niesie ze sobą nieprawidłowe użytkowanie odprowadzeń pacjenta (np. elektrod EKG) – nietrudno domyślić się na przykład, jak tragiczne w skutkach byłoby włożenie wtyku kabla, prowadzącego od elektrody podłączonej do klatki piersiowej pacjenta, do gniazda sieciowego... Ten efektowny przykład niebezpieczeństwa elektrycznego stanowi

Fotografia 20. Złącza ODU MEDI-SNAP® w rozmiarze 3,5, po prawej widoczna wersja hybrydowa (https://t.ly/hvHJ)

eprasa.pl 136c999a57

Fotografia 21. Znormalizowany palec probierczy zgodny z normą 60601-1 (https://t.ly/9FO4)

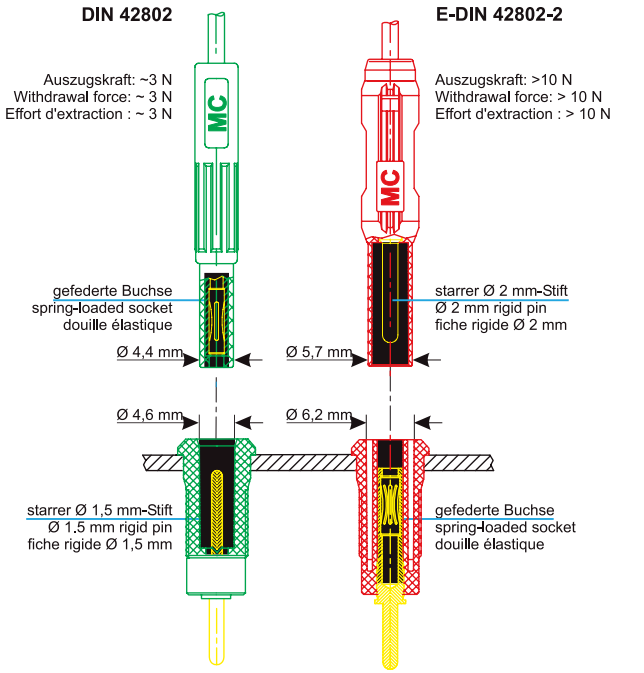


Fotografia 22. Przewody ze złączami typu touch-proof, stosowane w aparaturze biosygnałowej, stymulatorach elektrycznych itp. (https://t.ly/mA_c)

jednak zaledwie jedną z wielu sytuacji (i to chyba najmniej prawdopodobną), w których zagrożenie dla pacjenta może płynąć od przypadkowego kontaktu wolnego końca przewodu z przewodzącą powierzchnią – wyobraźmy sobie choćby wypadek, w którym styk złącza dotknie powierzchni uziemionej czy też pozostającej z jakichś względów pod napięciem. W celu zapobieżenia takim sytuacjom zalecenia zarówno obowiązującej normy 60601-1 (na gruncie polskim jest to PN-EN 60601-1:2011), jak i dość leciwego, ale wciąż aktywnego standardu DIN 42802 (dotyczącego bezpiecznych złączy przeznaczonych do aplikacji elektromedycznych) oraz amerykańskiej normy ANSI/AAMI EC53-1995 (bazującej na DIN 42802) jasno definiują kluczowe wymagania stawiane konstrukcji i wymiarom złączy.

Przykładowo, punkt 8.5.2.3 normy PN-EN 60601-1:2011 stawia wymaganie, by styk złącza był oddalony o przynajmniej 0,5 mm od płaskiej powierzchni, z którą może się ono zetknąć, zaś w przypadku, gdy możliwe jest włożenie wtyku do gniazda sieciowego, styk powinien być odseparowany od przewodzących elementów tegoż gniazda przynajmniej 1-milimetrowym odstępem powierzchniowym. Dodatkowo, izolacja powinna mieć wytrzymałość na poziomie co najmniej 1500 V, a tzw. znormalizowany palec probierczy (fotografia 21) – stosowany do badania bezpieczeństwa przewodzących części dostępnych urządzeń medycznych – nie może dotknąć styku nawet przy nacisku równym 10 N na krawędź otworu, w którym znajduje się styk. Nieco podobnie definiuje się także wymagania mechaniczno-elektryczne dotyczące gniazd, znajdujących się w obudowie urządzenia (w tym przypadku siła wywierana przez palec probierczy ma jednak wynosić 30 N).

Wtyki *touch-proof* są powszechnie spotykane m.in. w aparaturze EEG, gdzie – z uwagi na niewielkie wymiary i masę oraz dużą liczbę używanych elektrod – zastosowanie niewielkich wtyków i gniazd jest wysoce pożądane z praktycznego punktu widzenia. Przykładowe przewody zakończone tego typu złączami zostały pokazane na **fotografii 22**, zaś **rysunek 1**, zaczerpnięty z katalogu marki Multi-Contact (grupa Stäubli), pozwala zapoznać się z różnicami konstrukcyjnymi pomiędzy najczęściej spotykanymi złączami, określanymi potocznie



Rysunek 1. Porównanie konstrukcji złączy touch-proof według norm DIN 42802 i E-DIN 42802-2 (https://t.ly/_--A)

jako 1,5-milimetrowe (i oznaczanymi w katalogach jako DIN 42802) oraz 2-milimetrowe (E-DIN 42802-2).

Złącza do głowic USG

Konstrukcja współczesnych głowic USG opiera się na zastosowaniu odpowiedniej matrycy miniaturowych przetworników ultradźwiękowych. Podczas gdy konwencjonalne głowice mają zwykle od 32 do 256 elementów, to najnowocześniejsze modele korzystają nawet.... z kilkudziesięciu tysięcy komórek – przykładowo, głowice Philips xMatrix typu XL14-3 (**rysunek 2**) mają dwuwymiarową matrycę złożoną z aż 56000 pól! Tak duża liczba przetworników wymaga zastosowania odpowiednich złączy, które będą w stanie obsłużyć wymaganą przez system wiązkę przewodów. Rzecz jasna, nie mówimy tutaj o bezpośrednim wyprowadzeniu każdego pojedynczego elementu na osobny pin złącza (co byłoby niemożliwe w przypadku najbardziej rozbudowanych głowic), jednak nawet przy zastosowaniu technik redukcji liczby linii sygnałowych nie ulega wątpliwości, że aparatura ultrasonograficzna siłą rzeczy musi zawierać złącza o wyjątkowo dużej liczbie styków.

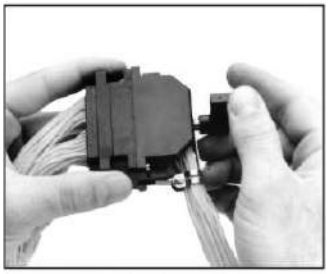
Złotym standardem w świecie ultrasonografii stały się złącza ZIF (**fotografia 23**), w których blokada mechaniczna – po wsunięciu wtyku do gniazda – jest realizowana poprzez obrócenie niewielkiej dźwigni,

Rysunek 2. Ilustracja pola obrazowania dwuwymiarowej głowicy USG XL14-3 marki Philips (https://t.ly/dcNg)

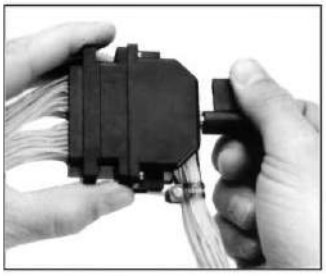
eprasa.pl 136c999a57

Fotografia 23. Wielopinowe złącza ZIF stosowane powszechnie do podłączania głowic USG (https://t.ly/CPDq)

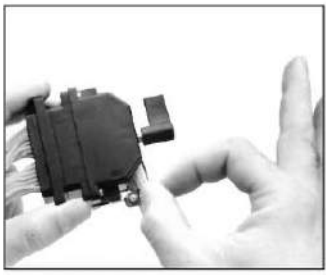
znajdującej się na zewnętrznej powierzchni obudowy wtyku (**fotografia 24**).



Step 1. Simply place it together.



Step 2. Turn the cam a quarter turn.



Step 3. It's locked and mated.

Fotografia 24. Zasada działania mechanizmu docisku pinów w złączach ZIF z rodziny DLM (https://t.ly/CPDq)

Złącza cewek MRI

Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (MRI) stanowi jedną z kilku najważniejszych metod diagnostyki obrazowej współczesnej medycyny. Możliwość uzyskania nieinwazyjego wglądu we wszystkie obszary ludzkiego ciała, w ogromnej rozdzielczości i dowolnej płaszczyźnie, jest uzyskiwana dzięki zastosowaniu bardzo silnego, stałego pola magnetycznego o indukcji rzędu kilku tesli oraz szybkozmiennych, ale znacznie słabszych pól gradientowych. Warunki takie – choć z medycznego punktu widzenia praktycznie nieszkodliwe dla pacjenta (poza pewnymi wyjątkami), okazują się ogromnym utrudnieniem dla wszelkich komponentów i układów elektronicznych, a zwłaszcza cewek odbiorczych i nadawczo-odbiorczych, układanych pod ciałem pacjenta lub wokół niego (**fotografia 25**).

Konieczność unikania materiałów ferromagnetycznych w konstrukcji sprzętu przeznaczonego do pracy w bliskości tomografu MRI wynika przede wszystkim z obawy przed groźnymi skutkami oddziaływania silnego pola magnetycznego z materiałami o dużej podatności magnetycznej. Choć istotnie pole elektromagnesu nadprzewodnikowego jest na tyle silne, że bez problemu może przyciągnąć do gantry nawet duże urządzenia (np. wózki inwalidzkie czy łóżka szpitalne) – przykład na **fotografii 26** – to w przypadku stosunkowo niewielkich elementów, jakimi są złącza cewek, główny powód unikania ferromagnetyków jest diametralnie inny [1]. Chodzi bowiem o zniekształcenia linii pola magnetycznego, jakie pojawiają się po umieszczeniu w ciele pacjenta (lub tuż koło niego) materiałów ferromagnetycznych – zaburzenie jednorodności pola powoduje powstawanie artefaktów utrudniających lub nawet uniemożliwiających przeprowadzenie diagnostyki.

Fotografia 25. Cewka nadawczo-odbiorcza marki Siemens do badania głowy za pomocą MRI – model ma wbudowany przedwzmacniacz. Niewielki element widoczny na samej górze urządzenia to zwierciadło, które – kierując obraz otoczenia do oczu pacjenta – ma redukować dyskomfort związany z klaustrofobią (https://t.ly/-tnf)

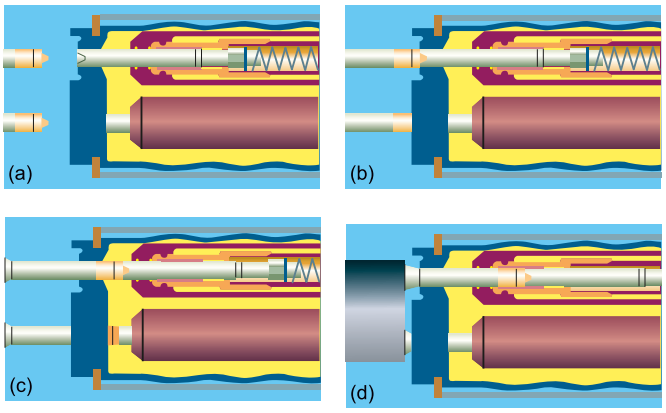
Fotografia 26. Efektowny przykład wypadku, polegającego na wjechaniu w rejon gantry z łóżkiem nieprzystosowanym do pracy przy MRI (https://t.ly/u8Hr)

Innym, niezwykle ważnym aspektem złączy stosowanych w cewkach MRI jest właściwa kontrola impedancji, gdyż cewki pracują z sygnałami radiowymi o częstotliwości rzędu od około 63 MHz do ponad 200 MHz (wartości te wynikają z częstotliwości precesji Larmora protonów, czyli jąder wodoru zawartych w cząsteczkach wody w płynach ustrojowych oraz tłuszczu). Dodatkowym wymogiem praktycznym jest także duża liczba cykli łączeniowych, gdyż ze sporym prawdopodobieństwem można założyć, że niemal przed każdym badaniem trzeba będzie zmienić cewkę na inną, odpowiadającą aktualnie obrazowanej okolicy anatomicznej pacjenta.

Szeroką ofertę złączy dopuszczonych do użytku w obszarze silnego pola magnetycznego MRI opracowała wspomniana już wcześniej wielokrotnie firma ODU. Oferowane przez markę złącza hybrydowe ODU-MAC

Fotografia 27. Przykładowe złącza dopuszczone do użytku w warunkach silnego pola magnetycznego MRI – seria ODU-MAC® firmy ODU Connectors (https://t.ly/V7ul)

eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 3. Zasada działania złączy *wet-mate* na przykładzie rodziny digiTRON marki Siemens. Zaprezentowano procedurę łączenia wtyku męskiego z gniazdem żeńskim: a) wtyk i gniazdo przed połączeniem, b) czoło wtyku uzyskuje kontakt z trzpieniem przesuwnym w gnieździe, c) wtyk wchodzi do pierwszej komory olejowej, d) wtyk mija wewnętrzne uszczelnienie i wsuwa się do drugiej komory olejowej, uzyskując pełny kontakt elektryczny z odpowiadającym stykiem gniazda (https://t.ly/jnxi)

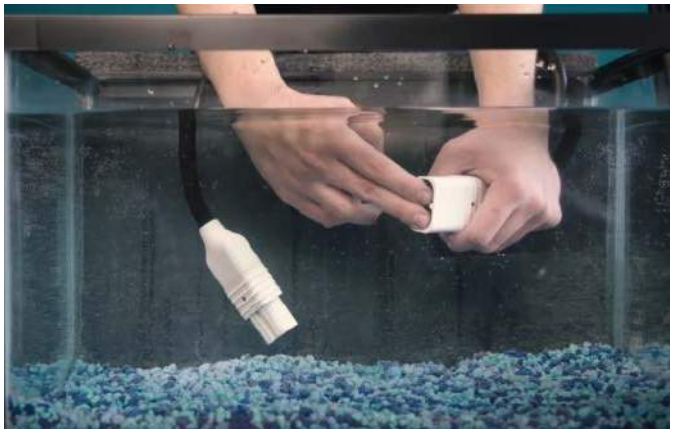
(**fotografia 27**), oprócz sekcji koncentrycznych oraz różnicowych, przeznaczonych do szybkiej transmisji danych, mogą być wyposażone także w grube piny zasilania oraz zwykłe styki sygnałowe. Ponadto firma oferuje produkty do innych zastosowań w aparaturze MRI, w tym do wiązek kablowych umożliwiających dokowanie przesuwnego stołu pacjenta do głównego segmentu tomografu.

Złącza podwodne typu wet-mate

Na koniec naszej prezentacji zostawiliśmy interesujące rozwiązania złączy podwodnych. Logiczne wydaje się stwierdzenie, że wtyki i gniazda przeznaczone do pracy pod wodą powinny być wykonane z użyciem wielopoziomowych, solidnych uszczelnień i zapewniać doskonałą hermetyczność nawet w warunkach wysokiego ciśnienia hydrostatycznego. Szczelność miałaby chronić złącza przed zgubnym wpływem wody, gdyż dostanie się choćby niewielkiej jej ilości w rejon styków wiązałoby się z licznymi zagrożeniami – tak dla operatora (ryzyko porażenia), jak i systemu (zwarcia, przesłuchy pomiędzy liniami sygnałowymi, itd.). Niektórzy producenci opracowali jednak diametralnie inne rozwiązanie – złącza typu *wet-mate*, czyli zdolne do łączenia i rozłączania po… zalaniu przez otaczającą wodę. W niektórych realizacjach stosowane są specjalne uszczelnienia i podwójne płaszcze olejowe, a także przemyślne rozwiązania mechaniczne, mające na celu odseparowanie powierzchni styków od wilgoci podczas zarówno łączenia, jak i rozłączania obu komponentów. Doskonałym przykładem tak rozbudowanego rozwiązania są złącza Siemens digiTRON (**rysunek 3**,

Fotografia 28. Przykładowe złącze wet-mate marki Siemens (seria digiTRON). Źródło: https://t.ly/PzNg

Fotografia 29. Przykładowe złącza typu wet-mate z serii niobiCONN (https://t.ly/k6PY)



Fotografia 30. Złącze niobiCONN podczas prezentacji. Warstwa niobu w kontakcie z wodą tworzy efektywny izolator, zabezpieczający powierzchnie dotykowe styków i chroniący w ten sposób użytkownika przed porażeniem (https://t.ly/4qgV)

fotografia 28). Praktyczna zaleta płynąca z zastosowania elementów *wet-mate* jest oczywista – operatorzy mogą wykonywać instalacje podwodne w miejscu docelowym (np. na dnie oceanu) bez konieczności wynurzania w celu skręcenia złączy w suchym otoczeniu.

