Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

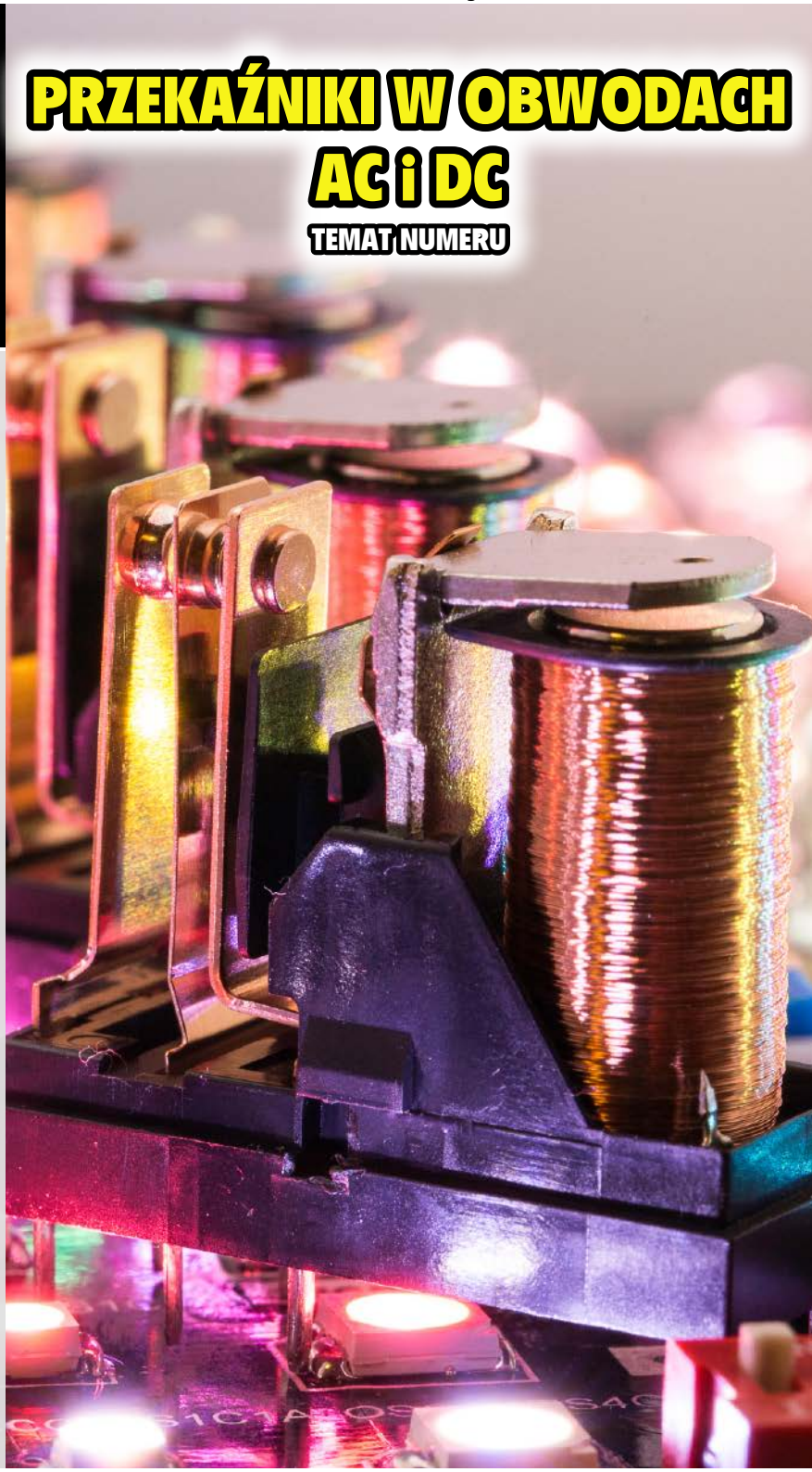
● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● maj ● 5/2023 ●

Tylko Prenumeratorzy

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

PRZEKAŹNIKI W OBWODACH AC i DC

TEMAT NUMERU



inspirujące, użyteczne projekty

• VUM – mikroprocesorowy wskaźnik wysterowania sygnału audio • Zaawansowany licznik impulsów • Generator-wobulator DDS na zakres częstotliwości od 1 Hz do 40 MHz • Graficzny wyświetlacz OLED 2,3” z interfejsem I²C • Konwerter USB-UART w standardzie Grove • Moduł redundancji zasilania dla Raspberry Pi Zero • Włącznik monostabilny wyzwalany światłem • Automat perkusyjny BassMate • Inteligentna skakanka z zastosowaniem Arduino

podzespoły, sprzęt, aplikacje

• Czujniki optyczne. Pirometry scalone, czujniki piroelektryczne oraz mikrobolometry • Przekaźniki do zdań specjalnych • Przekaźniki elektromagnetyczne i półprzewodnikowe • Przekaźniki do technologii EV i PV • Przekaźniki do obwodów AC, DC i instalacji fotowoltaicznych • Przekaźniki do załączania napięć DC • Komponenty automatyki przemysłowej i sterowania • Nowe kontrolery ruchu MC 3001 P, MC 3001 B oraz MC 3603. Mocne i ekstremalnie zminiaturyzowane • Czujniki temperatury kompatybilne z DS18B20 • Złącza do instalacji fotowoltaicznych • FAULHABER Drive Calculator

tutoriale

• Repozytorium Robotyki – cyfrowe udostępnianie zasobów nauki z obszaru robotyki • Wykrywanie zakłócania sygnałów GNSS (GPS). Badanie odporności na zakłócenia odbiorników nawigacyjnych GNSS • Urządzenia zasilające. Podstawowe konfiguracje zasilaczy • Profesjonalne czyszczenie styków

kursy

• Kurs FPGA Lattice. Analizator logiczny Reveal

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR
ISSN 1230-3526 Indeks 357677
9 771230 352238 05 >

INSTALACJE FOTOWOLTAICZNE

eprasa.pl a0c98eea7b

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

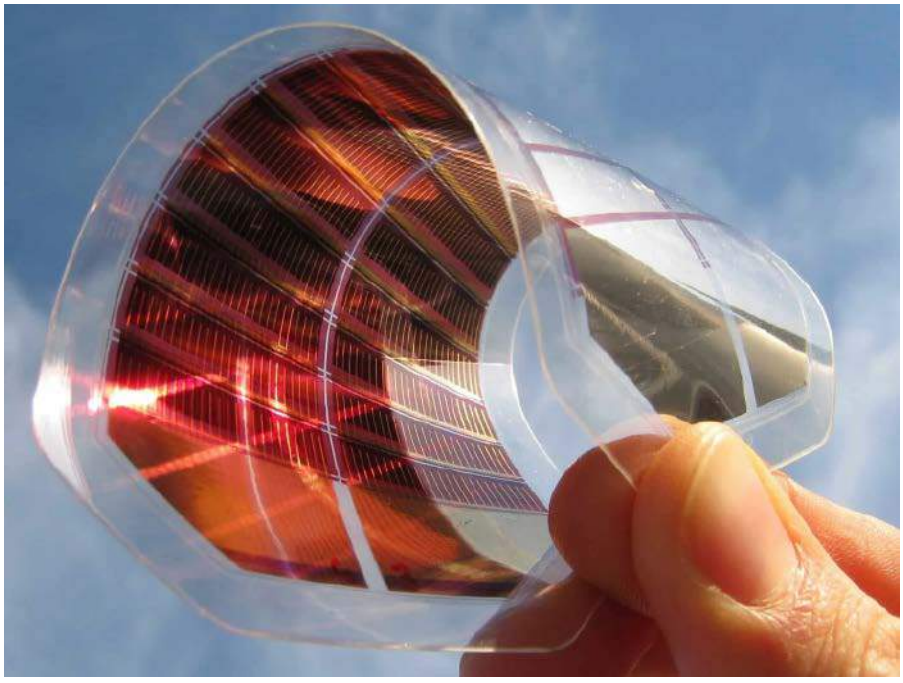
eprasa.pl a0c98eea7b

Co z tymi perowskitami?

Pod koniec kwietnia mogliśmy cieszyć się piękną słoneczną pogodą. Pomimo że instalacje fotowoltaiczne uzyskiwały rekordy produkcji energii elektrycznej, Polskie Sieci Energetyczne (PSE) ogłosiły stan zagrożenia bezpieczeństwa dostaw – po raz pierwszy w historii. W związku ze sprzyjającymi warunkami pogodowymi odnawialne źródła energii (OZE) przyczyniły się do nadpodaży energii elektrycznej przekraczającej 3000 MW. W efekcie zredukowano generację farm fotowoltaicznych. Trudno oprzeć się opinii, że jednak zmarnowaliśmy tak wiele energii...

Powszechnie stosowane krzemowe ogniwa fotowoltaiczne można podzielić na dwie grupy: polikrystaliczne i monokrystaliczne. Panele monokrystaliczne, które charakteryzuje barwa ciemna, są droższe w produkcji, ale mają większą wydajność – ok. 17...22%. Zbudowane z krzemu ogniwa polikrystaliczne charakteryzuje jasnoniebieska barwa. Ich produkcja jest mniej skomplikowana, przez co tańsza, ale mają niższą wydajność – ok. 14...16%. Oba rodzaje wymagają wytworzenia struktury krzemowej o grubości ok. 0,2...0,4 mm. Dzięki ogromnej skali produkcji są stosunkowo tanie.

W technologii II generacji wytwarzane są tzw. panele cienkowarstwowe. W odróżnieniu od modułów krystalicznych krzem występuje w tym przypadku w postaci amorficznej (bezkształtnej), znanej m.in. z wyświetlaczy LCD. Grubość warstwy półprzewodnikowej absorbującej światło wynosi zaledwie 1...3 μm. Z uwagi na dużą redukcję zużycia półprzewodników są one lżejsze i znacznie tańsze w produkcji, a proces wytwarzania jest bardziej zautomatyzowany. Główną wadą tych ogniw jest niższa sprawność, która mieści się w zakresie 7...15%.



Ogniwa III generacji to rozwiązania CPV (*Concentrated Photovoltaics*). Są pozbawione złącza p-n, koniecznego do produkcji tradycyjnych ogniw fotowoltaicznych. Do tej grupy należą ogniwa słoneczne DSSC (*Dye Sensitized Solar Cells*), w których konwersja energii zachodzi w sposób podobny do tego, jaki występuje w roślinach. Są one stosunkowo proste do wytworzenia i mogą być eksploatowane znacznie dłużej niż tradycyjne, krzemowe ogniwa krystaliczne. Problemem jest uzyskanie wyższej, stabilnej sprawności, która w warunkach rzeczywistych wynosi mniej niż 5%.

Kolejnym rodzajem ogniw trzeciej generacji są organiczne ogniwa fotowoltaiczne OPV (*Organic Photovoltaic*). Technologie ich produkcji nie są skomplikowane – najprostsze ogniwo zbudowane jest z pojedynczej warstwy półprzewodnika organicznego, znajdującego się między dwoma elektrodami. Najważniejszą wadą tych ogniw jest ich niska sprawność wynosząca ok. 8%, co nie jest wynikiem imponującym.

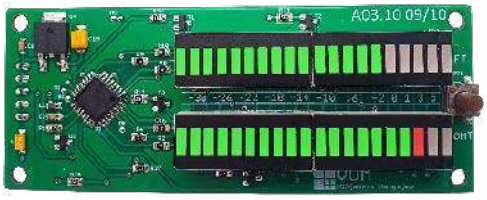
Wynalezienie w ostatnich latach ogniw perowskitowych (PSC) było istotnym osiągnięciem. Zawierają one materiały syntetyczne, niedrogie i stosunkowo proste w produkcji nawet w dużych ilościach. Naniesione na elastyczną podstawę umożliwiają wytwarzanie cienkowarstwowych, wydajnych ogniw słonecznych, które są lekkie i można je zginać (jak pokazano na fotografii). Wydajność w warunkach laboratoryjnych może wynosić ponad 25%. Perowskity mają potencjał, aby osiągnąć wysoką wydajność, jednak większość działających obecnie ogniw jest niewielkich rozmiarów – mają mniej niż cal szerokości. Panele od Saule Technologies, które mają metr szerokości, osiągają wydajność na poziomie 10%. Pod tym względem pozostają w tyle za panelami krzemowymi, jednak ich pozostałe cechy torują im drogę do nowoczesnej dziedziny fotowoltaiki nabudynkowej, czyli BIPV (*Building Integrated Photovoltaics*).

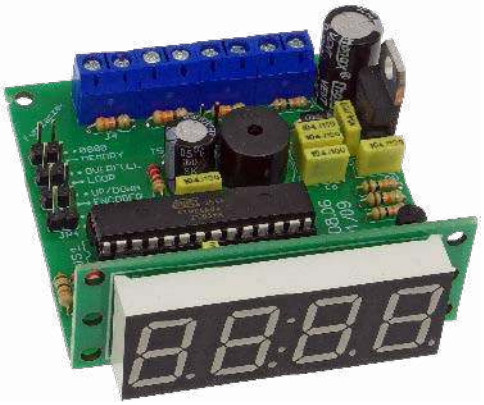
Damian Soskowski

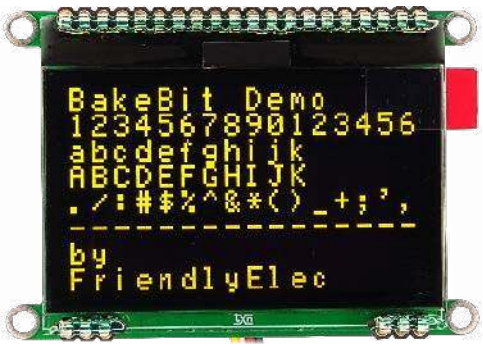
eprasa.pl a0c98eea7b

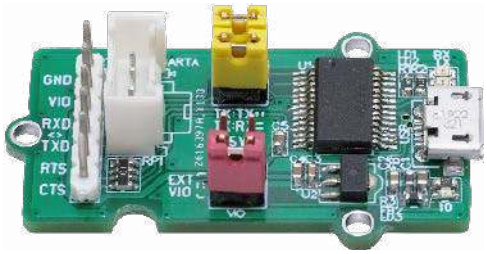
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 5 (364) • Maj 2023









Nie przeocz
Nowe podzespoły ... 6
Dodaj do obserwowanych ... 11
Konkurs ... 108
Koktajl niusów ... 128

Projekty
VUM – mikroprocesorowy wskaźnik wysterowania sygnału audio ... 20
Zaawansowany licznik impulsów ... 26
Generator-wobulator DDS na zakres częstotliwości od 1 Hz do 40 MHz (2) ... 30

Miniprojekty
Graficzny wyświetlacz OLED 2,3” z interfejsem I²C ... 36
Konwerter USB-UART w standardzie Grove ... 38
Moduł redundancji zasilania dla Raspberry Pi Zero ... 39
Włącznik monostabilny wyzwalany światłem ... 42

Projekty SOFT
Automat perkusyjny BassMate
do wspomagania ćwiczeń gry na instrumentach ... 98
Inteligentna skakanka z zastosowaniem Arduino ... 104

Temat numeru: Przekaźniki w obwodach AC i DC
Przekaźniki do zdań specjalnych ... 46
Przekaźniki w obwodach AC i DC ... 64

Prezentacje
Wykrywanie zakłócania sygnałów GNSS (GPS).
Badanie odporności na zakłócenia odbiorników nawigacyjnych GNSS ... 19
Przekaźniki elektromagnetyczne i półprzewodnikowe Relpolu ... 60
Przekaźniki Hongfa do technologii EV i PV ... 62
Przekaźniki w ofercie Firmy Piekarz ... 76
Przekaźniki do obwodów AC, DC i instalacji fotowoltaicznych ... 78
Przekaźniki ZETTLER do załączania napięć DC ... 80
Komponenty automatyki przemysłowej i sterowania od Festo.
Bogata gama produktów dostępna w Farnellu ... 82
Nowe kontrolery ruchu MC 3001 P, MC 3001 B oraz MC 3603.
Mocne i ekstremalnie zminiaturyzowane ... 84
Czujniki temperatury kompatybilne z DS18B20 ... 86
Profesjonalne czyszczenie styków ... 95
Złącza do instalacji fotowoltaicznych ... 96
FAULHABER Drive Calculator. Przydatne narzędzie dla każdego projektanta ... 103
Repozytorium Robotyki – cyfrowe udostępnianie zasobów nauki
z obszaru robotyki ... 117

Elektronika w praktyce
Instalacje fotowoltaiczne ... 88

Podzespoły
Czujniki optyczne (3). Pirometry scalone, czujniki piroelektryczne
oraz mikrobolometry ... 109

Notatnik konstruktora
Urządzenia zasilające (1). Podstawowe konfiguracje zasilaczy ... 118

Kursy
Kurs FPGA Lattice (7). Analizator logiczny Reveal ... 122

Prenumerata ... 2
Od wydawcy ... 3
Hity następnego numeru ... 131

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

Szczegóły na stronie 81

eprasa.pl a0c98eea7b

Przekaźniki Hongfa

Sprawdzony producent przekaźników do Twojego projektu

HONGFA

Małe przekaźniki - duże możliwości!

Serie:

HF115F
HF118F
HF32F-G
HF46F-G
HF3FF
HF41F
HF49FD
HFD23
HFD27
HFD4
HF37F
14FF
gniazda

- **Przekaźniki mocy**
- **Miniaturowe przekaźniki mocy**
- **Miniaturowe przekaźniki wysokiej mocy**
- **Subminiaturowe przekaźniki mocy**
- **Przekaźniki sygnałowe**
- **Subminiaturowe przekaźniki sygnałowe**
- **Gniazda i akcesoria**

MICROS

Autoryzowany dystrybutor

Micros sp.j. W.Kędra i J.Lic
ul. E.Godlewskiego 38
30-198 Kraków

tel.: +48 12 636 95 66
fax: +48 12 636 93 99
e-mail: bok@micros.com.pl

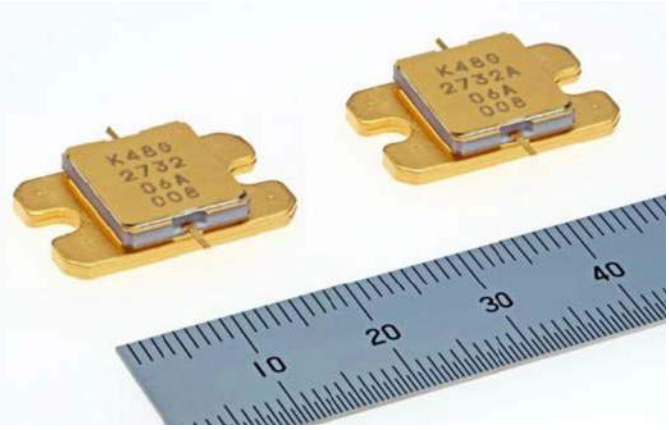
micros.com.pl

Odwiedź nasz sklep internetowy!

eprasa.pl a0c98eea7b

nowe podzespoły

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



70-watowe tranzystory GaN-HEMT do systemów komunikacji satelitarnej

Mitsubishi Electric dodaje do oferty tranzystorów mocy w.cz. dwa nowe modele na pasmo 12,75...13,25 GHz, charakteryzujące się mocą znamionową 70 W (48,3 dBm). MGFK48G2732 i MGFK48G2732A to 70-watowe tranzystory GaN HEMT, zaprojektowane do zastosowań w systemach komunikacji satelitarnej odpowiednio single-carrier i multi-carrier oraz w systemach transmisyjnych SNG (satellite news-gathering), stosowanych w rejonach występowania klęsk żywiołowych oraz w obszarach wiejskich bez infrastruktury komunikacyjnej.

MGFK48G2732 i MGFK48G2732A charakteryzują się wzmocnieniem mocy odpowiednio 12 i 11 dB oraz sprawnością (PAE) odpowiednio 33 i 31 dB. Ich napięcie znamionowe wynosi 24 V, a maksymalny prąd drenu 1,44 A. Oba modele są zamykane w obudowach GF-68 o rezystancji termicznej 0,68°C/W. Rozpoczęcie ich produkcji masowej przewidziano na styczeń 2023.

www.mitsubishielectric.com

Układ zabezpieczania akumulatorów litowo-jonowych o prądzie do 60 A

Littelfuse powiększa serię układów zabezpieczających ITV9550 do akumulatorów litowo-jonowych o nowe wersje 60-amperowe. Są to elementy o krótkim czasie odpowiedzi i małej rezystancji wewnętrznej, mogące znaleźć zastosowanie w elektronarzędziach, robotyce, rowerach elektrycznych i zasilaczach UPS, gdzie zapewniają ochronę nadprądową oraz przed przeładowaniem. Są produkowane w 3-wyjściowych obudowach SMD o powierzchni 9,5×5,0 mm z wewnętrznym bezpiecznikiem i elementem grzejnym. Oferta obejmuje 6 wariantów do ochrony pakietów akumulatorowych zawierających od 3 do 14 ogniw. Poza napięciem pracy, wynoszącym od 9,6...13,5 V (model ITV9550L1260) do 43,7...62 V (ITV9550L5060), różnią się one również rezystancją wewnętrznego elementu podgrzewającego. Wszystkie charakteryzują się zdolnością wyłączania do 160 A i maksymalnym napięciem pracy 80 VDC.

www.littelfuse.com

BMV080 – najmniejszy na rynku czujnik cząstek stałych do pomiaru jakości powietrza

Czyste powietrze ma fundamentalne znaczenie dla zdrowia i dobrego samopoczucia. Obecnie ludzie spędzają zazwyczaj około 90% czasu w pomieszczeniach, co ma negatywny długoterminowy wpływ na ich zdrowie, ponieważ, jak wskazują pomiary, powietrze w pomieszczeniach jest od 3 nawet do 5 razy bardziej zanieczyszczone niż na zewnątrz. Głównym składnikiem tego zanieczyszczenia jest drobny pył PM2.5, obejmujący cząstki stałe i ciekłe o średnicy mniejszej niż 2,5 μm.

Stacje pomiaru jakości powietrza nie dostarczają danych w czasie rzeczywistym, a jedynie dane uśrednione w czasie. Problem ten pomaga rozwiązać najmniejszy na świecie czujnik jakości powietrza PM2.5 o symbolu BMV080, zaprezentowany przez firmę Bosch Sensortec na targach CES. Jest to czujnik o wymiarach jedynie 4,2×3,5×3,0 mm, 450-krotnie mniejszy pod względem objętości od najbliższych odpowiedników. Pracuje z napięciem zasilania 1,8...3,3 V, pobierając mniej niż 30 μA prądu w trybie uśpienia. Nie wymaga konserwacji i nie absorbuje kurzu ze względu na brak wentylatora, co oznacza większą niezawodność i mniejsze ryzyko awarii. Nadaje się do zastosowań m.in. w inteligentnych termostatach i oczyszczaczach powietrza. Obecnie BMV080 jest dostępny w wersji z interfejsem SPI, a w przyszłości ma się również pojawić wersja z interfejsem I²C. Pozostałe parametry:

- czas inicjalizacji: 1,2 s,
- zakres pomiaru: 0...1000 μg/m³,
- rozdzielczość: 1 μg/m³,
- min. średnica cząstki: 0,5 μm,
- dokładność: ±10 μg/m³ dla zakresu 0...100 μg/m³ i ±10% dla zakresu 101...1000 μg/m³,
- częstotliwość skanowania: 1 Hz,
- zakres temperatury pracy: –10...+40°C.

www.bosch-sensortec.com

Przemysłowy czujnik wilgotności o błędzie pomiaru 2,5 %RH z wyjściem analogowym

SHT40I-Analog to najnowszy czujnik wilgotności z oferty firmy Sensirion, wyposażony w wyjście analogowe. Stanowi on rozszerzenie rodziny podobnych czujników SHT4xI z wyjściem cyfrowym i został zaprojektowany do zastosowań wszędzie tam, gdzie ze względu na silne zaburzenia elektromagnetyczne stosowanie

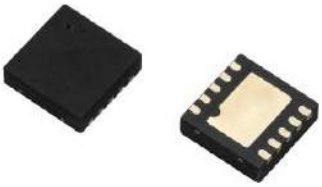
eprasa.pl a0c98eea7b

czujników z wyjściem cyfrowym jest niemożliwe. Może pracować w zakresie dopuszczalnej temperatury otoczenia od –40 do +125°C. Układ jest zamykany w obudowie SMD o wymiarach 1,5×1,5×0,5 mm. Oferuje pełny zakres pomiaru wilgotności od 0 do 100 %RH i dokładność ±2,5%RH. Mierzy też temperaturę z dokładnością ±0,3°C. Czas odpowiedzi przy pomiarze wilgotności i temperatury wynosi odpowiednio 4 s i 2 s (τ63%). Czujnik pracuje z napięciem zasilania VDD od 4,5 do 5,5 V, pobierając średnio 520 µA prądu. Zakres zmienności napięcia na wyjściu analogowym wynosi 10...90% VDD.

www.sensirion.com

Układy zabezpieczające eFuse o zakresie napięcia wejściowego od 2,8 do 23 V

Vishay prezentuje 4 nowe układy zabezpieczające eFuse z programowalnym ogranicznikiem prądowym i zabezpieczeniem nadnapięciowym, zamykane w obudowach TDFN o powierzchni 3×3 mm. Wszystkie charakteryzują się szerokim zakresem napięcia wejściowego od 2,8 do 23 V (z tolerancją do 28 V), natomiast różnią się między sobą zakresem programowania ogranicznika prądowego, wynoszącym 0,3...3,5 A dla SIP32433A/B oraz 0,5...6 A dla SIP32434A/B. Zawierają wiele obwodów sterujących i zabezpieczających, zarówno do ochrony obciążenia, jak i własnej struktury, pozwalających uprościć projekt i ograniczyć liczbę podzespołów. Prąd progowy jest programowany za pomocą zewnętrznego rezystora.



SIP32433 i SIP32434 mogą znaleźć zastosowanie w aplikacjach przemysłowych i medycznych, robotyce, systemach automatyki domowej i konsolach do gier, gdzie zapewniają szybką reakcję na stany awaryjne. Po zadziałaniu zabezpieczenia SiP32433A i SiP32434A blokują przepływ prądu, a SiP32433B i SiP32434B blokują przepływ prądu i automatycznie ponawiają próbę restartu po zaprogramowanym czasie. Wszystkie cztery układy charakteryzują się krótkim czasem reakcji i nie wymagają do tego znacznego przekroczenia wartości progowej, co odróżnia je od większości odpowiedników. Wykazują mniejszą o ponad 40% rezystancję przewodzenia od układów wcześniejszej generacji (78 mΩ dla SiP32433A/B i 33 mΩ dla SiP32434A/B). SiP32433A i SiP32433B, wyposażone w funkcję aktywnego blokowania prądu wstecznego, mogą znaleźć zastosowanie przy współpracy w portami USB Type-C oraz w aplikacjach wymagających przełączania sygnałów z wielu źródeł zasilania.

Wszystkie cztery układy umożliwiają programowanie współczynnika slew-rate. Zapewniają dokładność pomiaru prądu od ±7%. Mogą pracować w temperaturze otoczenia od –40 do +125°C i są odporne na wyładowania ESD do 2 kV (HBM).

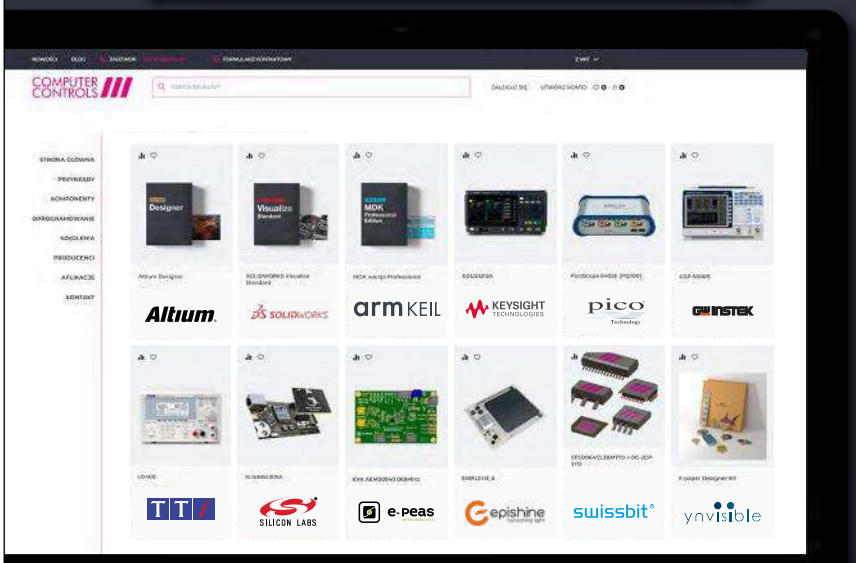
www.vishay.com

Najmniejszy mikrokontroler rodziny RL78 w 8-pinowej obudowie WDFN

Firma Renesas zaprezentowała najmniejszy obecnie na rynku mikrokontroler rodziny RL78, produkowany w obudowach WDFN, SSOP, LSSOP i HWQFN, w tym w najmniejszej wersji 8-pinowej o powierzchni zaledwie 3×3 mm. RL78/G15 to energooszczędny (54 µA/MHz) mikrokontroler ogólnego zastosowania, mogący znaleźć zastosowanie

REKLAMA

SKLEP INTERNETOWY CCONTROLS.PL



VOUCHER -5% NA CAŁĄ OFERTĘ

ABY OTRZYMAĆ RABAT, NALEŻY UŻYĆ PODCZAS ZAKUPU* PONIŻSZEGO KODU:

AVT-5PROCENT

PONAD 40 TYS. PRODUKTÓW

/ OPROGRAMOWANIE
/ KOMPONENTY
/ APARATURA POMIAROWA
/ WYSZUKIWANIE WEDŁUG MARKI I PRODUKTU
/ KORZYSTNE RABATY I PROMOCJE

POZNAJ NASZĄ OFERTĘ JUŻ TERAZ!

*Rabat dotyczy całej oferty i przysługuje wyłącznie na pierwszy zakup poprzez zarejestrowane konto w sklepie ccontrols.pl do 30.06.2023.

3DEXPERIENCE WORKS ALLIANCE MEMORY SECO emtrion embedded systems neoway Central Semiconductor Corp. miromico SILERGY

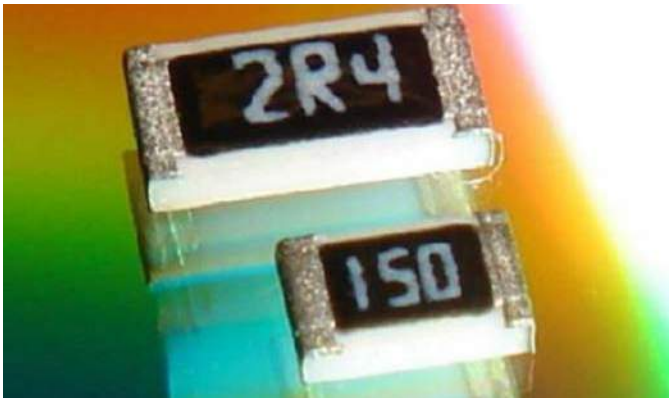
Computer Controls Sp. z o.o. Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1 +48 33 485 94 90 info@ccontrols.pl www.ccontrols.pl

eprasa.pl a0c98eea7b

wszędzie tam, gdzie priorytetem są niskie koszty i małe gabaryty. Jego zaletą jest możliwość pracy w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –40 do +125°C, co pozwala na zastosowania w pobliżu modułów o dużej emisji ciepła, np. falowników samochodowych.

RL78/G15 zawiera 16-bitową jednostkę obliczeniową taktowaną zegarem 16 MHz, 4 lub 8 KB pamięci Flash na kod programu, 1 KB pamięci Flash na dane i 1 kB pamięci SRAM. Pracuje z napięciem zasilania od 2,4 do 5,5 V. Jego wszystkie piny, poza VDD/VSS, mogą być wykorzystane jako linie DIO ogólnego przeznaczenia. Zestaw wbudowanych funkcji obejmuje m.in. 16-bitowy 8-kanałowy timer uniwersalny, watchdog timer, 10-bitowy 11-kanałowy przetwornik A/C z komparatorem i precyzyjny oscylator (±1,0%). Układ obsługuje standardy interfejsów CSI, UART, I²C i multi-master I²C. Poza wspomnianą wersją 8-pinową jest też produkowany w 10-, 16- i 20-pinowych obudowach SSOP, LSSOP i HWQFN.

www.renesas.com



Rezystory chipowe o dużej niezawodności i odporności na duże impulsy energetyczne

Stackpole prezentuje serię rezystorów chipowych RPCA, charakteryzujących się równocześnie dużą niezawodnością i odpornością na duże impulsy energetyczne. Są to rezystory z kwalifikacją AEC-Q200, mogące znaleźć zastosowanie w motoryzacji i przemyśle. Zapewniają odporność na działanie siarki – przeszły w tym zakresie test EIA-977 (Condition A). Ponadto, jako podzespoły do zastosowań automotive, mogą pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –55 do +125°C oraz w obecności udarów i wibracji do odpowiednio 100 g i 5 g (10...2000 Hz).

Seria RPCA obejmuje rezystory o wartościach od 1 Ω do 20 MΩ i tolerancji już od 0,5%, produkowane na zakres mocy znamionowych od 0,2 W do 1,5 W. Są one zamykane w obudowach o wymiarach od 0402 do 2512 i w zależności od gabarytów charakteryzują się dopuszczalnym napięciem roboczym od 50 do 500 V, przy czym tolerują chwilowe przepięcia o wartościach dwukrotnie większych. Ich zakres zastosowań obejmuje zasilacze impulsowe, układy napędowe, termostaty, defibrylatory, elektronarzędzia, sprzęt spawalniczy itp.

www.seielect.com

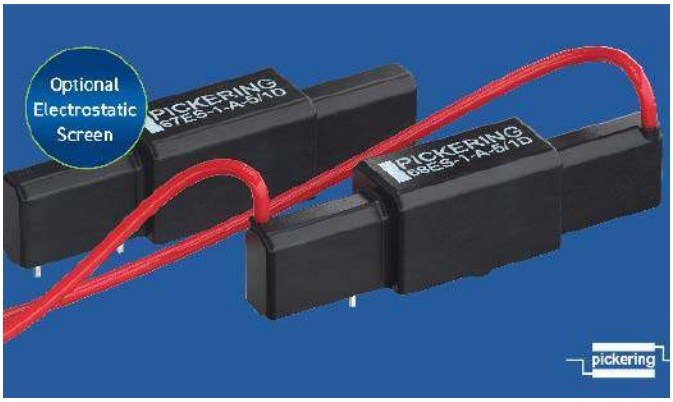
Tani wzmacniacz audio klasy D o mocy 13,8 W i obudowie 1,78×1,21 mm

MAX98365 to tani wzmacniacz audio klasy D o dużej gęstości mocy, zamykany w obudowie WLP-12. Przy powierzchni zaledwie 1,78×1,21 mm jest on w stanie oddać do obciążenia 8 Ω maksymalną moc 13,8 W. Pod względem parametrów nie odbiega od typowych wzmacniaczy pracujących w klasie AB, natomiast wykazuje znacznie większą sprawność energetyczną, sięgającą 92,7% (7,0 W, 8 Ω, 12 V).

MAX98365 jest wzmacniaczem łatwym w implementacji. W szczególności nie wymaga doprowadzania zewnętrznego sygnału MCLK, wykorzystywanego do komunikacji PCM, co zmniejsza poziom generowanych zaburzeń elektromagnetycznych i ułatwia projektowanie płytki drukowanej. Pracuje z napięciem zasilania z szerokiego zakresu od 3 do 14 V. Może znaleźć zastosowanie w inteligentnych głośnikach, laptopach, grach elektronicznych, smartfonach, tabletach i kamerach. Zawiera układ eliminacji trzasków przy włączaniu/wyłączaniu zasilania oraz zabezpieczenie zwarciowe i termiczne. Pozostałe parametry:

- wyjściowe napięcie szumu: 22 μV RMS,
- zakres dynamiczny: 111,5 dB,
- THD+N: –85 dB @ 1 kHz,
- częstotliwość próbkowania: od 8 kHz do 192 kHz,
- pobór prądu w trybie shutdown: 0,5 μA,
- czas włączania: 1 ms.

www.analog.com



Wysokonapięciowe przekaźniki kontaktronowe firmy Pickering z opcją ochrony elektrostatycznej

Pickering Electronics wprowadza opcję ochrony elektrostatycznej do przekaźników wysokonapięciowych serii 67/68, pozwalającej zminimalizować szumy pomiędzy obwodem sterowania cewką i wysokonapięciowym. Stanowi ona uzupełnienie wewnętrznego ekranu mu-metalowego, eliminującego oddziaływanie magnetyczne w przypadku, gdy przekaźniki są zamontowane blisko siebie w ciasnych konstrukcjach.

Przekaźniki serii 67 i 68 są produkowane w obudowach Single-in-Line o wymiarach 58,4×12,6×14,5 mm. Różnią się między sobą sposobem wyprowadzenia linii wysokonapięciowych. Podczas gdy w przypadku serii 67 wszystkie wyprowadzenia są doprowadzone do płytki drukowanej, w przekaźnikach serii 68 zostały one wyprowadzone na kablach poza płytkę. Przekaźniki obu serii występują w następujących konfiguracjach:

- 1 Form A SPST (napięcie stand-off do 10 kV, napięcie przełączane do 7,5 kV, maks. moc 50 W),
- 1 Form A SPST (napięcie stand-off do 8 kV, napięcie przełączane do 6 kV, maks. moc 200 W),

eprasa.pl a0c98eea7b

- 1 Form C SPDT (napięcie stand-off do 5 kV, napięcie przełączane do 2,5 kV, maks. moc 100 W).

Występują w wersjach z cewkami o napięciu znamionowym 5, 12 i 24 V.

www.pickeringrelay.com

Seria czujników ciśnienia do urządzeń mobilnych

Analog Microelectronics prezentuje nową serię czujników ciśnienia zaprojektowanych do zastosowań w urządzeniach mobilnych. W ramach serii AMS 5935 są produkowane czujniki 18-bitowe, przystosowane do montażu na płytce drukowanej. Pracują z napięciem zasilania od 1,7 do 3,6 V, charakteryzując się małym poborem prądu, wynoszącym 250 nA w trybie uśpienia i 2 mA w stanie aktywnym. Ich struktura obejmuje piezorezystancyjny element pomiarowy i układ ASIC. Odczyt skalibrowanych wartości ciśnienia i temperatury odbywa się za pomocą interfejsu I²C/SPI.

Czujniki AMS 5935 są dostępne w wersjach jednokierunkowych o zakresach pomiarowych od 0...2,5 mb do 0...100 mb oraz dwukierunkowych o zakresach pomiarowych od –1,25...+1,25 mb do –100...+100 mb. Zapewniają dokładność pomiaru od 0,5 %FS dla zakresów od 0...10 mb (1 kPa) do 0...100 mb (10 kPa). Wartość ta obowiązuje w całym zakresie dopuszczalnej temperatury pracy od –25 do +85°C.

www.analog-micro.com

Niskoprofilowe kondensatory elektrolityczne o wysokiej niezawodności

Niskoprofilowe aluminiowe kondensatory elektrolityczne nowej serii Flatpack MPLS z oferty Cornell Dubilier wyróżniają się dużą niezawodnością, wynoszącą 10 tys. godzin w temperaturze +105°C. Są one dostępne w wersjach o pojemności od 120 µF do 51 000 µF i napięciu znamionowym od 7,5 do 450 VDC. Mogą pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –55 do +105°C.

Kondensatory serii MPLS są produkowane w 4 rozmiarach obudów o jednakowej grubości (15,2 mm) i szerokości (45,7 mm). Różnią się długością, wynoszącą od 38,1 do 76,2 mm. Charakteryzują się dużym dopuszczalnym prądem udarowym, który można dodatkowo zwiększyć po zastosowaniu radiatora.

W odróżnieniu od konwencjonalnych kondensatorów elektrolitycznych, konstrukcja kondensatorów MLPS jest spawana laserowo, co zapewnia niemal hermetyczne uszczelnienie, zabezpieczające przed wysychaniem elektrolitu. Dodatkowe zalety to odporność na udary do 20 g oraz możliwość pracy na dużej wysokości (do ponad 24 km) i przy bardzo niskiej temperaturze, co pozwala na zastosowania w lotnictwie.

www.cde.com

Miniaturowe przekaźniki MOSFET o dużej wytrzymałości dielektrycznej

Omron wprowadza na rynek nowe, miniaturowe przekaźniki MOSFET o dużej wytrzymałości dielektrycznej i dużej dopuszczalnej temperaturze pracy. G3VM-41UR, charakteryzujący się małą

REKLAMA

www.contrans.pl wejdź i kup on-line

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

eprasa.pl a0c98eea7b

rezystancją RDS(on) i małą pojemnością wyjściową (2 Ω, 5 pF), jest zamykany w miniaturowej obudowie VSON i doskonale nadaje się do zastosowań w systemach pomiarowych oraz testerach ATE. Jego obciążalność wyjścia, wynosząca 40 V/0,25 A, stanowi rekord wśród przekaźników tego rozmiaru. G3VM-41UR jest zamykany w obudowie SOP4.

Modele G3VM-401 i G3VM-601 o dopuszczalnej temperaturze pracy +110°C są polecane do zastosowań w miernikach energii elektrycznej, których podzespoły są narażone na wysoką temperaturę wynikającą z pracy wewnątrz uszczelnionej obudowy. Charakteryzują się również dużą wytrzymałością dielektryczną na poziomie 5000 V rms. Są to przekaźniki z kontaktami SPST-NO, oferowane w obudowach do montażu THT i SMT. Charakteryzują się małym prądem sterowania, wynoszącym 2 mA. Obciążalność wyjść wynosi 400 V @ 120 mA w przypadku G3VM-401 i 600 V @ 90 mA w przypadku G3VM-601.

www.components.omron.com

Siłownik piezoelektryczny do układów zoomu optycznego w smartfonach

Alps Alpine oferuje pierwsze wersje próbne siłownika piezoelektrycznego do realizacji zoomu optycznego w smartfonach. Uzupełnia on ofertę odpowiedników wykorzystujących silnik z cewką drgającą (VCM) i stopy z pamięcią kształtu (SMA).

Siłowniki piezoelektryczne zawierają element wykorzystujący efekt piezoelektryczny do generowania siły powodującej przesunięcie soczewki. Podczas gdy siłownik VCM umożliwia przesunięcie soczewki o kilkaset mikronów, w przypadku siłownika piezoelektrycznego odległość ta może wynosić nawet kilka mm. Ponadto piezoelektryczne źródło napędu eliminuje potrzebę stosowania dużych magnesów i cewek, a w konsekwencji zmniejsza wymiary obudowy. Siła wynosi kilka g i jest większa nawet niż w przypadku siłowników VCM, które z kolei są 10-krotnie mocniejsze od siłowników SMA o tych samych gabarytach. Do zasilania wystarcza napięcie 3 V. Zdolność do utrzymywania pozycji obiektywu przy braku prądu zapewnia odporność na wibracje, co z kolei pozwala na zastosowania m.in. w dronach.

www.alpsalpine.com

6-osiowy czujnik IMU do samochodowych systemów ADAS

TDK rozpoczyna masową produkcję 6-osiowego czujnika inercyjnego (IMU) IAM-20685, przeznaczonego do zastosowań w samochodowych aplikacjach ADAS i innych podsystemach zgodnych z wymogami klasyfikacji bezpieczeństwa na poziomie ASIL-B. Jest to najmniejszy tego typu układ w ofercie firmy, zamykany w obudowie QFN-24 o wymiarach 4,5×4,5×1,1 mm. Został zrealizowany w technologii MEMS. Zawiera 3-osiowy akcelerometr i 3-osiowy żyroskop o zakresach pomiarowych od ±2 do ±65 g oraz od ±41 dps do 1966 dps, 16-bitowy przetwornik A/C, dwa czujniki temperatury oraz wyjściowy interfejs SPI z korekcją CRC. IAM-20685 uzyskał kwalifikację AEC-Q100 Grade 2. Jego zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –40 do +105°C.

www.invensense.tdk.com

Enkodery inkrementalne o rozdzielczości do 4096 ppr i średnicy otworu 9...15,875 mm

Oddział Motion and Control firmy CUI Devices powiększa rodzinę enkoderów inkrementalnych AMT o nową serię AMT13A, obejmującą modele zamykane w obudowach identycznych z wcześniejszymi wersjami AMT13. Są to enkodery z wyjściem kwadraturowym, mogące stanowić zamienniki enkoderów AMT13 z wyjściem różnicowym. Występują w wersjach o średnicy otworu od 9 mm do 15,875 mm (5/8") z gniazdem sygnałowym usytuowanym prostopadle lub równolegle względem osi obrotu. Mogą pracować z rozdzielczością od 96 do 4096 ppr przy maksymalnej prędkości obrotowej 8000 rpm. Ich zakres temperatury pracy wynosi od –40 do +125°C. Pobór prądu to typowo 8 mA @ 5 V.

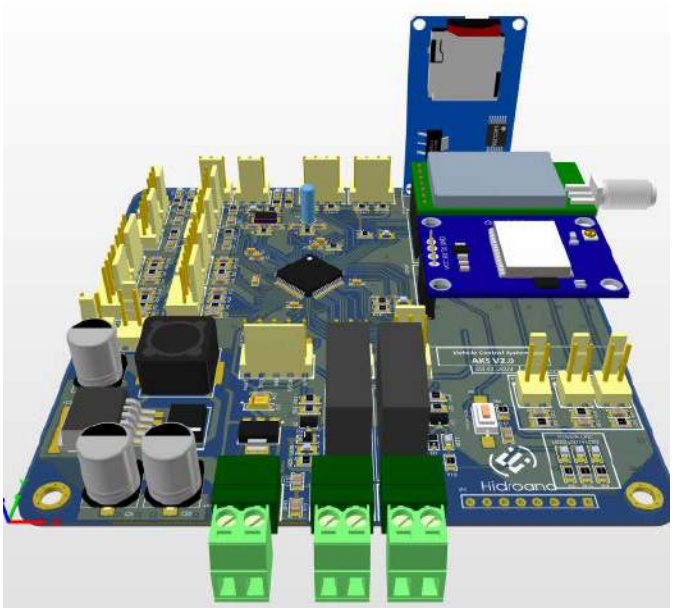
Ceny enkoderów serii AMT13A zaczynają się od 38,1 USD przy zamówieniach 100 sztuk. Producent oferuje również zestaw AMT13A-V z enkoderem, 8 adapterami rozmiaru od 9 do 14 mm i zestawem narzędzi, ułatwiających montaż enkodera na wałku silnika.

www.cuidevices.com

eprasa.pl a0c98eea7b

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.



System kontroli pojazdu

Zaprezentowany moduł powstaje z zamiarem zastosowania go jako jednostki sterującej pojazdu. Dane prototypowego pojazdu biorącego udział w wyścigach wydajności są przekazywane na ekran monitoringu dzięki systemowi komunikacji. Moduł pomaga w natychmiastowej obserwacji danych, takich jak napięcie, prąd, pozycja, prędkość i temperatura wewnętrzna. Szczegółowe informacje o pojeździe i zespole, jaki za nim stoi, można znaleźć na stronie internetowej hidroana.com.

W module zastosowano mikrokontroler STM32F103RCT6. Na płytce znajduje się jeden termistor SMD NTC, który monitoruje temperaturę otoczenia. Dodatkowo do płytki dołączone są dwa termistory NTC, które służą do monitorowania temperatury silnika bezszczotkowego prądu stałego oraz ogniwa paliwowego. Do trójstykowego złącza na karcie podłączony jest czujnik Halla, który odczytuje prędkość pojazdu i prędkość obrotową silnika. W module zintegrowano również odbiornik GPS, który może śledzić do 22 satelitów jednocześnie. Oferuje on dokładność pozycjonowania do 1,8 metra i odświeżanie tej pozycji z częstotliwością do 10 Hz. Moduł może też mierzyć prędkości z dokładnością do 0,1 m/s.

Do komunikacji system używa modułu E32-433T20D z łącznością LoRa. Domyślnie pracuje on przy 433 MHz, ale ma możliwość pracy w zakresie od 410 MHz do 525 MHz. Szybkość transmisji danych wynosi od 0,3 kb/s do 19,2 kb/s w zależności od konfiguracji. System może komunikować się na odległość do 3 km.

Moduł jest niewielki – mierzy 25,5×35×6,5 mm i waży około 8,5 grama. System może działać w szerokim zakresie temperatur od –40 do 85°C.

https://hackaday.io/project/189426-vehicle-control-unit

System operacyjny i narzędzia programistyczne dla modułu SBC-85

Projekt SBC-85 zawiera płytkę z pamięcią bąbelkową, która jest ciekawym elementem, ale wymaga rozbudowanego oprogramowania, aby była naprawdę użyteczna. Ten projekt przenosi oprogramowanie z 40-letniego komputera z układem 8085, który również

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

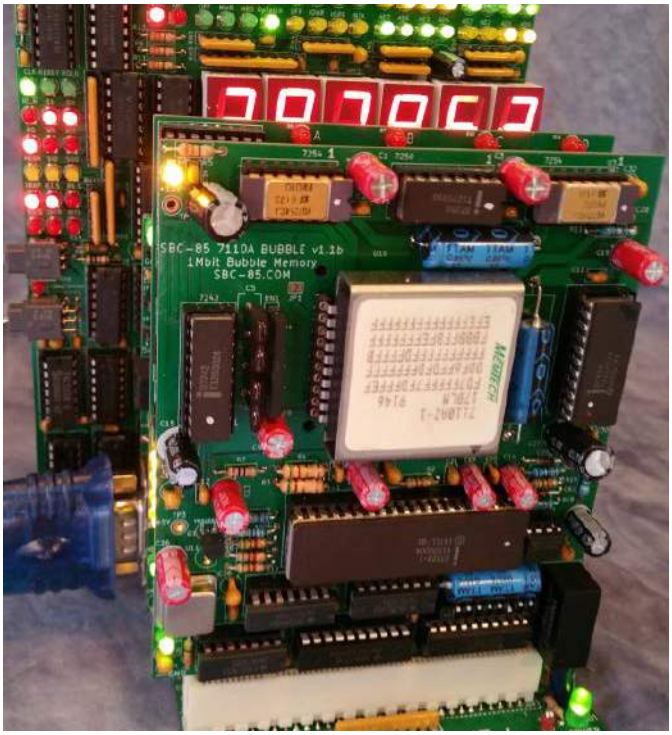
GAMMA info@gamma.pl www.gamma.pl PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

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

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

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

eprasa.pl a0c98eea7b



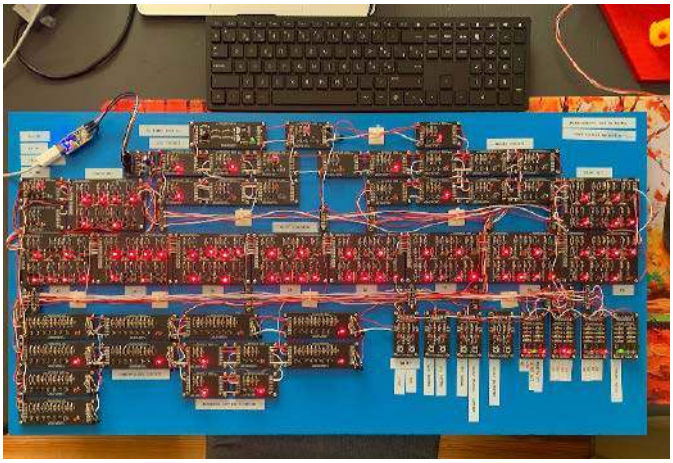
zawierał pamięć bąbelkową, do systemu SBC-85. Oprogramowanie zawiera nie tylko system operacyjny, który współpracuje z pamięcią bąbelkową w roli nieulotnej pamięci, ale także edytor wierszy i dwa asemblery 8085.

Kiedy po raz pierwszy pojawiły się mikrokomputery, nie było dla nich wiele oprogramowania. Aby użyć mikrokomputera do jakiegoś konkretnego celu, najczęściej trzeba było samodzielnie napisać odpowiednie oprogramowanie. W takiej sytuacji znajdował się autor konstrukcji ponad czterdzieści lat temu, gdy miał pierwszy komputer – Explorer 85 firmy Netronics Research. Jego długoterminowym celem stało się rozszerzenie tego systemu na tyle, aby w końcu używać CP/M, który stawał się najpopularniejszym systemem operacyjnym dla komputerów 8-bitowych i dla którego powstawało dużo praktycznego oprogramowania. Równolegle był on zaangażowany we wdrażanie systemów w firmie, które korzystały z magnetycznej pamięci bąbelkowej. Kiedy dowiedział się, że Intel sprzedaje zestawy do ewaluacji pamięci bąbelkowej, zdecydował się użyć jednego z nich jako pamięci nieulotnej zamiast droższego 8-calowego napędu dyskietek.

Rok temu autor odkrył projekt SBC-85 i postanowił zbudować tę maszynę, myśląc, że być może uda mu się odtworzyć oprogramowanie, którego używał czterdzieści lat temu. Pierwszą rzeczą do zrobienia było zbudowanie systemu SBC-85, w tym płyty procesora, karty rozszerzenia pamięci, płyty montażowej i płyty z pamięcią bąbelkową. Na wszelki wypadek zbudował także monitor szyny systemowej. Następnym krokiem była próba odzyskania jak największej ilości oprogramowania ze swojego starego komputera. W końcu udało mu się osiągnąć spory sukces zarówno z pamięcią bąbelkową, jak i kasetami. Teraz rozpoczął się ostatni etap tego projektu: uruchomienie odzyskanego oprogramowania na SBC-85.

K2FDOS to właściwie pięć oddzielnych programów: Boot, Sysgen, Format, PIP i FDOS. Program rozruchowy wczytuje wykonywalną kopię FDOS do pamięci RAM. Program Sysgen w zasadzie robi coś przeciwnego: zapisuje kopię FDOS, która jest w pamięci RAM. Program formatujący przygotowuje nośnik pamięci do użycia przez FDOS. PIP to program pomocniczy dla FDOS, który zapewnia interfejs użytkownika do wykonywania typowych zadań, takich jak zmiana nazwy, usuwanie, wyświetlanie plików itp. FDOS zapewnia wszystkie podstawowe funkcje plików i obsługi wejścia/wyjścia, których mogą potrzebować programy zewnętrzne.

https://bit.ly/440q3MB

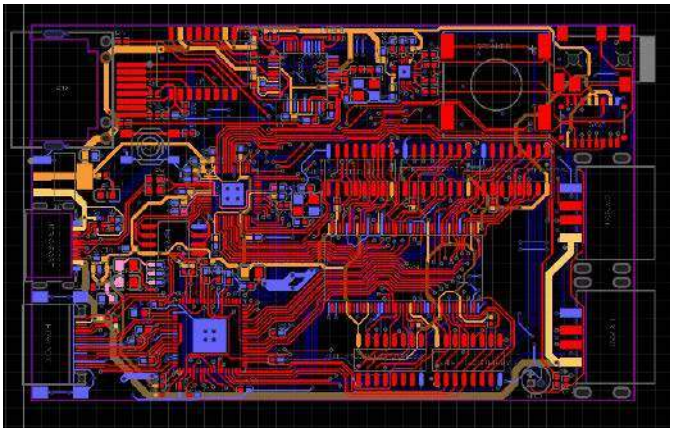


Analogowy odbiornik interfejsu szeregowego UART

Ten ciekawy projekt to w pełni analogowy odbiornik UART zbudowany z elementów dyskretnych – zupełnie bez udziału układów scalonych. Obwód ten jest w stanie odtworzyć wiadomość UART zawierającą 8 bitów i przeprowadzić kontrolę parzystości. Zegar zwykle działa z częstotliwością 9600 Hz, umożliwiając szybkość transmisji 9600, ale przez zewnętrzne wejście CLK możliwe jest podanie innego zegara i praca z prędkości do około 28 800 bodów. Obwód ten został zbudowany przy użyciu rejestru przesuwnego i bramek logicznych, które zostały wykonane z dyskretnych elementów elektronicznych (tranzystory, rezystory i diody LED) oraz niestandardowych płytek drukowanych. Celem tego projektu było wykonanie układu cyfrowego, który został zbudowany w całości z elementów analogowych. Dzięki temu można łatwo przeanalizować, jak działa układ scalony i jak może wyglądać/funkcjonować w środku.

Dla autora była to praca do projektu szkolnego. Dostępna jest cała dokumentacja, niestety, wszystko jest napisane po niemiecku, ale jeśli zależy nam na przeczytaniu dokładnego opisu, to autor sugeruje przekonwertowanie tekstu na angielski za pomocą translatora.

https://hackaday.io/project/189419-analoguediscrete-uart-reciever



Interfejs HDMI 1080p dla mikrokontrolera RP2040

Projekt ten skupia się na budowie niestandardowej płytki z RP2040 zawierającej bufor ramki z pamięci SDRAM i koder HDMI. Ma ona opcjonalny Ethernet, interfejs audio I²S, mikrofon i głośnik. Mikrokontrolery zaczęły konkurować z komputerami PC i retro konsolami do gier pod względem szybkości i pojemności pamięci, a nawet prześcignęły je dzięki nowym możliwościom, takim jak obecność wielu rdzeni i łączność bezprzewodowa. Jednym z obszarów, którego wciąż brakuje, jest wyjście wideo. Oczywiście, możliwość podłączenia niewielkiego wyświetlacza LCD przez I²C lub SPI jest normalna, ale czy te układy stać na więcej?

eprasa.pl a0c98eea7b

Rdzenie M0+ w RP2040 mogą wykonać jedną 32-bitową instrukcję w cyklu, co oznacza, że jeśli wszystkie 30 pinów GPIO miałoby wysłać dane do wyjścia, teoretyczna maksymalna wydajność wyjściowa z idealnego rdzenia to około 3,99 Gb/s. Jednak GPIO są potrzebne do innych funkcji i konieczne jest pewne dodatkowe przetwarzanie, aby ustalić, co wysłać (i dodatkowo trzeba pamiętać, że tylko 26 pinów GPIO jest dostępnych w RPi Pico). Autor rozważał przetaktowanie układu i dodanie rejestru przesuwnego obsługującego prędkość rzędu GHz, w szczególności bardzo interesujący MC100EP142FA. Rozważał zmniejszoną głębię bitową koloru, taką jak RGB565 lub RGB666. Ostatecznie doszedł do wniosku, że koder RGB na HDMI będzie najlepszym pomysłem na odciążenie układu i jest on tańszy niż ultraszybkie rejestry przesuwne.

Kolejnym problemem była ograniczona ilość pamięci RAM – tylko 260 kB, co sprawia, że problematyczne jest przechowanie nawet pojedynczej klatki o wymiarach 1920×1080×24 bity/piksel (daje to około 6,22 MB). Protokoły wyświetlania wymagają przesyłania ramki wiele razy na sekundę. Najwyraźniej RP2040 potrzebuje jeszcze jednego układu scalonego – zewnętrznej pamięci RAM. Dzięki temu układ RP2040 byłby zwolniony z rysowania każdej sekcji każdej klatki, a musiałby radzić sobie tylko z pikselami, które wymagają aktualizacji. Aktualizacje trafiałyby do pamięci, a bieżący stan całej ramki pobierany byłby z pamięci za każdym razem, gdy koder wideo by tego potrzebował. Dokładniejszy opis, schematy oraz rysunek ścieżek na tej płytce drukowanej dostępne są na stronie z projektem.

https://hackaday.io/project/190161-rp2040-1080p-hdmi

Microkeyboard – miniaturowa, rekonfigurowalna klawiatura i mysz na bazie Arduino

MicroKeyboard to elastyczne konfigurowalne urządzenie, które może pełnić funkcję klawiatury i/lub myszy. Pozwala wybrać funkcję, która ma być powiązana z każdym pojedynczym klawiszem,

w tym z wbudowanym enkoderem i drążkiem. W module znajduje się ArduinoMicro oraz dwuosiowy drążek z przyciskiem, enkoder z wbudowanym przyciskiem i pięć przycisków w stylu Cherry MX. Każdy z pięciu przycisków ma wbudowaną diodę LED podłączoną do wyjścia PWM mikrokontrolera, co pozwala na tworzenie różnych efektów świetlnych.

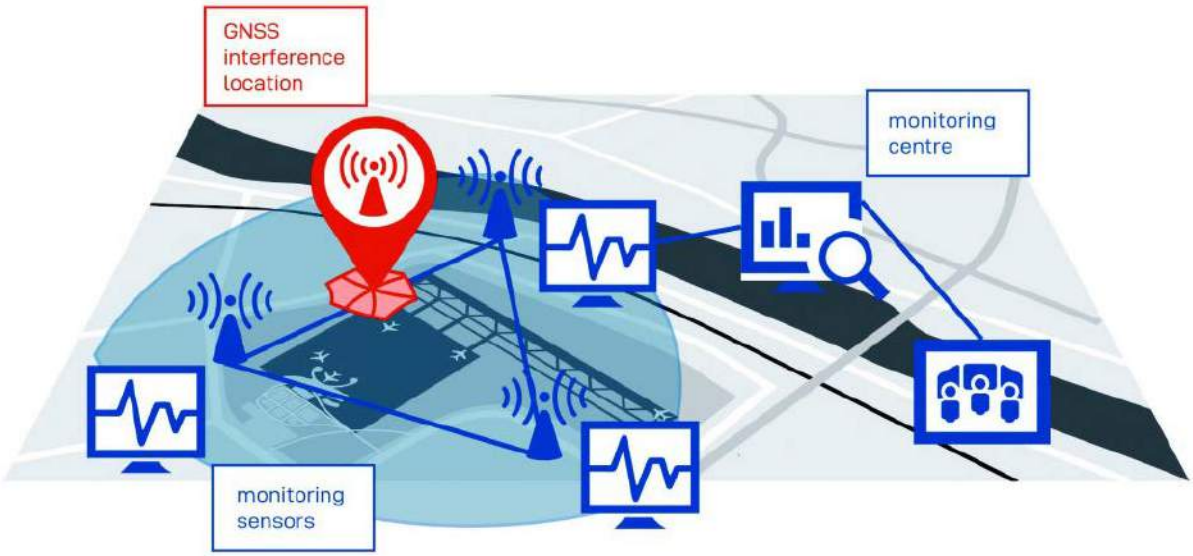
Na płytkach MicroKeyboard można znaleźć również złącze z pozostałymi wolnymi wyprowadzeniami mikrokontrolera, w szczególności z portami I²C i UART. Wyprowadzenia SCL i SDA są wyposażone w rezystory podciągające R8 i R9 (10 kΩ). Moduł korzysta z zasilania 5 V, więc jeśli chcemy podłączyć przez port I²C lub UART urządzenie, które działa z napięciem 3,3 V, to należy zastosować translator poziomów. Kontroler zasilany jest z portu USB, ale jeżeli zdecydujemy się zasilać płytkę z zewnętrznego zasilania, należy pamiętać, że napięcie VIN musi wynosić od 7 V do 12 V.

https://hackaday.io/project/189404-microkeyboard

REKLAMA

Wykrywanie zakłócania sygnałów nawigacyjnych GNSS

Badanie odporności na zakłócenia odbiorników nawigacyjnych GNSS



Monitorowanie jakości sygnałów nawigacyjnych na terenie ważnej infrastruktury np. lotniska

Alarmowanie w przypadku zakłóceń, rejestracja

Systemy Embedded – do integracji z istniejącymi odbiornikami

OHB Digital w Polsce: HIK CONSULTING

eprasa.pl a0c98eea7b

DroneCase – latająca, zdalnie sterowana, bezzałogowa obudowa do smartfona

DroneCase to dwuwirnikowy dron o specjalnym kształcie i rozmiarze, dostosowanym do tego, aby utrzymać smartfon, dzięki czemu można zrobić sobie selfie z trudno dostępnego miejsca. Jest całkowicie wydrukowany w 3D i zawiera powszechnie dostępne części drona miniquad. Na stronie z projektem opublikowana jest kompletna lista części oraz pliki do druku 3D dla tego projektu.

Jak zaznacza autor projektu, to nie jest konstrukcja dla kogoś, kto nigdy nie budował ani nie latał własnym modelem samolotu lub drona RC. Autor nie gwarantuje sukcesu, ponieważ konstrukcja jest bardzo złożona i dosyć eksperymentalna.

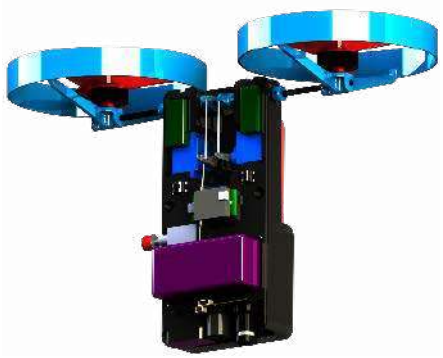
Każdy kontroler lotu, który może obsługiwać standardową konfigurację bikoptera (drona dwuwirnikowego), pozwoli przejść do lotu ręcznego lub nawet do trybu utrzymywania pozycji za pomocą GPS. Na rynku dostępnych jest wiele kontrolerów lotu, autor używa otwartego kontrolera lotu dRehmFlight VTOL, który działa na mikrokontrolerze Teensy 4.0 i używa łatwego do zrozumienia kodu Arduino. Wymaga samodzielnego skonfigurowania systemu sterującego, aby dostosować go do bikoptera i skonfigurować wzmocnienia regulatora PID dla tej platformy. Jeśli brzmi to zbyt skomplikowanie, to jak zauważa autor, ten projekt prawdopodobnie nie jest dla Ciebie.

Na GitHubie autor udostępnia pełną dokumentację kontrolera wraz z kodem Arduino. Kontrola maszyny musi być skonfigurowana w funkcji controlMixer() w ramach dRehmFlight. Na stronie z projektem znaleźć można kod programu dla tej konstrukcji.

Autor planuje uzupełnienie pojazdu o LIDAR i czujniki optyczne, ale nie oferuje obecnie wsparcia dla pełnych funkcjonalności tych sensorów. Standardowy kod dRehmFlight nie obsługuje natywnie tych czujników ani autonomicznych funkcji utrzymywania wysokości i pozycji. Implementacja tych funkcji może być ciekawym projektem, ale jak zaznacza autor, nie jest to łatwe.

Pliki .STL są udostępnione na stronie z projektem w sekcji Pliki, a wymagane ilości są wymienione w nazwach plików. Do druku można użyć PLA, PETG lub ABS. Tylna część obudowy drona może być wydrukowana z LW-PLA w celu zmniejszenia wagi.

https://github.com/nickrehm/dRehmFlight
https://bit.ly/3LwFbKI



Barometr Arduino z wyświetlaczem słupkowym

Zaprezentowany projekt to barometr, a w zasadzie barograf – urządzenie, wyświetlające ciśnienie w postaci wykresu. Bazuje na Arduino i w ciekawy sposób rysuje wykresy na wyświetlaczu LCD 20×4.

Barograf to barometr, który rejestruje ciśnienie barometryczne w czasie i prezentuje je w formie graficznej. Przyrząd taki służy typowo do ciągłego rejestrowania ciśnienia atmosferycznego. Kiedyś barografy zawierały element mechaniczny, czuły na nacisk, który był połączony z ramieniem wskazówki z pisakiem w taki sposób, że przemieszczenie pióra w pionie jest proporcjonalne do zmian ciśnienia atmosferycznego. Pisak zaznacza zmiany nacisku na specjalnie oznaczonym papierze, który jest umieszczony na dysku obracającym się o 360° w ciągu 24 godzin.

Barometr i barograf to podstawowe instrumenty w meteorologii, które służą do monitorowania i przewidywania pogody. Zaprezentowana konstrukcja prezentuje wyniki w formie graficznej na wyświetlaczu LCD, zamiast zapisywać je na papierze. Podstawowy projekt jest zaczerpnięty z cxem.net i został opracowany przez A. Matroskina. Następnie został zmodyfikowany, aby ciśnienie było wyświetlane w hPa zamiast w mmHg, a co znacznie ważniejsze, zamiast wartości bezwzględnej, wyświetlane jest względne ciśnienie atmosferyczne. Prezentowanie tego parametru w postaci słupków jest powszechnym standardem w meteorologii. Aby było to możliwe, musimy wpisać względne standardowe ciśnienie atmosferyczne dla aktualnej wysokości w kodzie programu. Można to wyznaczyć w jednym z kalkulatorów internetowych lub odczytać z tablic. Należy również wprowadzić aktualną wysokość nad poziomem morza.

Urządzenie jest bardzo proste w budowie i zawiera tylko kilka elementów – Arduino Nano, wyświetlacz LCD, czujnik ciśnienia BME 280 i jeden przycisk. Narysowanie pełnego wykresu na wyświetlaczu zajmuje 24 godziny. Wyświetlacz pokazuje aktualne względne ciśnienie atmosferyczne, a także dodatnią lub ujemną różnicę w hektopaskalach dla danego poprzedniego okresu. Okres ten może wynosić 3, 6, 12 lub 24 godziny. Właściwa interpretacja tej różnicy jest podstawą trafnej prognozy pogody. W kodzie można konfigurować zakres mierzonego ciśnienia powietrza. W zależności od tych wartości zmienia się rozdzielczość wykresu.

Autor umieścił urządzenie w odpowiedniej obudowie, wykonanej z PVC o grubości 5 mm, które pokryto samoprzylepną kolorową tapetą. Czujnik BME280 jest umieszczony wewnątrz obudowy, ponieważ w tym przypadku mierzone jest tylko ciśnienie, które jest niezależne od temperatury.

https://bit.ly/3LtPI9g

Nano G1 Explorer – system sieci kratownicowej LoRa

Urządzenie Meshtastic Nano G1 Explorer jest ulepszoną wcześniejszą wersją Nano G1 i zawiera najnowsze technologie radiowe. Nano G1 Explorer jest wyposażony w nową wewnętrzną szerokopasmową antenę LoRa, która obsługuje częstotliwości

eprasa.pl a0c98eea7b

od 815 MHz do 940 MHz. Szerokopasmowa antena w połączeniu ze zoptymalizowanym szerokopasmowym front-endem Lora RF umożliwia Nano G1 Explorer pracę z większością pasm częstotliwości LoRa dla regionów na całym świecie bez konieczności zmiany anteny. Konstrukcja urządzenia uwzględnia również potencjalny wpływ ludzkiego ciała na działanie anteny, zapewniając optymalną wydajność systemu radiowego, nawet podczas noszenia urządzenia w kieszeni.

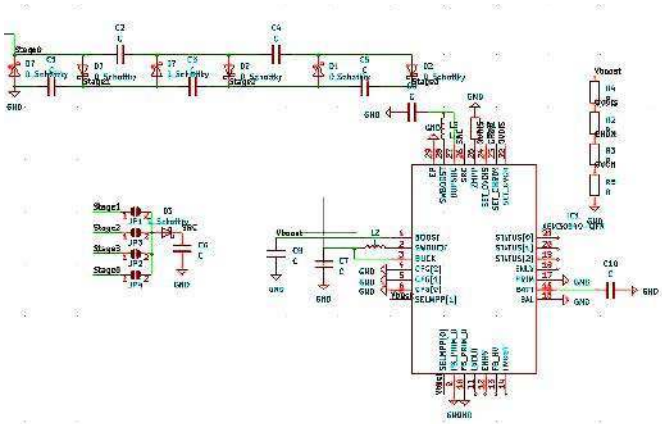
Urządzenia z serii Nano zostały zaprojektowane jako przenośne i trwałe rozwiązanie do używania na świeżym powietrzu, podczas czynności takich jak wędrówki, jazda na nartach i nie tylko. Zostały zaprojektowane tak, aby zachować równowagę między parametrami RF, rozmiarem, wytrzymałością i sprawnością energetyczną, zapewniając użytkownikom niezawodne rozwiązanie w różnych środowiskach zewnętrznych.

Jeśli chodzi o oprogramowanie układowe, wszystkie urządzenia z serii Nano są dostarczane z preinstalowanym oprogramowaniem Meshtastic. Więcej szczegółów można znaleźć na stronie projektu.

W porównaniu do poprzedniej generacji Nano G1 Explorer ma kilka ulepszeń:

- Nano G1 Explorer ma nową wewnętrzną szerokopasmową antenę LoRa z obsługą pasm od 815 MHz do 940 MHz. Szerokopasmowy front-end zapewnia możliwość pokrycia pasm LoRa dla większości świata bez zmiany anteny;
- urządzenie ma nową wewnętrzną antenę GPS, która znacznie skraca czas synchronizacji GPS w porównaniu do poprzedniej wersji;
- transceiver Lora został zmieniony z SX1276 na SX1262, co spowodowało wzrost maksymalnej mocy nadajnika z 20 dBm do 22 dBm;
- obwód SX1262 zawiera TCXO (±1,5 ppm) poprawiający dokładność częstotliwości;
- moduł GPS można przełączyć w tryb niskiego poboru mocy za pomocą fizycznego przełącznika;
- ulepszono obwód powiadamiania o wiadomościach za pomocą LED lub buzzera, konfigurowalne, za pomocą fizycznego przełącznika;
- fizyczny włącznik zasilania;
- wymienny ekran OLED ze złączem FPC;
- wbudowana ładowarka akumulatorów litowo-polimerowych; opcjonalny akumulator litowo-polimerowy. Dzięki nowej przetwornicy, napięcie akumulatora litowo-polimerowego może spaść do 2,5 V.

Więcej informacji na temat modułu i jego parametrach itp. znaleźć można na stronie projektu: https://bit.ly/3VapkV2.



Superwydajny system do zbierania energii z otoczenia

Istnieje wiele systemów do zbierania energii z otoczenia. Są one popularne w układach Internetu Rzeczy, rozproszonych sensorach itp., gdzie ważny jest każdy dżul energii, jaki jest dostępny, czy to z baterii, czy z wibracji lub z każdego innego źródła w otoczeniu. To jest właśnie celem zaprezentowanego modułu. Używając wychwytującego elektrony układu scalonego AEM30940, autor tej konstrukcji stara się pozyskiwać energię z sygnałów transmisji radiowych FM itp.

Jak opisuje autor konstrukcji, opisywany moduł powstał tylko po to, aby zobaczyć możliwości, jakie daje zbieranie energii, ponieważ może to w rzeczywistości mieć praktyczne zastosowania. Obecnie autor czeka na płytki drukowane, aby przetestować system. Wszystkie powyższe zapewnienia, odnośnie do zbierania nadawanych sygnałów radiowych to tylko teoria. Teoria, którą chce sprawdzić eksperymentalnie. Układ ma pozwolić zasilać czujnik za pomocą małego ogniwa słonecznego lub modułu piezoelektrycznego do zbierania energii mechanicznej.

https://hackaday.io/project/189673-the-insanity-harvester

REKLAMA

HAMMOND

nowy!

1556 - Obudowy IP54 FR ABS

Dowiedz się więcej: https://hammfg.com/1556

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

eprasa.pl a0c98eea7b

Triink – zegar z wyświetlaczem E-ink z Bluetooth Low Energy o niskim poborze mocy

Opisane urządzenie to mieszanka dwóch gadżetów, którymi uwielbia bawić się autor projektu. Jednym z jego ulubionych podzespołów jest wyświetlacz E-Ink ze starych, elektronicznych etykiet na półki. Drugim jest znany z wielu projektów SoM nRF52832, który integruje w sobie mikrokontroler oraz transceiver Bluetooth z obsługą Bluetooth Low Energy (BLE).

Celem projektu było opracowanie ładnie wyglądającego zegara z wyświetlaczem typu E-Ink, który cały czas będzie pokazywał aktualny czas. Autor zdecydował się na pominięcie sekundnika, więc potrzebne jest odświeżanie wyświetlacza co minutę. Cel ten został osiągnięty dzięki zaimplementowaniu niestandardowej tablicy LUT (Look Up Table) sterującej wyświetlaczem E-Ink, a także zaimplementowaniu algorytmu, który będzie aktualizował tylko zmieniające się piksele wyświetlacza. Co godzinę ekran będzie w pełni odświeżany, aby zapobiec powstawaniu tzw. duchów lub wypaleniu ekranu w miejscach nadmiernie używanych.

Zoptymalizowane sterowanie wyświetlacza i zoptymalizowane głębokie uśpienie układu nRF52832 (w tym aktywny Bluetooth/BLE i interwał rozgłaszania równy 500 ms) sprawiły, że średni prąd pobierany przez system podczas głębokiego uśpienia to 65 μA. Z obliczeń wynika, że powinno to pozwolić osiągnąć ponad rok pracy na pojedynczym ogniwie 18650. Na razie projekt ten nie jest w pełni przetestowany.

Ponieważ główny cel został osiągnięty, autor nie wprowadza żadnych dalszych ulepszeń oprogramowania. Od momentu ukończenia tej wersji (niecałe dwa lata przed napisaniem tego artykułu) Triink leży na biurku autora i jest faktycznie używany do pokazywania czasu. Mniej więcej co 3 miesiące trzeba się z nim połączyć za pośrednictwem aplikacji D6Notification, aby ustawić czas, ponieważ zegar spóźnia się o kilka minut po takim okresie.

https://bit.ly/41F1HGO

Aloidia – bezprzewodowa dzielona klawiatura zasilana ogniwami fotowoltaicznymi

Aloidia to unikatowa klawiatura DIY, którą charakteryzuje unikalna kombinacja funkcji:

- dzielona, modułowa budowa z możliwością wymiany modułów w czasie pracy (hot-swap);
- przełączniki Cherry MX (lub kompatybilne);
- w pełni bezprzewodowa konstrukcja – brak przewodu między połówkami i do komputera, połączenie poprzez Bluetooth albo odpowiedni USB-dongle;
- ładowarka z ogniwami słonecznymi, która podtrzymuje baterię systemu i zapewnia wyjątkowo długą żywotność baterii;

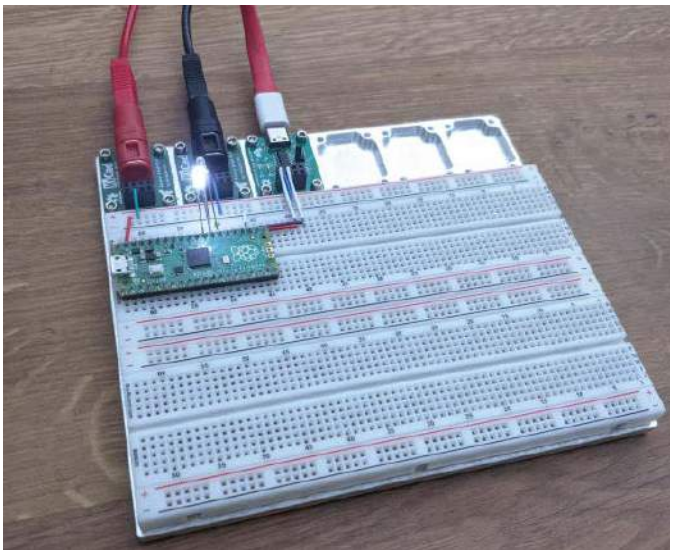
- wbudowane enkodery (hot-swap) i 5-kierunkowe przełączniki nawigacyjne w pobliżu kciuków;
- drukowana w 3D obudowa;
- wyświetlacze z interfejsem graficznym o bardzo niskim zużyciu energii.