Firma iCONN Systems, LLC zastosowała jednak całkowicie inne rozwiązanie, wprowadzając na rynek serię złączy niobiCONN. Komponenty występują w różnych wersjach (**fotografia 29**), a ich wspólną cechą jest zastosowanie 150-nanometrowej warstwy niobu (metalu przejściowego o właściwościach zbliżonych do tantalu), która – nieco podobnie jak w przypadku styków z pokryciem cynowym – ulega tarciu podczas łączenia wtyku z gniazdem, co prowadzi do powstania stabilnego kontaktu elektrycznego. W miejscach wystawionych na działanie wody – w czasie rzędu milisekund – wytwarza się natomiast cienka warstwa izolatora, która chroni zarówno same styki, jak i użytkownika (**fotografia 30**). Złącza mogą pracować z napięciem do 60 V, a ich niezaprzeczalną zaletą jest znacznie prostsza budowa w porównaniu do klasycznych komponentów klasy *wet-mate*, zawierających skomplikowane mechanizmy olejowe – w tym przypadku żadne uszczelnienia nie są bowiem konieczne.

Podsumowanie

Jak widać, rynek złączy obfituje w niezwykle interesujące, często nietuzinkowe rozwiązania, skrojone na miarę różnorodnych potrzeb wszystkich branż współczesnej techniki. Niezależnie od tego, czy mamy do czynienia z precyzyjną aparaturą elektrodiagnostyczną, zaawansowanymi systemami obrazowania medycznego, pojazdami i instalacjami podwodnymi, czy też 100-kilowoltowym wyposażeniem laboratoriów nuklearnych – każdy obszar rynku rządzi się swoimi prawami, a na konstrukcję i parametry złączy bezpośredni wpływ mają charakterystyczne konstelacje warunków środowiskowych, w jakich musi pracować dane urządzenie. Żywimy nadzieję, że zaprezentowane przykłady komponentów zachęcą naszych Czytelników do dalszych poszukiwań, co być może zaowocuje optymalnym doborem złączy podczas planowania kolejnych projektów.

inż. Przemysław Musz, EP

[1] Niezależnie od tego nie należy zapominać, że drobne przedmioty ferromagnetyczne (np. klucze czy narzędzia ręczne) także mogą z łatwością zostać przyciągnięte do wewnętrznej powierzchni gantry, co w przypadku cięższych obiektów może skutkować nawet jej uszkodzeniem

www.ep.com.pl/EPwtoku

eprasa.pl 136c999a57

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (17)

Front-endy do pomiarów ultradźwiękowych (2)

W poprzedniej części Poradnika Implementacji omówiliśmy trzy – relatywnie najprostsze – spośród front-endów ultradźwiękowych marki Texas Instruments. W tym odcinku kontynuujemy nasz przegląd, rozszerzając go (wyjątkowo w historii naszego cyklu) zaledwie o jeden model układu. To nie przypadek – okazuje się bowiem, że producent zastosował tu szereg wyjątkowo interesujących rozwiązań, które w dość niekonwencjonalny sposób zwiększają zakres dynamiki pomiarów i niezawodność systemu bazującego na omawianym AFE. Jak zawsze, zwrócimy też uwagę na istotne aspekty implementacyjne, które z powodzeniem można odnieść również do innych realizacji układowych.

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

Poprzednio omówiona grupa front-endów ultradźwiękowych obejmowała proste układy, które zasadniczą część funkcjonalności (właściwy pomiar czasu powrotu echa) przerzucały niejako na zewnętrzny mikrokontroler lub scalony stoper wysokiej rozdzielczości. Portfolio TI obejmuje także trzy silnie zintegrowane układy o znacznie bardziej złożonej konstrukcji i – co za tym idzie – realizujące większą część procesu przetwarzania sygnałów, tj. począwszy od generowania impulsów pobudzających przetwornik nadawczy, poprzez odbiór, wstępne kondycjonowanie sygnału echa oraz konwersję analogowo-cyfrową, aż po realizację podstawowych funkcji DSP, złożoną diagnostykę wewnętrzną oraz – finalnie – precyzyjny pomiar czasu.

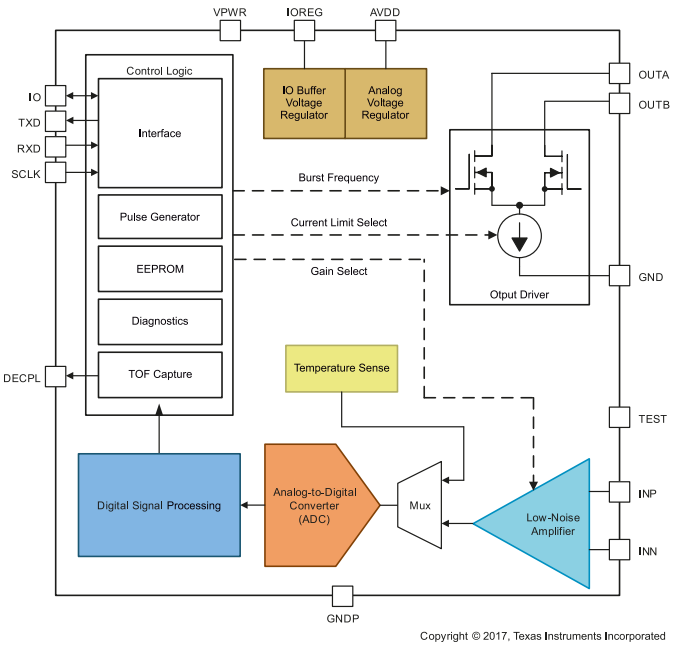
PGA460 i PGA460-Q1 – informacje ogólne

Wszystkie opisane powyżej cechy ma układ PGA460 oraz jego wersja przeznaczona dla branży automotive i z kwalifikacją AEC-Q100 – PGA460-Q1. Ogólny schemat blokowy układu pokazano na **rysunku 1**. Jak widać, oprócz nieco zbliżonej konstrukcji stopnia wyjściowego (dwa tranzystory w konfiguracji low-side wraz z ogranicznikiem prądowym) oraz faktu obecności wzmacniacza LNA na wejściu toru kondycjonowania sygnałów, front-end ma niewiele wspólnego z konstrukcjami opisanymi w części 16 *Poradnika Implementacji*. W tym przypadku mamy bowiem do czynienia z wbudowanym, 12-bitowym przetwornikiem ADC, blokiem DSP oraz rozbudowanym kontrolerem cyfrowym, obsługującym interfejsy:

- USART (piny TXD, RXD, SCLK),
- UART (piny TXD, RXD),
- One-wire UART (linia IO),
- TCI (linia IO).

Na pokładzie układu znalazły się także: pamięć EEPROM do przechowywania nastaw rejestrów konfiguracyjnych i niewielkiej ilości danych użytkownika, bufor próbek echa (128 B RAM) oraz bloki diagnostyczne i timer do pomiaru czasu powrotu wiązki.

Zasilanie obwodów wewnętrznych front-endu zapewniają dwa stabilizatory liniowe, dostarczające energię osobno do części analogowej



Rysunek 1. Schemat funkcjonalny front-endu PGA460 (źródło: dokumentacja układu)

(AVDD) oraz cyfrowej (IOREG) – warto pamiętać, że wspomnianych pinów nie należy obciążać zewnętrznymi układami, gdyż są one przeznaczone jedynie do celu filtracji i odsprzęgania zasilania za pomocą niewielkich kondensatorów.

Producent zastosował interesujące rozwiązanie techniczne, umożliwiające znaczne przyspieszenie i ułatwienie procedury konfiguracyjnej – najważniejsze rejestry konfiguracyjne są zapisywane do pamięci nieulotnej w celu szybkiego odtworzenia ich po włączeniu zasilania systemu. Co więcej, znaczna część ustawień jest podwojona i pogrupowana w tzw. presety – ich użycie pozwala na bardzo szybkie przestrojenie front-endu na zestaw ustawień, które lepiej sprawdzą się w danych warunkach (np. detekcja w polu bliskim lub dalekim). Rzecz jasna, presety dotyczą parametrów innych niż częstotliwość nadawania (co logiczne, gdyż front-end pracuje w danej aplikacji zawsze z tym samym przetwornikiem).

Tor nadawczy

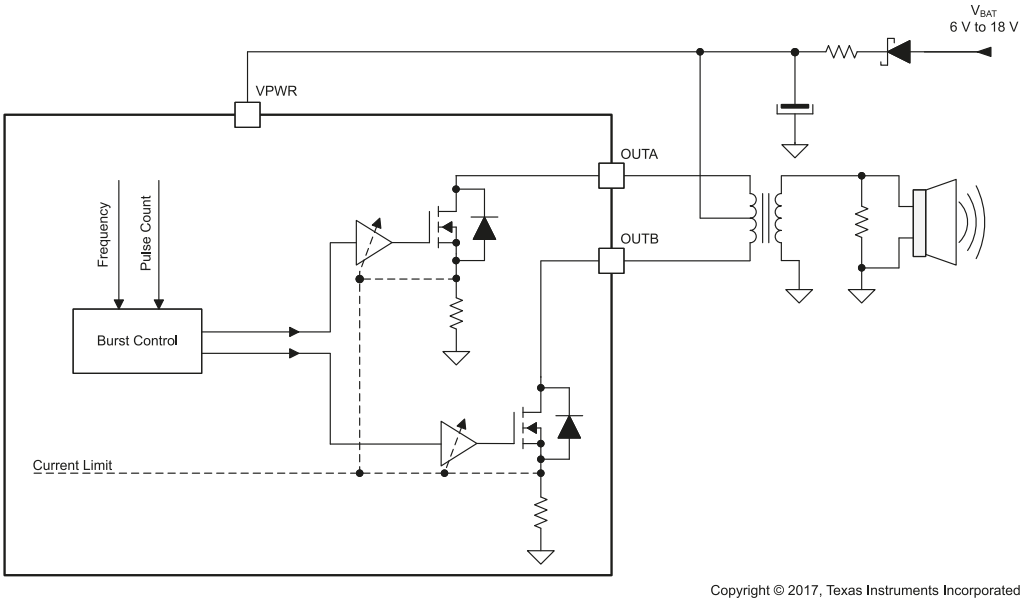
Częstotliwość impulsów stopnia wyjściowego (**rysunek 2**) ustala zawartość rejestru FREQUENCY oraz bitu FREQ_SHIFT, znajdującego się w rejestrze TVGAIN6. W przypadku, gdy funkcja przesunięcia zakresu regulacji jest wyłączona (FREQ_SHIFT = 0), wynikowa częstotliwość ma wartość równą (1):

$$f_{DRV} = 0,2\text{kHz} \cdot [\text{FREQ}] + 30\text{kHz} \quad (1),$$

eprasa.pl 136c999a57

gdzie: f_{DRV} – częstotliwość impulsów wyjściowych, [FREQ] – zawartość rejestru FREQUENCY.

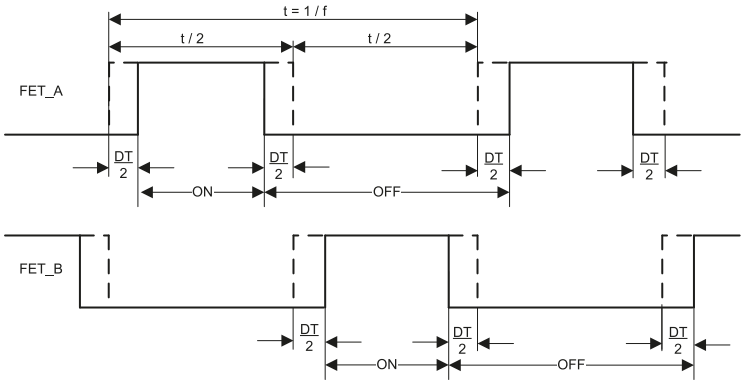
Ustawienie bitu FREQ_SHIFT powoduje sześciokrotne zwiększenie częstotliwości wyjściowej względem nastawy określonej równaniem (1), co przesuwa zakres nastaw do przedziału 180...480 kHz. Warto w tym miejscu zauważyć, że producent podaje rozbieżne wartości górnego krańca zakresu nastaw rejestru FREQUENCY: podczas gdy w podrozdziale 7.3.2 dokumentacji pojawia się błędna wartość 200 (co sugerowałoby maksymalny zakres regulacji od 30 do 70 kHz), to już w opisie rejestrów można znaleźć poprawną wartość 250. Błąd pojawia się także w sekcji 7.3.4.1, według której zakres regulacji częstotliwości dla ustawionego bitu FREQ_SHIFT to 80....480 kHz [1].



Rysunek 2. Schemat funkcjonalny stopnia wyjściowego front-endu PGA460 z uproszczonym przedstawieniem podłączenia przetwornika za pomocą transformatora dopasowującego (źródło: datasheet)

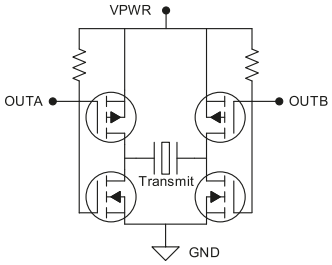
Liczbę impulsów w paczce wyjściowej ustalają pola bitowe P1_PULSE oraz P2_PULSE, umożliwiające wpisanie liczby w zakresie od 0 do 31 – warto dodać, że ustawienie zera powoduje wygenerowanie pojedynczego impulsu… tylko na wyjściu OUTA, co zdaniem producenta sprawdza się dobrze podczas wykrywania obiektów na niewielkim dystansie od przetwornika ultradźwiękowego.

Wbudowany ogranicznik prądowy może być wyłączony w układach wykorzystujących zewnętrzne tranzystory MOSFET do sterowania transformatorem. Dodatkowo, front-end PGA460 umożliwia zaprogramowanie czasu martwego, tj. krótkiego odcinka czasu, odejmowanego po obu stronach każdego aktywnego półokresu przebiegu wyjściowego (**rysunek 3**). Rozwiązanie takie pozwala nieco ograniczyć prądy zwarcia, powstające podczas przełączania górnych i dolnych tranzystorów zewnętrznego mostka H. Najprostszą realizację takiego mostka, złożoną jedynie z dwóch par tranzystorów komplementarnych i dwóch rezystorów podciągających, pokazano na **rysunku 4** – prostota układu jest jednak okupiona istotnym ograniczeniem napięcia zasilania, które nie powinno przekroczyć maksymalnego dopuszczalnego napięcia bramka-źródło zastosowanych tranzystorów (co w praktyce stawia górny zakres napięcia VPWR na poziomie około 20 V). Aby zapobiec tym problemom, można zastosować bardziej rozbudowaną wersję z pomocniczymi tranzystorami i rezystorami, zapewniającymi zarówno właściwe poziomy napięcia bramek, jak i dodatkowe ograniczenie prądu zwarcia (**rysunek 5**). Należy dodać, że takie rozwiązanie wprowadza kolejne problemy i nie chodzi tutaj tylko o dodatkowe zwiększenie statycznego poboru prądu – stosunkowo wysoka impedancja wypadkowa w obwodach sterowania bramek, w połączeniu z ich pojemnością, wydłuża czasy przełączania tranzystorów, a to znów… może zwiększyć ryzyko przepływu prądów zwarcia.