Moduły łączone są za pomocą magnesów. Nie lada wyzwaniem, jak pisze autor konstrukcji, było umieszczenie magnesów między spodem płytki obudowy a płytką drukowaną. Po kilku zmianach w projekcie obudowy wszystko wydaje się działać dobrze.

Obecnie wyświetlacze mogą informować m.in. o stanie połączenia oraz poziomie naładowania baterii. Poziom naładowania można wyświetlać jako ikonę baterii lub procenty. Bardzo drobnym problemem związanym z obecnym systemem jest to, że stabilizator LDO zasilający wyświetlacz rozładowuje baterię bardzo powoli, gdy jego pin włączający jest w stanie niskim (TPS7A0333DBVR). Następna iteracja użyje wersji P tego samego LDO (TPS7A0333PDBVR), który, gdy jest wyłączony, pobiera o wiele mniej energii.

Po zmianach w zakresie zasilania wyświetlaczy i zmianie niektórych ustawień udało się uzyskać autorowi stały pobór prądu równy około 65 μA prądu w stanie bezczynności i poniżej 30 μA w głębokim uśpieniu. Jest to zdumiewająco niski pobór i pozwala użytkownikowi korzystać z klawiatury przez wiele lat przy zasilaniu tylko z paneli słonecznych, bez konieczności ponownego naładowania ogniw. Nadal jednak autor potrzebuje czasu na pomiary, aby realnie oszacować zużycie i czas pracy na jednym ładowaniu akumulatorów.

https://bit.ly/3Nev4Ly

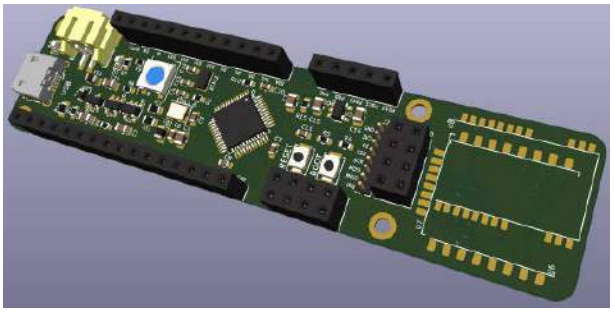


Modułowa płytka stykowa

Ten prosty projekt to modułowa płytka stykowa, przeznaczona do szybkiej budowy prototypów. Oprócz klasycznej płytki stykowej ma ona miejsce na instalację różnych modułów, które pozwalają przyspieszać projektowanie, integrować gniazda i inne. Autor projektu przygotował już kilka tego rodzaju modułów, między innymi moduły ze złączami bananowymi oraz z gniazdem USB.

https://hackaday.io/project/189683-modular-breadboard-base

eprasa.pl a0c98eea7b



Płytka w standardzie Feather z modułem radiowym

Jest to projekt płytki z układem STM32F303, którą zintegrowano z modułami RF. Bazuje na standardzie Adafruit Feather z dodatkowymi wyprowadzeniami. Pozwala na obsługę jednego z kilku modułów RF, które komunikują się z mikrokontrolerem przez SPI. Planowane kompatybilne moduły RF to:

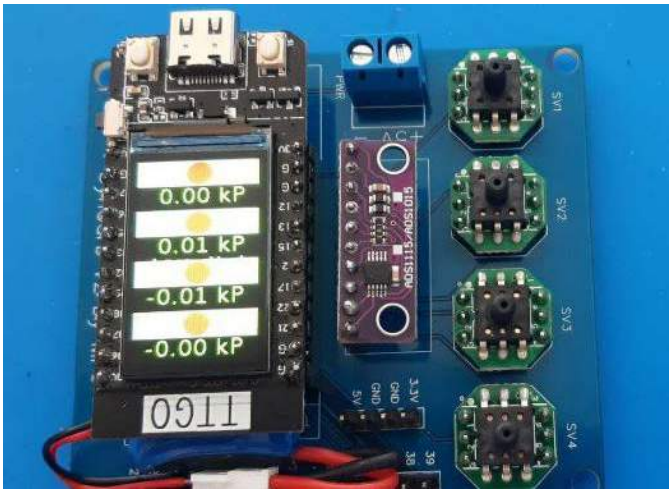
- LORA 433 MHz (RA-02 na bazie SX1278),
- LORA 866 MHZ (E220 oparty na LLCC68),
- NRF24 2,4 GHz.

Aby lepiej korzystać z modułów RF, płytka zawiera 2 stabilizatory napięcia LDO: jeden dla głównego modułu, a drugi przeznaczony dla części RF obwodu. Znajduje się na niej również złącze interfejsu SWD/JTAG i dioda LED Neopixel RGB. Dalsze plany obejmują modyfikację otwartego oprogramowania, aby bezpośrednio obsługiwać płytkę. Autor planuje dodać:

- bootloader USB (chociaż płytka obsługuje programowanie przez USART, SWD i DFU bez modyfikacji),
- poprawioną bibliotekę RadioHead, aby działała bezpośrednio z tą płytką, używając modułu NRF24 lub LORA.

Pierwsza partia płytek, która wciąż była wstępnym projektem, została głównie wykonana w celu sprawdzenia i zmniejszenia ryzyka z uruchamianiem mikrokontrolera. W bieżącej iteracji autor poprawił kilka problemów. W przypadku pierwszej iteracji zlecił zarówno prototypowanie PCB, jak i montaż firmie zewnętrznej, ale przy drugiej wersji, ponieważ chce wyprodukować większą liczbę płytek, zdecydował się zlecić tylko prototypowanie PCB i kupić wszystkie wymagane komponenty do samodzielnego złożenia płytek.

https://hackaday.io/project/189697-radio-feather-x



SyncCarb – cyfrowy miernik ciśnienia używany do synchronizacji do 4 gaźników

SynCarb to próba zbudowania relatywnie taniego przyrządu cyfrowego zdolnego do pomiaru podciśnienia pozwalającego na synchronizację do 4 gaźników naraz w silniku spalinowym. Sercem układu jest mikrokontroler TTGO T-DISPLAY z odpowiednim programem. Płytka drukowana zawiera przetwornik analogowo-cyfrowy ADS1115 (4 kanały) oraz 4 czujniki podciśnienia o zakresie –100...0 kPa zasilane napięciem 3,3 V.

Oprogramowanie zostało początkowo napisane w Arduino, ale potem przepisano je do C++. Pozwoliło to prawie rozwiązać problem ze skokami mierzonych wartości. Dodatkowo, autor dodał filtr dolnoprzepustowy, który jest stosowany do minimalnych odczytów po 100 próbek (co powinno przechwycić 2 pełne cykle pracy silnika). Teraz wyświetlane wartości są dużo bardziej stabilne, a gaźniki można zsynchronizować, powoli kręcąc odpowiednimi śrubami regulacyjnymi.

https://hackaday.io/project/189698-synccarb7

L7 – prosty 8-bitowy CPU

L7 to procesor 8-bitowy zbudowany z podstawowych bramek logicznych i rejestrów serii 74HC(T) (oraz kilku diod). Rzeczywisty procesor (bez pamięci i urządzeń peryferyjnych) to tylko 19 elementów. Jest to bardzo prymitywny (chociaż kompletny w rozumieniu Turinga) projekt maszyny akumulatorowej z jednym operandem, implementujący 8-bitową szynę danych i 12-bitową szynę adresową. Pozbawiony jest wielu subtelności (rejestry indeksowe, sprzętowy powrót z podprogramu), co z kolei wymaga szerokiego użycia samomodyfikowanego kodu i innych niekonwencjonalnych rozwiązań programowych.

Pierwsza implementacja ma 3,5 kB pamięci EEPROM i 0,5 kB RAM. Jest zbudowana na dwustronnej płytce PCB o boku 10 cm, przy użyciu głównie części przewlekanych (chociaż części montowane powierzchniowo są używane do filtrowania zasilania, podciągania itp. również niektóre diody są SMD). Projekt jest zmontowany i obecnie jest testowany. Pozostało tylko dodać EEPROM i RAM do systemu i komputer powinien działać. Obecnie brak jest panelu przedniego, a gniazdo na płytce programatora pozwala zmodyfikować zawartość EEPROM w układzie.

https://bit.ly/3oK55BG

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 a0c98eea7b

SerialUPDI – programator z interfejsem USB do układów AVR

SerialUPDI to prosty i tani wysokonapięciowy szeregowy programator UPDI dla mikrokontrolerów tinyAVR. Programator ten zawiera przełącznik wyboru napięcia docelowego, który umożliwia użytkownikom wybór między 5 V a 3,3 V na potrzeby danego projektu. Dzięki temu urządzeniu można korzystać z dodatkowych ustawień konfiguracyjnych dla pinów UPDI, nie martwiąc się o zablokowanie mikrokontrolera. Układ zawiera scalony kontroler przetwornicy typu boost MT3608, który generuje impulsy 12 V wymagane do wysokonapięciowej aktywacji pinu UPDI. Programator działa podobnie do standardowego programatora SerialUPDI i jest kompatybilny z popularnymi środowiskami programistycznymi, takimi jak Arduino IDE, gdzie pojawia się jako SerialUPDI.

https://bit.ly/3AvRela

Zsynchronizowane lampy dla przyjaciół bądź kochanków na odległość

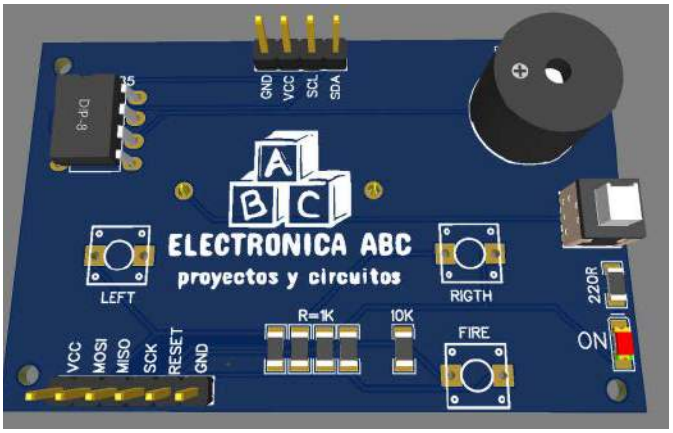
Korzystając z kilku hobbystycznych komponentów i narzędzi, autor tego projektu opracował własną wersję układu, który nazywa lampą dystansową albo lampą miłości/przyjaźni. Istotą tych lamp jest to, że są zsynchronizowane. Jeśli jedna lampa zmieni swój stan, druga podąża za nią. Przez stan rozumiemy kolor i wzór światła. Autor dodał do swojej konstrukcji również kilka innych, niestandardowych funkcji.

Konstrukcja elektroniki nie różni się niczym od poprzedniej wersji urządzenia. Zawiera enkoder obrotowy, a ponieważ używany mikrokontroler zasilany jest 3,3 V enkoder również zasilany jest napięciem 3,3 V zamiast typowego 5 V. Zastosowany element dobrze działa przy takim napięciu, ale wymaga jeszcze dalszych testów.

Pierścień diod LED Neopixel jest podstawowym źródłem światła. Wymaga zasilania 5 V i ma jedno wejście do sterowania układami WS2812. Kluczem jest tutaj to, że jeden sygnał może indywidualnie adresować wiele diod. Autor przetestował działanie tego modułu przy użyciu poziomów logicznych 3,3 V zamiast 5 V i on również działa bez żadnych problemów, ale nie jest to prawdziwe dla każdego modułu diod RGB.

Silnik wibracyjny z ogniwem pastylkowym jest zwykłym silnikiem prądu stałego i pobiera tylko energię. Jego napięcie pracy wynosi katalogowo 3 V. Jest on tutaj wysterowany bezpośrednio z wyprowadzenia GPIO. Jest to dalekie od zalecanego rozwiązania ze względu na duży pobór mocy. Docelowo powinno się używać tranzystora do sterowania silnikiem.

https://hackaday.io/project/189732-diy-distance-lamps



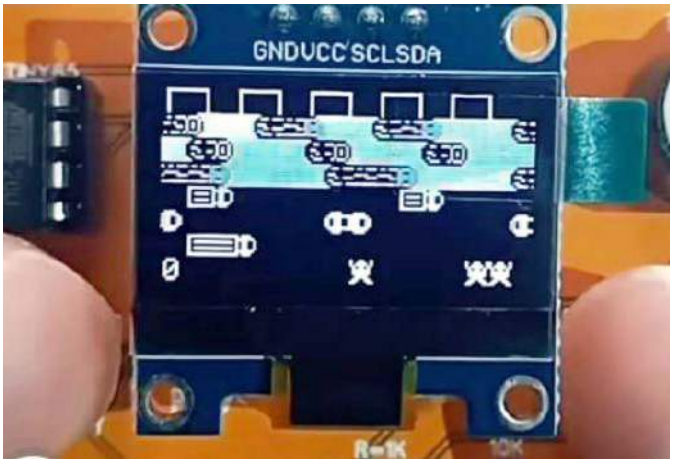
Ręczna gra arkadowa na ATtiny85

W tym projekcie autor zrobił własną płytkę PCB dla dobrze znanego obwodu do gier arkadowych bazującego na ATtiny85. W projekcie autor zaprezentował schemat układu, a także opis montażu krok po kroku, opis instalacji bootloadera i wgrywania kodu różnych gier na ATtiny85. Połączenia są bardzo proste. ATtiny ma 6 wyprowadzeń, więc wystarczy podłączyć zasilanie z baterii i masę. Układ działa dobrze przy napięciu 3 V z baterii. Przyciski mają rezystory pulldown i są podłączone do pinów PB0, 2 i 5. Wyświetlacz OLED potrzebuje komunikacji I²C, która jest dostępna na wyprowadzeniach PB4 i PB3 (odpowiednio dane i zegar). Port ISP służy do programowania z Arduino.

W pierwszej kolejności do mikrokontrolera należy wgrać bootloader, a następnie wgrać kod programu (gry). Połączenia potrzebne w każdym z tych kroków opisane są na stronie z projektem. Autor do budowy systemu użył Arduino UNO, jako programatora. Kod programu znajduje się w repozytorium na GitHubie.

https://bit.ly/3MX1zeW

https://hackaday.io/project/189733-arcade-game-with-attiny-85



eprasa.pl a0c98eea7b

Wykrywanie zakłócania sygnałów GNSS (GPS)

Badanie odporności na zakłócenia odbiorników nawigacyjnych GNSS

Sygnały GNSS (Global Navigation Satellite Systems) są powszechnie stosowane do nawigacji lotniczej, morskiej i lądowej, a także w praktycznie wszystkich współczesnych telefonach i tabletach. Użytkownicy danych nawigacyjnych podchodzą z dużym zaufaniem do prezentowanych danych lokalizacyjnych, jednak podobnie jak powszechnie stosowane są odbiorniki sygnałów GNSS, coraz częściej zdarzają się przypadki zakłócania sygnałów GNSS.

Źródła zakłóceń sygnałów GNSS

Można rozróżnić trzy rodzaje zakłóceń:

1. Nieumyślne – powodowane np. przez nieprawidłowo działające urządzenia elektroniczne (np. emisje niepożądane w różnych pasmach częstotliwości);
2. Umyślne – gdy spotykamy się ze specjalizowanymi nadajnikami, których poziom emisji jest znacznie silniejszy niż właściwy sygnał satelitarny GNSS w miejscu odbioru;
3. Fałszowanie sygnałów – jest to szczególny przypadek, w którym odbiornik nawigacyjny otrzymuje fałszywe dane o pozycji i prędkości.

We wszystkich przypadkach do zakłócania sygnałów GNSS może dojść przy stosunkowo niewielkiej mocy nadajników (w tym nieumyślnych) sygnałów zakłócających, co skutkuje zazwyczaj niewielkim zasięgiem sygnałów zakłócających dla przypadków 1 i 2, a co za tym idzie, wykrywanie i eliminacja źródeł sygnałów zakłócających są utrudnione. Z drugiej strony, ponieważ legalny sygnał GNSS jest stosunkowo słaby, skuteczny zasięg urządzeń i emisji zakłócających jest często znacznie większy i wykracza daleko poza oczekiwany przez użytkowników zasięg (zakłócanie umyślne).

Jako przykład można podać jedno z europejskich lotnisk znajdujące się w pobliżu autostrady. Samochody dostawcze z zainstalowanymi nadajnikami zakłócającymi sygnały GNSS powodują skuteczne zakłócanie lotniskowych i samolotowych instalacji nawigacyjnych. W przypadku gdy samochód z nadajnikiem zakłócającym tylko przejeżdża autostradą obok lotniska – to zakłócenie trwa krótko, jednak gdy jest to samochód, który dłużej przebywa na parkingach lotniskowych, to zakłócenie ma charakter długoterminowy i jest niebezpieczne.

Fotografia 1. XPLORA – symulator sygnałów GNSS

Rozwiązania techniczne do wykrywania i przeciwdziałania zakłóceniom sygnałów GNSS

Odbiorniki GNSS mogą mieć różną podatność na zakłócenia umyślne i nieumyślne. Każdy nawigacyjny system odbiorczy powinien być testowany pod względem podatności na zakłócanie przez obce silne sygnały radiowe, a także pod względem jakości układów i algorytmów dekodujących, które wpływają na poprawność określania pozycji w przypadku odbioru zakłócanego w domenie radiowej i kodowej.

Dla celów testowania jakości i odporności odbiorników GNSS na zakłócenia opracowano specjalne urządzenia, takie jak **XPLORA** – symulator sygnałów GNSS.

Urządzenia z serii XPOLRA opracowane przez firmę OHB tworzą kontrolowane środowisko radiowe, w którym operator programuje wszystkie parametry. W ten sposób można tworzyć scenariusze testowe dla sprawdzenia i dopracowania pod względem odporności na zakłócenia konstrukcji odbiorników GNSS do zastosowań cywilnych i wojskowych.

Fotografia 2. GIDAS – system do wykrywania zakłóceń i fałszowania sygnałów nawigacyjnych

Kolejnym rozwiązaniem jest **GIDAS** – system do wykrywania zakłóceń i fałszowania sygnałów nawigacyjnych. Działanie systemów GIDAS bazuje na ciągłym monitorowaniu odbieranych sygnałów nawigacyjnych. Złożone algorytmy badają jakość sygnałów pod względem radiowym oraz ze względu na odbierane dane kodowe. Użytkownik systemu otrzymuje sygnały alarmowe, gdy w obszarze działania pojawi się źródło zakłóceń lub gdy nagle pogorszy się jakość odbioru sygnałów GNSS na chronionym obszarze lub dane nawigacyjne zaczynają odbiegać od danych rzeczywistych. Co ważne, systemy GIDAS pozwalają na lokalizację źródła zakłóceń (triangulacja, TOA) i szybkie określenie, czy zakłócenie może mieć charakter przejściowy – np. przejazd samochodu z urządzeniem zakłócającym (jammer) pracę GNSS.

HIK-CONSULTING.pl
Przedstawiciel OHB w Polsce

eprasa.pl a0c98eea7b

AVT sklep

W ofercie AVT*
AVT5982

Podstawowe parametry:
- obrazuje poziom sygnału na dwóch linijkach, z których każda składa się z 20 diod LED,
- 3 tryby wyświetlania: wskaźnik punktowy, wskaźnik liniowy (bargraph), wskaźnik liniowy (bargraph) z pamięcią wartości szczytowych,
- maksymalne napięcie wejściowe (RMS): 1,4 V,
- poziomy odniesienia dla poszczególnych diod LED w przypadku skali domyślnej (dBu): –32, –30, –28, –26, –24, –22, –20, –18, –16, –14, –12, –10, –8, –6, –4, –2, 0, 1, 3, 5,
- zasilanie: 8...10 V, 170 mA.

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

AVT5866	Spectra – analizator widma sygnału audio (EP 6/2021)
AVT5767	Stereofoniczny wskaźnik poziomu wysterowania z funkcją Peak-Hold (EP 5/2020)
AVT5748	SpectrumDFT – analizator widma sygnału akustycznego (EP 3/2020)
AVT5712	Spectrum – prosty analizator widma sygnału akustycznego (EP 9/2019)
AVT5678	Stereofoniczny wskaźnik wysterowania (EP 6/2019)
AVT5585	Sterownik wskaźnika wychyłowego do wzmacniacza (EP 1/2018)
AVT1716	Wskaźnik wysterowania z pamięcią (EP 12/2012)
AVT1517	Wskaźnik nie tylko wysterowania (EP 9/2012)
AVT5219	Wizualizator do Winampa na USB (EP 1/2010)
AVT5210	Analizator widma sygnału audio (EP 11/2009)

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

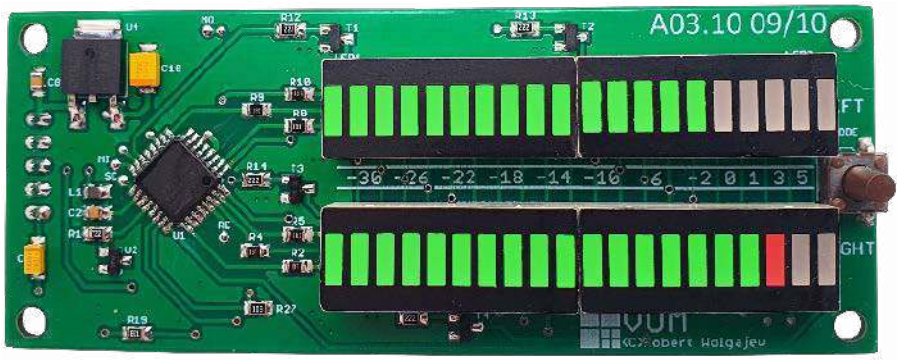
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

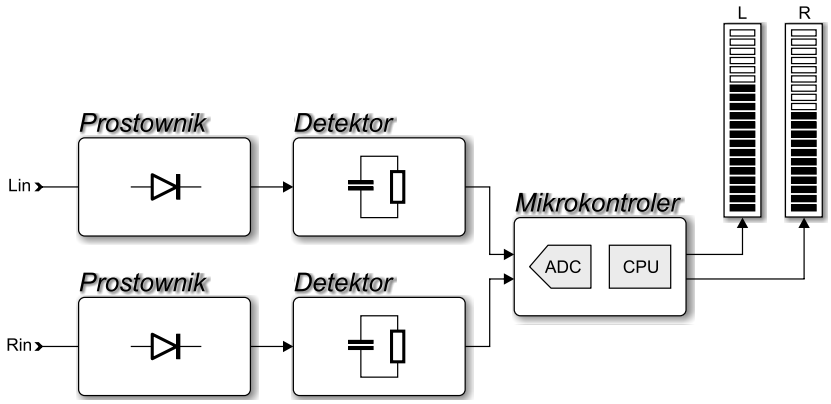
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik PDF! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! **http://sklep.avt.pl**

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

VUM – mikroprocesorowy wskaźnik wysterowania sygnału audio

Projekt mikroprocesorowego wskaźnika wysterowania sygnału audio chodził za mną od dłuższego czasu, ponieważ z rozrzewnieniem wspominam moje pierwsze przygody z elektroniką w postaci kultowego (i trudnego do zdobycia) na owe czasy układu typu UL1970/UL1980 produkcji CEMI (będącego kopią rozwiązań zagranicznych). Pozwalając sobie na odrobinę prywaty w stylu off-topic, muszę przyznać, iż były to piękne czasy, gdzie mimo ogólnych problemów ze zdobyciem czegokolwiek (nie tylko elementów elektronicznych) każde skonstruowane urządzenie cieszyło po tysiąckroć. Teraz mamy dużo większe możliwości i urządzenia tego typu są ograniczone tylko pomysłowością konstruktora.





Rysunek 1. Schemat blokowy wskaźnika wysterowania VUM

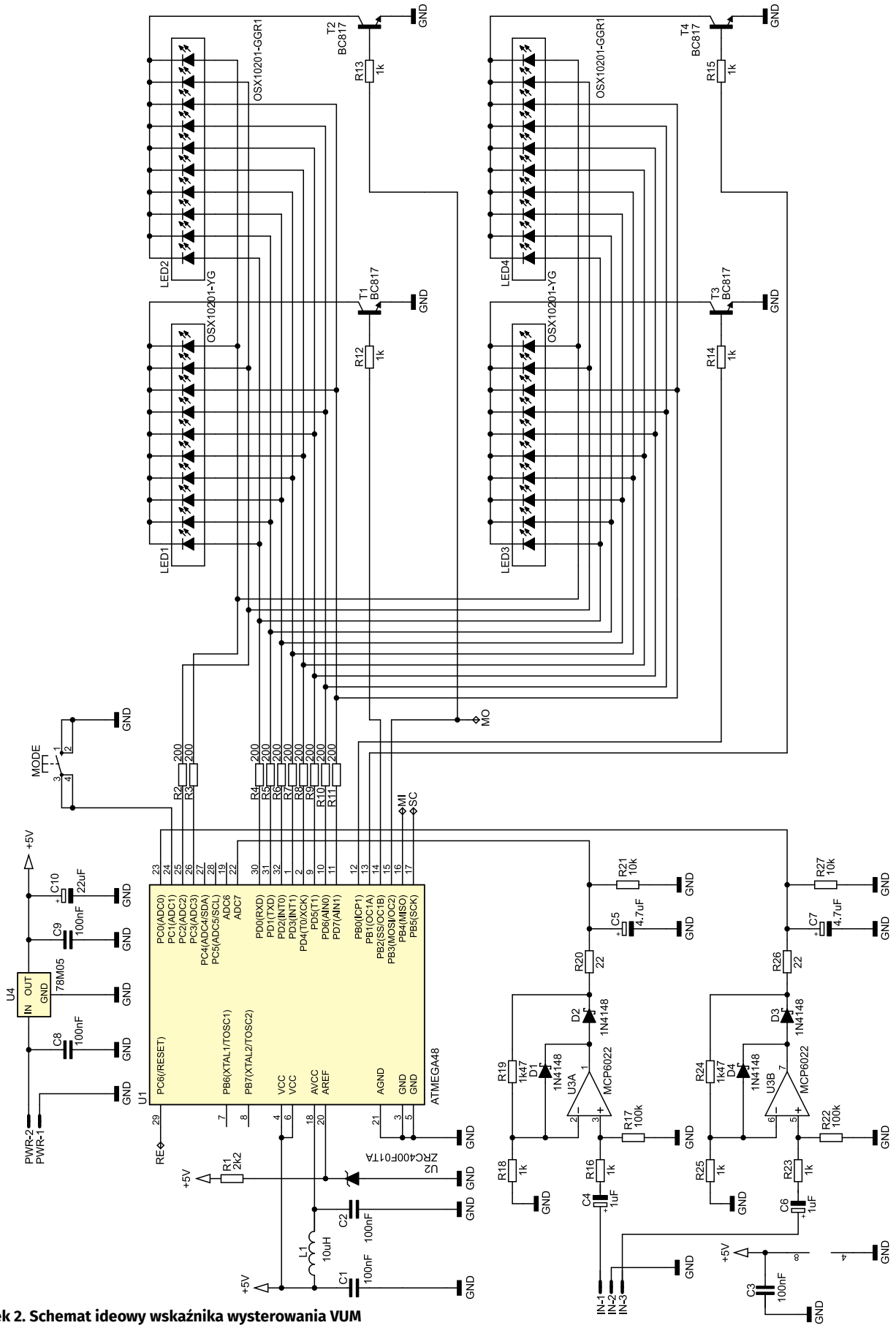
Dzisiaj, gdy wszystko jest na wyciągnięcie ręki, możemy przebierać w dostępnych rozwiązaniach układowych i mimo, że mamy czasy wszechobecnej techniki cyfrowej, to nadal można zakupić wiele analogowych układów wskaźników wysterowania różnej maści (w tym dość egzotycznych układów z Azji). Niemniej jednak implementacja analogowego wskaźnika tego typu nie jest żadnym wyzwaniem, gdyż aplikacje takich układów są niezmiernie proste i nie pozostawiają płaszczyzny do własnej inwencji a na dodatek mają z góry ustaloną funkcjonalność. Właśnie stąd wziął się pomysł na skonstruowanie własnej wersji tego typu urządzenia o rozszerzonej funkcjonalności i możliwości dostosowania do własnych potrzeb.

Zastanówmy się na początek, jak zbudowane powinno być takie urządzenie. Na pewno niezbędny jest jakiś obwód wejściowy przygotowujący sygnał audio do digitalizacji, następnie przetwornik ADC a na końcu mikrokontroler i wyświetlacz. Idea wydaje się prosta. Schemat blokowy urządzenia VUM pokazano na **rysunku 1**.

eprasa.pl a0c98eea7b

Poziomy sygnałów audio i stosowne skale

Zanim przejdę do szczegółowych rozwiązań układowych, kilka niezbędnych słów na temat poziomów sygnałów audio i stosownych skal. Niestety nie mam dobrych wieści. Stosowane są różne skale, dla których przewidziano różne sygnały odniesienia. I tak, mamy poziomy wyrażone w dB, w dBu, w dBV, dBFS (domena urządzeń cyfrowych) i wreszcie VU (skala analogowych mierników wysterowania nazywanych



Rysunek 2. Schemat ideowy wskaźnika wysterowania VUM

eprasa.pl a0c98eea7b

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

Rezystory: (SMD0805):
R1: 2.2 kΩ
R2...R11: 200 Ω
R12...R15, R16, R23: 1 kΩ
R18, R25: 1 kΩ 1%
R21, R27: 10 kΩ
R17, R22: 100 kΩ
R19, R24: 1,47 kΩ 1%
R20, R26: 22 Ω

Kondensatory:
C1, C2, C3, C8, C9: 100 nF ceramiczny X7R (SMD0805)
C4, C6: 1 µF/10 V tantalowy (A/3216-18R)
C5, C7: 4,7 µF/10 V tantalowy (A/3216-18R)
C10: 22 µF/10 V tantalowy (B/3528-21W)

Półprzewodniki:
LED1, LED3: linijka diodowa zielona typu OSX10201-YG
LED2, LED4: linijka diodowa zielono-czerwona typu OSX10201-GGR1
D1...D4: 1N4148 (miniMELF)
T1...T4: BC817 (SOT23)
U1: ATmega48 (TQFP32)
U2: ZRC400F01TA (SOT23)
U3: MCP6022 (SO08)
U4: 78M05 (DPAK)

Pozostałe:
L1: dławik 10 µH (SMD0805)
IN: gniazdo męskie proste 3-pin (NSL25-3W)
PWR: gniazdo męskie proste 2-pin (NSL25-2W)
MODE: microswitch SMD typu DTSM-65N-V-B lub podobny

Ustawienia Fuse-bitów:
CKSEL3...0: 0010
SUT1...0: 10
CKDIV8: 0
CKOUT: 1
DWEN: 1
EESAVE: 0

Tabela 1. Wartości poszczególnych poziomów sygnału audio i odpowiadające im wartości napięć oraz wartości na wyjściu ADC

dBu [dB]	VRMS [V]	VP-P[V]	VP [V]	Zmierzone [V]	ADC
5	1,377	3,896	1,948	4,084	1021
3	1,094	3,095	1,547	3,997	999
1	0,869	2,458	1,229	3,733	933
0	0,775	2,191	1,095	3,373	843
–2	0,615	1,740	0,870	2,554	638
–4	0,489	1,382	0,691	1,819	455
–6	0,388	1,098	0,549	1,283	321
–8	0,308	0,872	0,436	0,979	245
–10	0,245	0,693	0,346	0,754	188
–12	0,195	0,550	0,275	0,601	150
–14	0,155	0,437	0,219	0,477	119
–16	0,123	0,347	0,174	0,386	97
–18	0,098	0,276	0,138	0,304	76
–20	0,077	0,219	0,110	0,240	60
–22	0,062	0,174	0,087	0,195	49
–24	0,049	0,138	0,069	0,150	38
–26	0,039	0,110	0,055	0,122	30
–28	0,031	0,087	0,044	0,096	24
–30	0,024	0,069	0,035	0,077	19
–32	0,019	0,055	0,028	0,061	15

wolumetrami, które po raz pierwszy skonstruowano w USA w 1940 roku).

O ile pierwsze 4 są ściśle zdefiniowane i można je obliczyć (w wartościach skutecznych napięcia), o tyle skala VU (Volume Unit) ma różne poziomy odniesienia w zależności od standardu, rozgłośni czy kraju. Jedyne, co można o niej powiedzieć z całą pewnością, to to, że rozciąga się od –20 do +3, podczas gdy wartości –20 odpowiada 0%, zaś 0 odpowiada 100% (gdyż wartości procentowe także znajdują się na tej skali). Zwykle wartości 0 odpowiada sygnał o amplitudzie +4 dBu, lecz nie należy zbytnio przywiązywać się do tej wielkości, gdyż jak wspomniałem, występują znaczące różnice w interpretacji tych wartości. Już teraz powiem, że z tego właśnie powodu w naszym urządzeniu zdecydowałem się na skalę dBu (od –32 dB do +5 dB), jako powszechnie używaną w sprzęcie profesjonalnym (przynajmniej starej daty). Dla tej skali poziom 0 dB odpowiada napięciu skutecznemu o wartości 0,775 V, zaś same obliczenia wykonujemy według poniższego wzoru:

$$dBu = 20 \cdot \log \frac{U}{0{,}775}$$

Budowa i działanie

Tyle tytułem wstępu. Przejdźmy zatem do schematu naszego urządzenia, który pokazano na **rysunku 2**. Jak widać, zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy, którego sercem jest niewielki mikrokontroler firmy Microchip (dawniej Atmel) pod postacią układu ATmega48 taktowany wewnętrznym sygnałem zegarowym o częstotliwości 1 MHz realizujący całą, założoną funkcjonalność urządzenia.

Wybór tego konkretnego układu z szerokiej palety układów firmy Microchip wynikał wyłącznie z potrzeby zastosowania elementu o dużej liczbie wyprowadzeń wyposażonego w przetwornik ADC. Ilość pamięci Flash czy RAM nie miała większego znaczenia, gdyż program obsługi aplikacji naszego urządzenia jest niezmiernie prosty i wykorzystuje ułamek dostępnych możliwości. Mikrokontroler steruje akwizycją danych wbudowanego 10-bitowego przetwornika ADC (tylko 10 razy na sekundę), przetwarza zmierzone wartości i na końcu wyświetla je na dwóch linijkach diodowych (oddzielnie dla lewego i prawego kanału), z których każda składa się z 20 diod LED (zbudowanych z dwóch elementów elektronicznych).

Ponieważ mamy do wysterowania aż 40 diod LED, zastosowano dobrze znane rozwiązanie multipleksowania wyświetlanej informacji, gdzie każda z 4 scalonych linijek LED (złożona z 10 diod) sterowana jest 60 razy na sekundę, niwelując zjawisko migotania. W takim rozwiązaniu redukujemy liczbę niezbędnych wyprowadzeń mikrokontrolera z 40 do zaledwie 14 (10 wspólnych anod i 4 wspólnych katod) a samo sterowanie odbywa się w sposób automatyczny (w tle) dzięki wykorzystaniu procedury obsługi przerwania Timera0. Jest

Listing 1. Kod pliku nagłówkowego mechanizmu multipleksowania

```
#define COM_ANODE_LOWER_PORT PORTD
#define COM_ANODE_LOWER_DDR DDRD
#define COM_ANODE_UPPER_PORT PORTC
#define COM_ANODE_UPPER_DDR DDRC
#define COM_ANODE_UPPER_LOW PC2
#define COM_ANODE_UPPER_HIGH PC3

#define COM_CAT_PORT PORTB
#define COM_CAT_DDR DDRB
#define COM_CAT_LEFT_LOWER PB2
#define COM_CAT_LEFT_UPPER PB3
#define COM_CAT_RIGHT_LOWER PB0
#define COM_CAT_RIGHT_UPPER PB1
#define COM_CAT_BLANK COM_CAT_PORT &=
    ~((1<<COM_CAT_LEFT_LOWER)
    |(1<<COM_CAT_LEFT_UPPER)
    |(1<<COM_CAT_RIGHT_LOWER)
    |(1<<COM_CAT_RIGHT_UPPER))

#define LEFT_LED 0x00
#define RIGHT_LED 0x01

//Zmienna przechowująca wartość
//wyświetlaną na obu linijkach LED
extern volatile uint32_t Led[2];
//Zezwolenie na aktualizację zmiennych Led[]
extern volatile uint8_t readyForUpdate;
```


eprasa.pl a0c98eea7b

to standardowe i bardzo wygodne rozwiązanie tego rodzaju zagadnień.

Ostatnim elementem obsługiwanym przez nasz mikrokontroler jest przycisk MODE, za pomocą którego wybieramy tryb wyświetlania informacji o poziomie sygnału spośród następujących:

- wskaźnik punktowy,
- wskaźnik liniowy (bargraph),
- wskaźnik liniowy (bargraph) z pamięcią wartości szczytowych.

Wybrane ustawienie zapamiętywane jest w nieulotnej pamięci EEPROM mikrokontrolera i staje się aktywne po włączeniu zasilania.

Warto również zaznaczyć, że przetwornik ADC wbudowany w strukturę mikrokontrolera korzysta z zewnętrznego, scalonego źródła napięcia odniesienia (4,096 V) pod postacią układu ZRC400F01TA, dzięki czemu osiągnięto szeroki zakres przetwarzanych napięć sygnału audio i dużą dokładność.

Skoro mowa o sygnale audio, to warto w skrócie opisać wejściowy obwód kondycjonujący (identycznego dla każdego z kanałów audio), który jest niezbędny z uwagi na charakter szybkozmiennych sygnałów audio. Jak widać, wejściowy sygnał audio trafia na wejście dość nietypowego prostownika jednopołówkowego zbudowanego z wykorzystaniem wzmacniacza operacyjnego (koniecznie typu rail-to-rail input/output) pracującego w konfiguracji nieodwracającej (ze wzmocnieniem równym około 2,47) i zasilanego napięciem niesymetrycznym. Dlaczego napisałem, iż aplikacja wspomnianego prostownika jest dość nietypowa? Wyłącznie z uwagi na fakt, że książkowe układy prostowników operacyjnych korzystają praktycznie zawsze z konfiguracji odwracającej i zasilania symetrycznego, którego chciałem w naszej implementacji uniknąć.