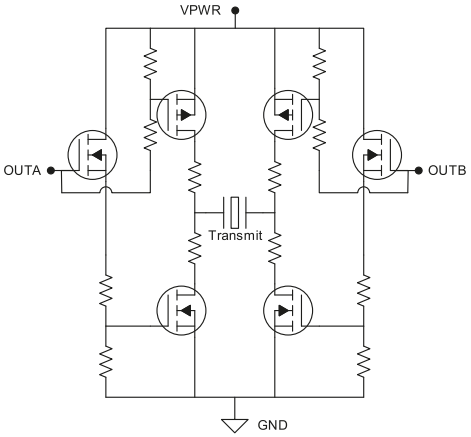


Rysunek 3. Przebiegi na wyjściach front-endu PGA460 z włączonym generowaniem czasu martwego (źródło: dokumentacja układu)

Potencjalnych problemów związanych z – banalnym, jak mogłoby się wydawać – zagadnieniem „napędzania" przetwornika nadawczego jest znacznie więcej. O ile sytuacja układowa okazuje się nieco prostsza w urządzeniach wykorzystujących osobne przetworniki ultradźwiękowe do nadawania i odbioru fal (ten tryb pracy określa się mianem *bistatic* – **rysunek 6**), o tyle aplikacje pracujące z pojedynczym



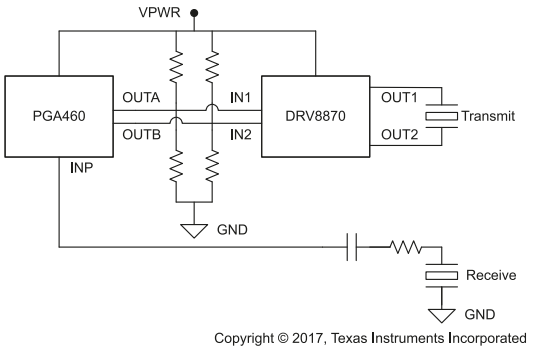
Rysunek 4. Topologia prostego mostka H współpracującego z wyjściami OUTA/B front-endu PGA460 (https://t.ly/dMoI)



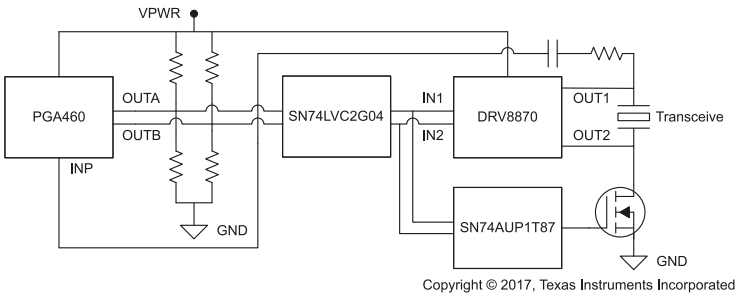
Rysunek 5. Rozbudowana wersja mostka H z rysunku 4, umożliwiająca współpracę z wyższymi napięciami zasilania układu (https://t.ly/dMoI)

eprasa.pl 136c999a57

przetwornikiem dwukierunkowym (*monostatic*) wymagają, by mógł on być pozostawiony w stanie wysokiej impedancji na czas odbioru echa. Co więcej – układ PGA460 ma wejście odbiorcze typu *single-ended* (wbrew temu, co mogłaby sugerować obecność linii INN, wejście wzmacniacza LNA nie ma bowiem topologii różnicowej [2]), co wymusza zastosowanie przetwornika dołączonego – przynajmniej na czas odbioru – jednym wyprowadzeniem do masy układu. Taka konfiguracja prowadzi jednak do znacznej rozbudowy obwodów peryferyjnych front-endu, co najlepiej obrazuje **rysunek 7** – pomiędzy AFE a przetwornikiem znajdują się aż trzy dodatkowe układy scalone: SN74LVC2G04 (podwójny inwerter, odwracający stany logiczne wyjść OUTA/B front-endu), SN74AUP1T87 (bramka XNOR, uruchamiająca tranzystor ściągający „dolne" wyprowadzenie przetwornika do masy podczas odbioru) oraz DRV8870 (scalony mostek H, oryginalnie przeznaczony do sterowania silnikami szczotkowymi). Jakby tego było mało, w niektórych konfiguracjach może występować problem „zatrzaskiwania" (czy też raczej – przejściowego tłumienia) przetwornika, co zobrazowano na **rysunku 8**. Projektując układ bazujący na PGA460 (lub na dowolnym innym front-endzie, w tym także budowanym od podstaw dla potrzeb danej aplikacji), warto zatem zapoznać się dokładniej z dość wyczerpującą notą aplikacyjną, z której pochodzą rysunki 4...8 (skrócony link podajemy w podpisach ilustracji) – zaprezentowane w niej informacje i propozycje układowe stanowią doskonały punkt wyjścia także do własnych konstrukcji urządzeń ultradźwiękowych.



Rysunek 6. Uproszczony schemat układu aplikacyjnego front-endu PGA460 z zewnętrznym mostkiem H – konfiguracja dla pary przetworników jednokierunkowych (https://t.ly/dMoI)

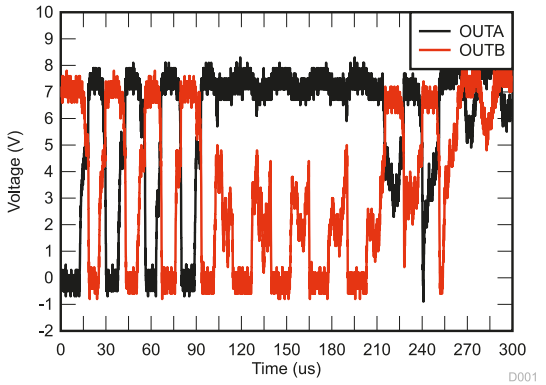


Rysunek 7. Uproszczony schemat układu aplikacyjnego front-endu PGA460 z zewnętrznym mostkiem H – konfiguracja dla jednego przetwornika dwukierunkowego (https://t.ly/dMoI)

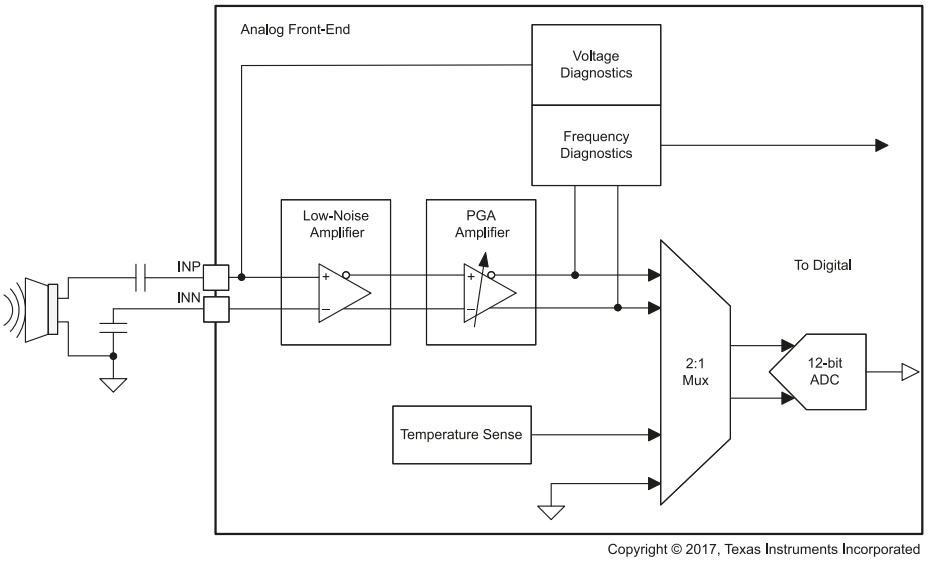
Tor odbiorczy – część analogowa

Na **rysunku 9** zaprezentowano schemat blokowy toru odbiorczego front-endu PGA460. Pozornie układ ten jest dość prosty, ale ilustracja zdecydowanie nie oddaje rzeczywistych możliwości opisywanego AFE – kaskadowo połączone wzmacniacze: niskoszumowy (LNA) o stałym wzmocnieniu oraz programowalny (PGA) są skierowane do multipleksera, do którego podłączono też wbudowany czujnik temperatury, zaś wyjście multipleksera prowadzi bezpośrednio do przetwornika ADC. W torze głównym (za PGA) włączony jest blok diagnostyczny sprawdzający częstotliwość sygnału, zaś na samym początku układu (bezpośrednio do wejścia INP) wpięto blok testujący napięcie przetwornika.

Prawdziwa siła front-endu jest ukryta w jego możliwościach konfiguracyjnych. Konstruktorzy układu zdecydowali się na zastosowanie bardzo interesujących rozwiązań mających na celu maksymalne rozszerzenie zakresu dynamiki pomiarów przy użyciu przetwornika ADC o – nie da się ukryć – niezbyt zawrotnej rozdzielczości bitowej. Wzmacniacz PGA może być ustawiany w zakresie od 32 dB do 90 dB, ale inaczej niż w przypadku zdecydowanej większości front-endów. Najczęściej bowiem regulacja wzmocnienia odbywa się w sposób statyczny – raz ustawiony wzmacniacz utrzymuje dany poziom wzmocnienia aż do resetu lub kolejnej zmiany zawartości rejestru konfiguracyjnego. W przypadku PGA460 do dyspozycji użytkownika jest aż 8 (!) rejestrów, umożliwiających zdefiniowanie 6-punktowego profilu wzmocnienia, zmiennego w czasie i określonego za pomocą par (TVG_Tx, TVG_Gx), gdzie: TVG_Tx – x-ty punkt czasowy, w którym rozpoczyna się zmiana (wzrost lub spadek wzmocnienia), TVG_Gx – x-ta wartość wzmocnienia w odpowiadającym punkcie czasowym. Wszystkie te pola bitowe znajdują się w rejestrach TVGAIN0...6, zaś dodatkowy, ósmy rejestr GAIN_INIT ustala wstępny poziom wzmocnienia, stosowany



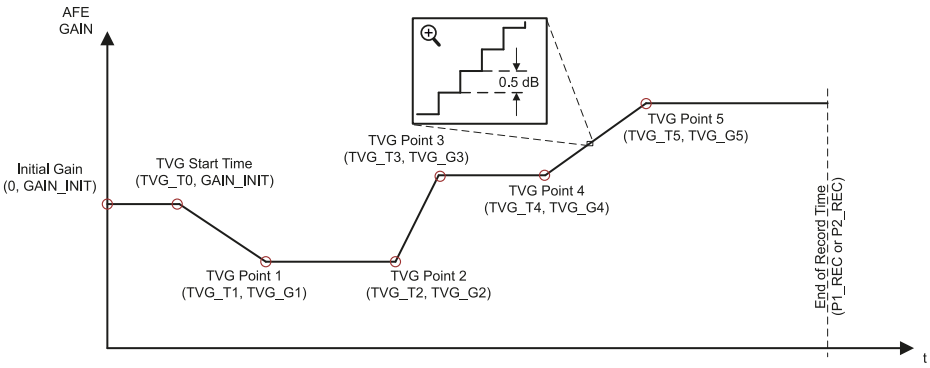
Rysunek 8. Efekt „zatrzaskiwania" przetwornika ultradźwiękowego Murata MA40S4S sterowanego mostkiem H przy napięciu 8 V (https://t.ly/dMoI)



Rysunek 9. Schemat blokowy toru odbiorczego front-endu PGA460 (datasheet)

eprasa.pl 136c999a57

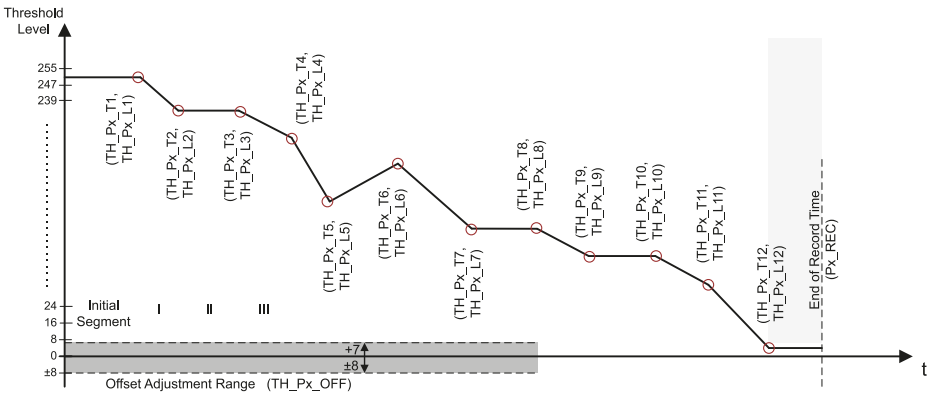
jeszcze przed punktem (TVG_T0, TVG_G0). Takie rozwiązanie może wydawać się dość skomplikowane, dlatego – w myśl przysłowia mówiącego, że jeden obraz wyraża więcej niż tysiąc słów – na **rysunku 10** prezentujemy przykładowy profil wzmocnienia zaprogramowany za pomocą opisanych rejestrów.



Rysunek 10. Przykładowy profil wzmocnienia PGA przestrajanego automatycznie w zadanych punktach czasowych (dotyczy front-endu PGA460, źródło: dokumentacja układu)

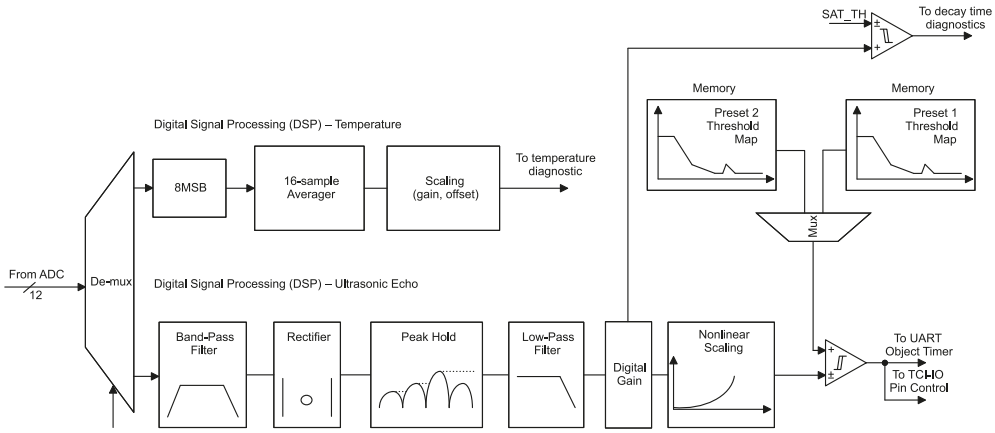
Tor odbiorczy – procesor DSP

Co ciekawe, dość podobne rozwiązanie zastosował producent w zakresie… progu detekcji sygnału echa. W tym przypadku ustawienia są zapisywane w bloku rejestrów o imponującym rozmiarze aż 32 bajtów, w sposób zbliżony do mapy punktów profilu wzmocnienia (dla każdego punktu ustawiany jest zarówno czas, jak i wartość progu). Warto dodać, że tylko pierwszy segment ma czas określony arbitralnie (tj. od początku fazy odbiorczej) – pozostałe, nazwane mianem *delta time*, odpowiadają za różnicę czasu pomiędzy danym punktem a poprzednim (**rysunek 11**). Dla każdego z dwóch presetów użytkownik może określić 12-punktową mapę, przy czym wszystkie odcinki czasowe należą do przedziału od 100 µs do 8000 µs. Dla całego bloku przewidziano nawet dedykowany rejestr sumy kontrolnej, pozwalający na całościowe sprawdzenie poprawności zapisu danych. Przestrajanie progu detekcji wykorzystywanego przez cyfrowy komparator ma oczywiście na celu sukcesywne zwiększanie czułości wraz ze spodziewanym spadkiem amplitudy echa – im dalej położony obiekt, tym później pojawia się pochodzący od niego sygnał i jednocześnie słabszy jest jego poziom.

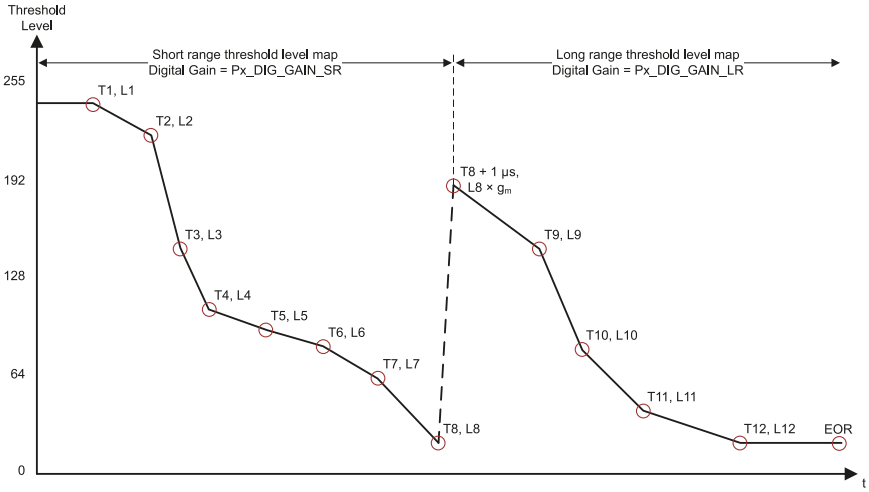


Rysunek 11. Profil czasowy punktów progowych, stosowany do detekcji echa we front-endzie PGA460 (źródło: dokumentacja układu)

Detekcja echa odbywa się już w domenie cyfrowej, zatem nasz komparator (przestrajany programowalną mapą) musi znajdować się w bloku DSP, którego schemat funkcjonalny pokazano na **rysunku 12**. Dane z przetwornika ADC trafiają najpierw do demultipleksera, który rozdziela próbki na dwa sygnały: echa oraz pomiarów temperatury. Ten pierwszy trafia najpierw na filtr pasmowoprzepustowy, pracujący w roli dyskryminatora przepuszczającego jedynie sygnał w wąskim paśmie wokół częstotliwości nadawania – rzecz jasna, filtr jest ustawiany zależnie od zawartości rejestru FREQ, zaś dodatkowo użytkownik ma możliwość zaprogramowania szerokości pasma w zakresie od 2 do 8 kHz (z krokiem co 2 kHz). Należy jednak pamiętać, że automatyczne obliczenie współczynników filtra BPF (Butterworth o nieskończonej odpowiedzi impulsowej) następuje jedynie dla dolnego zakresu częstotliwości (30...80 kHz) – w przypadku ustawienia bitu FREQ_SHIFT rejestry współczynników muszą zostać zaprogramowane przez układ nadrzędny (MCU) za pomocą łącza U(S)ART.



Rysunek 12. Schemat funkcjonalny bloku DSP front-endu PGA460 (źródło: dokumentacja układu)



Rysunek 13. Ilustracja działania funkcji wzmocnienia cyfrowego we front-endzie PGA460 (źródło: datasheet)

eprasa.pl 136c999a57

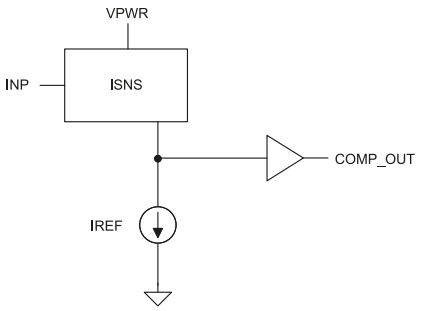
Za blokiem filtru BPF znajduje się sekcja odpowiedzialna za demodulację amplitudową sygnału echa. Po wyprostowaniu sygnału (poprzez proste obliczenie jego wartości bezwzględnej) procesor DSP wykonuje na nim funkcję peak-hold, której zadaniem jest uzyskanie schodkowej obwiedni, poddanej następnie filtracji dolnoprzepustowej w filtrze IIR pierwszego rzędu. Tutaj znów użytkownik ma możliwość ustawienia częstotliwości progowej filtru w zakresie od 1 do 4 kHz (z krokiem co 1 kHz). Kolejnym krokiem – wykonywanym już po właściwej demodulacji – jest wzmocnienie cyfrowe (o tym za chwilę) i skalowanie nieliniowe. To ostatnie odbywa się według prostego algorytmu: przed osiągnięciem zadanego punktu czasowego z mapy progów detekcji (zaprogramowanego w polu bitowym SCALE_N rejestru DSP_SCALE poprzez odniesienie do wybranego z punktów TH_Px_T9...12 – patrz rysunek 11) sygnał z wyjścia LPF zostaje przesłany dalej bez zmian. Po przekroczeniu wspomnianego punktu od sygnału wyjściowego LPF odejmowana jest natomiast arbitralnie ustawiona (za pomocą pola bitowego NOISE_LVL) wartość poziomu szumu, po czym wynik odejmowania jest podnoszony do potęgi za pomocą wykładnika ustawionego przez bit SCALE_K, także znajdujący się w rejestrze DSP_SCALE. Zadaniem operacji skalowania nieliniowego jest dodatkowe zwiększenie odstępu sygnał-szum w przypadku słabego echa odległych obiektów.

W podobnym celu, choć znacznie prościej, producent zrealizował także funkcję wzmocnienia cyfrowego, której działanie pokazano na **rysunku 13**. Do dyspozycji użytkownika są (osobne dla obu presetów) pola bitowe, pozwalające na ustawienie wzmocnienia dla echa w polu bliskim i dalekim, a także punktu czasowego (TH9... TH12), w którym ma nastąpić przełączenie wzmocnienia. Aby uniknąć „fałszywego alarmu", czyli niewłaściwego zadziałania detektora echa w wyniku nagłego wzrostu wartości sygnału po zmianie wzmocnienia, front-end automatycznie przemnaża próbki sygnału pomiarowego zgodnie z ustawieniem progu dla danego obszaru pola (bliskie/dalekie). Dzięki temu zabiegowi amplituda słabego echa odległych obiektów może być dodatkowo zwiększona na drodze prostej operacji cyfrowej, zaaplikowanej jednak dopiero po etapie demodulacji i filtracji dolnoprzepustowej – czyli już po usunięciu większości szumów z różnych źródeł.

Diagnostyka

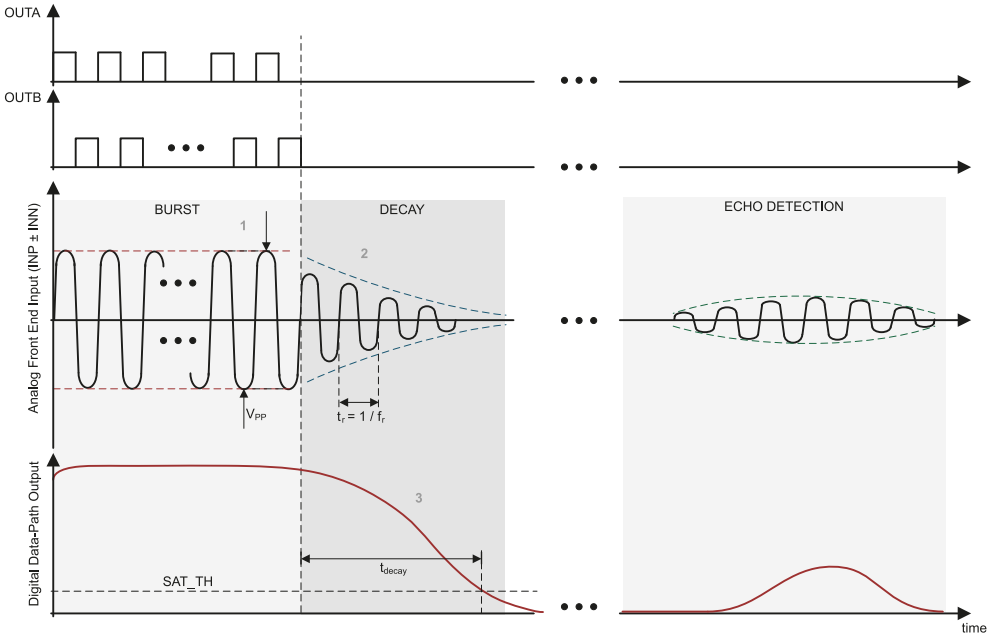
Układ PGA460 ma kilka wbudowanych funkcji diagnostycznych, których celem jest wykrycie możliwie szerokiego spektrum potencjalnych awarii systemu lub warunków zewnętrznych uniemożliwiających jego poprawną pracę.

- **Diagnostyka napięcia pobudzającego przetwornik** – impulsy pobudzające przetwornik w fazie nadawczej trafiają także na wejście INP, co powoduje przepływ przezeń niewielkiego prądu. Ten zaś porównywany jest przez wbudowany komparator z wewnętrznym źródłem prądowym (**rysunek 14**) – jeżeli sygnał na linii INP ma zbyt małą amplitudę (lub przeciwnie – utrzymuje się na wysokim poziomie nawet poza fazą nadawania), zgłoszony zostaje błąd, który można następnie odczytać przez jeden z interfejsów komunikacyjnych.
- **Pomiar częstotliwości przetwornika** – po zakończeniu nadawania (tj. po przełączeniu front-endu w fazę odbioru echa) sygnał przetwornika ma postać drgań gasnących. Blok pomiaru częstotliwości uruchamia się po arbitralnie określonym przez użytkownika czasie, mierzy czas odpowiadający kilku kolejnym okresom przebiegu, po czym uśrednioną wartość udostępnia za pomocą dowolnego z interfejsów komunikacyjnych. Dodatkowo, jeżeli okres przebiegu różni się od spodziewanego o wartość większą niż dopuszczalna odchyłka zaprogramowana w rejestrze SAT_FDIAG_TH (wyrażona w mikrosekundach), układ zgłasza błąd za pośrednictwem TCI bądź UART. Funkcja diagnostyki częstotliwości może być wykorzystana np. do sprawdzenia poprawności dopasowania przetwornika (i – jeżeli został zastosowany – także transformatora).
- **Pomiar czasu zaniku drgań** – na podstawie zdemodulowanego sygnału z przetwornika front-end PGA460 jest w stanie określić czas zaniku drgań rezonansowych, odmierzając (z 16-mikrosekundową rozdzielczością) czas upływający od zakończenia nadawania do spadku sygnału poniżej progu zaprogramowanego poprzez parametr SAT_TH. Wraz z pomiarem częstotliwości funkcja ta może być zastosowana do detekcji mechanicznej blokady membrany przetwornika, wywołanej np. przez zgromadzone na niej zanieczyszczenia.



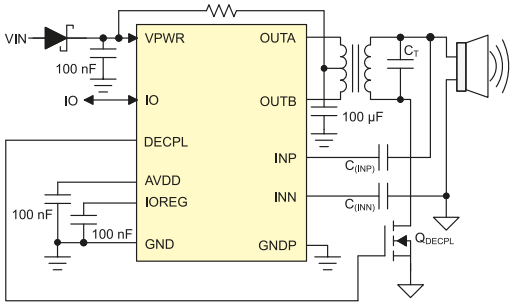
Rysunek 14. Blok diagnostyki napięcia przetwornika (źródło: dokumentacja układu)

Działanie wszystkich opisanych funkcji oceniających kondycję przetwornika, oferowanych przez front-end PGA460, pokazano schematycznie na **rysunku 15**. To jednak nie koniec możliwości diagnostycznych układu, gdyż producent przewidział ponadto kilka dodatkowych metod automatycznego testowania parametrów pracy samego AFE.



Rysunek 15. Ilustracja działania trzech funkcji diagnostyki przetwornika, oferowanych przez front-end PGA460 (źródło: dokumentacja układu)

eprasa.pl 136c999a57



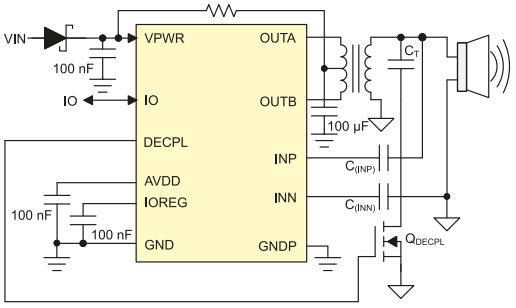
Rysunek 16. Aplikacja układu PGA460 z wykorzystaniem funkcji odsprzęgania przetwornika w fazie odbiorczej (źródło: dokumentacja układu)

- **Pomiar poziomu szumu** – układ PGA460 może automatycznie zmierzyć szum tła poprzez zebranie odczytów z ADC w dwóch buforach o rozmiarze 4096 próbek, uśrednienie ich, a następnie zapisanie wyższej z obu wartości. Co ważne, w tym trybie wyłączone jest nadawanie oraz funkcja skalowania nieliniowego. Funkcji pomiaru szumów można użyć do określenia „hałasu" w wykorzystywanym paśmie ultradźwiękowym, powodowanego zwłaszcza przez inne przetworniki nadawcze.
- **Detekcja problemów z zasilaniem** – informacje o przekroczeniu nominalnego zakresu napięcia zasilania (OV – overvoltage, UV – undervoltage) oraz temperatury roboczej są dostępne w rejestrze DEV_STAT1 i raportowane – w przypadku napięć – osobno dla pinów IOREG, AVDD oraz VPWR. Dodatkowo układ monitoruje pobór prądu, jednak stosowna informacja nie jest dostępna dla użytkownika, ale wykorzystywana bezpośrednio do zabezpieczenia wbudowanych stabilizatorów napięcia.

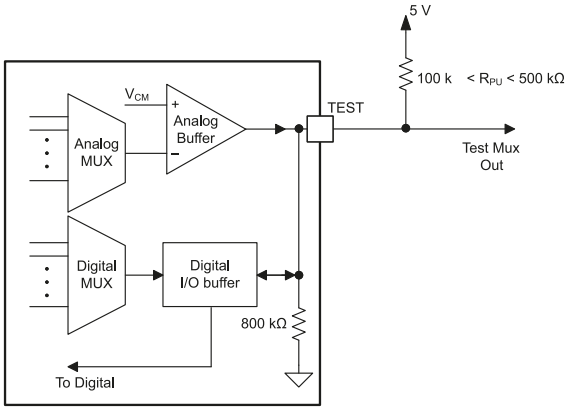
Funkcje odsprzęgania przetwornika

Twórcy front-endu PGA460 przewidzieli dwie funkcje, umożliwiające sterowane elektronicznie odsprzęganie uzwojenia wtórnego transformatora dopasowującego bądź dodatkowego kondensatora, włączonego równolegle do przetwornika. W pierwszym przypadku (pokazanym na **rysunku 16**) jedno z wyprowadzeń uzwojenia wtórnego należy podłączyć przez zewnętrzny tranzystor MOSFET-N do masy. Bramka tranzystora jest sterowana bezpośrednio przez wyjście DECPL, co umożliwia chwilowe odpięcie transformatora od masy w celu redukcji obciążenia elementu piezoelektryczngo przetwornika – celem operacji ma być zwiększenie jego czułości w fazie odbioru echa (natomiast podczas nadawania tranzystor ten jest włączany, co pozwala na odpowiednie wysterowanie przetwornika).

Istnieje także możliwość wykorzystania pomiarów z wbudowanego czujnika temperatury do… zgrubnej kompensacji nieliniowości termicznej przetwornika – w tym scenariuszu (**rysunek 17**) tranzystor jest otwierany po obniżeniu temperatury poniżej progu zaprogramowanego za pomocą pola DECPL_T – powoduje to podłączenie niewielkiego kondensatora zewnętrznego równolegle do przetwornika.



Rysunek 17. Aplikacja układu PGA460 z wykorzystaniem funkcji skokowej kompensacji termicznej przetwornika za pomocą zewnętrznego kondensatora (źródło: dokumentacja układu)



Rysunek 18. Struktura układów wewnętrznych współpracujących z linią TEST front-endu PGA460 (źródło: dokumentacja układu)

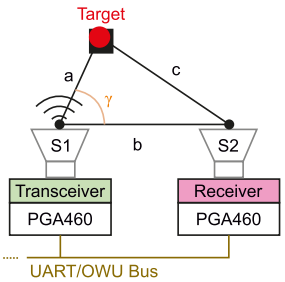
Wyprowadzenie TEST

Obecny w układzie pin testowy umożliwia wyprowadzenie na zewnątrz front-endu użytecznych sygnałów diagnostycznych, obsługiwanych przez dedykowane multipleksery i bufory (**rysunek 18**). O ile pomiar napięcia wejściowego ADC może być przydatny w niektórych sytuacjach, o tyle znacznie ważniejszy okazuje się dostęp do 8-megahercowego sygnału zegarowego, będącego po prostu podzielonym przez dwa przebiegiem głównego oscylatora wewnętrznego front-endu. I tutaj warto wspomnieć o istotnej wadzie układu PGA460 – dokładność tegoż generatora to ±0,5 MHz i to w warunkach.... temperatury pokojowej, co stanowi tolerancję ponad 3%. Co więcej, w nocie katalogowej producent nie podaje termicznego współczynnika częstotliwości, co wydaje się dość dziwne, zważywszy na kluczowe znaczenie dokładności wzorca czasu w pomiarach ToF. Możliwość skontrolowania sygnału na linii TEST przez zewnętrzny mikrokontroler daje co prawda szansę precyzyjnej kalibracji, jest to jednak dodatkowy zabieg, którego konieczność – przy tak wyczerpującym potraktowaniu tematyki pomiarów ultradźwiękowych przez konstruktorów front-endu – wydaje się dość zaskakująca. Niemniej dziwi brak możliwości podłączenia rezonatora kwarcowego bądź zewnętrznego źródła sygnału taktowania (np. TCXO), co jest przecież standardem w wielu AFE, nawet tych o znacznie mniej krytycznym znaczeniu stabilności czasowej pomiarów.

Warto dodać, że pin TEST jest też używany do wyboru napięcia pracy wyprowadzeń cyfrowych – stan linii zatrzaskuje się po uruchomieniu układu (włączeniu zasilania) i decyduje o tym, czy wyprowadzenia RXD, TXD, SCLK, DECPL oraz TEST mają pracować z logiką 3,3 V, czy też 5 V.