Abstrahując nawet od tego, uważny Czytelnik zauważy z pewnością, iż nawet bez obecności diody na wyjściu wzmacniacza operacyjnego (D3 dla prawego kanału) układ taki i tak pełniłby funkcję prostownika, gdyż wzmacniacz operacyjny zasilany wyłącznie napięciem dodatnim nie przepuści sygnałów o amplitudach ujemnych. Tak, to prawda, ale dioda D3 (jak i D4) ogrywa w tej implementacji inną rolę. Zauważmy, iż na wyjściu prostownika (katoda diody D3) znajduje się prosty układ RC pełniący zarówno funkcję układu całkującego, jak i detektora wartości szczytowej, który dostarcza na wejście przetwornika ADC wbudowanego w strukturę mikrokontrolera w zasadzie napięcie stałe, którego amplituda jest proporcjonalna do chwilowego napięcia szczytowego przebiegu audio. Stałe czasowe tego układu dobrano w taki sposób, by ładowanie kondensatora C7 sygnałem z prostownika przebiegało niemalże natychmiastowo (przez rezystor R26), zaś rozładowanie (przy każdym spadku sygnału wyjściowego prostownika) następowało o kilka rzędów wielkości wolniej (przez rezystor R27 i R24). Dioda D3 w tym układzie zapobiega rozładowaniu kondensatora wygładzającego C7 przez rezystancję wyjściową wzmacniacza operacyjnego podczas ujemnego półokresu sygnału wejściowego, zaś D4 zapewnia dodatkową ścieżkę rozładowania dla tegoż kondensatora. Jako że wspomniane stałe czasowe są znacząco różne, osiągnięto całkiem rzeczywisty efekt odpowiedzi układu na zmianę napięcia wejściowego sygnału audio symulującą ruchy wskazówki analogowego miernika

Listing 2. Kod funkcji inicjującej mechanizm multipleksowania

```
void initMultiplex(void){
    //Porty wspólnych anod, jako porty wyjściowe ze stanem nieaktywnym "0"
    COM_ANODE_LOWER_DDR = 0xFF;
    COM_ANODE_UPPER_DDR |= (1<<COM_ANODE_UPPER_LOW)
        |(1<<COM_ANODE_UPPER_HIGH);
    //Port wspólnych katod, jako port wyjściowy ze stanem nieaktywnym "0"
    COM_CAT_DDR |= (1<<COM_CAT_LEFT_LOWER)
        |(1<<COM_CAT_LEFT_UPPER)
        |(1<<COM_CAT_RIGHT_LOWER)
        |(1<<COM_CAT_RIGHT_UPPER);

    //Konfiguracja licznika Timer0 w celu generowania przerwania
    //do obsługi multipleksowania linijek LED (240 Hz)
    TCCR0A = (1<<WGM01);    //Tryb CTC
    TCCR0B = (1<<CS02);     //Preskaler = 256 @ 1MHz
    //240 Hz (przerwanie 240 razy na sekundę,
    //60 razy na sekundę dla każdej linijki LED)
    OCR0A = 15;
    //Uruchomienie przerwania Output Compare Match A (od porównania)
    TIMSK0 = (1<<OCIE0A);
}
```

Listing 3. Kod funkcji obsługi przerwania od Timer0, który jest odpowiedzialny za mechanizm multipleksowania

```
ISR(TIMER0_COMPA_vect){
    static uint8_t Nr;  //Numer kolejnej linijki do wyświetlenia
    uint16_t Value = 0; //Optymalizacja dostępu volatile

    readyForUpdate = 0;

    //Wybranie odpowiedniej wartości do pokazania
    switch(Nr){
        case 0: Value = Led[LEFT_LED]; break;
        case 1: Value = Led[LEFT_LED] >> 10; break;
        case 2: Value = Led[RIGHT_LED]; break;
        case 3: Value = Led[RIGHT_LED] >> 10; break;
    }
    //Wygaszenie wspólnych katod
    COM_CAT_BLANK;

    //Wystawienie właściwych stanów na portach wspólnych anod
    COM_ANODE_LOWER_PORT = Value & 0xFF;
    if(Value & 0b100000000)
        COM_ANODE_UPPER_PORT |= (1<<COM_ANODE_UPPER_LOW);
    else COM_ANODE_UPPER_PORT &= ~(1<<COM_ANODE_UPPER_LOW);
    if(Value & 0b1000000000)
        COM_ANODE_UPPER_PORT |= (1<<COM_ANODE_UPPER_HIGH);
    else COM_ANODE_UPPER_PORT &= ~(1<<COM_ANODE_UPPER_HIGH);

    //Załączenie odpowiedniej wspólnej katody
    COM_CAT_PORT |= pgm_read_byte(&comCat[Nr]);

    //Wybranie kolejnej linijki LED
    Nr = (Nr+1) & 0x03;
    //Zezwolenie na aktualizację zmiennych Led[] w pętli głównej
    if(Nr == 0) readyForUpdate = 1;
}
```

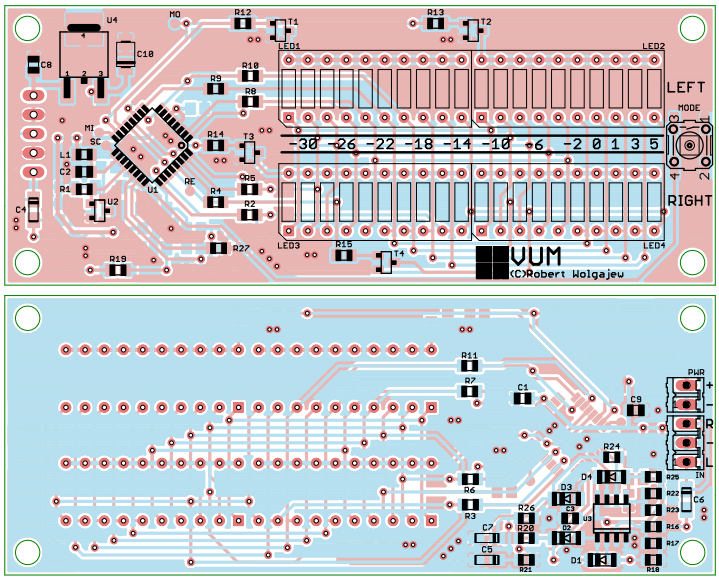
Listing 4. Kod funkcji odpowiedzialnej za inicjalizację wbudowanego przetwornika ADC

```
//Zmienna przechowująca domyślne (we Flash)
//wartości ADC dla kolejnych poziomów dBu: od –36dB do 5dB
const uint16_t dBuDefault[22] PROGMEM = {
    0, 15, 19, 24, 30, 38, 49, 60, 76, 97, 119,
    150, 188, 245, 321, 455, 638, 843, 933,
    999, 1021, 1024};
//Zmienna przechowująca wartości ADC
//dla kolejnych poziomów dBu zdefiniowanych przez użytkownika
uint16_t dBUser[22] EEMEM;
//Zmienna przechowująca wynikowe wartości ADC
//dla kolejnych poziomów dBu
uint16_t dB[22];
//Wskaźnik rodzaju skali: AA -> skala użytkownika
const uint8_t ScaleEE EEMEM;

//Funkcja odczytuje do tablicy dB[22] wynikowe wartości progowe
//w zależności od skali: predefiniowanej czy użytkownika

void initADC(void){
    //Sprawdzamy jakiego rodzaju skali należy używać:
    //predefiniowanej (dBu) czy użytkownika
    //mówi o tym zmienna EEPROM ScaleEE
    if(eeprom_read_byte(&ScaleEE) == 0xAA){
        for(uint8_t i = 0; i <22; i++)
            dB[i] = eeprom_read_word(&dBUser[i]);
    }else{
        for(uint8_t i = 0; i <22; i++)
            dB[i] = pgm_read_word(&dBuDefault[i]);
    }
}
```


eprasa.pl a0c98eea7b

VU. Zachowanie to możemy modyfikować poprzez zmianę wartości elementów integratora-detektora wartości szczytowej, a więc elementów R26, R27 i C7 (i odpowiednio R20, R21, C5 dla kanału lewego). Należy jednak pamiętać aby rezystor R26 (i odpowiednio R20) miał dużo mniejszą rezystancję niż R27 (i odpowiednio R21).

Wzmocnienie układu ustalają z kolei rezystory R25/R24 (i odpowiednio R18/R19) i tak jak wspomniano wcześniej, w naszym układzie wynosi ono około 2,47, a wynika z chęci dopasowania maksymalnej amplitudy wejściowego sygnału audio (+5 dBu, czyli ok. 3,9 Vp-p) do zakresu przetwarzania wbudowanego przetwornika ADC (4,096 V). Dla porządku, w **tabeli 1** umieściłem wartości poszczególnych poziomów sygnału audio i odpowiadające im obliczeniowe wartości napięć skutecznych (RMS), międzyszczytowych (peak-to-peak), amplitudy, wartości przetwarzania przetwornika ADC oraz rzeczywiste wartości pomiarowe z wyjścia detektora wartości szczytowej zmierzone multimetrem dla wejściowego sygnału sinusoidalnego o częstotliwości 1 kHz (i odpowiedniej amplitudzie).



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wskaźnika wysterowania VUM

Zagadnienia programistyczne

Tyle w kwestii budowy urządzenia VUM. Przejdźmy zatem do kilku drobnych zagadnień programistycznych. Na początek mechanizm multipleksowania, którego prezentację rozpoczniemy od pokazania pliku nagłówkowego upraszczającego dostęp do zasobów mikrokontrolera i porządkującego kod aplikacji w tym zakresie. Mam świadomość, że nie jest to żadne „rocket science", ale chciałem Wam pokazać, jak w efektywny i efektowny sposób „ogarnąć" tego rodzaju zagadnienie programistyczne, czyniąc sam proces programowania niezmiernie przyjemnym. Nieskromnie powiem, że w moim przekonaniu właśnie w ten przejrzysty sposób powinno się konstruować moduły obsługi danych peryferiów, gdyż jakakolwiek modyfikacja sprowadza się wtedy do kosmetycznych i prostych do wykonania zmian.

Kod pliku nagłówkowego mechanizmu multipleksowania pokazano na **listingu 1**.

Jak widać, wprowadzono dwie zmienne globalne typu volatile: Led[2] i readyForUpdate. Pierwsza z nich (tablica) przechowuje wartości (a w zasadzie wzór) przeznaczone do wyświetlenia na każdej z linijek LED (używanych jest 20 bitów w każdej z nich), zaś druga to flaga pozwalająca programowi głównemu na aktualizację właśnie tej zmiennej – Led[]. Potrzeba wprowadzenia drugiej zmiennej wynikała z konieczności synchronizacji chwili aktualizacji zmiennej Led[] z pracą funkcji multipleksującej linijki LED, tak by nie występowało zjawisko mieszania zawartości zmiennej Led[] wartościami z różnych pomiarów dokonywanych przecież w pętli głównej programu aplikacji, zwłaszcza że każdy element tej zmiennej jest 32-bitowy (zajmuje 4 bajty pamięci). Aktualizacja tej zmiennej następuje po pełnym cyklu multipleksu dla całego wyświetlacza LED. Dalej na **listingu 2** pokazano kod funkcji inicjującej mechanizm multipleksowania, zaś na **listingu 3** kod funkcji obsługi przerwania od Timer0, który odpowiada za mechanizm multipleksowania.

Prawda, że proste? Przejdźmy zatem do dwóch funkcji obsługi przetwornika ADC, których prezentację rozpoczniemy od funkcji inicjalizacyjnej, której wyłącznym zadaniem jest przygotowanie zmiennych używanych w docelowej funkcji pomiarowej. Ciało wspomnianej funkcji (wraz z definicją niezbędnych zmiennych) pokazano na **listingu 4**. Jak widać, funkcja powyższa korzysta z predefiniowanej (w pamięci Flash) tablicy dBuDefault[] przechowującej wartości przetwarzania przetwornika ADC dla kolejnych poziomów wejściowego sygnału audio (w skali dBu) lub podobnej tablicy dBUser[] (tyle że w pamięci EEPROM) przechowującej wartości przetwarzania przetwornika ADC dla kolejnych poziomów wejściowego sygnału audio zdefiniowanych przez użytkownika. Dzięki temu prostemu zabiegowi użytkownik urządzenia ma możliwość (poprzez zaprogramowanie wyłącznie pamięci EEPROM mikrokontrolera) zdefiniowania własnych wartości przetwornika ADC, dla których następuje zapalenie kolejnych diod LED linijki świetlnej.

Wybór konkretnej skali zdeterminowany jest wartością zmiennej ScaleEE umieszczonej pod adresem 0x00 we wspomnianej pamięci EEPROM. Jeśli jest ona równa 0xAA, zostanie wybrana skala użytkownika, w przeciwnym razie zastosowana zostanie skala domyślna dBu. W wyniku działania powyższej funkcji wartości skali wynikowej kopiowane są do zmiennej dB[] umieszczonej w pamięci RAM mikrokontrolera, co w założeniach ma przyspieszyć wykonywanie funkcji pomiarowej pokazanej później (gdyż odczyt z pamięci EEPROM jest co najmniej rząd wielkości wolniejszy niż analogiczny odczyt z pamięci RAM).

W przypadku skali użytkownika kolejne komórki pamięci EEPROM (począwszy od adresu 0x01 a skończywszy na 0x2C) powinny wtedy zawierać kolejne słowa tablicy dBUser[] (22 słowa 16-bitowe, bajt LSB jako pierwszy), przy czym pierwszy element tej tablicy (dBUser[0]) powinien zawierać wartość 0, zaś ostatni (dBUser[21]) wartość 1024. Wszystkie pośrednie powinny zawierać wartości przetwarzania przetwornika ADC (od najmniejszych do największych), przy których następuje zaświecenie kolejnej diody LED (1 do 20). Wartości te obliczamy według wzoru:

$$ADC = \frac{U}{4{,}096} \cdot 1024$$

gdzie

U – wartość napięcia [V] na wyjściu detektora wartości szczytowej.

Oczywiście w takim przypadku domyślna skala wydrukowana na płytce drukowanej nie ma wtedy zastosowania.

Przejdźmy zatem do implementacji funkcji odpowiedzialnej za wykonywanie pomiarów przy udziale wbudowanego przetwornika ADC, której ciało pokazano na **listingu 5**. W wyniku swojego działania funkcja zwraca wartość z zakresu 0…20 odpowiadającą wskazaniu (w dBu lub poziomach użytkownika) kolejnej diody LED na linijce świetlnej każdego z kanałów. Wartość ta jest przetwarzana w pętli głównej aplikacji na stosowny wzór (zmienna Led[]) przeznaczony do wyświetlenia na tejże linijce, zaś jego implementacja zależna jest od wybranego trybu wyświetlania. Za tę część

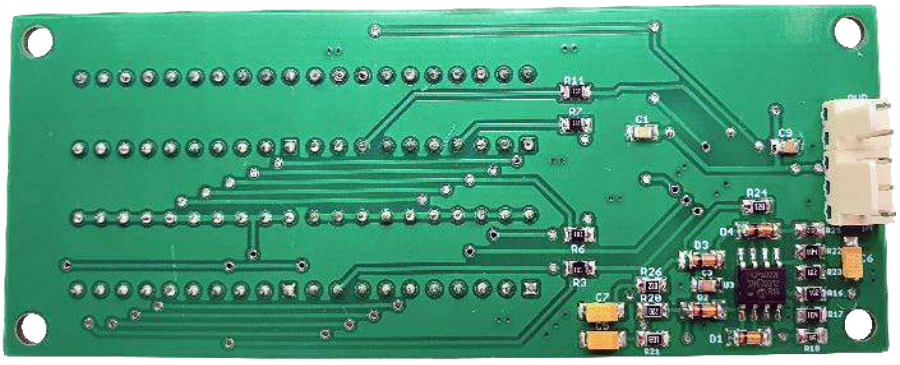
eprasa.pl a0c98eea7b

Listing 5. Kod funkcji odpowiedzialnej za wykonywanie pomiarów przy udziale wbudowanego przetwornika ADC

```
//Funkcja zwraca 0...20, czyli liczbę diod LED do zapalenia w słupku

uint8_t readADC(uint8_t Channel){
    uint16_t Voltage = 0;
    uint8_t Level;

    //Vref = AREF (default), internal Vref turned off
    ADMUX = Channel;

    //Wykonujemy 8 pomiarów by uśrednić wartość wynikową
    for(uint8_t i=0; i<8; i++){
        //Uruchomienie konwersji
        //Preskaler=8 (125kHz @ 1MHz)
        ADCSRA = (1<<ADEN)|(1<<ADSC)
            |(1<<ADPS1)|(1<<ADPS0);
        //Czekamy na zakończenie bieżącej konwersji - 120us
        while(ADCSRA & (1<<ADSC));
        Voltage +=  ADC;
    }
    Voltage /= 8;

    //Konwertujemy odczytaną wartość ADC do wartości wynikowej: 0...20
    for(Level = 0; Level <21; Level++)
        if(Voltage >= dB[Level] && Voltage < dB[Level+1]) break;

    return Level;
}
```

Listing 6. Fragment kodu obsługi aplikacji odpowiedzialny za przygotowanie zmiennej Led[]

```
//Wykonujemy pomiary dla obu kanałów
Bar[0] = readADC(LEFT_CHANNEL);
Bar[1] = readADC(RIGHT_CHANNEL);

//Wartości obu pomiarów przeliczamy na wzór
//dla obu słupków LED, przy czym sposób przeliczenia
//zależy od bieżącego trybu pracy urządzenia:
//wyświetlanie pojedynczych pasków czy słupków
for(uint8_t i = 0; i < 2; i++){
    switch(Mode){
    case MODE_POINT:
    //Rysujemy pojedyńczą linię dla każdego wyświetlacza LED
        if(Bar[i] == 0)
            localLed[i] = 0;
        else localLed[i] = ((uint32_t) 1<<(Bar[i]-1));
    break;

    case MODE_BAR:
    //Rysujemy słupki dla każdej linijki LED
        localLed[i] = 0;
        for(uint8_t Val = 1; Val<21; Val++)
            if(Bar[i] >= Val)
                localLed[i] |= ((uint32_t) 1<<(Val-1));
            else break;
    break;

    case MODE_BAR_MAX:
    //Aktualizujemy maksima
        if(Bar[i] > maxBar[i]) maxBar[i] = Bar[i];
        //Co 200 ms zmniejszamy maksima o jeden pasek w dół
        if((++timer200ms%2) == 0) if(maxBar[i]) --maxBar[i];
        //Rysujemy słupki dla każdej linijki LED plus pasek maximum
        localLed[i] = 0;
        for(uint8_t Val = 1; Val<21; Val++)
            if(Bar[i] >= Val)
                localLed[i] |= ((uint32_t) 1<<(Val-1));
            else break;
        //Dorysowanie paska maximum
        if(maxBar[i])
            localLed[i] |= ((uint32_t) 1<<(maxBar[i]-1));
    break;
    }
}

//Czekamy na zezwolenie na aktualizację zmiennych Led[]
//dla funkcji ISR multipleksowania
while(readyForUpdate != 1);
ATOMIC_BLOCK(ATOMIC_RESTORESTATE){
    readyForUpdate = 0;
    Led[0] = localLed[0];
    Led[1] = localLed[1];
}
```



Fotografia 1. Zmontowane urządzenie VUM od strony warstwy BOTTOM

programu obsługi aplikacji odpowiada kod pokazany na **listingu 6**. To byłoby tyle, jeśli chodzi o zagadnienia programistyczne, w związku z tym przejdźmy do szczegółów montażowych.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy urządzenia VUM pokazano **rysunku 3**. Zaprojektowano niewielki, dwustronny obwód drukowany ze zdecydowaną przewagą elementów SMD montowanych po obu stronach laminatu (dla zmniejszenia wymiarów PCB). Montaż urządzenia rozpoczynamy od warstwy TOP, gdzie w pierwszej kolejności montujemy mikrokontroler sterujący. Najprostszym sposobem montażu elementu o takim zagęszczeniu wyprowadzeń, niewymagającym jednocześnie posiadania specjalistycznego sprzętu, jest użycie typowej stacji lutowniczej, dobrej jakości cyny z odpowiednią ilością topnika oraz dość cienkiej plecionki rozlutowniczej, która umożliwi usunięcie nadmiaru cyny spomiędzy wyprowadzeń złącza. Należy przy tym uważać, by nie uszkodzić termicznie tegoż elementu. Jakość tak wykonanego połączenia sprawdzamy pod lupą, korzystając z najprostszego miernika pozwalającego sprawdzić ciągłość połączeń. Wspomniana kontrola będzie znacznie łatwiejsza, jeśli zmontowaną płytkę przemyjemy alkoholem izopropylowym w celu wypłukania nadmiaru kalafonii lutowniczej.

W kolejnym kroku montujemy pozostałe półprzewodniki, a na końcu elementy bierne. W tym momencie przechodzimy na warstwę BOTTOM, gdzie podobnie jak poprzednio, w pierwszej kolejności przylutowujemy półprzewodniki, zaś na końcu elementy bierne. Dalej, wracamy na warstwę TOP, gdzie przylutowujemy linijki LED oraz microswitch MODE. Ostatnim etapem montażu jest przylutowanie gniazd połączeniowych PWR i IN, co możemy wykonać zarówno od strony BOTTOM (preferowane z uwagi na późniejsze podłączenia) lub TOP w zależności od docelowego sposobu montażu urządzenia.

Poprawnie zmontowany układ nie wymaga żadnego specjalnego procesu uruchamiania i powinien działać tuż po podłączeniu zasilania. W przypadku monitorowania sygnałów audio o amplitudach przekraczających zakres napięć wejściowych urządzenia należy na wejściu zastosować prosty dzielnik napięcia w postaci potencjometru o rezystancji w granicach 50 kΩ lub też zmienić wzmocnienie wejściowego układu audio zbudowanego ze wzmacniaczy operacyjnych. Na **fotografii 1** pokazano zmontowane urządzenie VUM od strony warstwy BOTTOM, zaś to samo urządzenie od strony warstwy TOP na **fotografii tytułowej**.

Robert Wołgajew, EP

eprasa.pl a0c98eea7b

AVT sklep

W ofercie AVT*
AVT5983

Podstawowe parametry:
- zliczanie impulsów w zakresie 0...49999,
- czterocyfrowy, czytelny wyświetlacz LED,
- możliwość zapamiętywania wskazań podczas zaniku zasilania,
- dwa wejścia impulsów, reagujące na zwarcie i rozwarcie,
- wybór reakcji na wejścia: inkrementacja i dekrementacja lub enkoder z wyjściem kwadraturowym,
- wybór trybu: zliczanie w pętli lub sygnalizacja przepełnienia,
- możliwość reakcji na zbocze opadające lub narastające albo odwrócenie działania podłączonego enkodera,
- sygnalizacja zliczenia sygnałem dźwiękowym z możliwością wyłączenia,
- maksymalna częstotliwość zliczania: 100 Hz w trybie góra/dół lub 40 Hz w trybie obsługi enkodera,
- zasilanie napięciem stałym 9...24 V, pobór prądu do 70 mA.

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

AVT5945	sCounter (EP 8/2022)
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.

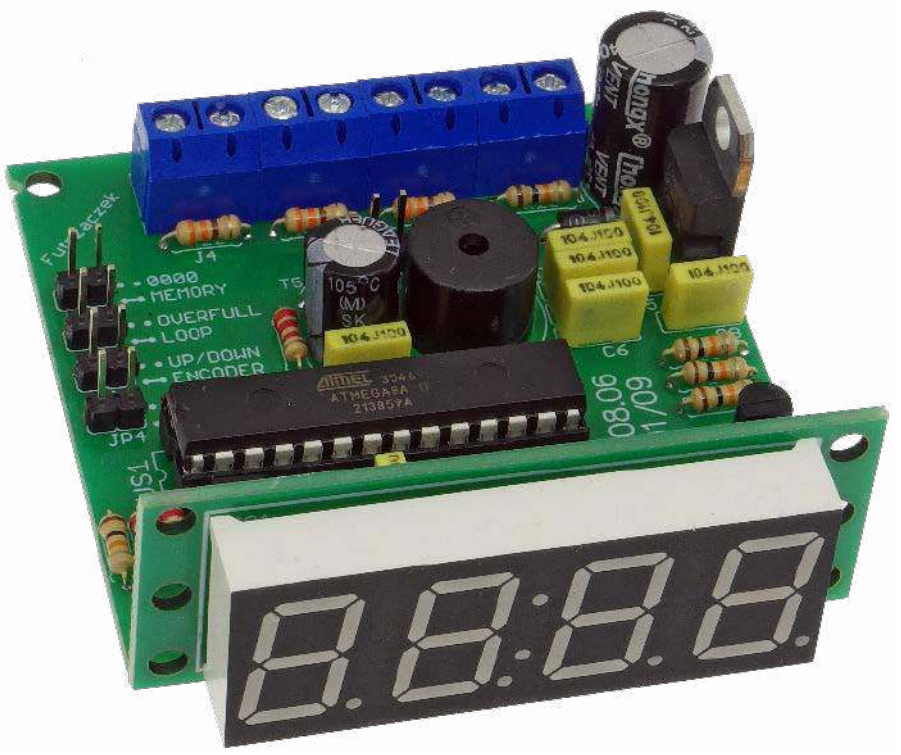
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**.

Zaawansowany licznik impulsów

Typowe liczniki impulsów mają wyświetlacz i wejście, które powoduje zwiększanie wyświetlanej wartości. Niektóre mają też drugie wejście, służące zmniejszaniu wskazywanej liczby. Zaprezentowany układ ma oba te wejścia, jak również możliwość wyboru kilku sposobów reakcji na nie. Prawdziwy kombajn liczący!



Licznik impulsów może mieć wiele zastosowań. Odliczanie liczby osób znajdujących się w pomieszczeniu, odmierzanie pozycji taśmy magnetofonowej lub pomiar liczby przedmiotów wsypywanych do pudełka to tylko niektóre z nich. Każde z tych zastosowań wymaga pewnych specyficznych funkcji, takich jak możliwość wyboru aktywnego zbocza, uaktywnienie pamięci, praca w pętli lub z przepełnieniem i nie tylko. Układ oferujący takie możliwości może zastąpić wiele innych rozwiązań. Kompaktowa budowa czyni go łatwym do wbudowania w już istniejące urządzenie, a czytelny wyświetlacz LED jest doskonale widoczny z daleka. Liczba możliwych do uzyskania konfiguracji pracy otwiera drogę do wielu aplikacji!

Budowa i działanie

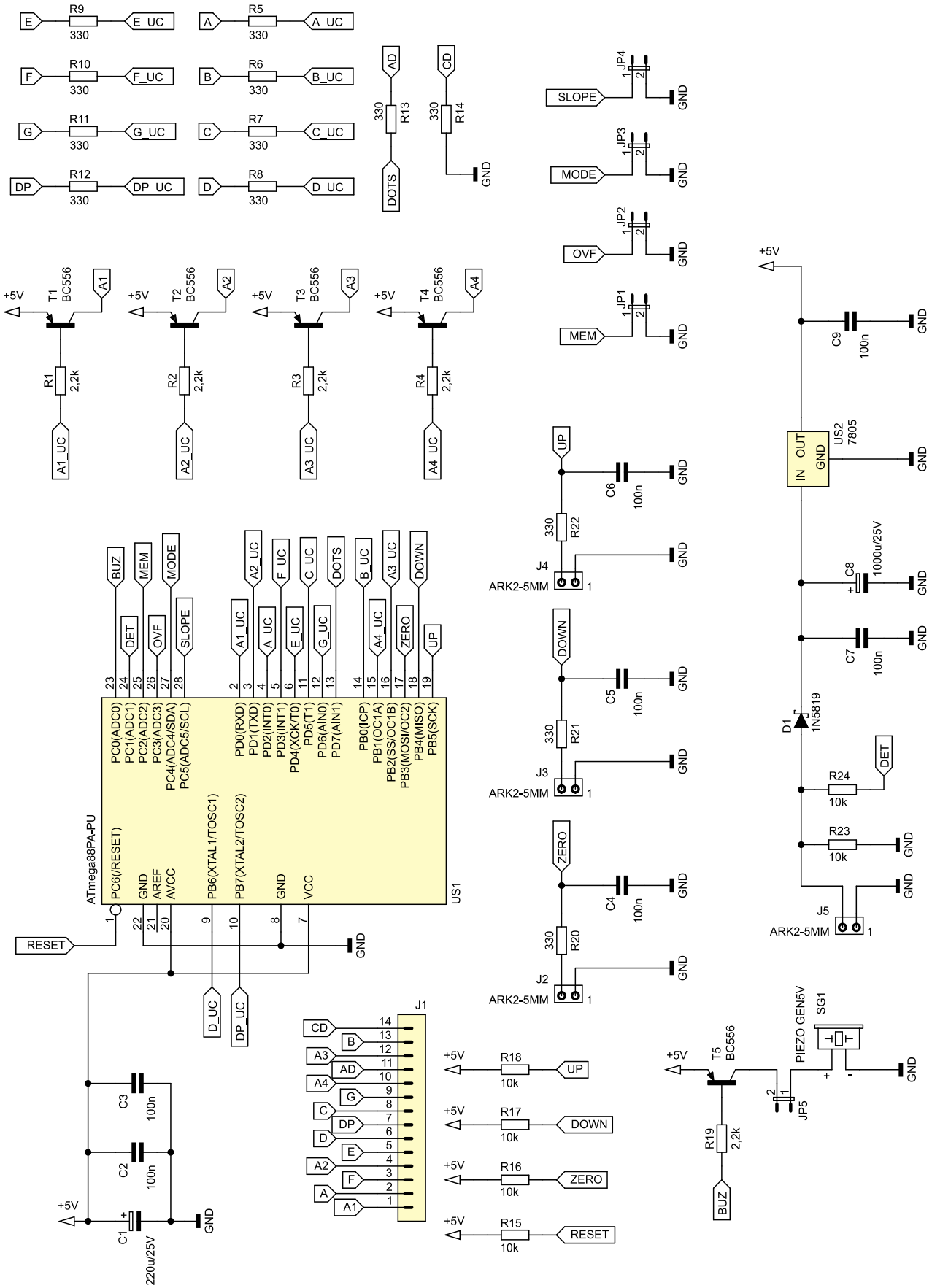
Schemat ideowy głównej płytki omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Najważniejszym podzespołem sterującym jego pracą jest mikrokontroler typu ATmega88PA-PU z 8-bitowym rdzeniem AVR. Ma wystarczającą liczbę konfigurowalnych wyprowadzeń, więc nie zachodzi potrzeba stosowania dodatkowych układów pośredniczących. Nie realizuje zadań krytycznych czasowo, wobec czego częstotliwość zegara jest ustalona przez wbudowany układ oscylatora RC z kilkuprocentowym błędem. Rezystor R15 podciąga wejście zerujące do dodatniego potencjału zasilania, co zmniejsza ryzyko samoczynnego zerowania się układu wywołanego ładunkami elektrostatycznymi gromadzącymi się na tym wejściu.

Wskazania są wyświetlane na czterocyfrowym, siedmiosegmentowym wyświetlaczu LED. Anody poszczególnych cyfr są załączane przez tranzystory bipolarne typu BC556, zaś katody segmentów są zasilane wprost z wyjść mikrokontrolera. Rezystory 330 Ω, ograniczające prąd segmentów, wymuszają przepływ prądu o natężeniu około 10 mA. W ten sposób świecą się one dostatecznie jasno, zaś katody wyświetlacza mogą być obsługiwane przez mikrokontroler. Sam wyświetlacz jest

eprasa.pl a0c98eea7b

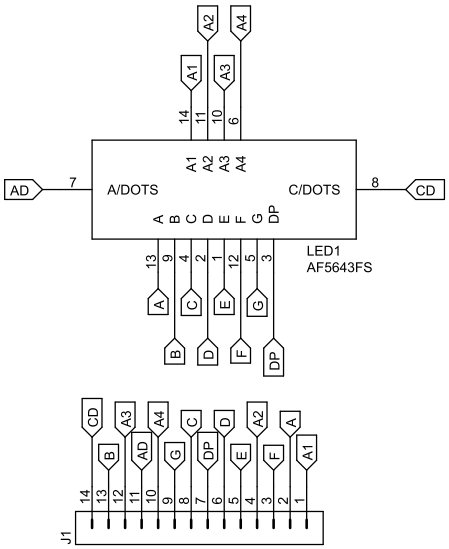
umieszczony na odrębnej płytce, umieszczonej pod kątem 90° w stosunku do płytki głównej. Jej schemat ideowy można zobaczyć na **rysunku 2**. Poza złączem J1, takim samym jak na płytce głównej, nie zawiera żadnych elementów, przez co jej wymiary są możliwie małe.

Wracając do płytki głównej – można na niej znaleźć pięć zworek JP1…JP5, które umożliwiają wybór różnych trybów pracy układu. Cztery pierwsze są sprzęgnięte z wejściami mikrokontrolera, wymuszając odpowiednie stany logiczne na jego wyprowadzeniach, zaś JP5 umożliwia pracę sygnalizatorowi dźwiękowemu BUZ1. Element ten jest

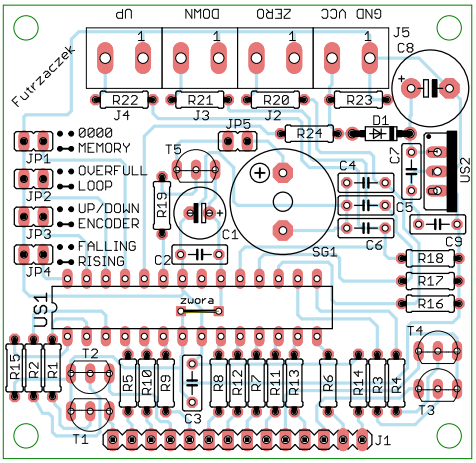


Rysunek 1. Schemat ideowy głównej płytki zaawansowanego licznika impulsów

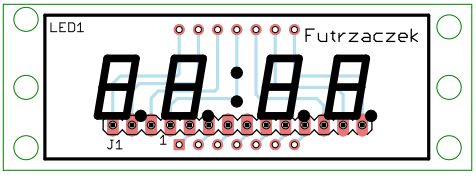
eprasa.pl a0c98eea7b



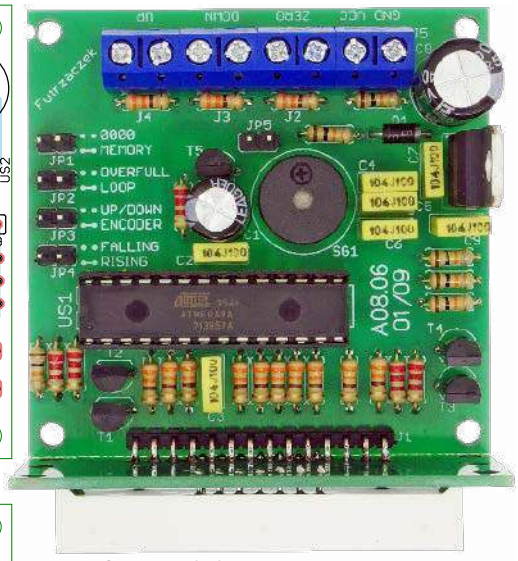
Rysunek 2. Schemat ideowy płytki wyświetlacza



Rysunek 3. Schemat głównej płytki PCB



Rysunek 4. Schemat płytki PCB wyświetlacza



Fotografia 1. Wygląd zmontowanego urządzenia

załączany przez nasycający się tranzystor T1, a jego funkcją jest powiadomienie użytkownika o poprawnym zliczeniu – w górę bądź w dół.

Skoro o zliczaniu mowa, to służą do tego trzy wejścia z zaciskami śrubowymi. Zwarcie wyprowadzeń złącza J2 zeruje układ w dowolnym momencie. J3 i J4 umożliwiają zwiększanie i zmniejszanie bieżącej wartości, jak również można do nich podłączyć enkoder z wyjściem kwadraturowym. Wejściowe obwody RC, złożone z kondensatorów o pojemności 100 nF i rezystorów 330 Ω, mają za zadanie wyeliminować większość zakłóceń związanych z przełączaniem styków. Rezystory podciągające o wartości 10 kΩ uzupełniają te wbudowane w mikrokontroler, przez co układ jest bardziej odporny na zakłócenia indukujące się w przewodach łączących elementy stykowe z płytką.

Całość uzupełnia prosty stabilizator liniowy napięcia dodatniego (US2), który dostarcza napięcia o wartości około 5 V dla mikrokontrolera. Do detekcji zaniku napięcia zasilającego, który może rozpocząć zapis bieżącej wartości do pamięci, został użyty rezystor R24. Wysoki stan logiczny odczytywany przez mikrokontroler oznacza, że zasilanie jest obecne – wysoka rezystancja R24 ogranicza prąd diod wbudowanych w mikrokontroler do wartości nie większej niż 2 mA. Kondensator C8 magazynuje energię konieczną do pracy układu w czasie zapisywania. Dioda D1 doładowuje C8 w momencie prawidłowej pracy układu, ale zapobiega podtrzymaniu przezeń napięcia na wejściu wykrywającym zanik zasilania po jego odłączeniu. Rolą rezystora R23 jest wyeliminowanie wpływu prądu upływu diody D1 na pracę tego prostego obwodu. Bez niego znikomo mały prąd wsteczny diody D1 może wywołać wysoki stan logiczny na wejściu mikrokontrolera, co z oczywistych względów uniemożliwiłoby poprawnej zarejestrowanie momentu odłączenia napięcia zasilającego układ.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwóch jednostronnych płytkach drukowanych. Płytka główna ma wymiary 62×60 mm, a płytka wyświetlacza 62×22 mm – mają tę samą szerokość. Ich schematy pokazane są na **rysunku 3** i **rysunku 4**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki głównej znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Na płytce wyświetlacza jest aż sześć takich otworów, leżących w odległości 3 mm od krawędzi bocznych i dolnych oraz w połowie wysokości tej niewielkiej płytki.