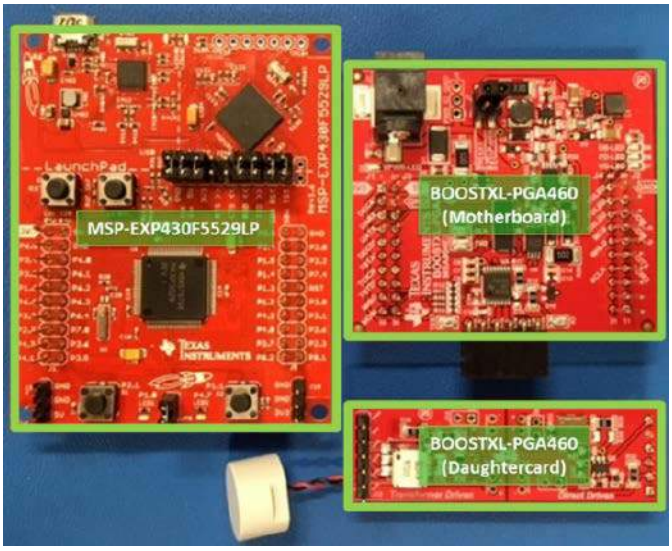
Rozbudowa systemu do postaci wielokanałowej

Interesujące propozycje rozbudowy urządzenia bazującego na front-endzie PGA460 zaprezentował producent w nocie aplikacyjnej SLAA783 pt. PGA460 *Array of Ultrasonic Transducers for Triangulation and Tracking*. Zastosowanie dwóch transceiverów ultradźwiękowych bądź jednego transceivera i jednego układu odbiorczego (bez możliwości nadawania) pozwala na zbudowanie systemu zdolnego do obliczania

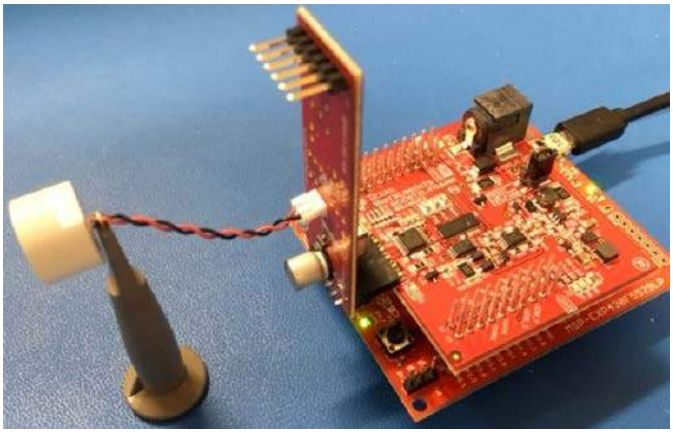


Rysunek 19. Triangulacja ultradźwiękowa z użyciem dwóch front-endów PGA460 (https://t.ly/-S5d)

eprasa.pl 136c999a57



Fotografia 1. Płytki ewaluacyjne wchodzące w skład systemu PGA460-Q1 EVM (https://t.ly/73r1)



Fotografia 2. Zmontowany zestaw PGA460-Q1 EVM (https://t.ly/73r1)

pozycji obiektu metodą triangulacji. Przykład takiej realizacji pokazano schematycznie na **rysunku 19**. Synchronizacja jest możliwa dzięki zastosowaniu wspólnej szyny UART/one-wire UART i komend z grupy broadcastingu. Opisane w dokumencie metody pozwalają znakomicie zwiększyć uniwersalność systemu w porównaniu do prostej realizacji, wykorzystującej kilka rozdzielonych funkcjonalnie przetworników (co ma miejsce np. w tanich zestawach czujników parkowania). Dla osób zainteresowanych rozwojem aplikacji bazujących na PGA460 istotna będzie informacja, że producent opracował rozbudowany zestaw ewaluacyjny, składający się z płytki głównej (bazującej na mikrokontrolerze MSP430F5529), płytki front-endu oraz niewielkiej PCB wyposażonej w dwa różne przetworniki ultradźwiękowe wraz z układami dopasowującymi (**fotografie 1** i **2**).

Podsumowanie

Wyjątkowo w historii naszego cyklu poświęciliśmy cały odcinek tylko jednemu układowi. Taka decyzja była podyktowana wieloma interesującymi rozwiązaniami, które producent front-endu PGA460 zastosował w celu zwiększenia zarówno zakresu dynamiki, jak i niezawodności systemu. Podejście polegające na implementacji wzmacniacza PGA oraz cyfrowego komparatora, których parametry zmieniają się w czasie w sposób arbitralnie określony za pomocą map punktów pozwala bowiem na maksymalne wykorzystanie możliwości przeciętnego przetwornika ADC o rozdzielczości zaledwie 12 bitów. Nietrudno zauważyć, że koncepcja ta jest diametralnie inną realizacją potrzeby, którą w prostszych układach rozwiązano za pomocą wzmacniacza logarytmicznego. W tym przypadku jednak całość działa bardzo selektywnie – poszczególne stopnie kondycjonowania sygnału za pomocą wbudowanego procesora DSP sukcesywnie wycinają z sygnału echa niepożądane składowe pasma częstotliwości (filtr BPF i LPF), a dodatkowo zdemodulowany sygnał zostaje poddany skalowaniu nieliniowemu i (znów przestrajanemu w czasie) wzmocnieniu cyfrowemu. Możliwość takiego kształtowania charakterystyki przejściowej całego toru odbiorczego w funkcji czasu wynika oczywiście z fizyki pomiarów ultradźwiękowych – im dalej oddalone są wykrywane obiekty, tym słabsze jest ich echo (fala słabnie wraz z odległością, a dodatkowo ulega tłumieniu przy odbiciu od materiałów o zróżnicowanych właściwościach akustycznych), ale także – później się to echo pojawia (co nie dziwi w przypadku pomiarów ToF). Jak widać, producent doskonale wykorzystał taki rozdział sygnałów w domenie czasu, umożliwiając zastosowanie tego samego front-endu do wykrywania zarówno bardzo blisko położonych obiektów (rzędu pojedynczych centymetrów, a nawet mniej), jak i przeszkód oddalonych od przetwornika (teoretycznie nawet do około 11 metrów). Na pochwałę zasługują także dobrze dopracowane funkcje automatycznej diagnostyki na różnych poziomach architektury systemu.

Nietrudno odnieść wrażenie, że konstruktorom Texas Instruments nie udało się uniknąć pewnych wad układu i rozwiązań o dość ograniczonej sensowności. Zdecydowanie „kłuje w oczy" – zwłaszcza w układzie AFE tej klasy – brak wejścia dla zewnętrznego sygnału zegarowego, choć możliwość wyprowadzenia sygnału wewnętrznego oscylatora na wyjście testowe częściowo kompensuje tę niedogodność. Dokumentacja układu pozostawia nieco do życzenia z uwagi na istniejące w niej błędy, co w powiązaniu z nieintuicyjnym „rozrzuceniem" rozmaitych, pojedynczych bitów, jak i całych pól bitowych, po różnych rejestrach (przykładowo, w jednym z nich o nazwie DECPL_TEMP, znajdują się jednocześnie bity sterujące funkcjami odsprzęgania, trybami obniżonego poboru mocy oraz zakresem wzmocnienia front-endu…) wprowadza niemałe zamieszanie podczas studiowania noty katalogowej.

Niezależnie jednak od wspomnianych niedogodności, układ PGA460 jawi się jako interesująca propozycja dla konstruktorów systemów ultradźwiękowych i doskonała inspiracja – nieszablonowe myślenie inżynierskie oraz sprawne wykorzystanie zjawisk fizycznych występujących podczas prowadzenia określonego typu pomiarów, pozwalają bowiem znacząco zwiększyć możliwości projektowanego układu.

inż. Przemysław Musz, EP

[1] Dotyczy wersji noty katalogowej ze stycznia 2019 (Rev B), aktualnej w czasie pisania niniejszego artykułu.
[2] Taką informację podaje producent w dokumencie https://t.ly/bSgV

REKLAMA
EP.com.pl

eprasa.pl 136c999a57

koktajl nisów

Grupa RENEX oficjalnym dystrybutorem firmy Arcadia

Grupa RENEX poinformowała o nawiązaniu współpracy z Arcadią – włoskim producentem specjalistycznych rozwiązań magazynowych, którego rozwiązania służą pełnej optymalizacji zarządzania zasobami w produkcji elektroniki. Celem producenta jest projektowanie i produkcja systemów upraszczających oraz zwiększających wydajność i efektywność procesów produkcyjnych spółek, które działają w branży podzespołów SMD. Do spółek tych należy m.in. Grupa RENEX, której portfolio obejmuje opracowany przez Arcadię system Archimedes uwzględniający regały i wózki magazynowe do przechowywania podzespołów SMD. Jego główną zaletą jest wsparcie pracowników produkcji w opracowywaniu list komponentów, określenie ich położenia w magazynie, ułatwienie ich pobrania oraz odłożenia nadmiaru komponentów po zakończeniu produkcji w odpowiednie miejsce. System Archimedes pozwala na skrócenie czasu pracowników potrzebnego na przygotowanie się do przezbrojenia urządzeń w toku produkcji. W efekcie zwiększa to wydajność i zmniejsza ryzyko przestojów w magazynach (zwłaszcza z powodu niewłaściwej organizacji).

https://bit.ly/3zhB3qD

Nowy monitor DualUp firmy LG Electronics o proporcjach obrazu 16:18

Monitor o oznaczeniu 28MQ780 charakteryzuje się rozdzielczością 2560×2880 px (SDQHD) i zapewnia taką samą powierzchnię ekranu jak dwa wyświetlacze o przekątnej 21,5". Obok standardowej prezentacji obrazu w poziomie oferuje również podział widoku w pionie, co pozwala jednocześnie np. śledzić informacje oraz przeglądać dokumenty. Dzięki zwiększonej dwukrotnie wysokości ekranu siedzący przed monitorem użytkownik nie musi często wykonywać ruchów głowy. Przekątna całego ekranu to 27,6", a współczynnik kontrastu odpowiada 1000:1. Ekran monitora jest matrycą Nano IPS o kącie widzenia 178°, co gwarantuje żywe kolory i 98% palety barw DCI-P3. Zastosowana proporcja obrazu 16:18 znacznie przyspiesza pracę nad wieloma zadaniami. Istnieje możliwość zmniejszenia poziomu emisji światła niebieskiego dzięki technologii LG Live Color Low Blue Light.

Urządzenie jest wyposażone w technologię HDR10 oraz złącza USB-C – za jego pomocą można przesyłać treści na ekran oraz zmieniać ustawienia monitora. Monitor wyposażono w 7 gniazd: 2×USB 3.0 (typ A), 2×HDMI, DisplayPort, USB 2.0 (typ B) i Audio Jack (gniazdo słuchawkowe), zawiera też wbudowane głośniki o mocy 7 W. Monitor 28MQ780 podnosi komfort użytkowania dzięki elastycznemu ramieniu Ergo. Ramię to umożliwia przechylanie, obracanie i wyciąganie ekranu monitora i mocowane jest do biurka lub stołu. Ramieniem Ergo można poruszać w pionie (do 90°) oraz w poziomie (±335°). Szeroki zakres regulacji ramienia sprzyja dostosowaniu wysokości, kąta i odległości widzenia od monitora do najbardziej ergonomicznych pozycji użytkownika. Monitor pobiera moc maksymalną do 190 W, ale typowo jest to 40 W. Waga 28MQ780 z ramieniem to 9 kg.

https://bit.ly/3cVwMBK

Najnowsza metoda pomiaru EVM firmy National Instruments (NI) przeznaczona dla standardu Wi-Fi 7

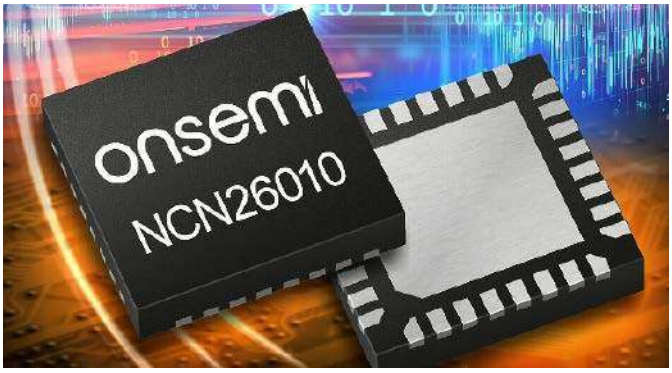
Wobec nadchodzącego standardu Wi-Fi 7 (IEEE 802.11be) firma National Instruments postanowiła opracować specjalną metodę pomiaru wielkości wektora błędu (EVM). Cel ten udało się zrealizować dzięki funkcji korelacji wzajemnej. Przewidywany na lata 2023...2024 standard Wi-Fi 7 ma oferować m.in. modulację 4096-QAM, co zwiększy wydajność urządzeń wyposażonych w nowy standard. Nieodzowne staną się pomiary EVM. Ich realizacja jest stosunkowo trudna. Opracowana przez National Instruments metoda stanowi innowacyjne rozwiązanie. Wykorzystuje 2 transceivery sygnału wektorowego i funkcję korelacji wzajemnej i gwarantuje zwiększoną dokładność pomiarów EVM. Jak wyjaśnia Senior Director of Offering Management w firmie National Instruments, Chen Chang: „Wraz z rozwojem standardu Wi-Fi 7 firma National Instruments będzie wprowadzać kolejne innowacje. Opatentowana przez firmę metoda pomiaru EVM pozwala zachować wydajność przy szybkim wprowadzaniu produktów na rynek".

https://bit.ly/3PX1fh2

Obsługa standardu 10BASE-T1S w nowym kontrolerze NCN26010 firmy Onsemi do przemysłowych zastosowań

Dzięki standardowi 10BASE-T1S zwiększona zostaje szybkość transmisji w sieciach. Okablowanie tych sieci nie wymaga zmian. Jak tłumaczy wiceprezes działu rozwiązań przemysłowych firmy Onsemi, Michel De Mey: „Kontroler NCN26010 umożliwia tworzenie sieci multi-drop,

eprasa.pl 136c999a57



zmniejszając liczbę połączeń w dużych instalacjach. Nasze rozwiązanie jest mniejsze i prostsze w integracji niż reszta układów".

Na potrzeby przemysłu kontroler wspiera obsługę ponad 40 urządzeń na skrętce Ethernet i gwarantuje odporność na zakłócenia. Wyprowadzenia NCN26010 charakteryzuje niska pojemność. Jest to układ z wbudowaną jednostką MAC. Do komunikacji z kontrolerem służy interfejs SPI. Kontroler jest dostępny w obudowach: QFN32 i TQFP32. Jego wymiary to: 4×4 mm lub 5×5 mm.

https://bit.ly/3zGVY7G, https://bit.ly/3cKaDGd

Karta sieciowa Wi-Fi 6 od firmy TP-Link – Archer TX55E

Firma TP-Link ma zaszczyt przedstawić nową kartę sieciową Archer TX55E. Dzięki standardowi Wi-Fi 6 (802.11ax) karta pozwala uzyskać szybkość transmisji powyżej 1 Gb/s – to więcej niż standard Gigabit Ethernet. Wyposażona w złącze PCI-E jest modułem przeznaczonym do komputerów stacjonarnych. Karta powstała z myślą o wymagających użytkownikach takich, jak np. gracze. Specjalnie dla nich Archer TX55E pracuje w standardzie Wi-Fi 6 i oferuje do 2976 Mb/s łącznej przepustowości w 2 pasmach transmisji: do 2402 Mb/s w paśmie 5 GHz oraz do 574 Mb/s w paśmie 2,4 GHz. Jest to osiągane przy zgodności ze starszymi standardami Wi-Fi.

Karta współpracuje z różnymi urządzeniami. Implementuje szereg rozwiązań, które wpływają na poprawę przepustowości sieci. Rozwiązania te to w szczególności: modulacja 1024-QAM, dzięki której przepustowość połączeń Wi-Fi staje się większa od standardu Gigabit Ethernet oraz techniki: OFDMA i MU-MIMO do redukcji opóźnień transmisji. Dwie dookólne anteny o dużym zysku energetycznym wprost idealnie sprzyjają dobremu zasięgowi karty. Wspierany przez Archer TX55E protokół WPA3 zapewnia z kolei bezpieczeństwo transmisji na najwyższym poziomie.

Ważnym atutem karty firmy TP-Link jest moduł standardu Bluetooth 5.2. Dzięki niemu możliwe jest podłączenie do komputera takich akcesoriów jak: słuchawki, klawiatura, myszka, głośniki czy pady do gier. Standard Bluetooth 5.2 oferuje dwukrotnie wyższe prędkości i czterokrotnie większy zasięg niż standard Bluetooth 4.2. Zastosowane radiatory zapobiegają nadmiernemu przegrzewaniu się karty. Oprócz standardowego śledzia, w zestawie znajduje się również wersja low-profile przeznaczona do komputerów z obudową mini tower.

https://bit.ly/3zJnba6

Nietypowa przygoda robota dostawczego Starship Technologies

Nie tak dawno brytyjski profesor historii Matthew McCormack natknął się w lasach Northampton na niecodziennego robota. Był to robot firmy Starship Technologies, który przemieszczał się po ścieżce. Nie tracąc czasu, profesor wziął sprawy w swoje ręce i zrobił zdjęcie robotowi. Wszyscy natychmiast pokochali robota, który zaczął wzbudzać zainteresowanie w mediach społecznościowych. Celem robota Starship Technologies nie była pomoc w szkoleniu dentystów czy mierzenie temperatury ciała w związku z pandemią COVID-19. Robot ten otrzymał raczej konkretne zadanie: miał dostarczyć zakupy spożywcze na terenie Northampton. Robot zakończył dostawę, lecz nie wiadomo, czy odbiorca był świadomy poruszenia, jakie wywołał robot.