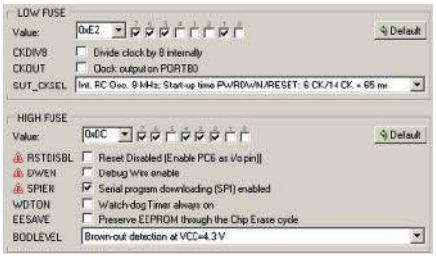
Montaż płytki głównej proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów, diod i jednej zworki z cienkiego drutu, której miejsce jest pod układem US1. Pod mikrokontroler proponuję zastosować podstawkę, aby ułatwić jego programowanie oraz wymianę w razie uszkodzenia. Płytka wyświetlacza zawiera jedynie dwa podzespoły: wyświetlacz DISP1 i kątowe złącze J1 typu goldpin. Po przylutowaniu obu tych podzespołów (złącze należy wlutować od tyłu płytki) można połączyć płytkę wyświetlacza z płytką główną: drugą część złącza kątowego należy włożyć od góry płytki głównej, ustawić na odpowiedniej wysokości i przylutować od spodu tejże płytki. Uzyskujemy gotowy, zwarty moduł, widoczny 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 = 0xDC
```

Szczegóły są widoczne na **rysunku 5**, który zawiera widok okna konfiguracji tychże bitów z programu BitBurner. W ten sposób zostanie wyłączony preskaler sygnału zegarowego oraz włączy się Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej 4,3 V. To znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się układu podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po podłączeniu zasilania do zacisków złącza J5. Napięcie zasilające powinno pochodzić z przedziału 9...24 V. Dolna granica wynika z konieczności zapewnienia prawidłowych warunków pracy dla liniowego stabilizatora napięcia, a górna z ograniczenia dopuszczalnego napięcia odkładającego się na kondensatorze C8 oraz strat mocy w stabilizatorze. Jeżeli napięcie będzie przekraczało 15 V, do stabilizatora warto przykręcić niewielki radiator, aby ułatwić odprowadzanie z niego ciepła. Można go wtedy wlutować na nieco dłuższych wyprowadzeniach, aby dało się go lekko wygiąć w prawą stronę, by jego metalowa wkładka wystawała poza obrys kondensatora C8. Maksymalny pobór prądu wynosi około 70 mA (zmierzone przy napięciu 12 V), zaś chwilowy jest zależny od aktualnej zawartości wyświetlacza.



Rysunek 5. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

eprasa.pl a0c98eea7b

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

Płytka główna
Półprzewodniki:
D1: 1N5819
T1...T5: BC556
US1: ATmega88PA-PU (DIP28)
US2: 7805 (TO220)

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1...R4, R19: 2,2 kΩ
R5...R14, R20...R22: 330 Ω
R15...R18, R23, R24: 10 kΩ

Pozostałe:
J1: goldpin męski kątowy 2,54 mm 14 pinów
J1...J5: ARK2/500
JP1...JP5: goldpin męski prosty 2,54 mm 2 piny + zworka
SG1: PIEZO GEN 5 V
Jedna podstawka DIP28 wąska

Kondensatory:
C1: 220 µF 25 V
C2...C7, C9: 100 nF MKT
C8: 1000 µF 25 V

Płytka wyświetlacza
DISP1: AF5643FS

Tabela 1. Funkcje aktywowane zworkami JP1...JP5

Numer zworki	Położenie zworki	Działanie
JP1	zdjęta (rozwarta)	Start od wartości 0000
	nałożona (zwarta)	Zapamiętywanie i odczytywanie zapamiętanych wartości
JP2	zdjęta (rozwarta)	Sygnalizacja przepełnienia (komunikat OVF) powyżej 49999 impulsów
	nałożona (zwarta)	Praca licznika w pętli (powyżej 49999 zeruje się, a poniżej 0000 przechodzi do 49999)
JP3	zdjęta (rozwarta)	Wejścia pracują w trybie UP i DOWN (zwarcia lub rozwarcia generują zliczanie)
	nałożona (zwarta)	Wejścia są dostosowane do enkodera z wyjściem kwadraturowym
JP4	zdjęta (rozwarta)	W trybie UP/DOWN: naliczanie na zboczu opadającym (zwarcie) W trybie ENCODER: jeden kierunek obracania enkodera
	nałożona (zwarta)	W trybie UP/DOWN: naliczanie na zboczu narastającym (rozwarcie) W trybie ENCODER: zamiana kierunku obracania enkodera
JP5	zdjęta (rozwarta)	Brak sygnalizacji dźwiękowej
	nałożona (zwarta)	Emitowanie piszczenia przez 5 ms po każdym zliczeniu

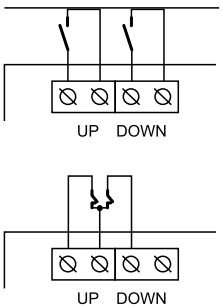
Fotografia 2. Sposób wyświetlania informacji o dziesiątkach tysięcy

Fotografia 3. Sposób sygnalizacji przepełnienia licznika

Eksploatacja

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po włączeniu zasilania. Zworkami JP1…JP5 należy dostosować sposób jego pracy do wymagań zgodnie z **tabelą 1**. Wejścia UP i DOWN służą do podłączenia przycisków lub enkodera, zgodnie ze schematem z **rysunku 6**. W układzie są wbudowane rezystory podciągające, więc jakiekolwiek dodatkowe elementy (poza przewodami) nie są potrzebne. Zaciski numer 1 we wszystkich złączach śrubowych są połączone z masą układu (GND).

Maksymalna częstotliwość zliczania przy pracy w trybie UP/DOWN wynosi 100 Hz, a w trybie ENCODER 40 Hz. Wynika to z ustawionych empirycznie przerw, jakie układ odlicza po każdym zliczeniu. Enkodery, zwłaszcza mechaniczne, mogą wykazywać drgania styków jeszcze przez kilkanaście milisekund po przełączeniu, dlatego wydłużono czas oczekiwania po nadejściu impulsu. W przypadku przełączników mechanicznych ten czas jest krótszy, z reguły wynosi kilka milisekund.



Rysunek 6. Schemat podłączenia przełączników oraz enkodera z wyjściem kwadraturowym

Układ ma czterocyfrowy wyświetlacz siedmiosegmentowy, a jego pojemność wynosi 49999. Gdzie zatem jest wskazywana najstarsza cyfra dziesiątek tysięcy? Jest ona zakodowana w położeniu kropki dziesiętnej pomiędzy cyframi – **fotografia 2**. Pozycja najbardziej na prawo oznacza 10000, druga od prawej 20000, druga od lewej 30000 i najbardziej na lewo 40000. Pozostałe cztery młodsze pozycje są wyświetlane w postaci zwykłych cyfr. Wartości mniejsze od 10000 są wyświetlane bez żadnych kropek.

Układ może pracować zarówno w pętli, czyli po osiągnięciu wartości 49999 następnym krokiem po inkrementacji będzie 0000. Działa to też w drugą stronę – po dekrementacji, kiedy na wyświetlaczu jest 0000, pokaże się 49999. Ale można też sygnalizować przepełnienie licznika, czyli po 49999 układ pokaże stosowny komunikat w postaci napisu OvF na wyświetlaczu – **fotografia 3**.

Wyzerowanie wskazań licznika jest możliwe w dwojaki sposób. Jednym z nich jest wyłączenie zasilania, o ile układ nie ma aktywowanej pamięci zworką JP1. Drugą metodą jest zwarcie na chwilę wejścia ZERO, które natychmiast i bezwarunkowo przywróci układ do wartości 0000.

Odnośnie funkcji zapamiętywania, wymagany jest mały komentarz dotyczący źródła zasilania. Otóż układ dokonuje zapisu w momencie wykrycia zaniku napięcia zasilającego. Wyłączany jest wtedy wyświetlacz dla zaoszczędzenia energii zgromadzonej w kondensatorze C8, układ zapisuje 2-bajtowe słowo do pamięci EEPROM i wstrzymuje jakiekolwiek dalsze działanie aż do przywrócenia zasilania. Jeżeli nastąpi ono przed całkowitym rozładowaniem C8, układ wróci do normalnej pracy. Dlatego konieczny jest szybki zanik napięcia zasilającego układ, aby ta funkcja zadziałała poprawnie. Jeżeli jego wartość będzie opadała powoli, wówczas energia zgromadzona w C8 może być niewystarczająca do zrealizowania poprawnego zapisu, kiedy układ wykryje, że nadszedł już właściwy moment. Najlepiej, aby odłączanie zachodziło za pomocą mechanicznych styków lub szybkiego klucza tranzystorowego, bez dodatkowych pojemności filtrujących włączonych już za nim.

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl a0c98eea7b

AVT sklep

W ofercie AVT*
AVT5980

Podstawowe parametry:
- dwa tryby pracy: generator lub wobulator,
- wyjście sygnału sinusoidalnego i prostokątnego,
- regulacja częstotliwości w zakresie od 1 Hz do 40 MHz, z krokiem regulowanym w zakresie od 1 Hz do 1 MHz,
- regulacja poziomu wyjściowego sygnału sinusoidalnego za pomocą potencjometru,
- możliwość zastosowania jednego z dwóch dostępnych na rynku, gotowych modułów generatorów DDS z chipem AD9850.

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

AVT5961	Generator impulsów szpilkowych (EP 11/2022)
AVT5795	Generator pojedynczego impulsu (EP 8/2020)
AVT5709	Generator przebiegu prostokątnego 10 kHz...33 MHz (EP 8/2019)
AVT5684	Cyfrowy generator sygnału prostokątnego 1 Hz...499 kHz (EP 7/2019)
AVT5665	Generator cyfrowy (EP 3/2019)
AVT1993	Kieszonkowy generator funkcyjny (EP 8/2018)
AVT3111	Cyfrowy generator DDS z układem AD9850 – DDS wg SQ5RWQ (SR 9/2014)
AVT5418	Cyfrowy generator sygnału prostokątnego (EP 10/2013)

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

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

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

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

Generator-wobulator DDS na zakres częstotliwości od 1 Hz do 40 MHz (2)

Prezentujemy drugą część artykułu o generatorze, który bazuje na gotowych modułach z popularnym układem scalonego syntezera DDS typu AD9850 produkcji Analog Devices. Znaczącym atutem tego właśnie projektu jest możliwość alternatywnego zastosowania jednej z dwóch wersji modułów DDS. W tej części wyjaśnimy zagadnienia związane z działaniem oprogramowania sterującego pracą urządzenia oraz rozpoczniemy opis montażu urządzenia.

Oprogramowanie sterujące oraz montaż urządzenia

Program sterujący układem został napisany w całości w języku C dla mikrokontrolerów AVR i skompilowany w środowisku LINUX za pomocą popularnego kompilatora AVR-GCC z użyciem bibliotek z pakietu AVR-LIBC. Kod źródłowy został napisany w dość przejrzystym stylu i opatrzony wyczerpującymi komentarzami, dzięki czemu jego modyfikacje nie powinny być bardzo dużym wyzwaniem także dla mniej doświadczonych programistów, stając się dla nich jednocześnie źródłem inspiracji oraz polem do pożytecznych prac rozwojowych.

Na źródła programu sterującego pracą przyrządu składają się:
- *AVT-5980.c* – główny plik, zawierający m.in. funkcję *main()*,
- *AVT-5980-lcd.c* – plik zapewniający obsługę wyświetlacza LCD,
- *AVT-5980-lcd.h* – plik nagłówkowy dla pliku *AVT-5980-lcd.c*,
- *AVT-5980-functions.c* – plik zawierający pomocnicze funkcje sterowania urządzeniem,
- *AVT-5980-functions.h* – plik nagłówkowy dla pliku *AVT-5980-functions.c*.

Przyjęty podział nie był w zasadzie niezbędny, jednak zdaniem autora istotnie zwiększył czytelność opracowanego kodu. W dalszej części artykułu znajduje się zwięzły opis zawartości wymienionych zasobów.

Główny plik *AVT-5980.c* rozpoczynają definicje stałych (literałów) *F_CPU* i *Fg_tab_MAX*, niezbędnych do ustalenia: poprawnej częstotliwości pracy mikrokontrolera oraz liczby próbek generowanych częstotliwości dla wobulatora. Następnie dyrektywami *#include* włączone zostały wszystkie niezbędne dla prawidłowej kompilacji omawianego modułu pliki nagłówkowe. Dalej następują deklaracje wszystkich zmiennych i stałych o zasięgu globalnym dla tego pliku. Główny blok programu zawiera wyłącznie funkcję *main()*, ponieważ wszystkie funkcje pomocnicze zostały zadeklarowane i zdefiniowane w pozostałych plikach tego projektu.

W pierwszym kroku zaimplementowano konfigurację portów mikrokontrolera a także przypisano początkowe wartości tym z nich, które zdefiniowano jako wyjściowe. Port D w większości wykorzystano do obsługi wyświetlacza LCD (wyprowadzenia PD.4...PD.7 oraz PD.0...PD.2) z wyjątkiem linii PD.3, która stanowi wejście dla sygnału zewnętrznego przerwania INT1, przeznaczonego do precyzyjnego śledzenia zmian stanów wyprowadzeń enkodera obrotowego.

eprasa.pl a0c98eea7b

Wyprowadzenia PB.0 i PB.1 w porcie B są wejściami stanów dwóch styków enkodera a pin PB.2 jest wyjściem sygnału przetwornika cyfrowo-analogowego DAC, zrealizowanego w technice PWM z użyciem wewnętrznego wyjścia „B" licznika TCNT1 (OC1B). Pozostałe dostępne wyprowadzenia portu B (PB.3...PB.5) zarezerwowano dla sygnałów MOSI/MISO/SCK zewnętrznego programatora ISP i są wyprowadzone na wbudowanym w przyrząd złączu P201.

Wyprowadzenia PC.0 i PC.1 portu C zdefiniowano kolejno jako: wejście przetwornika pomiarowego ADC0 oraz sensor przycisku enkodera SW1. Natomiast wyprowadzenia PC.2...PC.5 są wyjściami dla sygnałów sterujących modułem DDS – kolejno: DDS_RESET, DDS_DATA, DDS_FQ_UD oraz DDS_W_CLK.

W dalszej części głównej funkcji programu sterującego następuje inicjalizacja pracy ekranu LCD, enkodera i modułu DDS. Warto tu zwrócić uwagę na fakt, że zaraz po zainicjowaniu obsługi zewnętrznego przerwania INT1 następuje włączenie globalnej flagi przerwań, co jest warunkiem koniecznym poprawnej obsługi enkodera obrotowego SW1 w dalszej części programu. Dodatkowo, zaraz po uruchomieniu modułu DDS zostaje wpisana do niego częstotliwość pracy równa 0 Hz, co sprawia, że fizycznie nie generuje on jeszcze żadnego sygnału.

Następnie realizowane jest ustawianie początkowych wartości kluczowych parametrów roboczych urządzenia. Odbywa się to z wykorzystaniem wbudowanej w mikrokontroler pamięci EEPROM. Najpierw wczytywana jest jednobajtowa flaga, której sześć najmłodszych bitów wskazuje na to, czy poszczególne parametry robocze były już wcześniej (kiedykolwiek) zapisywane w pamięci EEPROM, czy nie. Jeśli tak, to dany parametr roboczy wczytywany jest do odpowiedniej zmiennej z kolejnych komórek pamięci EEPROM. Jeśli nie, to taka zmienna przyjmuje z góry ustaloną wartość domyślną, którą oczywiście można zmienić w trakcie normalnej pracy przyrządu. Opisany proces dotyczy parametrów: *eeprom_stamp* (wspomniana flaga), *mode* (tryb pracy urządzenia), *Fg, Fg_old, dFg_ind, Fl, Fh, Fw_ind* a także *dFg, Fw* oraz *Tw*, pobieranych ze stałych tablic programu bazujących na odpowiednich indeksach, załadowanych wcześniej z pamięci EEPROM.

Dalej wyświetlane są dwa ekrany powitalno-informacyjne, z których każdy zawiera po dwie linijki tekstu. Przejście do drugiego ekranu oraz do dalszej części programu następuje w wyniku naciśnięcia (i zwolnienia) przycisku enkodera SW1. Warto tu zwrócić uwagę na sposób programowej obsługi tego zdarzenia. Zwykle, aby uniknąć zjawiska zinterpretowania przez program wielokrotnego naciśnięcia, po zidentyfikowaniu zmiany stanu przycisku wprowadza się programowe opóźnienie za pomocą wbudowanej funkcji bibliotecznej lub po prostu bardzo długiej pętli. Oba te rozwiązania często nastręczają programistom (i późniejszym użytkownikom programu) sporo problemów z uwagi na to, że szybkość (a zatem i czas) wykonywania takich procedur może zależeć nie tylko od szybkości taktowania mikrokontrolera, ale także od rozbudowania kodu (liczby zagnieżdżeń wywoływanych funkcji i pętli) oraz wybranego dla procesu kompilacji poziomu optymalizacji. W grę bowiem wchodzi sposób użycia rejestrów procesora oraz jego stosu. W tej sytuacji najlepszym, często zalecanym przez doświadczonych programistów rozwiązaniem jest użycie do odliczania czasu któregoś z wbudowanych timerów mikrokontrolera lub zastosowanie procedury, która w ogóle nie wymaga odliczania czasu. W tym przypadku zastosowano (i powtórzono z powodzeniem w wielu miejscach omawianego programu) ostatnie z wymienionych podejść. W szczególności, zastosowano dwie nieskończone pętle z użyciem komendy *while*, z których pierwsza działa tak długo, aż zostanie wykryte naciśnięcia przycisku w SW1, a druga działa do momentu jego zwolnienia. Nie występuje tu ryzyko wpływu drgań styków przycisku, przed skutkami których zapobiega równolegle dołączona do styków pojemność C34.

Po omówionej powyżej wstępnej części programu następuje procedura wyboru trybu pracy przyrządu, dokonywana za pomocą manipulatora SW1. Wstępnie zasugerowane zostanie ustawienie zapamiętane ostatnio w pamięci EEPROM lub (w przypadku pierwszego użycia urządzenia) ustawienie domyślne (tryb generatora). Podobnie jak w przypadku wyświetlania ekranów powitalno-informacyjnych, procesem przejścia do kolejnego etapu programu kierują tutaj dwie nieskończone pętle while, przy czym w pierwszej z nich umieszczono sprawdzanie zachowania enkodera obrotowego oraz reakcję na ewentualną aktywność (zmiana trybu pracy i wizualizacja tej zmiany na ekranie LCD). Zakończeniem tego bloku programu jest aktualizacja w pamięci EEPROM flagi stanu zapamiętania zmiennych roboczych *eeprom_stamp* oraz zmiennej *mode*, wskazującej tryb pracy urządzenia.

Gdy już został wybrany tryb pracy urządzenia, za pomocą prostej pary komend *if(...)* {...} *else* {...} następuje rozgałęzienie kodu na procedury obsługi generatora albo wobulatora. Po wejściu do trybu generatora pierwszymi czynnościami są: ponowna inicjalizacja modułu DDS, wstępne ustawienie częstotliwości jego pracy (na podstawie uprzednio ustalonej wartości zmiennej *Fg*) oraz inicjalizacja modułu przetwornika analogowo-cyfrowego ADC w mikrokontrolerze. Następnie rozpoczyna się nieskończona pętla *while*, wewnątrz której rotacyjnie realizowane są wymienione dalej zadania.

Najpierw następuje wyświetlenie aktualnej wartości *Fg*. Potem rozpoczyna się kolejna pętla *while*, którą przerwać może tylko naciśnięcie przycisku enkodera SW1. W ramach tej zagnieżdżonej pętli realizowane są: pomiar i wyświetlanie aktualnej wartości sinusoidalnego napięcia wyjściowego *Vout* oraz, w odpowiedzi na obracanie pokrętłem enkodera SW1, następuje regulacja częstotliwości *Fg* (z ustalonym krokiem *dFg* i wyłącznie w dozwolonych ramach). Jeśli wykryta zostanie zmiana częstotliwości *Fg*, to jej nowa wartość jest przekazywana do modułu DDS i wyświetlana na ekranie LCD. Tym samym podstawowa robocza pętla generatora zostaje zakończona a po jej opuszczeniu, w kolejnej małej pętli *while* realizowane jest oczekiwanie na zwolnienie przycisku enkodera. Gdy to już się wydarzy, następuje aktualizacja wartości parametrów: *Fg* oraz *eeprom_stamp* w pamięci EEPROM, przy czym bit wskazujący na modyfikację i zapis parametru *Fg* w zmiennej *eeprom_stamp* jest uprzednio ustawiany.

Dalej program rozpoczyna kolejną pętlę *while*, przeznaczoną na zmianę kroku regulacji częstotliwości *Fg*, czyli *dFg*. Pętlę

REKLAMA

eprasa.pl a0c98eea7b

tę może przerwać naciśnięcie przycisku enkodera SW1. Tuż przed jej rozpoczęciem następuje wyświetlenie aktualnej wartości *dFg*. W samej pętli realizowana jest obserwacja tego, czy wystąpiło obracanie pokrętłem enkodera. Jeśli tak, to w dozwolonym zakresie modyfikowana jest wartość parametru *dFg_ind*, a za nim zmieniana i wyświetlana na ekranie LCD jest wartość docelowego parametru *dFg*.

Po opuszczeniu pętli modyfikacji *dFg*, w kolejnej małej pętli *while* realizowane jest oczekiwanie na zwolnienie przycisku enkodera. Gdy to już się wydarzy, następuje aktualizacja wartości parametrów: *dFg_ind* oraz *eeprom_stamp* w pamięci EEPROM, przy czym bit wskazujący na modyfikację i zapis parametru *dFg_ind* w zmiennej *eeprom_stamp* jest uprzednio ustawiany. Tym samym zamyka się główna, nieskończona (bez możliwości programowego przerwania) pętla obsługi funkcji generatora.

Tryb pracy wobulatora jest zorganizowany bardzo podobnie do trybu pracy generatora, jednak jest od tego pierwszego znacznie bardziej rozbudowany. Rozpoczyna się on od ponownej inicjalizacji modułu DDS oraz modułu przetwornika analogowo-cyfrowego ADC w mikrokontrolerze. Dalej następuje konfiguracja i inicjalizacja przetwornika PWM – z użyciem licznika TCNT1, kanału OCR1B i pinu PB.2 mikrokontrolera, przy czym parametr OCR1B zostaje ustawiony na wartość 0 – tak, aby na wyjściu SYNCHRO przyrządu panowało stałe napięcie 0 V. Na koniec tej części podprogramu obsługi wobulatora następuje konfiguracja timera TCNT0, używanego dalej do precyzyjnego odmierzania opóźnień w głównej pętli roboczej wobulatora.

Następnie rozpoczyna się nieskończona pętla *while*, wewnątrz której rotacyjnie realizowane są kolejno wymienione dalej zadania. Najpierw następuje wyświetlenie aktualnych wartości częstotliwości granicznych wobulacji: *Fl* oraz *Fh*. Następnie, w pętli *for* o *Fg_tab_MAX* w krokach tablicowane są wartości częstotliwości *Fg*, używane podczas regularnych cykli wobulacji. Takie podejście pozwoliło na znaczne zwiększenie maksymalnych osiąganych szybkości wobulacji, dzięki znacznemu skróceniu czasu trwania jej elementarnego kroku.

Przed wejściem do głównej pętli wobulacji realizowane są jeszcze: globalna blokada przerwań (celem uniknięcia zaburzeń w procesach: konfiguracji kanału PWM1B oraz timera TCNT0) a także ustawienie wartości rejestru OCR0A w timerze TCNT0 na obraną wcześniej wartość *Tw* (okres wobulacji)– koniecznie po wstępnej konfiguracji TCNT0, ale przed jego startem. Potem rozpoczyna się zewnętrzna większa pętla wobulacji z zastosowaniem instrukcji *for*, dla której celowo nie ustawiono żadnego możliwego warunku ani ograniczenia.

Wewnątrz pętli większej umieszczona jest mniejsza pętla *for* w zakresie 0...*Fg_tab_MAX*. Dla każdej z nich kolejno ustawiane są: wartość wyjścia przetwornika DAC/PWM (parametr OCR1B) oraz częstotliwość pracy modułu DDS (na podstawie wartości pobranej z tablicy *Fg_tab[]*) a następnie uruchamiany jest timer TCNT0. Dalej w pustej pętli *while* sprawdzany jest warunek równości TCNT0==OCR0A, którego spełnienie oznacza, że odmierzone zostało opóźnienie czasowe, niezbędne do uzyskania właściwej częstotliwości wobulacji *Fw*.

Po zakończeniu mniejszej pętli *for* następuje czasowe wyłączenie generowania sygnału przez moduł DDS oraz wyzerowanie rejestru OCR1B, co spowoduje pojawienie się napięcia 0 V na wyjściu „SYNCHRO" przyrządu. Tym samym, mierzony układ zewnętrzny uzyska czas niezbędny do wygaśnięcia jego odpowiedzi częstotliwościowej a zastosowany oscyloskop otrzyma sygnał nakazujący powrót rysującej plamki do początkowej pozycji na osi X.

Obie pętle robocze *for* (większą i mniejszą) może przerwać naciśnięcie przycisku enkodera SW1. Jeśli ono nastąpi, wówczas rozpocznie się pusta pętla *while*, testująca zwolnienie przycisku, po którym to zdarzeniu z kolei nastąpi globalne odblokowanie przerwań mikrokontrolera i – tym samym – zakończenie głównej procedury obsługi procesu wobulacji oraz przejście do potencjalnych działań regulacyjnych.

W tym miejscu należy podkreślić fakt, że globalne zablokowanie przerwań na czas realizacji głównej procedury obsługi procesu wobulacji wyłącza także możliwość śledzenia zdarzeń związanych z obracaniem pokrętłem enkodera mechanicznego SW1. Z jednej strony eliminuje to wpływ niepożądanych opóźnień na regularność cykli wobulacji, z drugiej jednak uniemożliwia regulację jakiego kolwiek parametru wobulacji podczas jej trwania. Jest to swego rodzaju

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

Rezystory: (0,25W/5% lub jak w opisie)
R1510 Ω
R2: 82 Ω
R4: 68 Ω
R5: 10 kΩ
R6: 15 kΩ
R7, R10: 150 Ω
R8: 10 Ω
R9: 240 Ω
R11: 15 Ω
R12: 33 Ω
R14, R15, R103: 2,2 kΩ
R17, R18, R19: 10 kΩ
R20: 2,2 kΩ
R21: 10 Ω
R22, R23: 22 kΩ
R101, R102 100 Ω
R104: 1M Ω
R105: 2,7 kΩ
R106: 100 kΩ
R107, R108: 10 kΩ/1%

Potencjometry:
PR1: 20 kΩB (liniowy, montażowy, w obudowie RM-065)
PR2: 10 kΩB (liniowy, montażowy, w obudowie RM-065)
PR3: 1 kΩB (liniowy, obrotowy, wyprowadzany na przedni panel)

Kondensatory:
C1: 47uF/16V
C2, C4, C5: 470 nF/50 V
C3, C6, C12: 100 μF/16 V
C7: 470uF/16V
C8, C10, C19, C22, C24, C105, C110,C36, C37, C38, C41: 100 nF/50 V
C11: 150pF/50V
C15, C20, C21, C109, C23: 10 μF/16 V
C16, C101, C103, C34, C42, C43: 10 nF/50 V
C17: 47 pF/50 V
C18: 330 pF/50 V
C25, C26, C35: 68 nF/50 V
C32, C33, C102, C104, C106: 1 nF/50 V
C39, C40: 22 pF/50 V
C107, C108: 1 μF/50 V
C111: 4,7 μF/16 V

Dławiki:
L4: 3,3 μH (osiowy)
L5: 4,7 μH (osiowy)
L6, L103: 10 μH (osiowy)
L101: 100 μH/0,5 A (pionowy, okrągły na rdzeniu ferrytowym)
L102 2,2 μH (osiowy)

Półprzewodniki:
D101, D201, D202: BAT85 (DO-35)
Q1: 2N3904 (NPN, TO-92)
Q2: 2N3906 (PNP, TO-92)
Q3: BC141-16 lub 2N2219A (TO-39)
U1: LM7809 (TO-220)
U2: LM7805 (TO-220)
U3: 74HC00 (DIP-14)
U4, U101: MCP6002 (DIP-8)
U5: Moduł DDS z AD9850 typu „A"
U6: Moduł DDS z AD9850 typu „B"
U10: ATmega328-PU (DIP-28)
U11: Wyświetlacz LCD 16×2, zgodny z HD44780

Pozostałe:
JP201: Złącze goldpin proste męskie (3 piny) + zworka (na 2 piny)
P1: Złącze śrubowe ARK-2 (raster 5 mm)
P2, P3, P4: Gniazda BNC 50 Ω (mocowane do panelu) + złącza goldpin męskie 2 piny
P5: Złącze goldpin kątowe męskie (5 pinów)
P6: Złącze goldpin kątowe męskie (6 pinów)
P7: Złącze goldpin kątowe męskie (7 pinów)
P9: Złącze goldpin proste żeńskie (7 pinów)
P10: Złącze goldpin proste żeńskie (6 pinów)
P11: Złącze goldpin proste żeńskie (5 pinów)
P201: Złącze IDC kątowe, poziome, męskie 2×5 pinów
SW1: Enkoder obrotowy mechaniczny z przyciskiem (20...24 imp./obr.)
X1: Rezonator kwarcowy 16 MHz (obud. HC-49 niska) z podkładką izolacyjną
Obudowa wentylowana Z1A KRADEX lub o zbliżonych parametrach
Gniazdo zasilania np. koncentryczne 5,5/2,1 mm, montowane na panelu
Włącznik zasilania 12 V/0,5 A
Podstawki pod układy scalone: U3, U4, U10, U101
Radiatory do obudów TO-220, małe, 2 szt.
Gałki na PR3 i SW1 stosownie do wymiarów i rozmieszczenia elementów
Śruby, nakrętki i podkładki M2,5/M3 (wg opisu w tekście)
Srebrzanka 0,7 mm, ok. 0,5 m
Listwy goldpin proste żeńskie (50 pinów, 2 szt.) do użycia w gniazdach do podłączenia U5/U6 i U11

eprasa.pl a0c98eea7b

namiastka pracy programu w trybie czasu rzeczywistego, tzn. z deterministycznym czasem realizacji zadania – jak w systemach operacyjnych czasu rzeczywistego RTOS.

Po opuszczeniu głównej procedury obsługi procesu wobulacji program rozpoczyna pętlę *while*, przeznaczoną zmianie kroku regulacji częstotliwości *Fg*, czyli *dFg*. Jest ona wykonywana całkowicie analogicznie tak, jak w przypadku omówionego wcześniej podprogramu obsługi funkcji generatora i dlatego nie będzie tu szczegółowo opisywana.

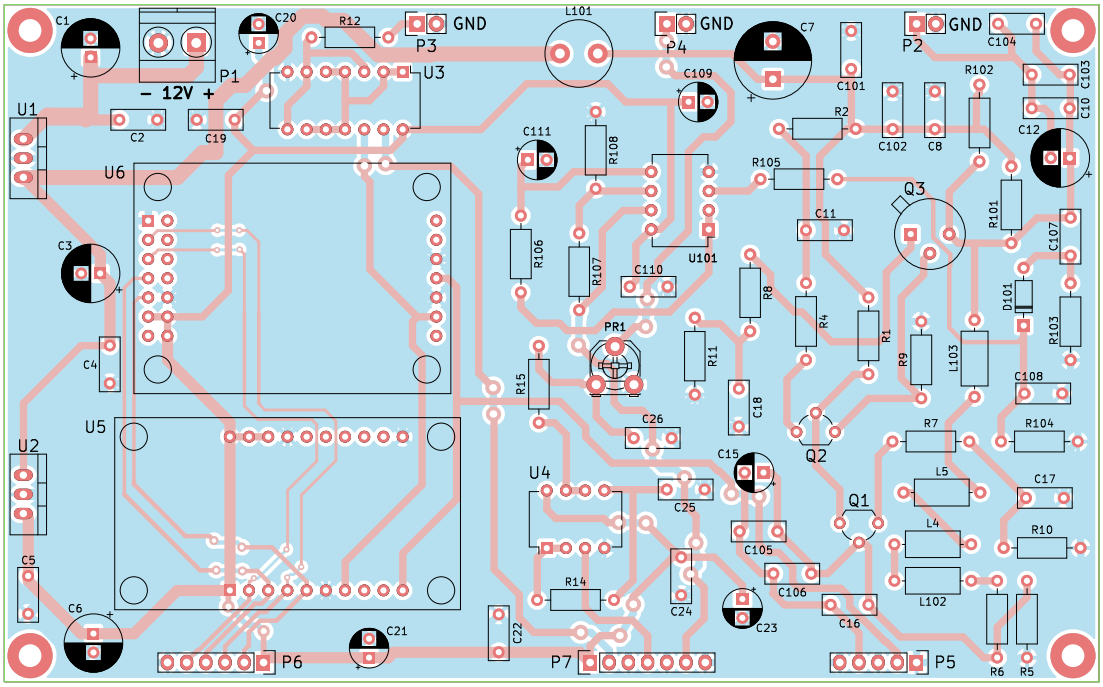