„Jadąc dziś rano na rowerze, zobaczyłem w lesie listę robotów dostawczych" – napisał McCormack na Twitterze. Firma Starship Technologies odpowiedziała (również na Twitterze): „Nie zgubiłem się, po prostu przeżyłem przygodę!" Roboty Starship Technologies, które zdobyły popularność w czasie pandemii COVID-19, dostarczając przesyłki w Northampton, zazwyczaj wędrują do celu po chodnikach, a nie przez las. Mimo że niewiele osób korzysta z robotów dostawczych, nadal są one wszechobecne w mieście. Mieszkańcy mają z nimi dobry kontakt dzięki humanizującym cechom robotów. Roboty Starship Technologies są przez nich traktowane jak maskotki. Ludzie stworzyli strony na ich temat w mediach społecznościowych. Ilekroć wspomniane roboty się pojawiają, są one podziwiane.

https://bit.ly/3zkykfU

Wydajna pamięć M95P32 nowością STMicroelectronics

W ostatnim czasie firma STMicroelectronics wprowadziła na rynek nową pamięć M95P32. Jest to pamięć Serial Page EEPROM z interfejsem SPI. Strony pamięci liczą po 512 bitów danych. Bazująca na procesie technologicznym 40 nm pamięć jest rozwiązaniem o krótkim czasie kasowania, odczytu i programowania.

Pamięć M95P32 ma nieulotne komórki eSTM (ang. *embedded Select in Trench Memory*). Jej napięcie zasilania to 1,6...3,6 V i gwarantuje niski pobór mocy. Dostępne są 4 szeregowe wyjścia danych. Ich użycie warunkują tryby pracy pamięci. Opracowana przez STMicroelectronics pamięć stanowi ekonomiczny zamiennik pamięci FRAM. Pamięć

eprasa.pl 136c999a57

M95P32 to konkurencyjny produkt względem pamięci: Serial Flash i Data Flash. Zastosowania M95P32 obejmują m.in.: urządzenia IIoT, inteligentne liczniki i moduły światłowodowe 5G. Pamięć jest dostępna w 3 obudowach: UFDFPN8 o wymiarach: 2×3 mm, SO8N o wymiarach: 4,9×6 mm i WLCSP8 o wymiarach: 2,608×1,531 mm. Pamięć M95P32 przewidziano do pracy w temperaturze od –40 do 85/105°C.

https://bit.ly/3vpENFr, https://bit.ly/3PJ0eta, https://bit.ly/3BnWo4l

Oficjalna akceptacja testów PCT dla łączności Dual Connectivity obejmującej technologię 5G NR

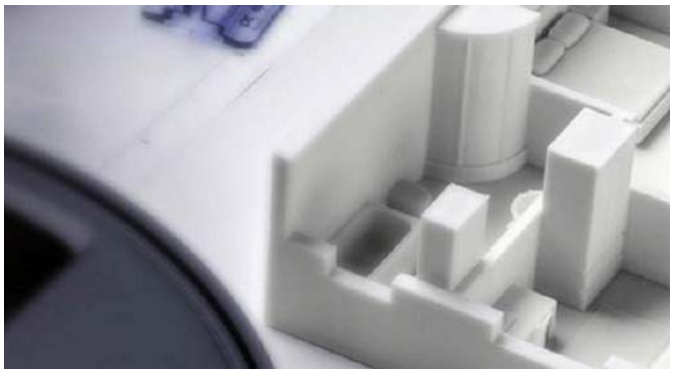
Niedawno firma Anritsu poinformowała o pomyślnym zatwierdzeniu testów Protocol Conformance Test (PCT) dla łączności Dual Connectivity. Testy te powstały z myślą o technologii 5G New Radio (5G NR). Akceptacji testów dokonało zrzeszenie Global Certification Forum (GCF). Testy są przewidziane m.in. na platformę ME7834NR (firmy Anritsu). Dzięki łączności Dual Connectivity możliwa stała się komunikacja z dwoma węzłami 5G NR jednocześnie (od strony jednego urządzenia). Uznane przez GCF testy są zgodne z zaleceniem TS 38.523-1 organizacji 3GPP. Ich koncepcję zaprezentowano grupie PCS Type Certification Review Board (PTCRB). Grupa zaaprobuje testy na najbliższym spotkaniu. Przeznaczona testom platforma ME7834NR obsługuje standardy: LTE, LTE-Advanced (LTE-A), LTE-A Pro i WCDMA. Opracowana przez Anritsu platforma wspiera architektury: Standalone (SA) i Non-Stand-alone (NSA) standardu 5G. Platforma umożliwia testy Carrier Acceptance Testing (CAT) – obok testów PCT. Wraz z komorą MA8171A (firmy Anritsu) i konwerterami RF jest to wszechstronne rozwiązanie.

https://bit.ly/3BtyVPi

Kieszonkowy moduł wskaźnika słupkowego BarGraph 3 Click o 5 białych segmentach LED

Jest to uniwersalna miniaturowa płytka, której wskazania można z łatwością obserwować z daleka, w ciemności i przy mocnym świetle słonecznym. Wszystko to przy nieskomplikowanej obsłudze oraz małych rozmiarach. Dostępny na płytce podzespół SMA-B500LE B/W firmy American Opto Plus i układ 74HC595 firmy Texas Instruments, pełniący funkcję ośmiobitowego rejestru przesuwnego, umożliwiają pełną realizację zadań przeznaczonych do modułu BarGraph 3 Click. Każdy segment tego modułu to biała dioda LED, która pobiera 25 mA prądu. Stopień ich świecenia jest regulowany sygnałami PWM. Sterowanie modułem odbywa się przez interfejs SPI znajdujący się na wyprowadzeniach mikroBUS, który umożliwia generowanie dowolnych sekwencji świecenia. Moduł znajdzie zastosowanie w takich rozwiązaniach jak: mierniki VU, wskaźniki stanu czy systemy kontroli. Można go przy tym obsługiwać, korzystając z intuicyjnego środowiska programistycznego mikroSDK. Jest to całkowicie sprawdzony produkt o wymiarach: 42,9×25,4 mm i napięciu pracy 3,3 V lub 5 V.

https://www.mikroe.com/bargraph-3-click



Biodegradowalny filament Z-PLA Pro polskiej firmy Zortrax

Jest to rozwiązanie przeznaczone do profesjonalnego prototypowania. Filament zawierający kredę sprawia, że wydruki 3D wyglądają atrakcyjniej dzięki matowemu wykończeniu, które uwypukla ich detale. Powstające z użyciem Z-PLA Pro wydruki 3D charakteryzuje w pełni oryginalna powierzchnia. Filament sprzyja ponadprzeciętnej estetyce tych wydruków, dzięki czemu nadaje się do modeli edukacyjnych, elementów dekoracyjnych i makiet architektonicznych. Wszystko to przy 4 kolorach: białym, srebrnym, grafitowym oraz czarnym, które imitują materiały budowlane (np. beton lub kamień). Oferowane przez Z-PLA Pro kolory wykluczają potrzebę malowania wydruków 3D (zwłaszcza architektonicznych). Jest to ekologiczny produkt.

Głównymi zaletami Z-PLA Pro są: niski poziom skurczu, brak odkształceń i duża twardość. Filament daje nieograniczone możliwości druku wysokiej jakości modeli o skomplikowanych kształtach. Modele są powtarzalne, mogą być dużych rozmiarów i odznaczają się gładką powierzchnią. Powierzchnię tę można obrabiać dla lepszego wykończenia. Produkt stanowi alternatywę dla użytkowników ceniących dbałość o środowisko. Pozwala on eksperymentować z prototypami przed ich ostatecznym wytworzeniem. Drukarki współpracujące z filamentem Z-PLA Pro to: Inventure, M200, M200 Plus, M300, M300 Plus i M300 Plus Dual (każda produkcji Zortrax). Filament jest dostępny w szpulach.

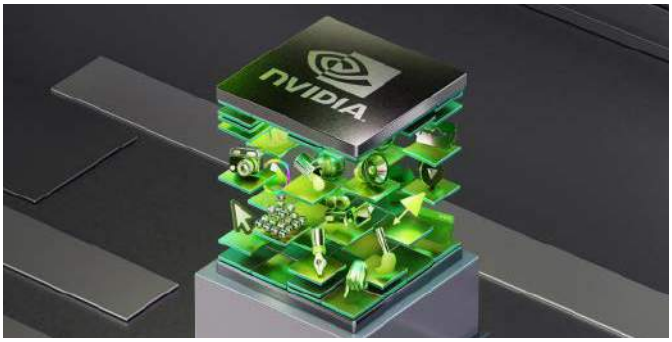
https://zortrax.com/pl/filaments/z-pla-pro/

Wyjątkowa opaska sportowa Nike Pride Edition dla smartwatchy Apple Watch

Dopasowana do nadgarstków o obwodzie 13...19 cm opaska została wykonana z miękkiego, oddychającego i lekkiego splotu nylonu. Inspiracją do jej stworzenia była kolekcja „Be True" firmy Nike – projekt promujący równość w sporcie. Cechująca się kolorami tęczy opaska Nike Pride Edition ma zapięcie na rzep, które pozwala ją szybko i wygodnie regulować. Jej gęsta warstwa pętelek po wewnętrznej stronie tworzy miękką wyściółkę i odprowadza wilgoć. Rzepy po drugiej stronie łączą opaskę, gwarantując trwałość zapięcia. Grubość opaski jest odpowiednio dobrana – opaska nie powoduje uciskania nadgarstków. Nike Pride Edition jest też odporna na przecieranie. Opaska jest dostępna w dwóch wariantach: o długości 41 cm lub 45 cm.

https://apple.co/3Jd6PcS

eprasa.pl 136c999a57



Sterowniki NVIDIA Studio wspierające aplikacje: Blender 3.2, Sapphire 2022.5 oraz Denoise AI 3.7.0

Dzięki niedawnym sterownikom NVIDIA Studio możliwy stał się znaczący wzrost wydajności działania aplikacji: Blender, Sapphire i Denoise AI. Jest to wspaniała wiadomość dla osób korzystających z rozwiązań NVIDIA Studio. Objęta niedawną aktualizacją aplikacja Blender (3.2) wspiera w szczególności bibliotekę graficzną OpenVDB. Tę popularną bibliotekę open source można spotkać m.in. w NVIDIA Omniverse. Każdy stosujący OpenVDB zyskał możliwość nadpisywania plików o dużych rozmiarach. Z myślą o wymagających grafikach wprowadzona została funkcja „Light Group", która umożliwia modyfikacje kolorów lub natężenia światła bez renderowania po wprowadzonych zmianach. Aktualna wersja Sapphire (2022.5) dostarcza konfiguracje multi-GPU dla środowiska DaVinci Resolve. Czas renderowania w tym środowisku został zwiększony sześć razy. Ostatnia wersja Denoise AI (3.7.0) stanowi wsparcie dla środowiska NVIDIA TensorRT. Dzięki temu środowisku możliwe jest szybsze przetwarzanie zdjęć. Dotyczy to w szczególności funkcji odszumiania dla plików RAW.

https://bit.ly/3oGdxi8

Niezawodne rozwiązania Rohde & Schwarz dlaźkontroli ruchu lotniczego w Wietnamie

Firma Rohde & Schwarz otrzymała od wietnamskiej agencji Vietnam Air Traffic Management (VATM) zlecenie wyposażenia dziewięciu wież lotniczych w nowoczesne rozwiązania. Mowa tu o radiostacjach R&S Series5200 i systemie komunikacji głosowej CERTIUM VCS-4G. Zarówno radiotelefony, jak i system komunikacji głosowej mają zapewnić niezakłóconą łączność w wietnamskich wieżach. Jak wyjaśnia wiceprezes ds. rozwiązań kontroli ruchu lotniczego w firmie Rohde & Schwarz, Marius Münstermann:

„Firma Rohde & Schwarz jest dumna, że może dostarczyć VATM najnowszy sprzęt łączności. Mamy udane relacje z wietnamską agencją, którą odwiedziłem, by omówić sposoby jej wzmocnienia w zakresie kontroli ruchu lotniczego. Od stanowiska pracy po anteny nadawcze, nasze produkty zapewnią VATM bezpieczną komunikację o doskonałych parametrach".

Radiostacje R&S Series5200 charakteryzuje pionierska architektura security-by-design. Dzięki SDR (Software Defined Radio – radio definiowane programowo) radiostacje te można łatwo modyfikować bez dodatkowego sprzętu. System komunikacji głosowej CERTIUM VCS-4G wykorzystuje z kolei protokół IP. System ten oferuje wysoki poziom bezpieczeństwa i łatwość zarządzania. Wietnamska agencja VATM jest bardzo wdzięczna firmie Rohde & Schwarz – jest to udana współpraca obu podmiotów.

https://bit.ly/3zhJphR

Nowe digitizery sygnałowe M5i od Spectrum Instrumentation

Mowa tu o modelach: M5i.3330-x16 i M5i.3337-x16, które zapewniają wymianę danych z szybkością do 12,8 GB/s. Wymianę tę umożliwia standard PCIe Gen 3. Oba modele są dwukrotnie wydajniejsze od konkurencyjnych produktów. Są to digitizery mogące pracować z maksymalną częstotliwością próbkowania 6,4 GS/s. Ich szerokość pasma wynosi ponad 2 GHz. Wszystko to przy rozdzielczości 12 bitów. Za akwizycję sygnałów odpowiada jeden (model M5i.3330-x16) lub dwa kanały (model M5i.3337-x16). Pamięć o pojemności 4 GB (z opcją zwiększenia do 16 GB) wprost tej akwizycji sprzyja. Programowalne zakresy oraz zmienny offset również. Są realizowane tryby pojedynczej i wielokrotnej rejestracji. Ostatni tryb umożliwia efektywną obsługę wysokiej częstotliwości wyzwalania – pamięć M5i.3330-x16 i M5i.3337-x16 jest w tym celu segmentowana.

Jak wyjaśnia dyrektor techniczny Spectrum Instrumentation, Oliver Rovini:

„Jesteśmy podekscytowani wysokowydajnymi digitizerami M5i. Digitizery cechuje unikalny zestaw funkcji dla akwizycji i analizy wysokich częstotliwości. Nasze produkty nadają się m.in. do przechwytywania sygnałów w optyce światłowodowej, spektrometrii masowej, testowania półprzewodników, rejestracji RF oraz technologii kwantowej. Oferowany przez M5i.3330-x16 i M5i.3337-x16 transfer danych do 12,8 GB/s sprzyja zastosowaniom, którym potrzeba złożonego przetwarzania".

Dla zwiększenia elastyczności pamięć digitizerów może pełnić funkcję bufora pierścieniowego. Dostępne są 4 cyfrowe linie I/O, złącza SMA oraz bezpośrednie przesyłanie danych RDMA do układu graficznego P2000 firmy NVIDIA. Pochodzące z digitizerów dane można przesyłać do procesora graficznego CUDA – umożliwia to pakiet SCAPP (Spectrum's CUDA Access for Parallel Processing) do tworzenia procedur przetwarzania. Pakiet ten zawiera niezbędne sterowniki i przykłady użycia obejmujące m.in. uśrednianie oraz FFT. Najefektywniejsza wymiana danych osiągana jest dla procesora EPYC model 7252 firmy AMD.

Jak tłumaczy Rovini: „Szybsza magistrala digitizerów M5i zapewnia strumieniowe przesyłanie danych do zaawansowanych systemów przetwarzania. Dane te mogą być przetwarzane natychmiast. Ich szybki transfer gwarantuje zwiększoną wydajność pomiarów, przy zachowaniu wysokiej precyzji, która pozwala wykonywać próby z mniejszymi tolerancjami. Jest to fenomenalna jakość".