W kolejnych dwóch blokach programu głównego wobulatora przetwarzane są zmiany częstotliwości krańcowych wobulacji: dolnej *Fl* oraz górnej *Fh*. Procesy te są realizowane bardzo podobnie do procesu regulacji częstotliwości *Fg* w trybie pracy generatora, jednak z kilkoma istotnymi różnicami. Po pierwsze, obie wartości parametrów są przetwarzane w osobnych procedurach i wizualizowane na osobnych ekranach. Po drugie, ich zmiany nie pociągają za sobą żadnych bezpośrednich zmian w sposobie pracy modułu DDS, który poza główną pętlą wobulacji jest nieaktywny. Z tego też powodu nie jest na bieżąco mierzone i wyświetlane napięcie *Vout* wyjściowego sygnału sinusoidalnego. Dodatkowo, mechanizmy kontroli dozwolonych wartości parametrów *Fl* i *Fh* uwzględniają także konieczność spełnienia warunku: *Fh>Fl*. Oczywiście, ustawiane są także inne (odpowiednie) flagi bitowe w zmiennej *eeprom_stamp*.

W następnym bloku programowym realizowana jest zmiana częstotliwości wobulacji *Fw*. Tu występuje bardzo silne podobieństwo do procedury zmiany kroku regulacji częstotliwości *dFg*, bowiem w dozwolonych granicach modyfikowany jest indeks *Fw_ind*, wskazujący na właściwe parametry w tabelach: *Fw_tab* oraz *Tw_tab*. Należy tu wyjaśnić, że rzeczywistym parametrem roboczym, ustalanym w efekcie pracy omawianej tutaj procedury, jest *Tw=Tw_tab[Fw_ind]*, natomiast parametr *Fw=Fw_tab[Fw_ind]* jest wyznaczany jedynie w celu wizualizacji dla użytkownika przyrządu. Parametr *Tw* ma bowiem realny wpływ na czas trwania elementarnego kroku (a więc i całego pojedynczego cyklu) wobulacji. Na koniec tego bloku programowego aktualizowana jest oczywiście także odpowiednia flaga bitowa w zmiennej *eeprom_stamp*.

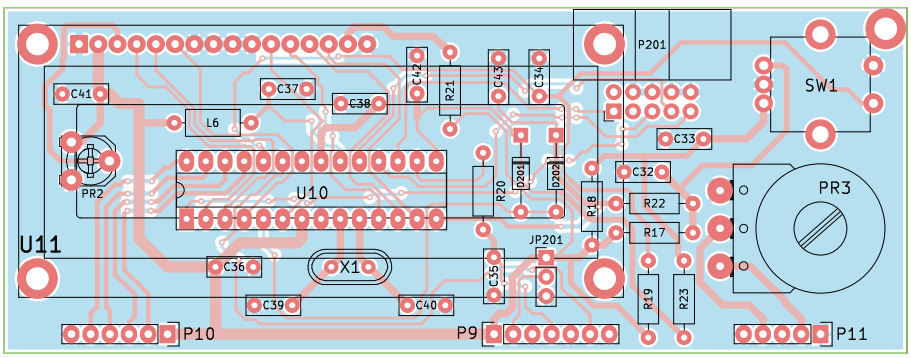
Ostatni blok programowy (w ramach pełnego cyklu obsługi wobulatora) służy regulacji, pomiarowi i wyświetlaniu na bieżąco na ekranie LCD wartości sinusoidalnego napięcia wyjściowego *Vout*. Regulacja i pomiar odbywają się na środku przemiatanego pasma częstotliwości, czyli dla *Fg*=(*Fl*+*Fh*)/2. Takie rozwiązanie obrano przede wszystkim dlatego, że w przypadku znacznej szerokości przemiatanego pasma odczyt wartości *Vout* mógłby być mało czytelny – głównie z uwagi na potencjalne fluktuacje tego napięcia w trakcie przemiatania. Dodatkowo, wynik pomiaru byłby silnie zakłócany poprzez wyłączenie wyjścia modułu DDS na czas po zakończeniu poprzedniego a przed rozpoczęciem nowego cyklu wobulacji (czas martwy). Ten blok programowy nie kończy się żadnym wpisem do pamięci EEPROM, ponieważ potencjalny efekt jego działania zostaje trwale odzwierciedlony poprzez nastawę potencjometru PR3 regulacji napięcia *Vout*.

W tym miejscu zamyka się główna, nieskończona (bez możliwości programowego przerwania) pętla obsługi trybu wobulatora i, po przejściu pełnego cyklu nastaw wszystkich parametrów wobulacji, program wraca do bloku regularnego generowania sygnału wyjściowego w trybie przemiatania.

Pliki źródłowe: *AVT-5980-lcd.c* oraz *AVT-5980-lcd.h* zawierają zasoby niezbędne do obsługi użycia alfanumerycznego wyświetlacza LCD 2×16 ze sterownikiem zgodnym z HD44780. Ponieważ ich zawartość nie jest esencjonalna z punktu widzenia głównych zadań prezentowanego przyrządu, nie będzie tu szczegółowo omawiana. Warto jednak krótko wspomnieć o trzech istotnych funkcjach, używanych w pozostałej części oprogramowania: *InitLcd()*, *InstLcd()* oraz *PutsLcd()*. Pierwsza z nich inicjuje pracę modułu LCD i powinna zostać użyta przed wysłaniem do wyświetlacza jakichkolwiek innych poleceń lub danych. Druga z wymienionych funkcji jest używana do przesyłania do modułu LCD komend sterujących, np. umieszczających kursor ekranowy na początku linii *x* (*LCDLINEx*). Trzecia funkcja wyświetla na ekranie LCD wskazany ciąg tekstowy, umieszczony w pamięci RAM mikrokontrolera.



Rysunek 7. Schemat montażowy głównej płytki PCB



Rysunek 8. Schemat montażowy głównej płytki PCB

eprasa.pl a0c98eea7b

Plik źródłowy *AVT-5980-functions.c* zawiera funkcje pomocnicze, niezbędne do sterowania urządzeniem, a zdefiniowany dla niego plik nagłówkowy *AVT-5980-functions.h* ujmuje definicje stałych literałów oraz deklaracje wspomnianych funkcji, niezbędne do prawidłowej kompilacji głównego pliku źródłowego. Funkcje te to kolejno:

ext_int1_init() – definicja obsługi zewnętrznego przerwania INT1,

dds_init() – inicjalizacja modułu DDS,

dds_freq_set() – ustawianie roboczej częstotliwości pracy modułu DDS,

F_show() – wyświetlanie aktualnej wartości częstotliwości *Fg*, *Fl* lub *Fh* na ekranie LCD,

dFg_show() – wyświetlanie aktualnej wartości kroku regulacji częstotliwości *dFg*,

Fw_show() – wyświetlanie aktualnej częstotliwości wobulacji *Fw*,

adc_init() – konfiguracja i inicjalizacja przetwornika analogowo-cyfrowego ADC,

adc_read() – próbkowanie i odczyt wartości z wybranego kanału przetwornika ADC,

Vout_measure() – pomiar aktualnego sinusoidalnego napięcia wyjściowego *Vout*,

Vout_show() – wyświetlanie aktualnego napięcia *Vout*,

pwm_init() – konfiguracja i inicjalizacja przetwornika DAC/PWM,

tc0_config() – konfiguracja licznika/timera TCNT0,

tc0_start() – start licznika/timera TCNT0,

tc0_stop() – zatrzymanie licznika/timera TCNT0.

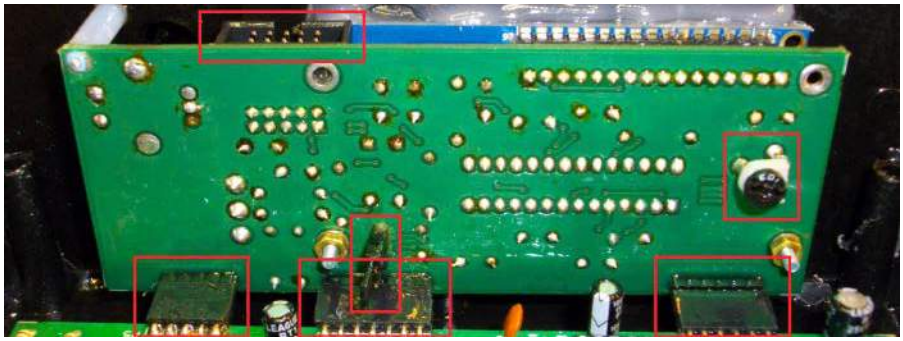
Ich partykularne użycie oraz sposób działania są dość szczegółowo udokumentowane w poszczególnych plikach źródłowych i dlatego nie będą tu dalej szerzej omawiane.

Do prostej i wygodnej kompilacji oraz linkowania pliku wykonywalnego (do wgrania do mikrokontrolera) został zastosowany pracujący w środowisku Linux program *make*, dla którego opracowany został dedykowany plik konfiguracyjny *Makefile*. Produktem jego działania jest m.in. plik wynikowy w formacie z rozszerzeniem **.hex*, przeznaczony do załadowania do mikrokontrolera. Oba wymienione tutaj pliki zostały załączone do oprogramowania będącego częścią tego projektu.

Montaż i uruchomienie

Układ generatora należy zmontować na dwóch dwustronnych płytkach drukowanych, które pokazano na **rysunkach 7** i **8**. Szczegóły montażu płytki głównej zostały pokazane na **fotografii 4**. Została ona zrealizowana na dwuwarstwowej płytce drukowanej, umieszczonej poziomo w obudowie urządzenia i połączonej z płytką sterującą za pomocą kątowych złączy typu „*goldpin*". Na płytce znajdują się m.in. blok zasilania urządzenia oraz wszystkie bloki wykonawcze. Płytka sterująca zawiera mikrokontroler i elementy manipulacyjne. Płytkę drukowaną sterowania zamocowano: u dołu do płyty głównej za pomocą trzech par złączy krawędziowych (P5+P11, P6+P10 i P7+P9) oraz od przodu do czołowego panelu przyrządu – **fotografia 5**. Na fotografii tytułowej oraz na **fotografii 6** pokazano sposób wykorzystania przedniego i tylnego panelu obudowy. Przykładowe wzory opisów na panele załączono w materiałach dodatkowych do projektu.

Fotografia 4. Szczegóły montażu płytki głównej



Fotografia 5. Szczegóły montażu płytki sterującej

Uruchomienie poprawnie zmontowanego urządzenia nie powinno nastręczać większych trudności. Montaż elementów rozpoczynamy tradycyjnie od elementów najniższych (rezystory, dławiki i diody) i kolejno montujemy elementy coraz wyższe (podstawki pod układy scalone, kondensatory, potencjometry, tranzystory i wszelkie elementy łącznikowe), zwracając uwagę na to, by nie pomylić ich wartości i polaryzacji. Kolejność przygotowania obu PCB nie jest zbyt istotna, bowiem żadna z nich nie jest w stanie samodzielnie funkcjonować bez drugiej z płytek. Jakkolwiek rozsądnym podejściem wydaje się zmontowanie i uruchomienie w pierwszej kolejności płytki głównej oraz przetestowanie poprawności pracy bloku zasilającego ze stabilizatorami liniowymi U1 i U2, podającego napięcia +5 V i +9 V dla całego przyrządu. Elementy U1 i U2 należy wyposażyć w niewielkie radiatory.

Całe urządzenie powinno być zasilane napięciem stałym +11...14 V (optymalnie: +12 V) ze źródła o wydajności prądowej około 500 mA. W testach roboczych układ nie pobierał nigdy prądu większego od 250 mA, ale warto dysponować pewnym zapasem, gwarantującym poprawność pracy stabilizatorów scalonych. Po sprawdzeniu napięć zasilających +9 V i +5 V warto skontrolować stałoprądowe punkty pracy wzmacniacza sygnału sinusoidalnego z tranzystorami Q1...Q3. Napięcia na wyprowadzeniach tych tranzystorów, z dokładnością rzędu 0,1...0,2 V (maksymalnie), wynikającą z tolerancji parametrów zastosowanych elementów, powinny być następujące: $Vb(Q1)\approx 2{,}1$ V; $Ve(Q1)\approx 1{,}4$ V; $Vc(Q1)=Vb(Q2)\approx 6{,}7$ V; $Ve(Q2)\approx 7{,}4$ V; $Vc(Q2)=Vb(Q3)\approx 2{,}5$ V; $Ve(Q3)\approx 1{,}8$ V; $Vc(Q3)=5{,}5$ V.

Gniazda montażowe dla modułów DDS należy wykonać z przyciętych na odpowiednią długość (liczba pinów) i oszlifowanych odcinków żeńskich listew typu „*goldpin*". W przypadku modułu typu „A" wystarczą listwy jednorzędowe, natomiast w przypadku modułu typu „B" jedno z gniazd wykonujemy z listwy dwurzędowej lub sklejamy ją na potrzebny rozmiar z dwóch listew jednorzędowych (najlepiej ostrożnie za pomocą kleju cyjanoakrylowego, np. „Cyjanopan", „Kropelka" czy „SuperGlue"). Jeśli jesteśmy

eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografia 6. Wygląd tylnego panelu przyrządu

zdecydowani na zastosowanie jednego, konkretnego typu modułu DDS, to oczywiście wystarczy przygotowywanie i montaż gniazd jednego rodzaju.

Po zmontowaniu i wstępnym uruchomieniu (bez zainstalowanego modułu DDS) płytki głównej urządzenia należy przystąpić do montażu płytki sterowania, mocowanej do przedniego panelu urządzenia (rysunek 8 i fotografia 5). Kolejność montażu powinna być podobna, jak w przypadku głównej płyty urządzenia: od elementów najmniejszych do największych. 16-pinowe gniazdo dla wyświetlacza LCD (U11) należy przyciąć z odpowiedniego odcinka żeńskiej listwy typu „*goldpin*". Natomiast wyprowadzenia do montażu potencjometru regulacyjnego poziomu sygnału sinusoidalnego PR3 wykonujemy z pięciu segmentów odcinka męskiej listwy typu goldpin, po usunięciu (wyciągnięciu) zbędnych pinów: drugiego i czwartego.

Warto zadbać o solidne zamontowanie enkodera obrotowego z przyciskiem (SW1), który powinien mieć starannie przylutowane nie tylko wyprowadzenia elektryczne, ale także dwa metalowe mocowania mechaniczne (enkoder będzie ulegał dość znacznym naprężeniom mechanicznym przy naciskaniu przycisku). Na fotografii 5 pokazano także montaż potencjometru PR2, odpowiedzialnego za regulację kontrastu wyświetlacza LCD. Celowo zamontowano go na tylnej stronie PCB sterowania po to, aby ułatwić proces regulacji w całkowicie zmontowanym urządzeniu.

Rezystor R21, ograniczający prąd podświetlenia wyświetlacza LCD (U11), miał w modelowym wykonaniu wartość 10 Ω, jednak jego optymalna rezystancja (dla danego typu ekranu LCD) może być inna. W szczególności, element ten może okazać się zbędny, jeśli wyświetlacz ma wbudowane ograniczenie (źródło) prądowe dla podświetlenia LED. Warto to sprawdzić przed zamontowaniem U11 i R21 na stałe.

Po zmontowaniu obu PCB należy przystąpić do wykonania ich połączeń mechaniczno-elektrycznych. Do ich realizacji należy zastosować odcinki kątowych żeńskich oraz prostych męskich (albo odwrotnie) listew typu „*goldpin*". Za ich pomocą łączymy parami porty: P5 i P11, P6 i P10 oraz P7 i P9. Te czynności montażowe należy wykonać bardzo starannie z uwagi na pewność i trwałość wymienionych połączeń w trakcie całego okresu eksploatacji urządzenia. Po wprowadzeniu dokładnie przyciętych listew do głównej PCB zalutowujemy je od spodu, pilnując tego, by montaż został wykonany pod kątem prostym do płytki (można wstępnie punktowo dokleić wszystkie listwy do PCB za pomocą kleju cyjanoakrylowego).

Poprawnie zmontowane urządzenie zapewne z łatwością zmieści się w obudowie Z3A produkcji firmy KRADEX (lub większej) a zapewnione na obu PCB otwory montażowe powinny znacznie ułatwić solidny montaż mechaniczny. Wstępne, pełne uruchomienie urządzenia powinno zostać wykonane przed ostatecznym zamontowaniem go w obudowie. Ten etap zostanie opisany w kolejnej części artykułu.

Adam Sobczyk SQ5RWQ
sq5rwq@gmail.com

REKLAMA

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

eprasa.pl a0c98eea7b

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- wyświetlacz EA OLEDM128-6 o przekątnej 2,3" i rozdzielczości 128×64,
- bazuje na standardowym sterowniku SSD1306,
- komunikacja poprzez interfejs I²C z możliwością wyboru jednego z dwóch dostępnych adresów 0x3C, 0x3D,
- szeroki zakres napięć zasilania 3,3...5 V.

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

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

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

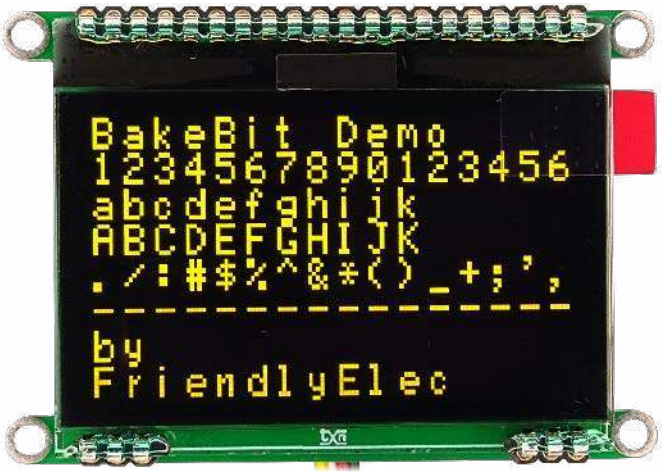
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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

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

Graficzny wyświetlacz OLED 2,3" z interfejsem I²C

Niewielkie wyświetlacze graficzne OLED dzięki niskiej cenie stały się powszechne w konstrukcjach DIY. Dają przyjemny dla oka, jasny i kontrastowy obraz... tylko czasem zbyt mały. Zaprezentowany moduł z wyświetlaczem o przekątnej 2,3" doskonale sprawdzi się w prototypowaniu zarówno przy użyciu Raspberry Pi, jak i Arduino.



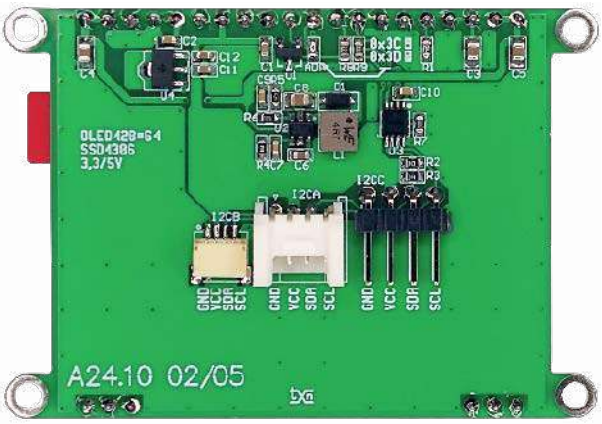
Przy konstruowaniu układu szczególny nacisk położono na szeroki zakres napięć zasilania 3,3...5 V umożliwiający współpracę wyświetlacza z różnymi platformami uruchomieniowymi bez zmian układowych i ponoszenia dodatkowych kosztów. Jest to szczególnie istotne, gdyż moduły OLED o większych przekątnych są dosyć drogie.

Jako wyświetlacz wybrano model EA OLEDM128-6 o przekątnej 2,3" i rozdzielczości 128×64. Moduł ma przyjazne dla prototypowania wyprowadzenia szpilkowe, standardowy sterownik SSD1306 oraz możliwość pracy w rozszerzonym zakresie temperatur. Wyświetlacz w ilościach jednostkowych dostępny jest z żółtym lub białym kolorem świecenia, w większych ilościach dostępne są też moduły świecące na zielono, czerwono i niebiesko.

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 1**. Jako magistralę komunikacyjną wybrano I²C, która wraz z zasilaniem doprowadzona jest do złączy I²Cx zgodnych z Grove, QWIIC oraz na typowe złącze szpilkowe o rozstawie 2,54 mm. Wyświetlacz zasilany jest ze stabilizatora LDO 2,5 V na układzie U4 MCP1700T. Układ U1 typu MCP102T odpowiada za poprawny reset wyświetlacza. Został zastosowany w miejsce typowego obwodu RC, który w niesprzyjających warunkach, przykładowo podczas krótkiego zaniku lub szpilki na zasilaniu, nie gwarantuje niezawodności działania i w efekcie skutkuje problemami z komunikacją z wyświetlaczem.

Przetwornica podwyższająca U2 generuje napięcie ok. 12,5 V niezbędne do zasilania matrycy OLED. Rezystor R1 ustala prąd matrycy diod. Wyświetlacz jest skonfigurowany do współpracy z magistralą I²C, zwora ADR umożliwia wybór jednego z dwóch dostępnych adresów 0x3C, 0x3D. Układ konwertera poziomów U2 PCA9603 zapewnia dopasowanie napięć pomiędzy zasilanym z 2,5 V wyświetlaczem a układami sterującymi zgodnymi z napięciami 3,3...5 V.



Fotografia 1. Zmontowany moduł

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

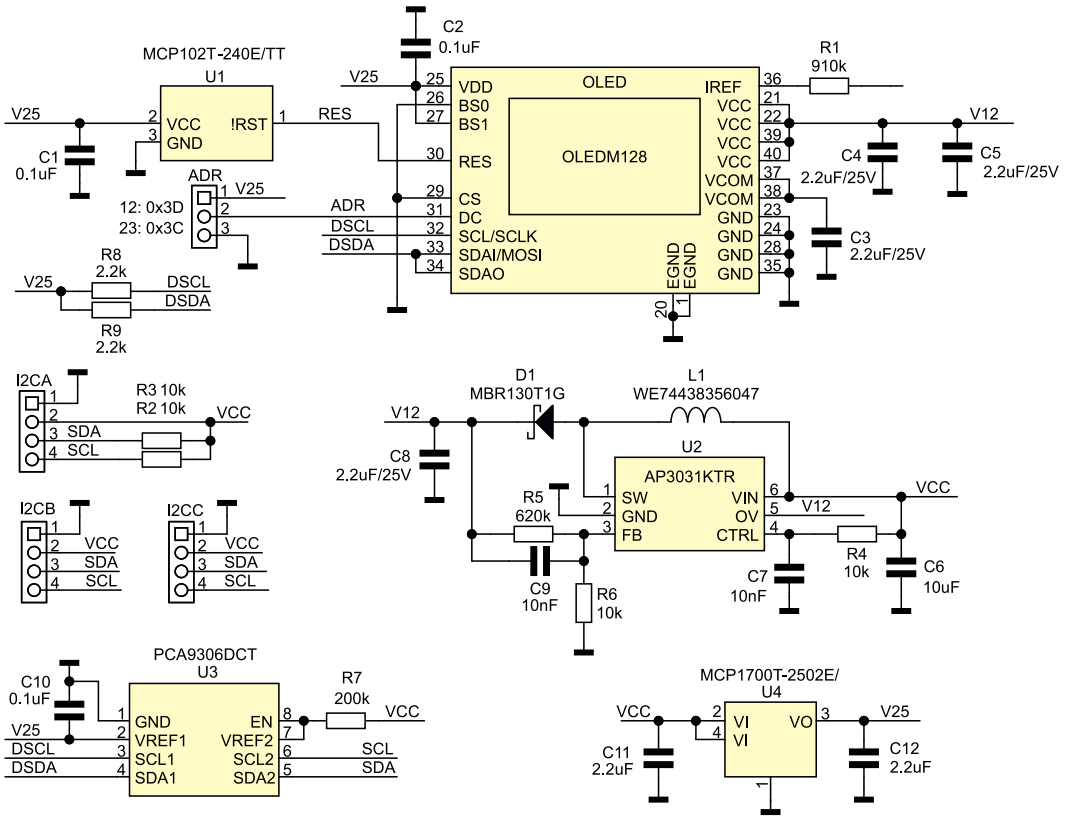
Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1: 910 kΩ
R2, R3, R4, R6: 10 kΩ
R5: 620 kΩ
R7: 200 kΩ
R8, R9: 2,2 kΩ

Kondensatory: (SMD0603, 10 V)
C1, C2, C10: 0,1 µF
C3, C4, C5, C8: 2,2 µF/25 V (SMD0805) 25 V
C6: 10 µF
C7, C9: 10 nF
C11, C12: 2,2 µF

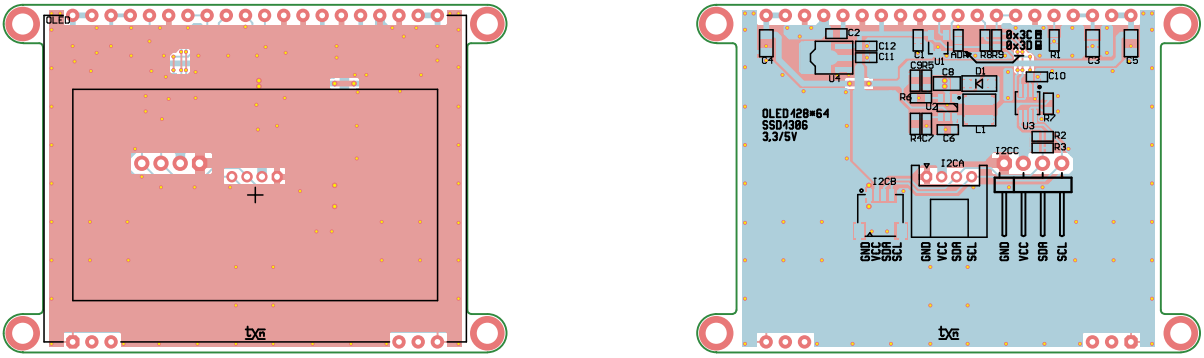
Półprzewodniki:
D1: MBR130T1G (SOD123) dioda Schottky'ego
OLED: OLEDM128 (OLEDM128) wyświetlacz OLED
U1: MCP102T-240E/TT (SOT-23)
U2: AP3031KTR (SOT-23-6)
U3: PCA9306DCT (SSOP8_065)
U4: MCP1700T-2502E/(SOT-89)

Pozostałe:
I²CA: złącze Grove kątowe
I²CB: złącze JST 1 mm kątowe
I²CC: złącze SIP4 2,54 mm kątowe
L1: dławik (WE-MAPI4020)

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 1. Schemat ideowy układu



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Montaż i uruchomienie

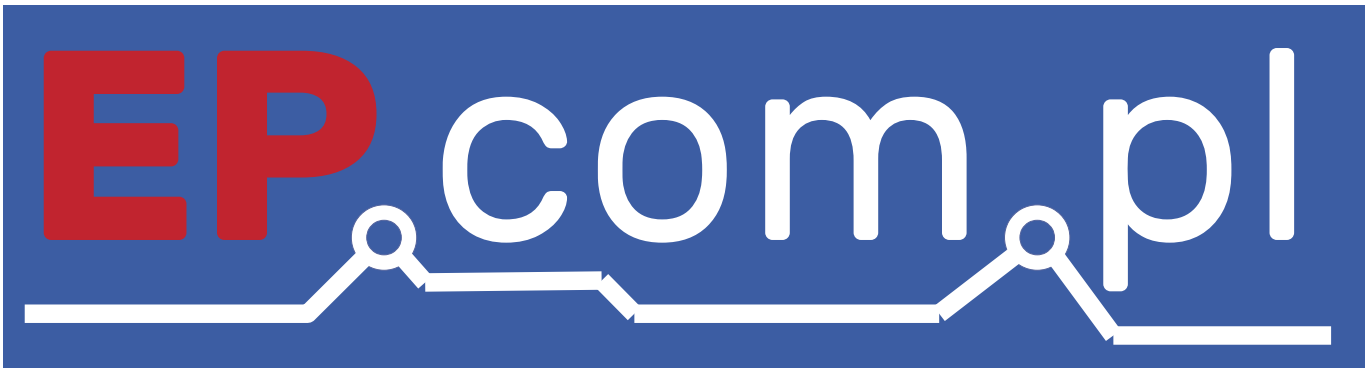
Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż jest typowy i nie wymaga opisu. Polecam montaż wyświetlacza na złączach kielichowych SIP, ułatwia to uruchamianie modułu i ewentualną wymianę wyświetlacza.

Zmontowany moduł pokazano na **fotografii 1**. Poprawnie zlutowany nie wymaga uruchamiania, należy tylko przed wlutowaniem wyświetlacza sprawdzić obecność napięć zasilania 2,5 V oraz napięcia OLED ok. 12,5 V na wyjściu przetwornicy U2. Zalutowując odpowiednie pola zwory ADR, konieczne jest ustawienie wymaganego adresu wyświetlacza.

Szybkiego sprawdzenia można dokonać, używając Raspberry Pi i dostępnych bibliotek BakeBit (bakebit_128_64_oled.py) lub innych zgodnych z SSD1306.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA



eprasa.pl a0c98eea7b

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- sygnały RXD/TXD wyprowadzone na złącze UART w standardzie Grove,
- wyprowadzone sygnały RTS i CTS niezbędne do realizacji transmisji z potwierdzeniem sprzętowym,
- zastosowano zworki, dzięki którym można wygodnie zamienić kolejność sygnałów na złączu,
- do podłączenia interfejsu USB służy typowe złącze USB w standardzie Micro,
- płytka ma możliwość zasilania układu współpracującego napięciem o wartości 5 V pochodzącym z USB lub 3,3 V ze stabilizatora (obciążalność do 100 mA).

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

AVT5717	Konwerter USB-UART z ekstenderem (EP 10/2019)
AVT5648	Izolowana przejściówka USB/UART (EP 9/2018)
AVT1780	USB_FT230XQ Miniaturowy konwerter USB/UART (EP 11/2013)
AVT1775	Miniaturowy konwerter USB/UART z układem FT230XS (EP 9/2013)
AVT1595	Miniaturowy konwerter USB/UART (EP 10/2010)

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

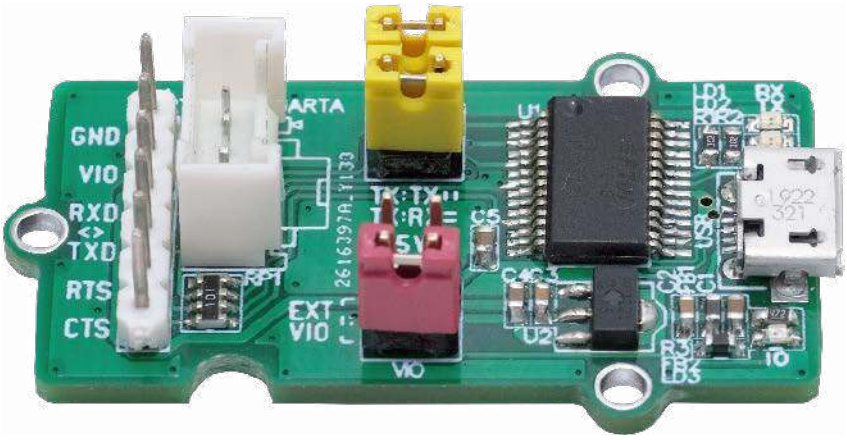
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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

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

Konwerter USB-UART w standardzie Grove

Konwerter USB-UART jest niezbędnym modułem przy uruchamianiu układów DIY, czy to do realizacji komunikacji przez SSH, czy do transmisji danych z mikrokontrolerów bez portu USB lub Ethernet. Opisany układ realizuje transmisję szeregową w trybie z potwierdzeniem sprzętowym oraz ma możliwość zasilania układu współpracującego.



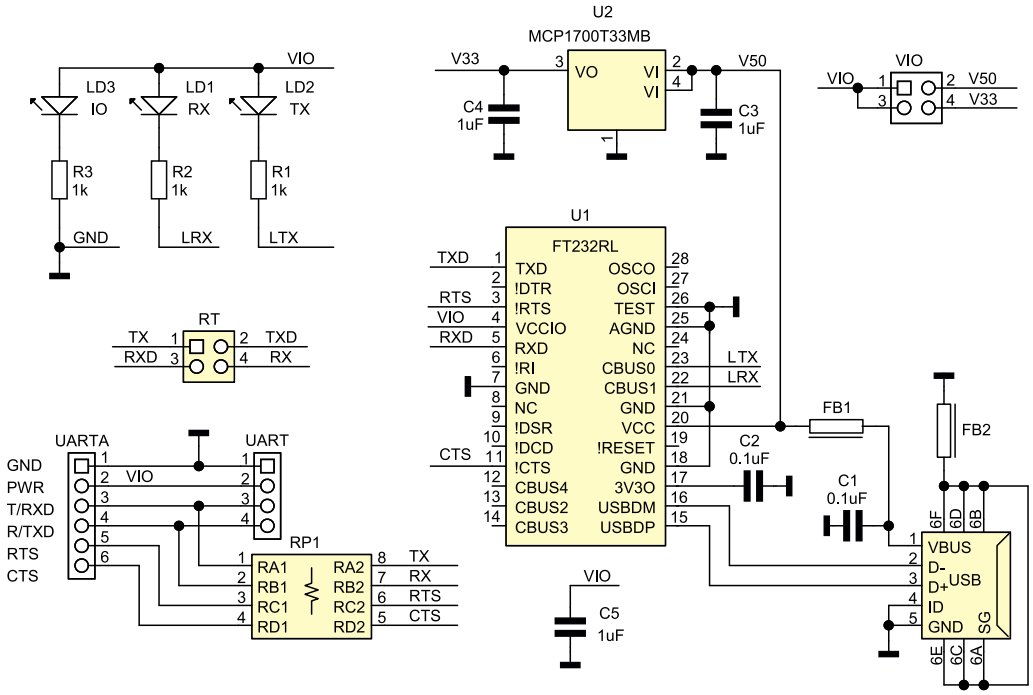
Budowa i działanie

Schemat modułu konwertera pokazano na **rysunku 1**. Moduł zawiera tylko dwa układy scalone: konwerter USB-UART (U1) typu FT232RL oraz stabilizator LDO (U2) typu MCP1700 3,3 V.

Układ U1 odpowiada za realizację konwersji USB-UART. Na złącze szpilkowe oznaczone UARTA wyprowadzone są sygnały RXD/TXD oraz RTS/CTS niezbędne do realizacji transmisji z potwierdzeniem sprzętowym. Podstawowe sygnały RXD/TXD wyprowadzone są na złącze UART w standardzie Grove. Aby uniknąć problemów z gotowymi przewodami Grove lub SIP4, gdy zachodzi konieczność przekrosowania sygnałów RXD/TXD, zastosowano zworę RT, dzięki której wygodnie można zmienić kolejność wyprowadzenia sygnałów na złącza, unikając konieczności stosowania specjalnie przygotowanych przewodów.

Do podłączenia interfejsu USB służy typowe złącze USB w standardzie Micro. Płytka ma możliwość zasilania układu współpracującego napięciem VIO o wartości 5 V pochodzącym z USB lub 3,3 V ze stabilizatora U2 (obciążalność do 100 mA). Jest to szczególnie przydatne przy uruchamianiu modułów radiowych np. Bluetooth, Xbee o mniejszym poborze mocy. Zwora VIO umożliwia wybór napięcia 3,3 V/5 V doprowadzonego do złączy UART/UARTA.

Układ FT232RL ma wbudowany konwerter poziomów logicznych 1,8...5 V. Aby możliwa była praca w pełnym zakresie akceptowanych napięć IO, należy zdjąć zworę VIO (lub założyć ją na wyprowadzenia 1–3), rozłączając wbudowane źródła zasilania. Napięcie VIO



Rysunek 1. Schemat konwertera

eprasa.pl a0c98eea7b

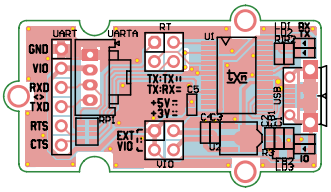
Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory: (SMD0603)
R1, R2, R3: 1 kΩ

Półprzewodniki:
LD1, LD2: dioda LED zielona (SMD0603)
LD3: dioda LED czerwona (SMD0603)
U1: FT232RL (SSOP28)
U2: MCP1700T-3302MB (SOT-89)

Pozostałe:
FB1, FB2: dławik BLM18KG601SN1D (SMD0603)
RP1: drabinka rezystorowa 100 Ω (CRA06S08)
RT, VIO: goldpin 2×2 2,54 mm + zwory
UARTA: złącze SIP 1×6 2,54 mm
USB: złącze USB micro (Molex MX105017-0001)'

Kondensatory: (SMD0603)
C1, C2: 0,1 µF 16 V
C3, C4, C5: 1 µF 10 V



Rysunek 2. Rozmieszczenie elementów konwertera

musi zostać doprowadzone z układu współpracującego. Umożliwia to także współpracę z układami logicznymi 1,8 V lub 2,5 V.

Za sygnalizację pracy układu konwertera odpowiadają diody LD1, LD2 sygnalizujące aktywną transmisję i LD3 sygnalizująca obecność zasilania IO. Rezystor RP1 zabezpiecza w stopniu podstawowym wyprowadzenia IO przed skutkami przypadkowych zwarć.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na miniaturowej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż nie wymaga opisu. Po zmontowaniu konwerter należy podłączyć do komputera, w systemie Windows sterowniki zostaną zainstalowane automatycznie. Poprawność działania można zweryfikować dowolnym terminalem portu szeregowego w trybie loop-back, mostkując wyprowadzenia RXD, TXD oraz RTS, CTS w trybie transmisji z potwierdzeniem sprzętowym, przy założonej zworze VIN w położeniu 3,3 V lub 5 V. Wprowadzane znaki powinny być odsyłane do terminalu, a diody LD1, LD2 powinny sygnalizować aktywną transmisję.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- bazuje na specjalizowanym układzie kontrolera diody idealnej typu LTC4373,
- zapewnia bezprzerwowe przełączanie i separację źródeł zasilania wraz z monitorowaniem ich sprawności,
- spadek napięcia <40 mV przy napięciach zasilania z zakresu 4,8...5,2 V i prądzie obciążenia do 2,5 A,
- próg detekcji awarii zasilania ustawiono na ok. 4,7 V.

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

AVT5978	Sterownik dwóch mikrosilników krokowych do Pi Zero (EP 3/2023)
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)

* **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.

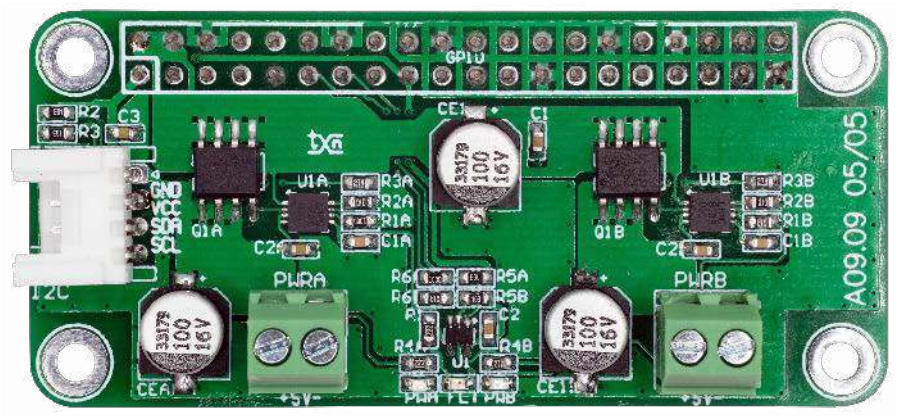
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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 redundancji zasilania dla Raspberry Pi Zero

Zapewnienie stabilnego zasilania jest podstawowym wymogiem koniecznym przy projektowaniu urządzeń elektronicznych. Niestety awarie systemu zasilania nie są aż tak sporadyczne. Problem jest szczególnie istotny dla komputerów jednopłytkowych SBC, które w dzisiejszych czasach realizują całkiem poważne zadania, a ewentualny zanik zasilania może uszkodzić system plików, naruszyć integralność danych, nie wspominając o oczywistej przerwie w pracy urządzenia. Dwa źródła zasilania współpracujące z modułem redundancji pozwalają ograniczyć skutki awarii zasilania.



Opisany moduł zapewnia bezprzerwowe przełączanie i separację źródeł zasilania wraz z monitorowaniem ich sprawności. Bazuje na specjalizowanym układzie kontrolera diody idealnej typu LTC4373 (Analog Devices), którego schemat wewnętrzny został pokazany na **rysunku 1**.

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Składa się z dwóch identycznych bloków kontrolera diody idealnej U1 A/Q1 A i U1B/Q1B. Układ LTC4373 odpowiada za detekcję obecności napięcia wejściowego, wbudowany komparator (wejście UV) wraz z pompą ładunkową steruje tranzystorem MOSFET, zapewniając niski spadek napięcia w kierunku przewodzenia oraz odcięcie i minimalny prąd wsteczny, gdy mierzone napięcie spadnie poniżej progu 1,19 V.

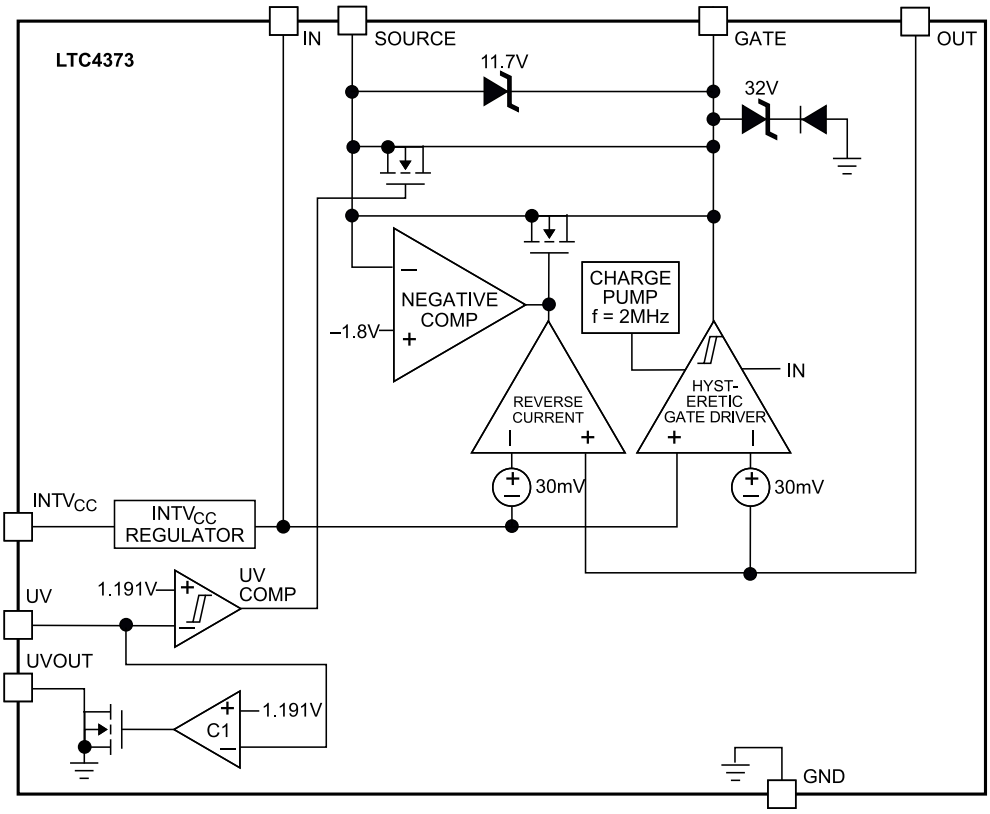
eprasa.pl a0c98eea7b

W modelu napięcie wejściowe V50 A/V50 B mierzone jest dzielnikiem R2 A/R3 A i R2 B/R3 B. Próg detekcji awarii zasilania ustawiono na ok. 4,7 V. Wyjścia komparatorów !ULVO doprowadzone są do GPIO 17/27 Raspberry. Odczyt stanów FLTA/FLTB umożliwia sygnalizację awarii we współpracującej aplikacji. Układ U1 sygnalizuje diodą FLT awarię zbiorczą zasilania, czyli zanik dowolnego z napięć V50 A/V50 B. Diody PWA/PWB sygnalizują obecność zasilania V50 A/V50 B.

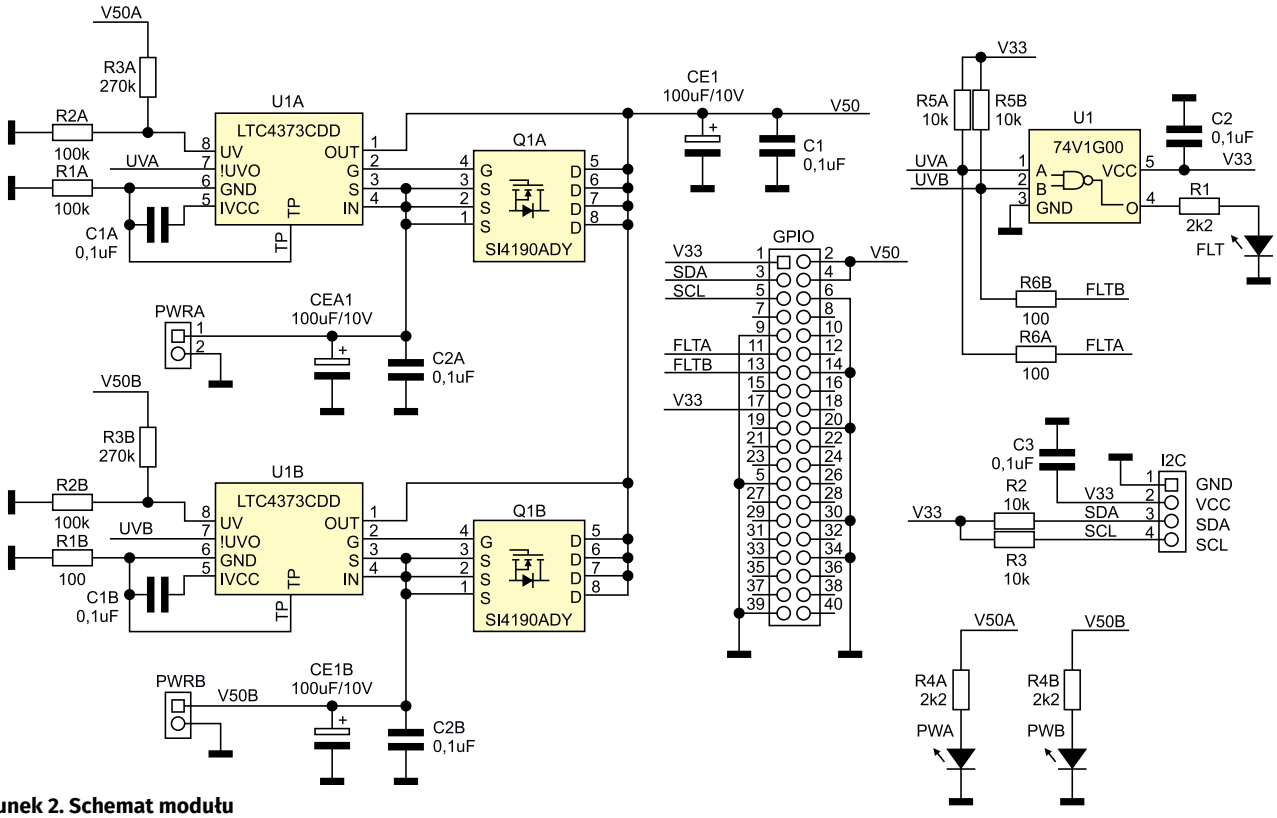
Napięcia wejściowe z zasilaczy doprowadzone są do złączy PWRA/PWRB, gdzie w zależności od ich poprawności kluczowane są na wyjście V50. Moduł uzupełnia opcjonalne złącze I²C w standardzie Grove.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż nie wymaga



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna układu LTC4373 (za notą Analog Devices)



Rysunek 2. Schemat modułu

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

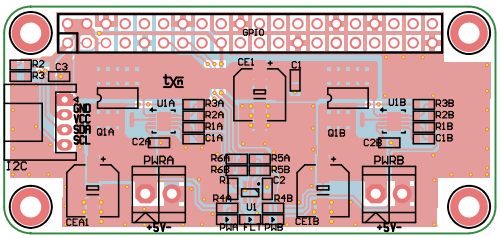
Półprzewodniki:
Q1A, Q1B: SI4190ADY tranzystor MOSFET (SO8)
U1: 74,1G00 V (SC70-5)
U1A, U1B: LTC4373CDD (DFN8)

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1, R4A, R4B: 2,2 kΩ
R1A, R1B, R6A, R6B: 100 Ω
R2, R3, R5A, R5B: 10 kΩ
R2A, R2B: 100 kΩ
R3A, R3B: 270 kΩ

Kondensatory:
C1, C2, C3, C1A, C1B, C2A, C2B: 0,1 μF/50 V ceramiczny (SMD0603)
CE1, CE1B, CEA1: 100 μF/10 V elektrolityczny low ESR 6,3 mm

Pozostałe:
FLT: dioda LED czerwona (SMD0603)
GPIO: złącze IDC40 żeńskie
PWA, PWB: dioda LED zielona (SMD0603)
PWRA, PWRB: złącze śrubowe DG 3,5 mm (DG381-3.5-2)

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

opisu, należy tylko poprawnie przylutować pady termiczne układów scalonych. Moduł nie wymaga uruchamiania, po podłączeniu do Raspberry warto za pomocą dwóch regulowanych zasilaczy sprawdzić poprawność przełączania oraz spadek napięcia na kluczach w kierunku przewodzenia. W modelu spadek napięcia wynosił <40 mV przy napięciach zasilania z zakresu 4,8...5,2 V i prądzie obciążenia do 2,5 A. Wyłączając kolejno jeden z zasilaczy, należy sprawdzić poprawność sygnalizacji awarii FLT oraz zmianę stanów sygnałów FLTA/FLTB. Po podłączeniu do Raspberry Pi w celu odczytu stanów FLTA/FLTB można użyć poleceń:

```
ls /sys/class/gpio/
echo 17 > /sys/class/gpio/export
echo in > /sys/class/gpio/
gpio17/direction
cd /sys/class/gpio/gpio17
cat value

ls /sys/class/gpio/
echo 27 > /sys/class/gpio/export
echo in > /sys/class/gpio/
gpio27/direction
cd /sys/class/gpio/gpio27
cat value
```

Odczyt stanu wyprowadzenia cat value w odpowiednim katalogu należy powtórzyć dla załączonego i wyłączonego źródła zasilania. Stan awaryjny sygnalizowany jest niskim poziomem sygnału FLTx. Jeżeli wszystko działa poprawnie, moduł można zastosować w docelowej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

Sięgnij po archiwalne wydania „ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ”

Przesyłka GRATIS

Zamów wygodnie na www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl a0c98eea7b

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5984

Podstawowe parametry:
- załączanie przekaźnika elektromagnetycznego po detekcji oświetlenia o dostatecznym natężeniu i przedłużenie tego załączenia po zaniku oświetlenia,
- czas wydłużenia płynnie regulowany od około 7 s do około 12 min,
- łatwa możliwość modyfikacji czasu załączenia,
- zasilanie napięciem stałym 12 V (lub 24 V po modyfikacji),
- pobór prądu 5...35 mA przy zasilaniu napięciem 12 V.

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

AVT5253	Układ cyklicznego restartu (EP 9/2022)
AVT5948	Wielokrotny włącznik monostabilny (EP 8/2022)
AVT5946	Układ czasowy z niezależną regulacją ON i OFF (EP 8/2022)
–––	Wyłącznik czasowy z wejściem bistabilnym (EP 4/2022)
AVT5867	Wyłącznik zasilania z opóźnieniem (EP 6/2021)
AVT5860	Programowany przełącznik czasowy
AVT5730	Uniwersalny układ czasowy 230 V (EP 11/2019)
AVT5704	Programowany układ czasowy 230 V (EP 8/2019)

* **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.

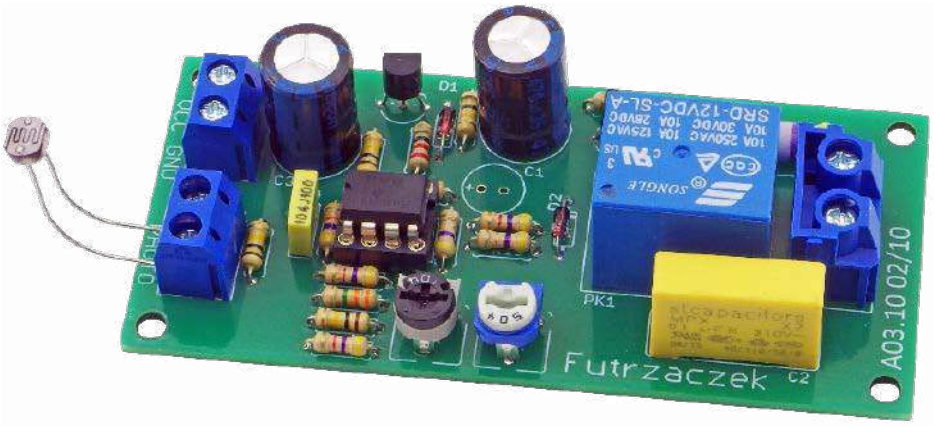
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

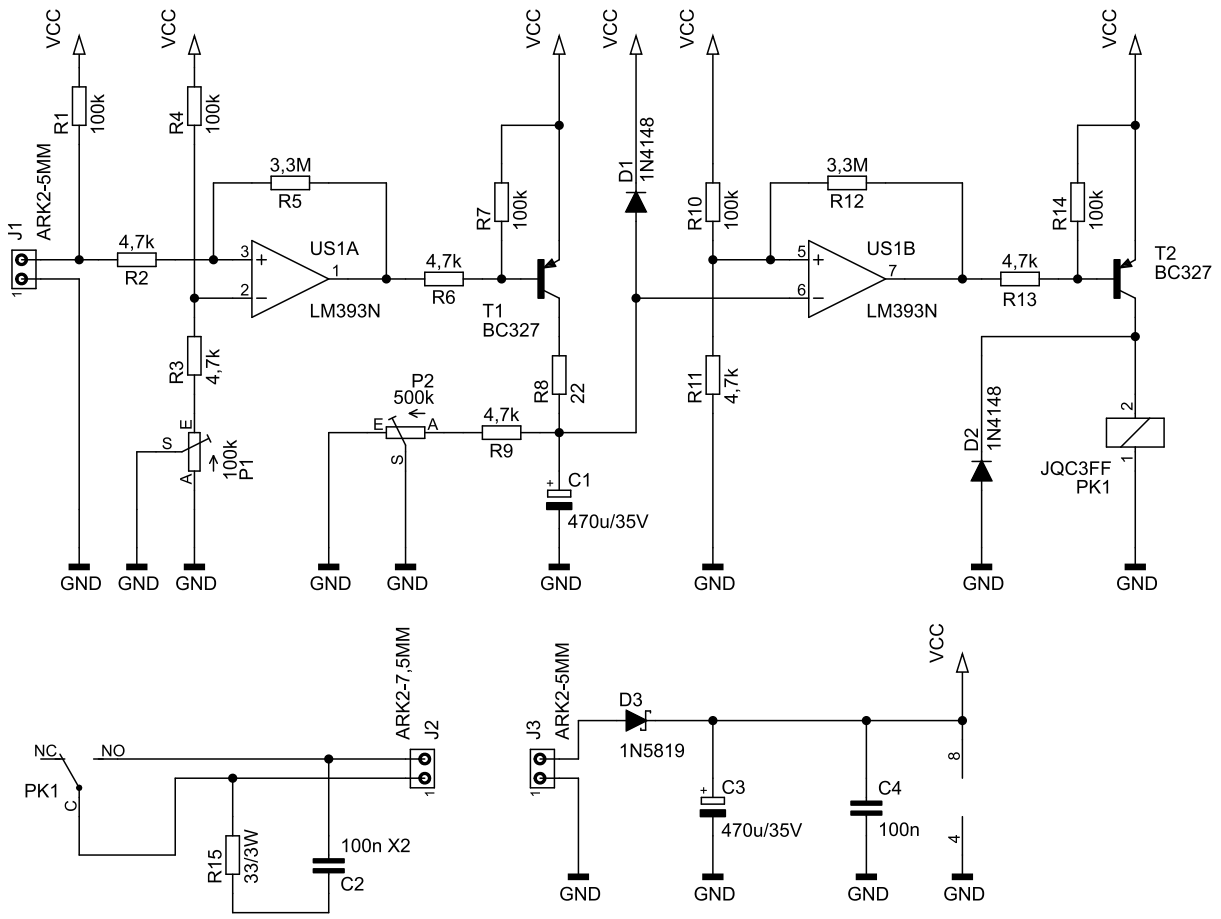
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik PDF! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! **http://sklep.avt.pl**

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

Włącznik monostabilny wyzwalany światłem

W niektórych miejscach zachodzi potrzeba przedłużenia działania jakiegoś urządzenia, na przykład wentylatora, po wyłączeniu światła w pomieszczeniu. Albo zraszacze nawadniające trawniki – muszą działać przez cały dzień, od wschodu do zachodu słońca i dodatkowo jeszcze przez jakiś czas po zmroku. Co łączy te sytuacje? Konieczność przedłużenia działania urządzenia po zaniku oświetlenia.





Rysunek 1. Schemat ideowy układu włącznika monostabilnego

eprasa.pl a0c98eea7b

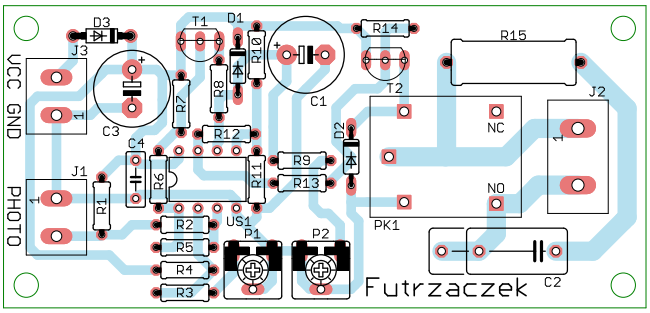
Typowe włączniki zmierzchowe działają w ten sposób, że sygnalizują odpowiednim stanem wyjściowym, gdy jest ciemno albo jasno, zależnie od konstrukcji. Jednak czasami taka prosta zależność nie jest wystarczająca i wymagana jest dodatkowa funkcja czasowa. Najprostszym przykładem będzie pomieszczenie – aby je w pełni wywietrzyć, układ powinien być złączony jeszcze przez jakiś czas po opuszczeniu pomieszczenia (zgaszeniu światła). Albo aby kierowca mógł bezpiecznie wrócić do domu po zaparkowaniu samochodu w garażu, bez konieczności przedzierania się przez ciemność.

Zaprezentowany układ potrafi rozwiązać takie problemy przy użyciu zaledwie garstki tanich i popularnych elementów. Zarówno czułość, czyli próg załączenia przekaźnika, jak i czas wydłużenia działania mogą być płynnie regulowane zwykłymi potencjometrami. Dodatkowo układ jest bardzo podatny na modyfikacje, na przykład w kwestii zmiany czasu działania przekaźnika czy napięcia zasilającego. Może również reagować na… temperaturę, o czym dalej.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Najistotniejszym elementem aktywnym jest bez wątpienia podwójny komparator typu LM393. US1A jest odpowiedzialny za detekcję wystarczająco wysokiego natężenia oświetlenia. Komparator ten porównuje dwa potencjały. Jednym z nich jest napięcie odkładające się na zaciskach fotorezystora podłączonego do złącza J1. Prąd płynący przez ten fotorezystor ogranicza rezystor R1, tworząc tym samym dzielnik napięcia zasilającego. Drugim potencjałem również jest wyjście dzielnika napięcia, tym razem składającego się z rezystorów R3 i R4 oraz rezystancji potencjometru P1. Komparator przełączy się, kiedy rezystancja fotorezystora będzie mniejsza lub większa od tej, którą daje wypadkowa rezystancja R3 i P1, ponieważ R1 i R4 mają tę samą rezystancję, a dokładniej: wyjście komparatora znajdzie się w niskim stanie logicznym, kiedy rezystancja fotorezystora zmaleje poniżej granicy wyznaczonej przez R3 i P1.

Jednak samo przełączenie to nie wszystko, ponieważ rzeczywiste komparatory nie mają nieskończenie wysokiego wzmocnienia napięciowego. Do układu trzeba było wprowadzić histerezę, choćby nawet niewielką, która zapewni dwustanową pracę wyjścia tego podzespołu. W tym celu zostały dodane rezystory R2 i R5, które tworzą pętlę dodatniego sprzężenia zwrotnego. Uaktywnione wyjście komparatora, czyli znajdujące się w stanie niskim, lekko obniża potencjał na wejściu nieodwracającym, czyli tym, które jest ustalane przez czujnik natężenia światła. Działa to też odwrotnie: przyjęcie wysokiego stanu logicznego nieznacznie podnosi ten potencjał.



Rysunek 2. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki

Wyjście komparatora US1A wprowadza tranzystor T1 w stan przewodzenia, gdyż prąd wypływający z jego bazy – ograniczany rezystorem R6 – może wynosić kilka miliamperów. Rezystor R7 utrzymuje T1 w stanie zatkania po tym, jak wyjście komparatora przyjmie wysoki stan logiczny, czyli wbudowany tranzystor wyjściowy ulegnie zatkaniu. R7 dostarcza wtedy prąd (o znikomo małym natężeniu) dla R5. Bez R7, tranzystor T1 nigdy nie uległby pełnemu zatkaniu, bo przez R5 byłby z jego bazy wyciągany prąd o niewielkim natężeniu.

Jakie jest zadanie T1? Doładowywanie kondensatora C1. W chwili, kiedy fotorezystor zostaje oświetlony dostatecznie mocno, C1 jest ładowany do napięcia niemal równego napięciu sieciowemu. Rezystor R8 ogranicza prąd tego ładowania do wartości bezpiecznej dla tranzystora T1. Natomiast rezystor R9 i potencjometr P2 rozładowują C1 po zatkaniu tranzystora T1. Kondensator C1 wprowadza inercję do tego układu: szybko się ładuje poprzez R8, zaś potem powoli rozładowuje dzięki wypadkowej rezystancji R9 i P2.

Dioda D1 jest w stanie szybko rozprowadzić zgromadzony w C1 ładunek. Ładunek ten pozostałby po wyłączeniu zasilania, a ma to na celu wyzerowanie poprzedniego ewentualnego załączenia. Po upływie kilkunastu sekund C1 rozładuje się na tyle, że następny stopień nie uaktywni się po ponownym włączeniu zasilania.

Kolejnym stopniem jest drugi komparator, który tym razem porównuje napięcie na zaciskach C1 z referencyjnym, wytwarzanym przez dzielnik napięcia złożony z rezystorów R10 i R11. Jeżeli napięcie na C1 jest dostatecznie wysokie, US1B wystawia na swoim wyjściu niski stan logiczny, czym załącza T2 – wręcz go nasyca – zaś tranzystor załącza przekaźnik. W sytuacji, kiedy C1 pozostaje rozładowany poniżej napięcia referencyjnego, stan wyjścia US1B jest wysoki i przekaźnik tkwi wyłączony. Rezystor R12 wraz z rezystancją wewnętrzną dzielnika R10+R11 (około 4,5 kΩ) zapewniają dodatnie sprzężenie zwrotne dla tego komparatora, aby ten sterował przekaźnikiem w sposób czysto dwustanowy.

Styki przekaźnika – wspólny COM i normalnie otwarty NO – zostały wyprowadzone na zaciski złącza J2, by można było przy ich użyciu sterować obciążeniem zasilanym, na przykład, z sieci 230 V. Między te styki został włączony prosty obwód RC, który ogranicza iskrzenie tychże styków podczas ich przełączania. To zmniejsza poziom emitowanych zakłóceń elektromagnetycznych oraz wydłuża żywotność przekaźnika.

Zasilanie dla układu powinno zostać podłączone do zacisków złącza J3. Aby nie doszło do uszkodzenia układu, wywołanego omyłkową zamianą polaryzacji przewodów zasilających, została dodana dioda D3, która zablokuje wtedy przepływ prądu. Kondensatory C3 i C4 filtrują to napięcie z tętnień i tłumią sprzężenia między poszczególnymi stopniami, co jest istotne zwłaszcza podczas przełączania się układu.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 85×40 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 małej mocy i diod półprzewodnikowych. Pod układ scalony US1 proponuję zastosować podstawkę, aby ułatwić jego wymianę w razie ewentualnego uszkodzenia. W pełni zmontowany układ

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

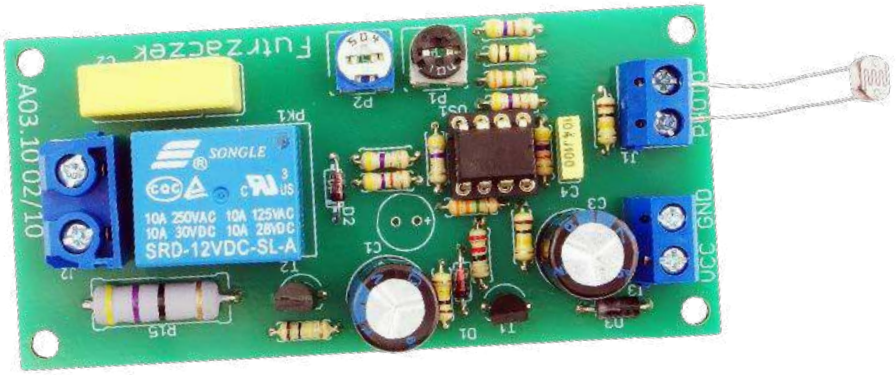
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W jeżeli nie napisano inaczej)
R1, R4, R7, R10, R14: 100 kΩ
R2, R3, R6, R9, R11, R13: 4,7 kΩ
R5, R12: 3,3 MΩ
R8: 22 Ω
R15: 33 Ω 3 W
P1: 100 kΩ montażowy leżący jednoobrotowy
P2: 500 kΩ montażowy leżący jednoobrotowy (opis w tekście)

Kondensatory:
C1: 470 µF 35 V raster 5 mm (opis w tekście)
C2: 100 nF MKP X2 305 V AC raster 15 mm
C3: 470 µF 35 V raster 5 mm
C4: 100 nF raster 5 mm MKT

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N4148
D3: 1N5819
T1, T2: BC327
US1: LM393 DIP8

Pozostałe:
J1, J3: ARK2/500
J2: ARK2/750
PK1: JQC3FF/121ZS (opis w tekście)
Jedna podstawka DIP8
Fotorezystor GL5537 20-50 kΩ

eprasa.pl a0c98eea7b



Fotografia 1. Wygląd zmontowanego układu

można zobaczyć na **fotografii 1**. Fotorezystor należy podłączyć do zacisków złącza J1, co również jest widoczne.

Poprawnie zmontowany układ jest gotowy do działania po ustawieniu prawidłowego położenia potencjometrów montażowych. Czułość układu ustawia się potencjometrem P1: skręcając jego ślizgacz w lewo, zwiększamy czułość (załączenie przekaźnika przy niższym natężeniu światła padającego na fotorezystor), a w prawo zmniejszamy, czyli układ zareaguje dopiero przy silnym oświetleniu fotorezystora. Z kolei P2 służy do ustawienia czasu wydłużenia załączenia przekaźnika po zaniku światła – skręcając w lewo, zmniejszamy ten czas, zaś w prawo zwiększamy. W układzie prototypowym stwierdzono, że przy zasilaniu napięciem 12 V można ten czas regulować w zakresie od 7 sekund do 12 minut. Zakres regulowanych czasów można zmienić poprzez wymianę potencjometru P2 i/lub kondensatora C1.

Do zasilania powinno służyć napięcie stałe o wartości około 12 V, a dokładniej z przedziału 10…16 V. Takie granice uwzględniają zakres prawidłowej pracy przekaźnika (z uwzględnieniem spadku napięcia na diodzie D3 i tranzystorze T2) w temperaturze 20°C. Warto, aby owo napięcie było dobrze filtrowane, a najlepiej stabilizowane. Pobór prądu przy 12 V wynosi około 5 mA przy wyłączonym przekaźniku oraz około 35 mA, kiedy cewka zostanie załączona.

Zaciski złącza J2 należy potraktować jak styki przełącznika mechanicznego, który odłącza zasilanie od sterowanego urządzenia. Z uwagi na szerokość ścieżek znajdujących się na powierzchni laminatu, płynący przez nie prąd nie powinien przekraczać natężenia 5 A. Jeżeli dochodziłoby do przełączania większych prądów, warto skorzystać z zewnętrznego stycznika, którego cewka będzie sterowana za pośrednictwem złącza J2, a dopiero ten stycznik załączy potężniejsze urządzenie.

Napięcie zasilające układ może zostać zwiększone do 24 V po dokonaniu tylko jednej modyfikacji na płytce: przekaźnik PK1 należy wymienić na egzemplarz z cewką przystosowaną do takiego napięcia (na przykład JQC3FF/241ZS). Zmniejszy się pobór prądu podczas załączenia przekaźnika, zaś pozostałe parametry nie ulegną istotniejszym zmianom.

Zamiast fotorezystora można do złącza J1 układu wpiąć termistor NTC o nominalnej rezystancji, na przykład, 47 kΩ. Wtedy układ stanie się sygnalizatorem uzyskania zadanej temperatury z opóźnionym czasem wyłączenia. Przykładowe zastosowanie? Proszę bardzo: kontroler wentylatora studzącego przegrzewający się radiator. Po jednorazowym załączeniu będzie działał nie krócej niż ustawiony czas, co pozwoli silniej ostudzić chłodzony detal.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

Nie przegap majowego wydania „Elektroniki dla Wszystkich", w której przeczytasz m.in.:

przejrzysz i kupisz na **www.ulubionykiosk.pl**

PROJEKTY dla elektroników
- ▶ Fortissimo-100 – wzmacniacz klasy Hi-End
- ▶ Domowe anodowanie aluminium
- ▶ DIY piec do lutowania rozpływowego z regulacją PID
- ▶ USB SuperCodec 192 kHz 24-bit – rewelacyjny konwerter ADC i DAC, część 1

DIY dla wszystkich
- ▶ Prosty wzmacniacz audio z dwoma źródłami zasilania
- ▶ Jak przekształcić ChatGPT w pełnowartościowego asystenta głosowego
- ▶ Serwer API z wykorzystaniem ESP8266 oraz oprogramowania MicroPythona

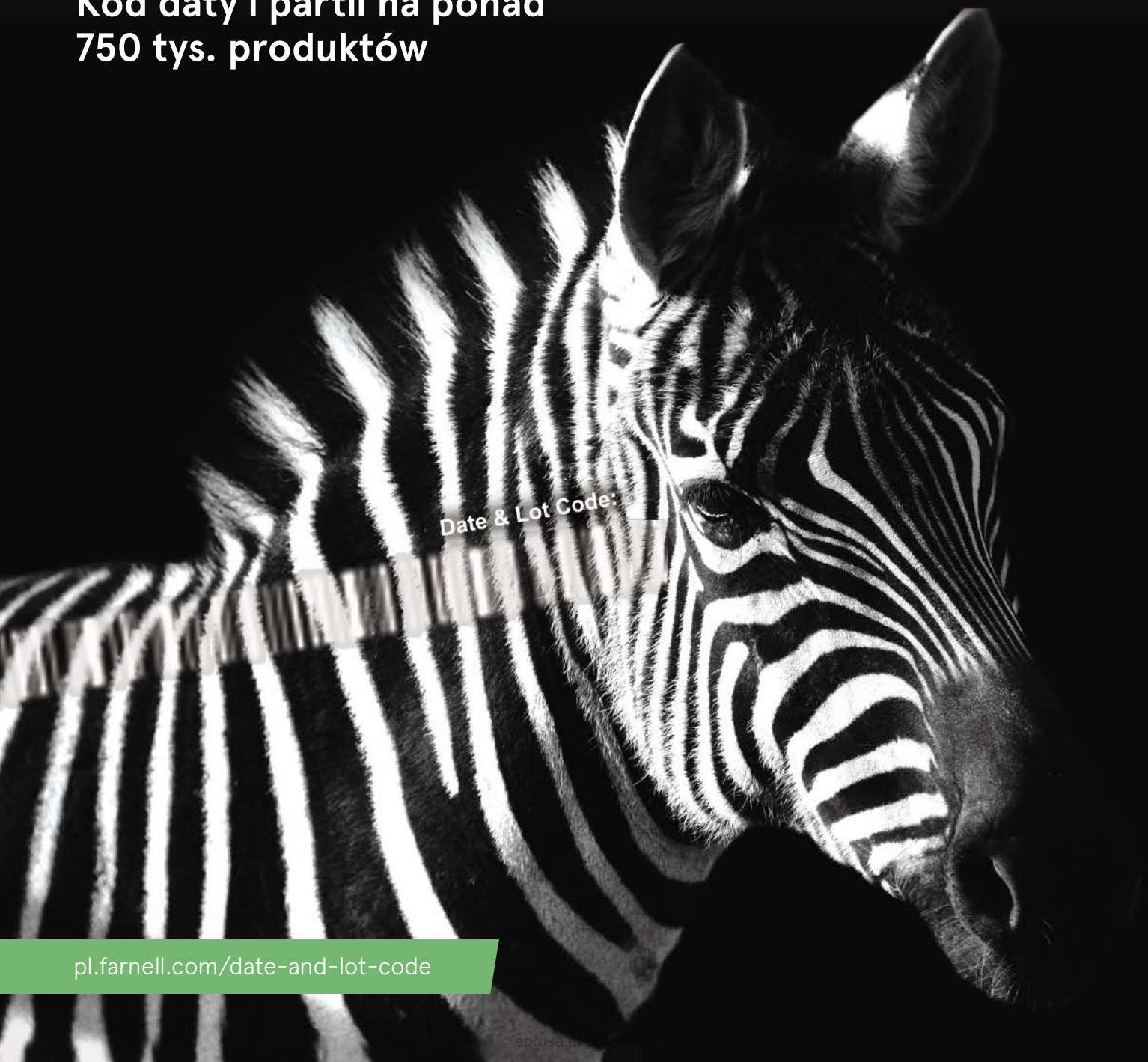
TUTORIALE
- ▶ Wiele hałasu na temat szumu – nowe podejście do generatorów szumu analogowego, część 2
- ▶ Poznawanie IC555 dzięki eksperymentom, część 1
- ▶ Praktyczny kurs op-ampów
- ▶ Programowanie wizualne z XOD. Regulator prędkości wentylatora
- ▶ Problemy z symulacjami SPICE (LTspice)
- ▶ Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 6 „Transoptory"
- ▶ Pokój Nauczycielski

eprasa.pl a0c98eea7b

Farnell
AN AVNET COMPANY

IDENTYFIKOWALNOŚĆ PRODUKTÓW - TO NASZA DRUGA NATURA

Kod daty i partii na ponad 750 tys. produktów



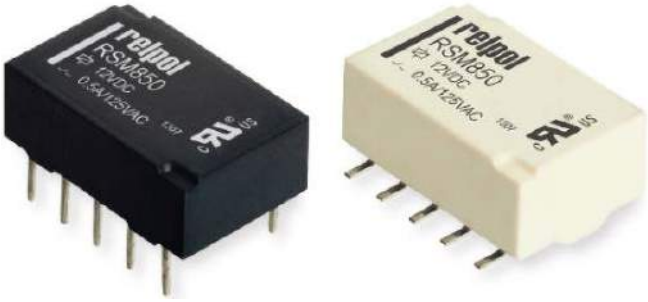
pl.farnell.com/date-and-lot-code

Przekaźniki do zdań specjalnych

Przekaźnik kojarzy się (przynajmniej w pierwszej chwili) z konwencjonalnym elementem elektromechanicznym bądź półprzewodnikowym, służącym po prostu do załączania dużych obciążeń za pomocą stosunkowo słabego sygnału sterującego. Jednak w ofertach producentów i dystrybutorów dostępne są przekaźniki o zróżnicowanym stopniu złożoności i diametralnie różnych parametrach elektrycznych. W artykule zaprezentujemy kilka grup bardziej wyspecjalizowanych podzespołów, których zakres aplikacji rozciąga się od przełączania subtelnych sygnałów pomiarowych, poprzez urządzenia radiowe (RF), aż po przemysłowe, motoryzacyjne czy kolejowe kontrolery silników i innych obciążeń dużej mocy.

Przekaźniki sygnałowe

Wymóg zachowania minimalnego napięcia i prądu obciążenia styków przekaźnika elektromagnetycznego (spotykany w większości not katalogowych markowych produktów) sprawia, że popularne przekaźniki małej i średniej mocy nie nadają się do większości zastosowań, związanych z przełączaniem słabych sygnałów. Z drugiej strony jednak, zastosowanie konwencjonalnych styków pozwala na uzyskanie

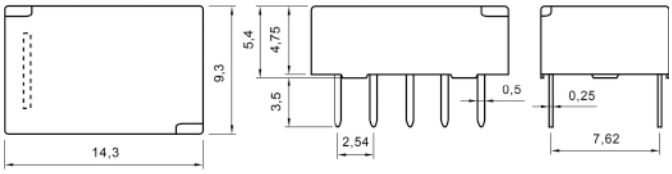


Fotografia 1. Przekaźnik sygnałowy z serii RSM850 marki Relpol w wersji przewlekanej oraz do montażu powierzchniowego (https://t.ly/h7iFU)

niemal czystej rezystancji połączeń (choć, rzecz jasna, każdy rzeczywisty element ma także pewną indukcyjność i pojemność pasożytniczą) oraz bardzo niskiej upływności w stanie wyłączenia. Mało tego – każdy przekaźnik zapewnia przynajmniej podstawowy poziom izolacji pomiędzy cewką sterującą a zespołem styków, co pozwala na obejście problemów z pracą przy różnych poziomach napięć w układach, z którymi mierzą się niejednokrotnie konstruktorzy rozbudowanych obwodów analogowych (w tym audio).

Oferta współczesnych przekaźników sygnałowych jest niezwykle szeroka – u czołowych dystrybutorów komponentów elektronicznych

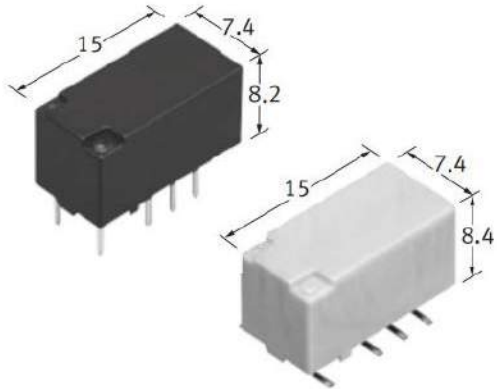
eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 1. Wymiary przekaźnika sygnałowego z serii RSM850 marki Relpol (https://t.ly/h7iFU)

kategoria ta obejmuje nawet ponad 7000 modeli elementów, zatem zdecydowanie jest z czego wybierać. Rodzima marka Relpol wprowadziła na rynek osiem serii małych przekaźników, umożliwiających pracę nie tylko z bardzo subtelnymi sygnałami przełączanymi, ale także niskim napięciem zasilania cewki sterującej. Szczególną uwagę w tym segmencie oferty polskiego potentata elektromechaniki przykuwa rodzina RSM850 (**fotografia 1**, **rysunek 1**) – niewielkie wymiary obudowy (14,3×9,3×5,4 mm) oraz zunifikowany rozstaw wyprowadzeń na planie siatki o rozdzielczości 2,54×2,54 mm znacząco ułatwiają zarówno aplikację na docelowej płytce drukowanej, jak i budowę wszelkiego rodzaju prototypów. Co jednak znacznie ważniejsze, komponenty z serii RSM850 oferują doskonałe parametry elektryczne: minimalne obciążenie styków to zaledwie 10 μA/10 mV, zaś maksymalne – 0,5 A/125 V wg kategorii AC1 lub 2 A/30 V wg DC1. Rezystancja zestyków nie przekracza 50 mΩ, zaś nominalna rezystancja izolacji to 1 GΩ. Dzięki niewielkim wymiarom przekaźnik oferuje także możliwość szybkiej komutacji – czasy zadziałania i powrotu wynoszą około 3 milisekund, a deklarowana trwałość mechaniczna to 100 milionów cykli. Przekaźniki RSM850 są dostępne w wykonaniach z cewką o napięciu 3, 5, 6, 9, 12 oraz 24 V, o mocy 140 mW (3...12 V) lub 200 mW (tylko wersja 24 V). Warto dodać, że producent wprowadził do sprzedaży także bliźniaczą wersję RSM850B o konstrukcji bistabilnej.

W przypadku gdy przekaźnik musi pracować z bardzo słabymi sygnałami, znaczenie zyskują dodatkowe parametry, które stosunkowo rzadko można znaleźć w notach katalogowych producentów. Przykładem może być napięcie termoelektryczne (Thermal Electromotive Force, określane także skrótem EMF), generowane na poszczególnych elementach wchodzących w skład zespołu styków. O ile bowiem wielkość ta (mierzona w mikrowoltach) jest zwykle o kilka rzędów wielkości niższa niż minimalny poziom obciążenia styków (w przypadku wielu przekaźników sygnałowych równy 10 mV), to należy mieć jeszcze na uwadze czynniki wpływające na zmiany EMF w czasie. Wszelkie gradienty temperatury, obecne wewnątrz konstrukcji przekaźnika, a spowodowane nagrzewaniem cewki, przenoszeniem ciepła z otoczenia przekaźnika na PCB (przez wyprowadzenia lutownicze), czy w końcu zmiany temperatury powietrza w obudowie urządzenia, będą w ostatecznym rozrachunku zmieniały wartość EMF, co od strony układu da się odczuć jako szum czy też – ściślej rzecz ujmując – wolnozmienny dryf napięcia. Z tego też



Fotografia 2. Przekaźniki sygnałowe z serii TX-S marki Panasonic (https://t.ly/-vqK)

REKLAMA

TME Electronic Components
TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK

PRZEKAŹNIKI ELEKTROMAGNETYCZNE ORAZ MODUŁY SSR

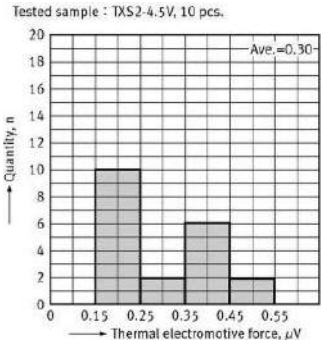
DOWIEDZ SIĘ WIĘCEJ!

relpol® S.A.

Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.
Łódź, Polska, dso@tme.pl
Dołącz do nas:
tme.eu tme.com

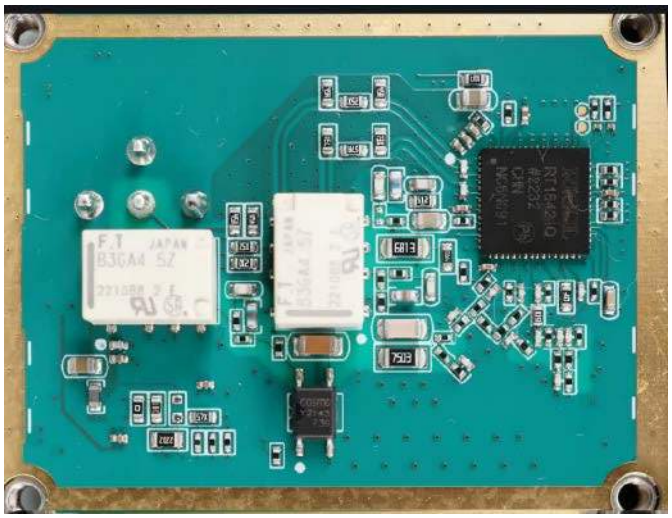
eprasa.pl a0c9eea7b