Digitizery firmy Spectrum Instrumentation można programować z użyciem języków programowania. Języki te to: C, C++, C#, Delphi, VB.NET, J#, Python, Julia i Java. Środowiska: LabVIEW i Matlab są digitizerom M5i.3330-x16 i M5i.3337-x16 pisane. Digitizery te obejmuje pięcioletnia gwarancja. Przewidziano dla nich biblioteki, przykładowe kody i oprogramowanie SBench 6 z bezpłatnymi aktualizacjami (aktualizacje te dotyczą również firmware'u digitizerów).

https://bit.ly/3oXGt5r

Jakub Tyburski

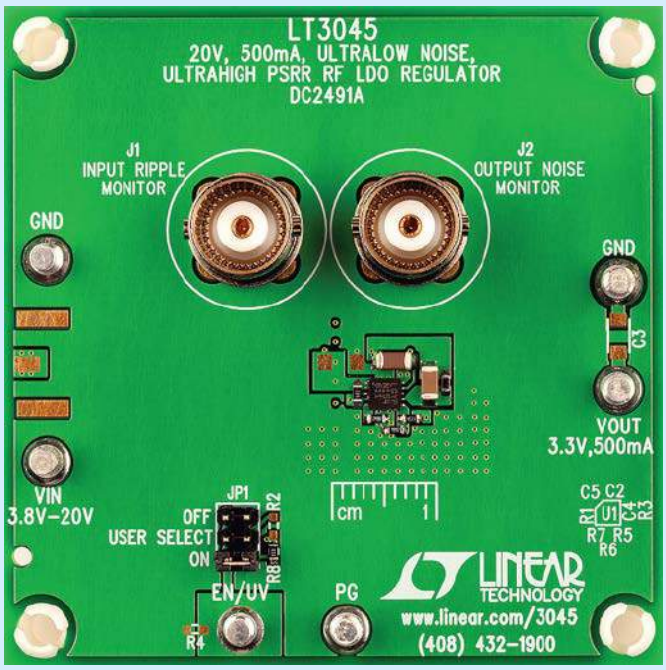
eprasa.pl 136c999a57

Systemy dla Internetu Rzeczy (63)

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

Szumy zasilania w układach IoT

Regulatory przełączające generują tętnienia i szumy przełączania w napięciu wyjściowym. Dlatego nie nadają się jako zasilacze do zastosowań, takich jak czujniki, które wymagają idelanie czystego napięcia wejściowego. Ogólne środki zaradcze obejmują podłączenie regulatora liniowego do wyjścia regulatora przełączającego w celu tłumienia tętnień i szumów przełączania. Jednak w różnych warunkach, w tym pod obciążeniem, może być trudne tłumienie tętnienia i szumu przełączania, a szum przełączania może być dodatkowo propagowany. Skutecznym środkiem zaradczym jest regulator liniowy o bardzo wysokim PSRR i podłączenie filtra dolnoprzepustowego do wyjścia regulatora przełączającego przed regulatorem liniowym.

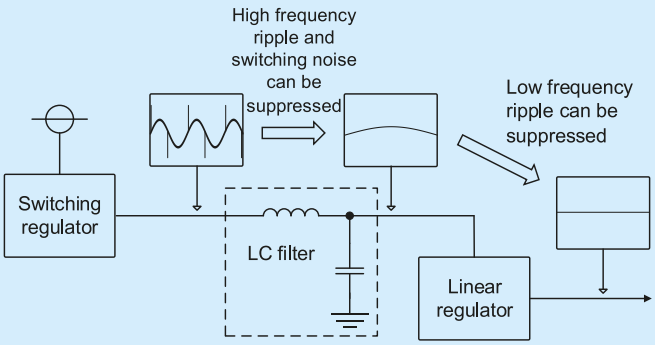


Składowa zmienna (AC) napięcia wyjściowego regulatora przełączającego składa się ze stosunkowo niskich częstotliwości, zgodnych z częstotliwością zegara regulatora przełączania, zwykle od 100 kHz do 3 MHz oraz impulsowych „szpilek" o bardzo wysokiej częstotliwości związanych z czasami przełączania kluczy zasilania. Impulsowe dostarczanie energii przez regulator przełączający powoduje tętnienia. Kondensatory filtrujące wygładzają napięcie wyjściowe, ale nie do końca. Impulsy, które często mają zawartość harmoniczną zbliżoną do 100 MHz, wynikają z wysokoenergetycznych, szybko przełączających się elementów mocy w regulatorze przełączającym. Kondensator filtrujący ma na celu zmniejszenie tych skoków, ale w praktyce nie może ich całkowicie wyeliminować.

Chociaż regulatory przełączające generują tętnienia i szum przełączania, szumy można stłumić, podłączając do ich wyjścia regulator liniowy (LDO) z dużym współczynnikiem tłumienia wpływu zasilania PSRR (*Power Supply Rejection Ratio*). Jednak PSRR zmniejsza się przy wysokich częstotliwościach ze względu na ograniczoną charakterystykę częstotliwościową regulatorów liniowych. Szerokopasmowe szpilki przechodzą bezpośrednio przez regulator. Wyjściowy kondensator filtrujący, przeznaczony do pochłaniania impulsów, ma również ograniczenia dotyczące wysokich częstotliwości. Niedoskonała odpowiedź kondensatorów regulatora i filtra jest spowodowana pojemnościami pasożytniczymi [1]. Regulator też zawiera ścieżki pasożytnicze wysokiej częstotliwości, głównie pojemnościowe. Kondensatory filtra wejściowego i wyjściowego zawierają pasożytniczą indukcyjność i rezystancję, pogarszając ich skuteczność wraz ze wzrostem częstotliwości.

Aby zwiększyć PSRR w rejonie wysokich częstotliwości można podłączyć filtr dolnoprzepustowy (LPF) do wyjścia regulatora przełączającego, aby stłumić wysokie częstotliwości. Chociaż nadal pozostają szumy niskiej częstotliwości, to można je stłumić za pomocą regulatora liniowego (**rysunek 1**). Zastosowanie filtra LC (L=47 μH, C=10 μF) o częstotliwości granicznej $Fc=1/(2\pi\sqrt{LC})=7{,}35$ kHz wprowadza tłumienie –23 dB w pobliżu 30 kHz i –70 dB w pobliżu 500 kHz. Jednak dodatkowo nastąpi spadek napięcia DC zgodnie z wartością rezystancji cewki i prądu obciążenia.

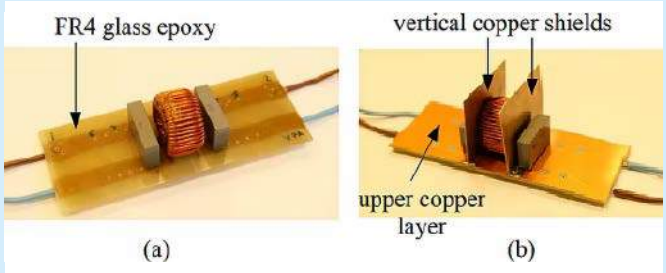
Typowo jako element indukcyjny stosowane są koraliki ferrytowe (FB – *Ferrite Bead*) o różnej charakterystyce częstotliwościowej tłumienia i różnej rezystancji DC. Poprawę można również uzyskać poprzez równoległe zastosowanie kilku kondensatorów o różnej pojemności [3]. Duże znaczenie ma impedancja (ESL) zastosowanych kondensatorów. Lepsze efekty tłumienia szumów wysokoczęstotliwościowych uzyskuje się przy zastosowaniu filtra typu PI składającego się z kondensatora wejściowego, elementu indukcyjnego i kondensatora wyjściowego [3]. Pomocne może być umieszczenie miedzianego ekranu pod filtrem (**rysunek 2a**). Gdy wszystko inne zawiedzie, można dodać warstwy miedzi na górze i na dole płytki drukowanej oraz dwa pionowe ekrany miedziane po obu stronach filtra (**rysunek 2b**) [4].



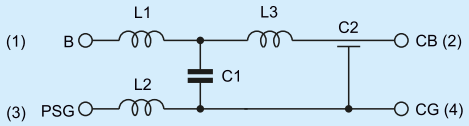
Rysunek 1. Tłumienie szumów przez dodatkowy filtr LPF [2]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

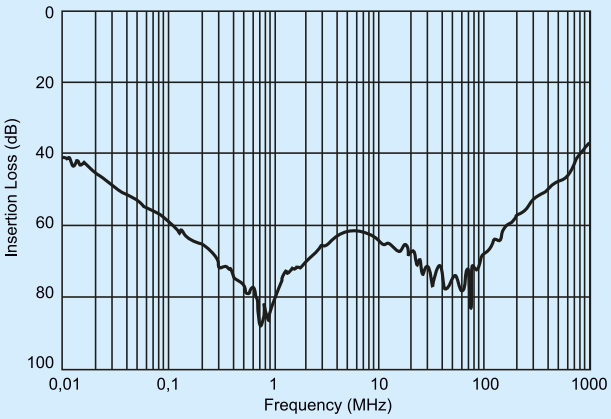
eprasa.pl 136c999a57



Rysunek 2. Ekranowanie filtra warstwą miedzi: a) pod elementami, b) po bokach cewki [4]



Rysunek 3. Budowa filtrów typu EMIFIL serii BNX firmy Murata [5]

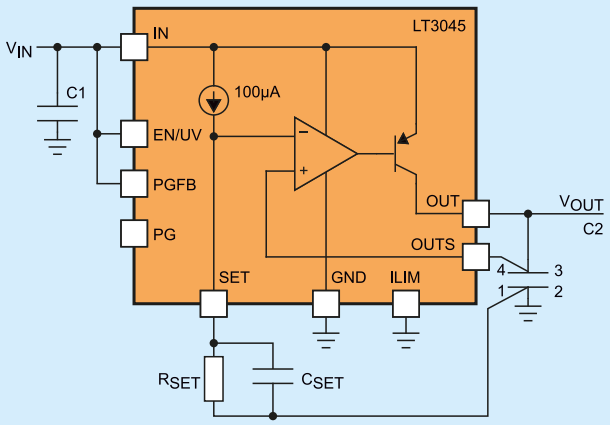


Rysunek 4. Tłumienie filtru BNX029 firmy Murata [5]

Bardzo dobrym sposobem na filtrowanie szumów zasilania jest zastosowanie filtra blokowego typu EMIFIL serii BNX firmy Murata [5]. Filtry mają rozdzieloną masę wejściową i wyjściową (**rysunek 3**), dlatego dobrze tłumią szumy. Filtry tej serii charakteryzują się dużym prądem pracy (15...20 A), szerokim zakresem napięć pracy (6,3...100 V). Wyróżnia się filtr BNX029 o rozmiarach 12×9×3,5 mm oraz tłumieniu 35 dB (min.) w bardzo szerokim pasmie od 15 kHz do 1 GHz (**rysunek 4**) [5]. Bardzo dobrze tłumi też wyładowania elektrostatyczne.

LDO z ultrawysokim PSRR – LT3045

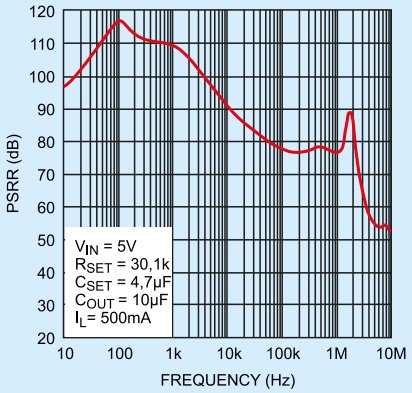
W tłumieniu szumów bardzo duże znaczenie ma konstrukcja układu scalonego regulatora LDO. Układ LT3045 firmy Analog Devices (dawniej Linear Technology) to wysokowydajny liniowy regulator



Rysunek 5. Uproszczony schemat płytki demonstracyjnej DC2491A z układem LT3045 [7]

Tabela 1. Współczynnik PSRR układu LT3045 [6]

	Vout <1,3 V		Vout ≥ 1,3 V		
Częstotliwość	VR = 500 mV	50 mV	500 mV	150 mV	80 mV
120 Hz	104 dB		117 dB (CSET=4,7µF)		
10 kHz		85 dB		90 dB	
100 kHz		72 dB		77 dB	
1 MHz		64 dB		76 dB	
10 MHz		54 dB			53 dB

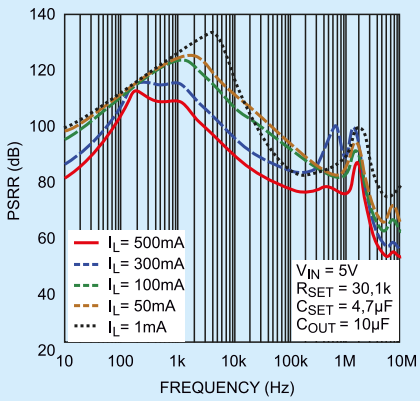


Rysunek 6. Zależność współczynnika PSRR od częstotliwości dla układu LT3045 [6]

LDO, charakteryzujący się architekturą o bardzo niskim poziomie szumów (2 nV/√Hz przy 10 kHz) i ultrawysokim PSRR (76 dB przy 1 MHz) [6]. Układ zaprojektowany jest jako precyzyjne źródło prądu, a następnie wysokowydajny bufor napięcia typu rail-to-rail (**rysunek 5**). Po pierwszym stopniu jest dołączany zewnętrzny kondensator 0,47...4,7 µF, co powoduje, że poprawiony jest PSRR i szum wyjściowy jest zależny tylko od stopnia końcowego. LT3045 jest przeznaczony do zasilania aplikacji wrażliwych na zakłócenia i łatwy w użyciu.

Są dostępne inne warianty tego układu: LT3042 – z prądem wyjściowym 200 mA, LT3045-1 – ze sterowaniem VIOC, LT3045-EP – ze specyfikacją wojskową i kosmiczną. Parametry układu LT3045 są imponujące: napięcie wejściowe 1,8...20 V, napięcie wyjściowe 0...15 V, prąd wyjściowy 500 mA. Współczynnik PSRR zależy od kilku parametrów. Jego typowe wartości są pokazane w **tabeli 1**, gdzie napięcie V_{IN}–V_{OUT}=2 V, C_{OUT}=10 µF, I_{LOAD}=500 mA, C_{SET}=0,47 µF.

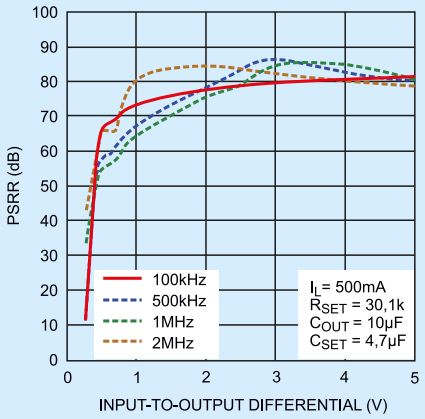
Na **rysunku 6** pokazano zależność współczynnika PSRR od częstotliwości dla V_{IN}=5 V i V_{OUT}=3 V [6]. Dla tych samych parametrów, na **rysunku 7** pokazano zależność współczynnika PSRR od prądu obciążenia. Na **rysunku 8** widzimy zależność współczynnika PSRR od napięcia pomiędzy wejściem i wyjściem układu LT3045.



Rysunek 7. Zależność współczynnika PSRR od prądu obciążenia dla układu LT3045 [6]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 136c999a57



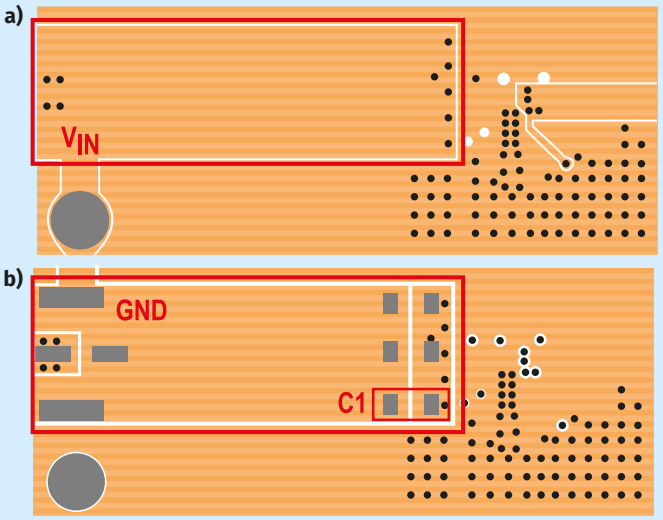
Rysunek 8. Zależność współczynnika PSRR od napięcia we-wy dla układu LT3045 [6]

Płytka uruchomieniowa z układem LT3045

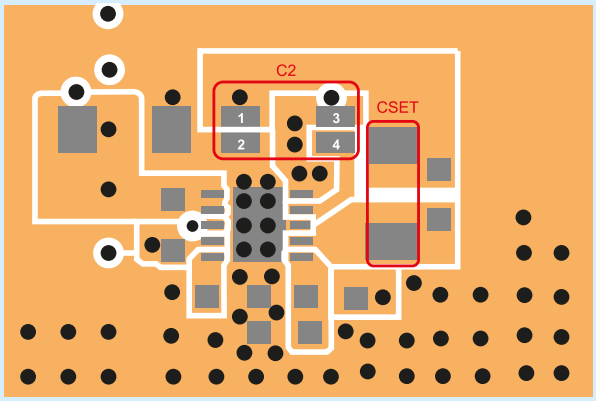
Dostępna jest płytka demonstracyjna DC2491A z układem LT3045EDD [7]. Na płytce zostały zrealizowane wszystkie zalecenia konfiguracyjne dla uzyskania wysokiego PSRR. Dotyczą one także doboru typu kondensatorów i ich rozmiarów (rysunek 8). W przypadku zastosowań wykorzystujących LT3045 na wyjściu regulatorów przełączających, umieszczenie kondensatora bezpośrednio na wejściu LT3045 powoduje, że prąd AC (przy częstotliwości przełączania) przepływa w pobliżu LT3045. Bez zwracania szczególnej uwagi na układ ścieżek PCB ten prąd przełączania o stosunkowo wysokiej częstotliwości generuje pole elektromagnetyczne (EMF), które sprzęga się z wyjściem LT3045, degradując w ten sposób jego PSRR.

Chociaż w dużym stopniu zależy to od PCB, regulatora przełączającego i rozmiaru kondensatora wejściowego, to degradacja PSRR może z łatwością wynosić 30 dB przy 1 MHz. Ta degradacja występuje nawet wtedy, gdy LT3045 jest wylutowany z płyty, ponieważ skutecznie obniża PSRR samej płyty PCB. LT3045 o ultrawysokim PSRR w celu uzyskania pełnej wydajności oferowanej przez regulator wymaga szczególnej uwagi na sprzężenia pasożytnicze wyższego rzędu.

Płytka demonstracyjna LT3045 łagodzi tę degradację PSRR dzięki zastosowaniu specjalnej techniki układu ścieżek. Na warstwie 3 ścieżka wejściowa (V_{IN}) jest podświetlona na czerwono (**rysunek 9a**), a ścieżka powrotna (GND) jest podświetlona na dolnej warstwie wraz z kondensatorem wejściowym C1 (**rysunek 9b**). Kiedy napięcie AC jest podawane na wejście płytki, prąd AC płynie tą ścieżką,



Rysunek 9. Warstwy płytki drukowanej: a) trzecia, b) dolna [7]



Rysunek 10. Warstwa górna płytki drukowanej [7]

generując w ten sposób EMF. Ten EMF łączy się z kondensatorem wyjściowym C2 i powiązanymi śladami, przez co PSRR wydaje się gorszy niż w rzeczywistości. Gdy ślad wejściowy znajduje się bezpośrednio nad ścieżką powrotną, pola elektromagnetyczne generowane są w przeciwnym kierunku i w konsekwencji oba pola znoszą się nawzajem. Upewnienie się, że te ślady dokładnie nakładają się na siebie, maksymalizuje efekt anulowania, a tym samym zapewnia maksymalny PSRR oferowany przez regulator.

Pasmo LT3045 jest dość wysokie (ok. 1 MHz), aby uzyskać ultrawysoki PSRR, co sprawia, że jest bardzo zbliżone do częstotliwości rezonansu własnej kondensatora wyjściowego (ok. 1,6 MHz). Dlatego bardzo ważne jest, aby unikać dodawania dodatkowej impedancji (ESL i ESR) poza pętlą sprzężenia zwrotnego. W tym celu należy zminimalizować wpływ ścieżek płytki drukowanej i indukcyjności lutowania, łącząc masę wyprowadzenia kondensatora wyjściowego C2 (1) dołączonego do wyprowadzenia wyjściowego OUTS bezpośrednio z zaciskami z masy kondensatora C_{SET} (2) dołączonego do wyprowadzenia SET za pomocą techniki dzielonego kondensatora (**rysunek 10**). Pole (4) łączy się z wyjściem OUT, a pole (3) łączy się z wyprowadzeniem OUTS. Przy niewielkim prądzie AC, przepływającym przez te połączenia, wpływ indukcyjności połączenia lutowanego/ścieżki PCB na stabilność jest eliminowany. Chociaż LT3045 jest wystarczająco stabilny, aby nie oscylować, to jeśli nie jest przestrzegany zalecany układ, margines fazy/wzmocnienia i PSRR ulega degradacji.

Napięcie wejściowe i wyjściowe jest doprowadzone na płytce drukowanej bezpośrednio do osobnych gniazdek BNC (zobacz zdjęcie tytułowe). Jest to bardzo istotne, ponieważ pomiary poziomu szumów są bardzo trudne i dołączenie przyrządu pomiarowego może w istotny sposób obniżyć PSRR układu.

Literatura:
[1] Minimizing Switching Regulator Residue in Linear Regulator Outputs, Jim Williams, Application Note 101, July 2005, Analog Devices, https://bit.ly/3BrI2zR
[2] Suppression Method of Switching Noise Using Linear Regulator and Low Pass Filter, No. 62AN042E Rev.001, SEPTEMBER 2019, ROHM, https://bit.ly/3zhkKtV
[3] Application Manual for Power Supply Noise Suppression and Decoupling for Digital ICs, CAT NO. c39e 7/26/2010, Murata, https://bit.ly/3BqJNNC
[4] How to Reduce EMI in Switching Power Supplies, Steve Taranovich, Aug. 10, 2021, Electronic Design, https://bit.ly/3blzvnj
[5] SMD/BLOCK Type EMI Suppression Filters EMIFIL, Mar. 26,2019, Murata, https://bit.ly/3Q43Plf
[6] LT3045: 20V, 500mA, Ultralow Noise, Ultrahigh PSRR Linear Regulator Data Sheet (Rev. C), 2021, Analog Devices (Linear Technology), https://bit.ly/3bf1TaJ
[7] LT3045EDD, DEMO MANUAL DC2491A, 2004, Analog Devices (Linear Technology), https://bit.ly/3PM2EXM
[8] ALT8302ISOPM1215 ±12V Output Isolated DC/DC Board with LT8302, Mpression, https://bit.ly/3Jcocul
[9] MSOX4104A Mixed Signal Oscilloscope, Keysight, https://bit.ly/3vpZ1ie

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 136c999a57

Badania tłumienia szumów

Do badań została zastosowana płytka przetwornicy izolowanej ALT8302ISOPM1215 firmy Mpression z układem scalonym LT8302 firmy Analog Devices [8]. Płytka dostarcza dwa izolowane napięcia ok. 14,3 V (do 400 mA) z tętnieniami na wyjściu ok. 50 mVpp. Napięcie z jednego wyjścia zostało dołączone do wejścia filtra blokowego BNX026 i podane szeregowo na dwie płytki demonstracyjne DC2491A z układem LT3045EDD. Pierwsza płytka LDO1 miała przestawione napięcie wyjściowe na 12 V, a druga płytka LDO2 miała firmowo ustawione napięcie wyjściowe 3,3 V. Do wyjścia LDO2 został dołączony rezystor 200 Ω, co daje obciążenie 16,5 mA. Połączenia pomiędzy zasilaczem laboratoryjnym GPD-X303S firmy Gwinstek oraz modułami wykonane zostały skrętką.

Pomiary szpilek zasilania są nadzwyczaj trudne. Istotne są kable zasilania, kable pomiarowe, rozłożenie modułów zasilania, powierzchnia pętli tworzonych przez kable, jakość połączenia mas i wiele innych czynników [1]. Do badań został zastosowany oscyloskop MSOX4104A firmy Keysight z pasmem 1 GHz w trybie High Resolution (**rysunek 11**) [9]. Sygnały do oscyloskopu zostały doprowadzone kablami koncentrycznymi CT4446-60 firmy Cal Test z pasmem 4 GHz. Zastosowano sprzężenie AC i pełne pasmo wejścia [9]. Celowo zostało zastosowane bardzo szerokie pasmo, aby przebiegi nie były zafałszowane. Sygnały zostały podłączone do 4 kanałów pomiarowych – CH1: wyjście przetwornicy DC/DC, CH2: wyjście filtra BNX026, CH3: wyjście LDO1, CH4 wyjście LDO2.

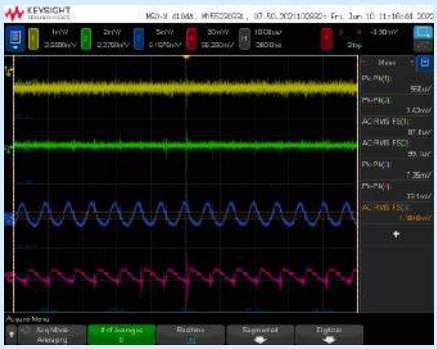
Badanie było wykonywane w bardzo zaszumionym otoczeniu. Wpływ tego szumu otoczenia jest szczególnie widoczny w kanale CH1. Po odłączeniu sygnału LDO szum z kabla i wejścia oscyloskopu był szumem białym o amplitudzie 1,4 mVpp (182 μVrms). Tak więc większość widocznego szumu białego nie pochodzi z badanego układu. Filtr blokowy obniżył amplitudę tętnień i szpilek z 39 mVpp do 13 mVpp i wygładził przebieg. Regulator LDO1 skutecznie usunął tętnienia, ale pozostały szpilki o niższej amplitudzie 3,8 mVpp. Dopiero następny regulator LDO2 skutecznie usunął szpilki.

Zastosowana konfiguracja podłączeń kabli pomiarowych powoduje zwarcie cewki L2 filtra BNX026 (rysunek 3). Usunięcie kabla dla kanału CH4 powoduje lekkie polepszenie tłumienia szpilek. Jednak usunięcie filtra BNX026 powoduje przenikanie szpilek na wyjście LDO2 z amplitudą ok. 2,5 mVpp.

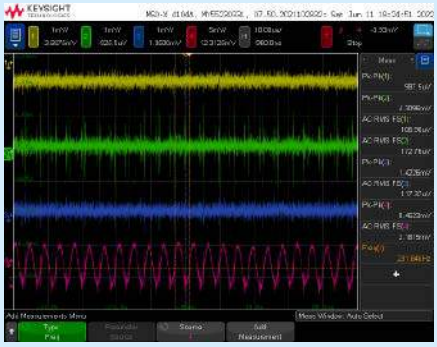
Badany sygnał ma dosyć wysoką częstotliwość tętnień ok. 150 kHz. Z wykresu zależności współczynnika PSRR od częstotliwości (rysunek 6) dla niskiego prądu obciążenia (rysunek 7) oraz sporej różnicy napięcia wejściowego i wyjściowego na LDO (rysunek 8) można określić wysokie PSRR układu scalonego ok. 80 dB.

Zastosowanie uśredniania jest bardzo skuteczne w przypadku szumu nieskorelowanego (**rysunek 12**). W badaniu zostało zastosowane uśrednianie 8 razy, synchronizowane wyzwalaniem od szpilek. Na wyjściu LDO2 mierzony poziom szumu spadł do 960 μVpp (87 μVrms). Potwierdza to przypuszczenie o zewnętrznym pochodzeniu większości widocznych szumów w kanale CH4. Należy jednak bardzo uważać przy pomiarach z uśrednianiem. Przy zmiennym poziomie obciążenia prądowego zmianie ulegnie częstotliwość pracy przetwornicy DC/DC i cały pomiar będzie niewiarygodny.

Rysunek 11. Szumy zasilania, pomiar w trybie High Resolution



Rysunek 12. Szumy zasilania, pomiar w trybie Averaging (8 uśrednień)



Rysunek 13. Szumy zasilania, pomiar bez kabli zasilania

Została przeprowadzona próba z usuniętymi przewodami zasilania pomiędzy modułami (**rysunek 13**). Dodatkowo zostały zastosowane dwa filtry typu PI: 4,7 μF, FB 600 Ω, 0,1 μF. Sygnały zostały podłączone do 4 kanałów pomiarowych – CH1: wyjście LDO2, CH2: wejście LDO2 (po filtrze PI), CH3: wyjście LDO1, CH4: wejście LDO1 (po filtrze BNX026 + filtrze PI. Obciążenie LDO2 – rezystor 30 Ω (110 mA).

Jak można się było spodziewać, wraz ze wzrostem prądu obciążenia nastąpił wzrost częstotliwości pracy przetwornicy DC/DC. Dołączenie filtra BNX026 i filtra PI (prawie) bezpośrednio do wejścia LDO1 spowodowało lepsze odfiltrowanie sygnału z przetwornicy DC/DC. Ciekawy efekt nastąpił pomiędzy wyjściem LDO1 (CH3) i wejściem LDO2 (CH2) – gdzie występuje tylko filtr PI. Nastąpił trzykrotny wzrost mierzonej amplitudy szpilek. Wydaje się, że jest to spowodowane impedancją wprowadzoną przez połączenia. W zastosowanej konfiguracji układowej nastąpił znaczny spadek poziomu szumów mierzonych na obciążeniu, do poziomu poniżej 1 mVpp (106 μVrms).

Podsumowanie

Regulatory impulsowe są bardzo wygodne do zastosowań w urządzeniach IoT ze względu na bardzo dużą sprawność. Jednak wprowadzają do układu szpilki, co wręcz uniemożliwia ich stosowanie do zasilania czujników, które wymagają czystego napięcia wejściowego. Proste środki typu więcej kondensatorów i indukcyjność nie pomaga. Zastosowanie regulatorów LDO z niskim PSRR dla wyższych częstotliwości również nie daje dobrych rezultatów. Dopiero zastosowanie układów scalonych LDO, jak LT3045 firmy Analog Devices o ultrawysokim PSRR, umożliwia zbudowanie odpowiedniego układu zasilania. Jednak wymagane są dodatkowo specjalne konfiguracje ścieżek płytki drukowanej wokół układu scalonego.

Niestety, pomiary zasilania ze szpilkami są bardzo trudne. Samo dołączenie kabli pomiarowych zmienia stan badanego układu. Nawet inne ułożenie kabli pomiarowych może wpłynąć na pomiar. Dodatkowo, stosowanie oscyloskopu cyfrowego może, przy nieodpowiednim doborze podstawy czasu, skutecznie zamaskować poziom amplitudy szpilek a nawet ich występowanie. Przy stosowaniu zasilania z izolacją galwaniczną nie można uniknąć szpilek przełączania. Zaprezentowane rozwiązanie wydaje się skutecznym sposobem radzenia sobie w takiej sytuacji.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl 136c999a57

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 9/2022

Tani programator JTAG

Ceny profesjonalnych programatorów z interfejsem JTAG sięgają setek, a nawet tysięcy złotych i zdecydowanie przekraczają budżet hobbystów. Programator prezentowany w tym artykule powstał po to, aby tanim kosztem móc zaprogramować układy FPGA firmy Lattice. Można nim programować także inne układy z interfejsem JTAG. Sumaryczny koszt wszystkich elementów programatora to około 50 zł.

eT – wielokanałowy, bezprzewodowy system pomiaru temperatury.

Prosty system bezprzewodowego pomiaru temperatury, który, po pierwsze, nie wymaga żadnej skomplikowanej konfiguracji, po drugie, odznacza się walorem w postaci niskiego poboru energii przez węzły pomiarowe. Co więcej, zależało mi na użyciu łatwo dostępnych i tanich modułów radiowych wyposażonych w tryb niskiego poboru mocy. Zdobyłem duże doświadczenie w zakresie obsługi bardzo ciekawych modułów radiowych RFM-12B pracujących w paśmie 433, 868 lub 915 MHz (w zależności od wersji), produkowanych przez firmę HopeRF i zdecydowałem się na ich zastosowanie również w tym urządzeniu.

Prosty miernik refleksu

Czas reakcji człowieka, zwany refleksem, to ważny parametr mający wpływ na nasze bezpieczeństwo. Zaprezentowany układ nie jest certyfikowanym urządzeniem służącym do jego pomiaru, ale może być efektownym gadżetem urozmaicającym imprezy. Urządzenie bada czas tzw. reakcji prostej, czyli od pojawienia się bodźca (zaświecenia diody LED i załączenia sygnalizatora) do zareagowania na tenże bodziec, co w tym przypadku jest po prostu wciśnięciem przycisku. Im krótszy ten czas, wyrażany w milisekundach, tym szybciej reaguje nasz mózg, zatem możemy szybciej zareagować na np. zagrożenie na drodze.

Przedłużacz magistrali I²C

Magistrala I²C jest bardzo wygodnym i tanim sposobem wymiany informacji pomiędzy układami scalonymi na odległość nieprzekraczającą kilkunastu centymetrów. Ogranicza to jej stosowanie w obrębie urządzenia. Czasem warto mieć możliwość przedłużenia zasięgu magistrali nawet o kilka, kilkanaście metrów, upraszcza to komunikację z czujnikami, bez potrzeby stosowania dodatkowych interfejsów szeregowych RS232/RS485 lub uciekania się do korzystania z transmisji radiowej. Opisany minimoduł umożliwia przedłużenie magistrali I²C przy użyciu warstwy fizycznej magistrali CAN.

a ponadto tematy wiodące EP 09/2022:

- Identyfikacja radiowa i optyczna
- IoE – Internet of Everything

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK....27
ARMEL....15
BORNICO....13
COMPUTER CONTROLS....7
ELMAX....17
FARNELL....53, 112
GAMMA....15
HAMMOND....5
PIEKARZ....15
TARGI MONACHIUM....9

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali Współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22 (godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

Fotografia na okładce:
By MW AHM – Own work, CC BY-SA 4.0,
https://bit.ly/3DjQBKn

eprasa.pl 136c999a57

Farnell
AN AVNET COMPANY

GLOBALNE WSPARCIE NAPĘDZAJĄCE TWÓJ SUKCES

Poznaj zespół Farnell

sa.pl 136c999a57