względu niektórzy producenci przekaźników do precyzyjnych aplikacji pomiarowych dostarczają dokładniejsze informacje na temat napięcia termoelektrycznego styków – za przykład mogą nam tutaj posłużyć przekaźniki z serii TX-S marki Panasonic (**fotografia 2**), dla których producent nie tylko określił przybliżoną, średnią wartość napięcia termoelektrycznego w normalnych warunkach pracy (0,3 μV), ale przygotował nawet stosowny histogram, wykonany na bazie 10 próbek komponentów (**rysunek 2**).



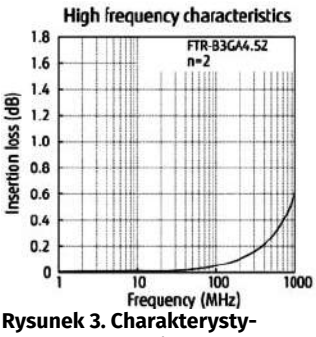
Rysunek 2. Histogram obrazujący statystyczny rozkład pomiarów napięcia termoelektrycznego, generowanego na stykach przekaźników z serii TX-S marki Panasonic (https://t.ly/-vqK)

Ciekawym przykładem zastosowania wysokiej jakości przekaźników sygnałowych mogą być tory wejściowe nowoczesnych oscyloskopów cyfrowych. Przykładowo – w opisanych w poprzednim numerze „Elektroniki Praktycznej" oscyloskopach z serii DHO4000 marki Rigol (zainteresowanych Czytelników odsyłamy do lektury EP 4/2023) konstruktorzy zastosowali miniaturowe przekaźniki FTR-B3 GA4.5Z marki Fujitsu (**fotografia 3**), oferujące nie tylko możliwość pracy z obciążeniem minimalnym 10 μA/10 mV DC, ale także wytrzymujące napięcia styków do 220 V DC/250 V AC. Co jednak najważniejsze – przekaźniki oferują dobre charakterystyki w zakresie parametrów wysokoczęstotliwościowych, rzecz jasna w paśmie sensownym z punktu widzenia osiągów tej serii oscyloskopów: straty wtrąceniowe w paśmie 800 MHz nie przekraczają 0,5 dB (**rysunek 3**), zaś izolacja jest nie gorsza niż 20 dB aż do częstotliwości 1 GHz (**rysunek 4**).

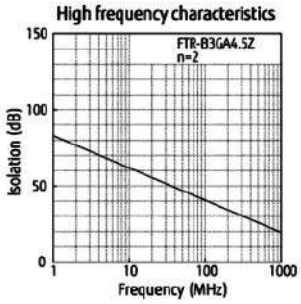


Fotografia 3. Przekaźniki sygnałowe FTR-B3 GA4.5Z (Fujitsu), zastosowane we front-endach kanałów wejściowych oscyloskopów z serii DHO4000 marki Rigol (https://t.ly/mE2IF)

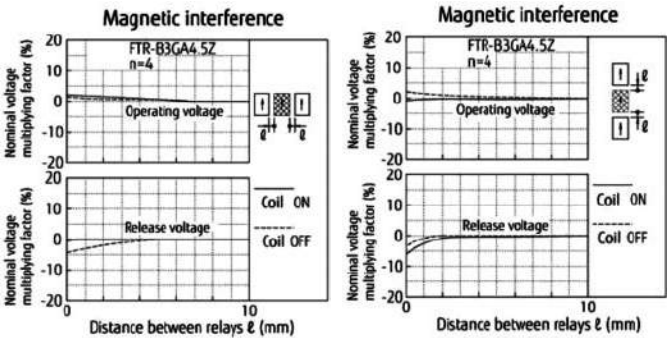
Co ciekawe, firma Fujitsu udostępniła nawet charakterystyki przesłuchów magnetycznych pomiędzy pracującymi obok siebie przekaźnikami z serii FTR-B3 (**rysunek 5**) – choć z pozoru zagadnienie magnetycznych oddziaływań pomiędzy cewkami a kotwicami pracujących blisko siebie przekaźników może wydawać się niezbyt istotne, to zyskuje ono znaczenie w rozbudowanych multiplekserach (np. w kartach rozszerzeń systemów DAQ/ATE – **fotografia 4**). Problem



Rysunek 3. Charakterystyka strat wtrąceniowych dla przekaźników z serii FTR-B3 (https://t.ly/vUfA)



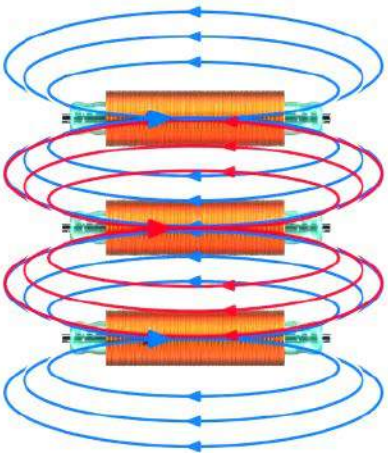
Rysunek 4. Charakterystyka izolacji sygnałów RF dla przekaźników z serii FTR-B3 (https://t.ly/vUfA)



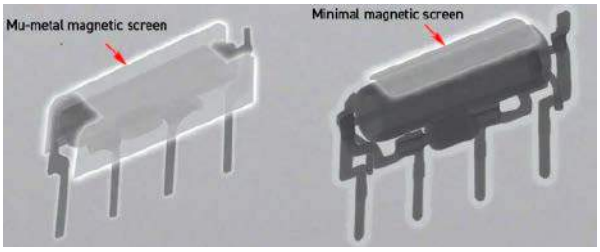
Rysunek 5. Charakterystyki interferencji magnetycznej dla przekaźników z serii FTR-B3 przy pracy w dwóch możliwych orientacjach na PCB (https://t.ly/vUfA)

Fotografia 4. Zestaw dwóch kart rozszerzeń w standardzie PXI, zawierających łącznie 512 przekaźników kontaktronowych z serii 111P i 117 marki Pickering (https://t.ly/rx3lw)

eprasa.pl a0c98eea7b



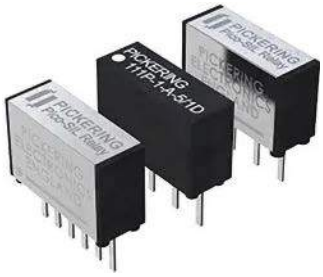
Rysunek 6. Schematyczne przedstawienie linii sił pola magnetycznego, generowanego przez cewki sterujące pracujących blisko siebie przekaźników kontaktronowych (https://t.ly/rx3lw)



Fotografia 5. Zdjęcia rentgenowskie, ukazujące pełny ekran mu-metalowy wokół przekaźników marki Pickering (po lewej) oraz „minimalistyczne" ekranowanie konwencjonalnego przekaźnika konkurencyjnego – po prawej (https://t.ly/SzeVu)

przesłuchów magnetycznych jest szczególnie dotkliwy w przypadku przekaźników kontaktronowych, które z uwagi na konstrukcję bardzo często pracują w ciasnych ułożeniach równoległych (**rysunek 6**).

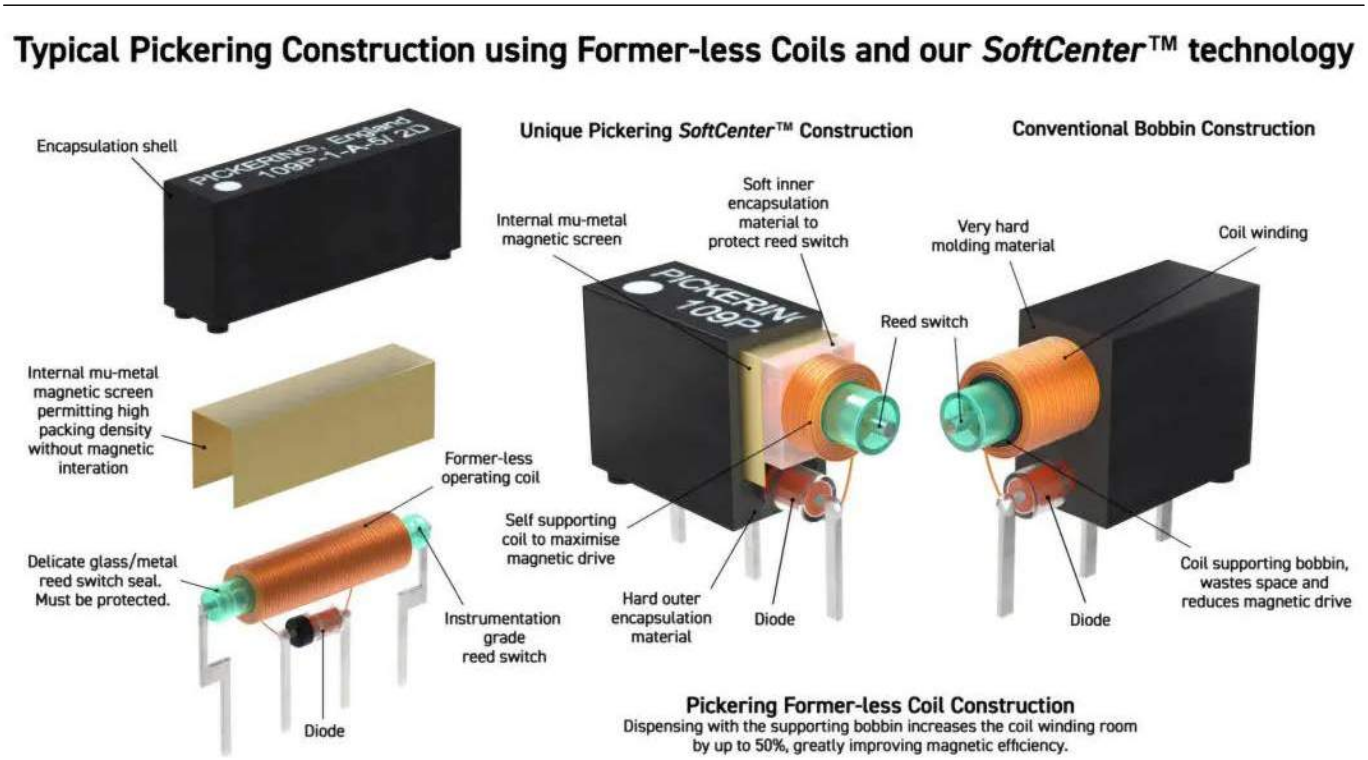
Wysokiej klasy przekaźniki kontaktronowe produkowane są w wersjach z wewnętrznym ekranowaniem za pomocą warstwy mu-metalu (**fotografia 5**), chroniącej styki przed działaniem zewnętrznych pól od sąsiadujących komponentów. Doskonałym przykładem może być tutaj seria 111 marki Pickering (**fotografia 6**). Oprócz ekranu magnetycznego elementy te oferują także szereg innych rozwiązań, znacznie ułatwiających implementację i poprawiających parametry użytkowe – cewka sterująca jest wyposażona w diodę blokującą impulsy samoindukcji, zaś całość obudowy (wokół szklanej rurki kontaktronu) jest wypełniona elastycznym materiałem, mającym na celu ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi (**rysunek 7**). Mało tego – w ramach tej samej rodziny produktów znajdują się też wykonania koncentryczne, oferujące kontrolowaną impedancję falową 50 Ω i umożliwiające pracę z częstotliwościami do 2,5 GHz. Warto także dodać, że przekaźniki marki Pickering cechują się wybitnie wysoką rezystancją izolacji (1012 Ω!) oraz krótkimi czasami przełączania (0,5 ms/0,2 ms) i niskimi progami pojemności pasożytniczych (1,5 pF od styków do cewki, 0,15 pF pomiędzy rozłączonymi stykami), co pozwala na zastosowanie ich w zaawansowanych macierzach przełączników, m.in. w automatycznych systemach testujących. Tym bardziej że footprint tych podzespołów mieści się w wymiarach 10×3,7 mm!



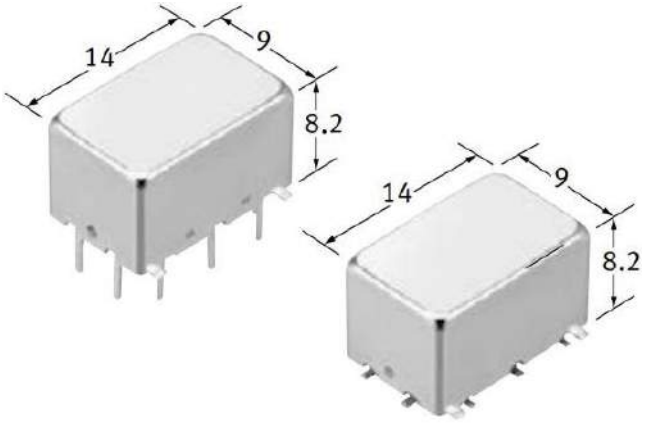
Fotografia 6. Przekaźniki z serii 111 marki Pickering (https://t.ly/08gi)

REKLAMA

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 7. Konstrukcja przekaźników kontaktronowych marki Pickering (https://t.ly/GL8ij)

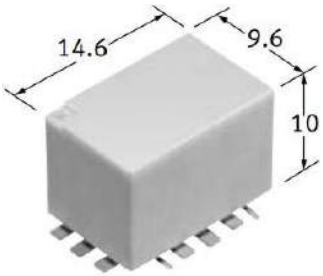


Fotografia 7. Ekranowane przekaźniki mikrofalowe z serii RJ marki Panasonic (https://t.ly/I2Xp)

Przekaźniki do aplikacji RF

Wspomnieliśmy już o kilku modelach przekaźników sygnałowych, mogących pracować z częstotliwościami radiowymi. Warto jednak wiedzieć, że rynek przekaźników wysokoczęstotliwościowych zdecydowanie się nie kończy na opisanych rodzinach podzespołów.

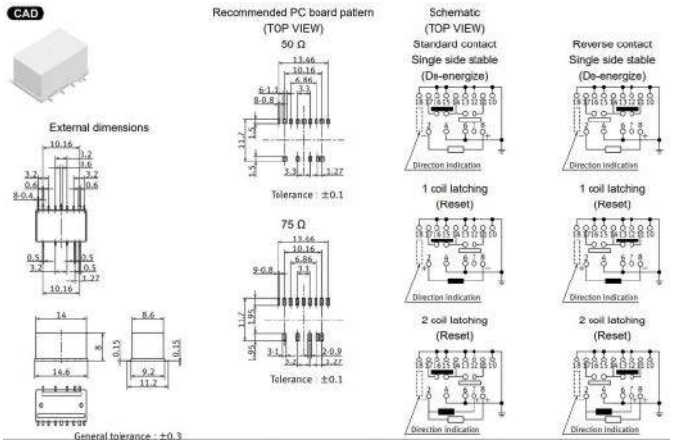
Firma Panasonic wdrożyła do sprzedaży aż siedem serii przekaźników RF (RS, RA, RJ, RN, RD, RV oraz RE) o bardzo zróżnicowanych parametrach oraz formach. Kompaktowe przekaźniki z rodziny RJ (**fotografia 7**), produkowane w ekranowanych obudowach SMT oraz THT o wymiarach 14×9×8,2 mm, są w stanie pracować z sygnałami w paśmie maksymalnie do 8 GHz, przy czym dla zakresu do 5 GHz oferują kontrolowaną impedancję falową 50 Ω i maksymalną moc rzędu 1 W (dla wspomnianych 5 GHz). Nieznacznie większe przekaźniki z serii RN (**fotografia 8**) mogą pracować z mocą rzędu 150 W (przy 2 GHz), co wymaga już zastosowania dedykowanego radiatora (**fotografia 9**). W segmencie niewielkich przekaźników do montażu na PCB firma Panasonic oferuje ponadto 3-gigahercowe przekaźniki z serii RS o mocy do 10 W, w wersjach o impedancji 50 lub 75 Ω oraz ze stykami w konfiguracjach monostabilnych i bistabilnych (1- oraz 2-cewkowych) – wymiary oraz dostępne układy styków i cewek części z nich przedstawiono na **rysunku 8**.



Fotografia 8. Przekaźnik z serii RN marki Panasonic (https://t.ly/jKZc)

Fotografia 9. Radiator do przekaźników z serii RN – AQP812 (https://t.ly/jKZc)

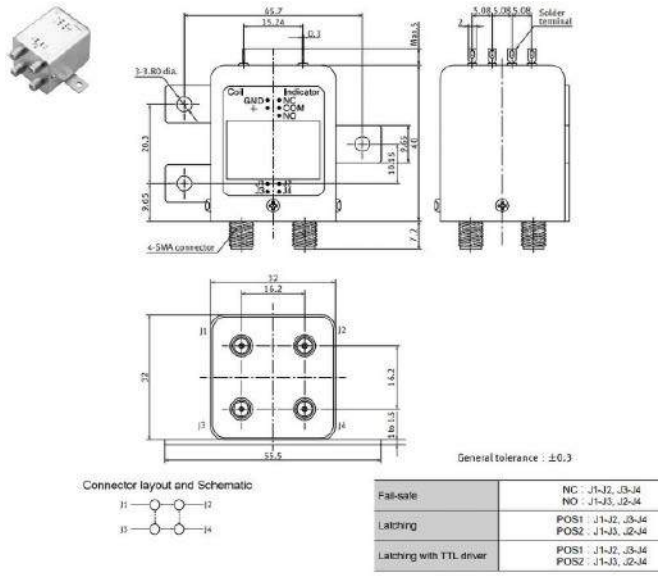
Jeszcze większe możliwości oferują moduły przekaźników z serii RD (określane mianem coaxial switches), także produkcji Panasonica. W solidnych, metalowych obudowach (**fotografia 10**) znajdują się wysokiej klasy przekaźniki o koncentrycznej konstrukcji torów sygnałowych, zdolne do pracy z częstotliwością nawet do 26,5 GHz (50 Ω). Dostępne konfiguracje obejmują styki typu SPDT,



Rysunek 8. Dostępne modele przekaźników z serii RS marki Panasonic (wersja SMD z layoutem typu Y) – https://t.ly/t2sle

eprasa.pl a0c98eea7b

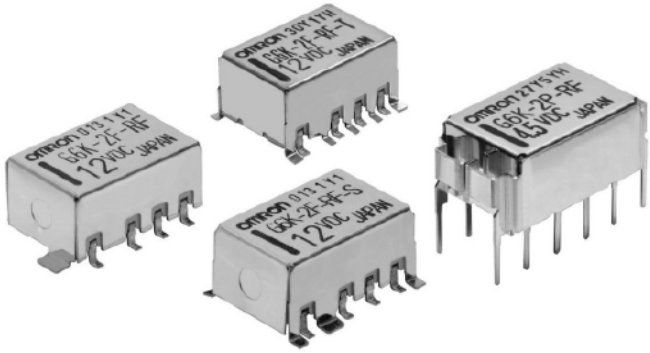
Fotografia 10. Mikrofalowe moduły przekaźnikowe z serii ARD marki Panasonic (https://t.ly/7Yor)



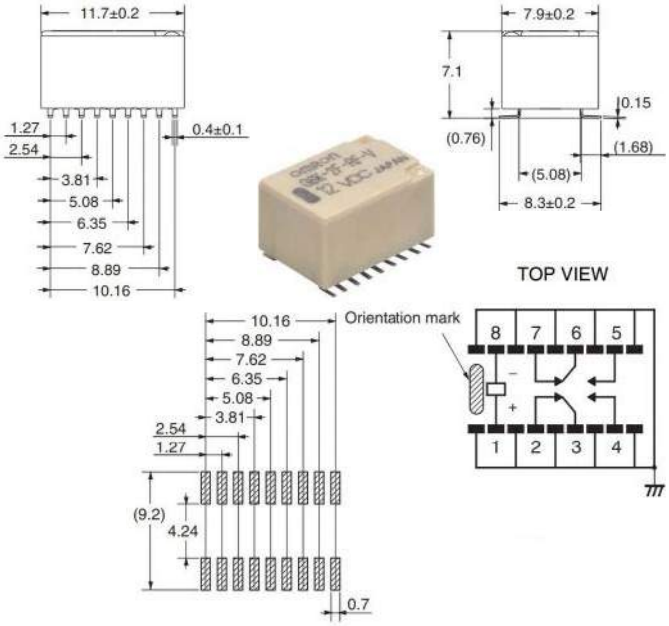
Rysunek 9. Wymiary oraz opis konfiguracji połączeń w przekaźniku z serii ARD (https://t.ly/NmI6)

SP6T oraz specjalną wersję 4-portową, określaną mianem transfer i umożliwiającą łączenie poszczególnych gniazd w charakterystyczny, „macierzowy" sposób, opisany na **rysunku 9**. Także w tej serii dostępne są wersje monostabilne oraz bistabilne, przy czym te ostatnie występują w dwóch odmianach: pasywnej (z dwiema cewkami sterującymi) oraz aktywnej, z wbudowanym sterownikiem TTL.

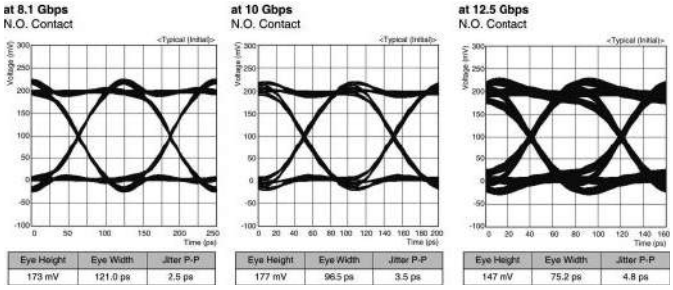
Inni producenci także wdrożyli własne serie przekaźników RF, często o zaskakująco dobrych parametrach lub nietypowych funkcjonalnościach i konfiguracjach. Marka Omron opracowała linię stosunkowo niedrogich, subminiaturowych, ekranowanych



Fotografia 11. Przekaźniki z serii G6K(U)-2F(P)-RF(-S, -T) marki Omron (https://t.ly/qVsn)



Rysunek 10. Dane katalogowe przekaźnika G6K-2F-RF-V marki Omron (https://t.ly/VEDc)



Rysunek 11. Diagramy oka dla styków NO przekaźnika G6K-2F-RF-V marki Omron (https://t.ly/VEDc)

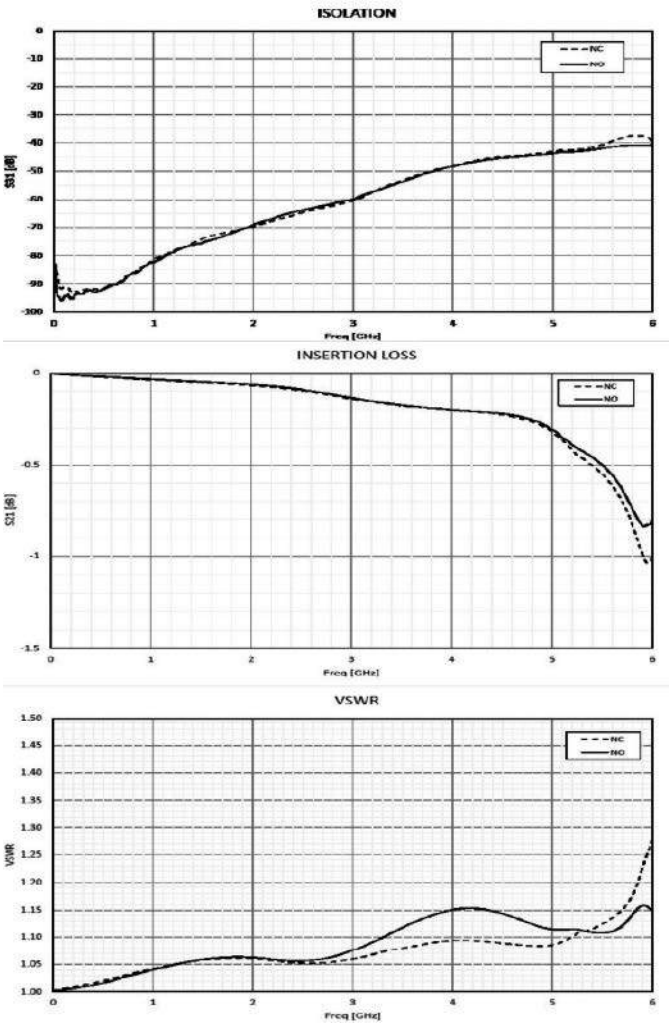
przekaźników G6K(U)-2F(P)-RF(-S, -T), przeznaczonych do montażu na PCB i produkowanych w obudowach o wymiarach zaledwie 10,3×6,9×5,4 mm (**fotografia 11**). Podzespoły są wyposażone w 100-miliwatowe cewki o napięciu nominalnym 3, 4,5, 5, 12 oraz 24 V i mogą pracować z obciążeniem do 125 V AC/0,3 A, lub 30 V DC/1 A (1 W dla częstotliwości 1 GHz). Seria G6K-2F-RF-V (**rysunek 10**) jest natomiast przeznaczona do pracy z parami różnicowymi w paśmie do 8 GHz, choć dobrze radzi sobie z przekazem danych o przepustowości nawet 12,5 Gbps (**rysunek 11**).

Fotografia 12. Przekaźnik RF z serii H6F marki Axicom/TE Connectivity (https://t.ly/KgOn)

Interesującą ofertę przekaźników RF ma również marka Axicom/TE Connectivity – warto zwrócić uwagę szczególnie na serię HF6 (**fotografia 12**), oferującą doskonałe parametry w zakresie izolacji (80 dB @ 900 MHz, 60 dB @ 3 GHz oraz 30 dB @ 6 GHz), strat wtrąceniowych (0,05 dB @ 900 MHz, 0,15 dB @ 3 GHz oraz 0,8 dB @ 6 GHz) oraz VSWR (1,05 @ 900 MHz, 1,10 @ 3 GHz oraz 1,40 @ 6 GHz) – patrz **rysunek 12**.

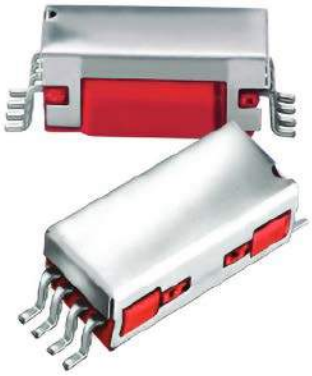
Na koniec tej sekcji podamy jeszcze informacje o propozycji marki Coto Technology, a dokładniej o serii przekaźników kontaktronowych 9814 (**fotografia 13**). Oprócz szerokiego pasma (6,5 GHz) i koncentrycznej konstrukcji (50 Ω) oferują one bowiem wyśrubowane parametry, z których skorzystać mogą też konstruktorzy urządzeń pracujących

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 12. Charakterystyki parametrów wysokoczęstotliwościowych (od góry: izolacja, straty wtrąceniowe oraz VSWR) dla przekaźników z serii H6F marki Axicom/TE Connectivity (https://t.ly/KgOn)

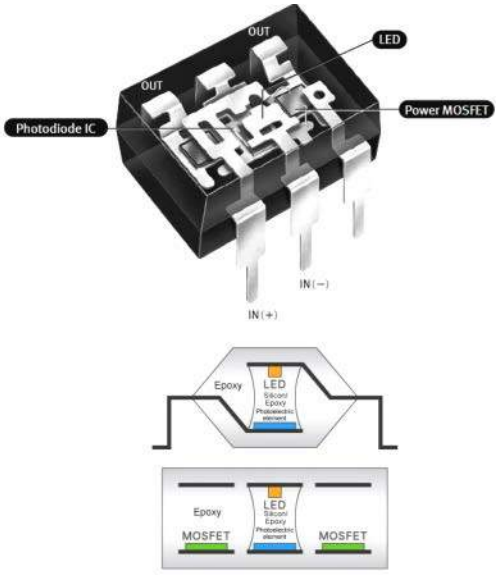
w niższych zakresach częstotliwości, ale za to wymagających niemal „przezroczystego" (pod względem elektrycznym) połączenia np. dla torów wejściowych układów analogowych o bardzo wysokiej impedancji. Rezystancja izolacji wynosi bowiem aż 1 teraom (!), pojemność pasożytnicza – zaledwie 0,2 pF (styki do ekranu) lub 0,5 pF (styki do cewki), a rezystancja zestyku nie przekracza 0,2 Ω. Przekaźniki marki Coto Technologies są też – jak przystało na kontaktrony – dość szybkie: typowy czas włączenia wynosi 250 μs, zaś wyłączenia – zaledwie 50 μs.



Fotografia 13. Przekaźniki kontaktronowe z serii 9814 i 9852 marki Coto Technology (https://t.ly/6lSn)

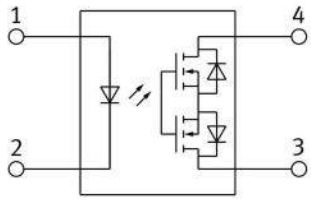
Optoprzekaźniki

Interesującą grupę elementów stanowią optoprzekaźniki. Choć – podobnie jak SSR – są one także komponentami półprzewodnikowymi, to w tym przypadku konstrukcja stopnia wyjściowego opiera się już nie na triaku, tyrystorze czy też IGBT, ale na technologii, która w materiałach firmy Panasonic jest określana mianem PhotoMOS (mimo że dziś stosowana jest także przez wielu innych producentów, rzecz jasna pod nazwami omijającymi zastrzeżony znak towarowy).



Rysunek 13. Budowa wewnętrzna optoprzekaźnika wykonanego w technologii PhotoMOS (https://t.ly/BQWW9)

Budowa optoprzekaźników bazuje na koncepcji nieco zbliżonej do klasycznego transoptora (**rysunek 13**) – w tym przypadku jednak światło wewnętrznej diody LED nie powoduje zamknięcia obwodu wtórnego w sposób bezpośredni (tj. przez zwiększenie prądu kolektora fototranzystora), ale pada na fotodiodę (a raczej zestaw połączonych szeregowo fotodiod) po stronie wyjściowej. Napięcie wygenerowane przez taki mikroskopijny generator fotowoltaiczny otwiera następnie parę połączonych źródłami tranzystorów MOSFET (**rysunek 14**), pełniących funkcję właściwego elementu kluczującego.



Rysunek 14. Schemat klasycznego optoprzekaźnika (https://t.ly/V16I)

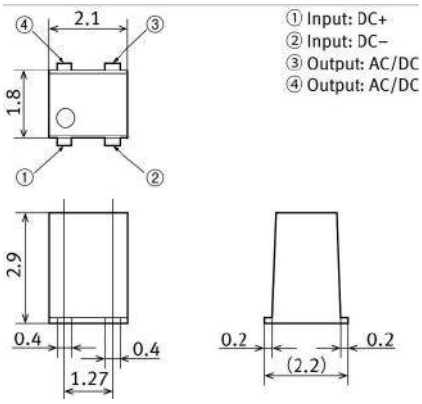
Fotografia 14. Optoprzekaźnik z serii PhotoMOS RF w obudowie VSSOP marki Panasonic (https://t.ly/xHfU)

Konstrukcja optoprzekaźników niesie wiele zalet, do których należy zaliczyć:

- krótkie czasy przełączania (nawet poniżej 50 μs),
- niskie natężenie prądu sterującego (w nowoczesnych modelach często na poziomie 5 mA), a co za tym idzie – niski pobór mocy z wyjść układu sterującego optoprzekaźnikiem,
- doskonałą odporność mechaniczną,
- długi czas eksploatacji z uwagi na brak elementów mechanicznych,
- brak efektów iskrzenia,
- brak efektów dźwiękowych podczas przełączania.

Uważni Czytelnicy od razu zauważą, że większość tych cech można przecież przypisać także do konwencjonalnych przekaźników SSR. To prawda – optoprzekaźniki umożliwiają jednak również silną miniaturyzację (najmniejsze komponenty mogą mieć rozmiary nieprzekraczające 3 mm w żadnej osi – patrz **fotografia 14** i **rysunek 15**), a ponadto, co jest chyba najważniejsze – oferują doskonałe parametry podczas pracy ze słabymi sygnałami w obwodzie wyjściowym. Należy bowiem zauważyć, że przekaźniki półprzewodnikowe

eprasa.pl a0c98eea7b



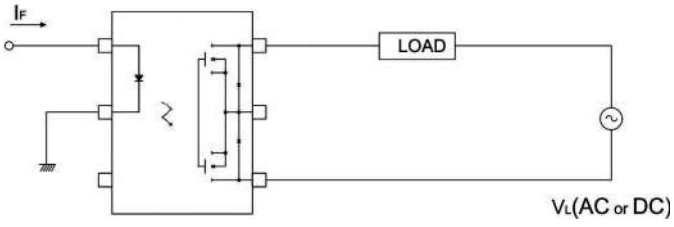
Rysunek 15. Wymiary optoprzekaźnika z serii PhotoMOS RF w obudowie VSSOP marki Panasonic (https://t.ly/UdSy)

oparte na triakach i tyrystorach będą niejako obcinały subtelne niuanse sygnałowe z uwagi na sposób pracy i kształt charakterystyk prądowo-napięciowych tychże elementów. Mało tego – optoprzekaźniki wyprzedzają pod tym względem także transoptory, które nawet w stanie pełnego otwarcia będą przecież wykazywały stosunkowo duże napięcie saturacji fototranzystora (nie mówiąc już o tym, że w przeciwieństwie do optoprzekaźników nie nadają się do pracy z sygnałami przemiennymi).

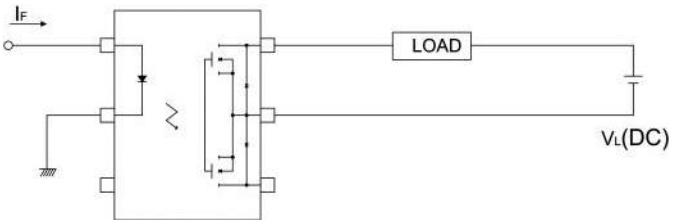
Fotografia 15. Optoprzekaźnik PMA216D marki In & Out Electronic (https://t.ly/HS3f)

Przykładem produktu z omawianej kategorii może być model PMA216D, znajdujący się w ofercie tajwańskiej firmy In & Out Electronic. Pomimo niewielkich wymiarów 4-pinowej obudowy typu SOP (4,4×4,3×2,0 mm – **fotografia 15**) układ oferuje bardzo przyzwoitą obciążalność wyjściową – może pracować z ciągłym prądem obciążenia do 5 A (w pojedynczym impulsie 300 µs nawet do 35 A), choć dopuszczalne napięcie to zaledwie 20 VDC. Rezystancja w stanie otwarcia (przy prądzie przewodzenia diody LED równym 5 mA) to maksymalnie 500 mΩ, zaś wytrzymałość izolacji jest równa 1500 Vrms. Prąd upływu w stanie wyłączenia nie przekracza natomiast 1 µA – niby mało (jest to wszak wartość typowa dla niewielkich tranzystorów MOSFET), ale w niektórych sytuacjach nawet taka upływność będzie utrudniała albo wręcz uniemożliwiała praktyczne zastosowanie optoprzekaźnika.

Jeżeli wartość prądu upływu ma kluczowe znaczenie dla funkcjonalności, bezpieczeństwa czy też dokładności pomiarowej urządzenia, konieczne okaże się zastosowanie innych elementów. Kolejny tajwański producent – tym razem firma Bright Toward Industrial – wprowadził do sprzedaży serię przekaźników 26-pA, oferującą jedno- i dwukanałowe optoprzekaźniki o maksymalnym ratingu wyjściowym 40 V/2 A, których deklarowany prąd upływu w stanie wyłączenia nie przekracza 1 nA (w typowych warunkach wynosi około 700 pA). Co więcej,

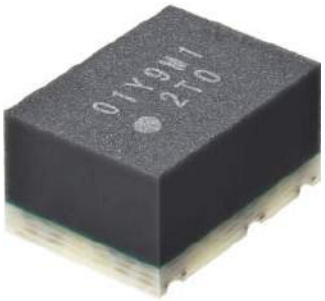


Rysunek 16. Podłączenie 6-pinowego optoprzekaźnika z serii 26-pA w układzie umożliwiającym zasilanie obciążenia napięciem przemiennym (https://t.ly/Ovkl1)



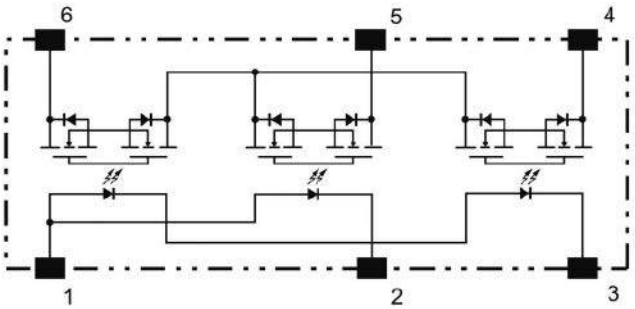
Rysunek 17. Układ pracy optoprzekaźnika w konfiguracji umożliwiającej uzyskanie 4-krotnie niższej rezystancji RDSON (dla zasilania DC) w porównaniu do aplikacji z rysunku 16 (https://t.ly/Ovkl1)

niewielkie układy cechują się bardzo niską rezystancją w stanie włączenia (35 mΩ, maksymalnie 60 mΩ), są niestety dość powolne – czas włączenia waha się od 0,8 ms do nawet 2,5 ms pod koniec zakresu dopuszczalnych temperatur pracy. Warto dodać, że wśród dostępnych modeli optoprzekaźników 26-pA znajdują się zarówno proste, 4-pinowe wersje pojedyncze, jak 6-pinowe podzespoły z podwojoną strukturą tranzystorową, umożliwiającą zarówno pracę z sygnałami AC (**rysunek 16**), jak i DC, przy 4-krotnie obniżonej rezystancji RDSON (**rysunek 17**).

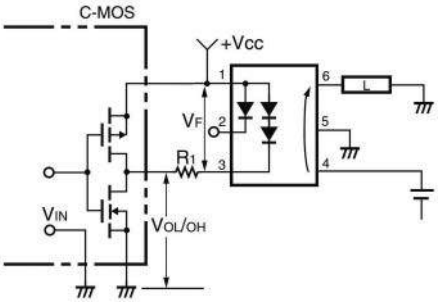


Fotografia 16. Optoprzekaźnik z serii G3VM-xMT marki Omron (https://t.ly/JYrZd)

Inżynierowie z firmy Omron poszli jeszcze dalej, stosując ciekawy trik technologiczny. Seria optoprzekaźników G3VM-xMT oferuje nie tylko niezwykle kompaktowe wymiary (5,0×3,75×2,7 mm – **fotografia 16**) – ale także ulepszoną konstrukcję obwodów wtórnych optoprzekaźnika, przedstawioną na **rysunku 18**. Wbrew pozorom, układ nie jest dwu-, a tym bardziej trzykanałową wersją klasycznego, prostego optoprzekaźnika – w rzeczywistości jest to rozbudowana konstrukcja jednokanałowa. Za sterowanie obciążeniem odpowiadają struktury MOSFET, połączone z wyprowadzeniami 4 i 6. Dodatkowa, środkowa sekcja, podłączona do pinu nr 5, służy niejako do... odprowadzania prądów upływu tranzystorów wyjściowych

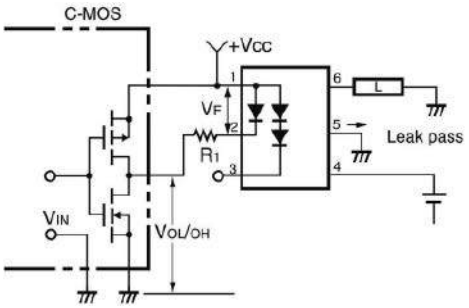


Rysunek 18. Schemat wewnętrzny optoprzekaźnika z serii G3VM-xMT marki Omron (https://t.ly/JYrZd)

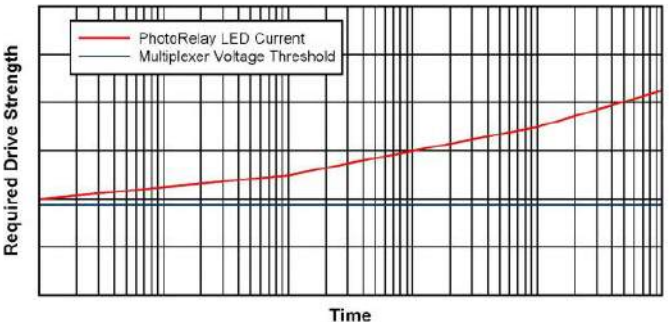


Rysunek 19. Schemat podłączenia optoprzekaźnika z serii G3VM-xMT w normalnych warunkach pracy (tj. dla włączonego obwodu obciążenia, wpiętego pomiędzy wyprowadzenia 4 i 6) – https://t.ly/JYrZd

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 20. Schemat podłączenia optoprzekaźnika z serii G3VM--xMT w stanie rozłączenia obwodu wyjściowego. Zasilanie diody, której katoda jest połączona z wyprowadzeniem nr 2, umożliwia „odprowadzenie" prądu upływu do masy układu po stronie wtórnej – https://t.ly/JYrZd

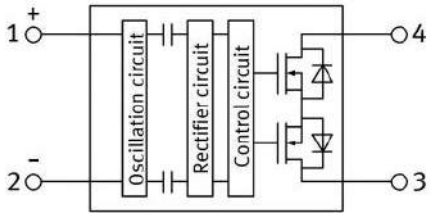


Rysunek 21. Porównanie wpływu starzenia na próg napięcia wejściowego multipleksera monolitycznego oraz wartość prądu zasilania diody LED optoprzekaźnika (https://t.ly/brCO)

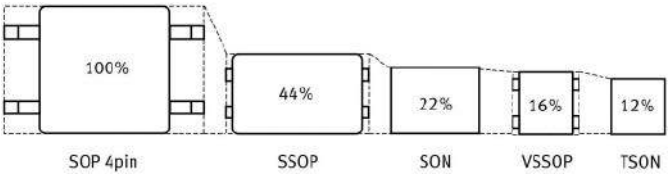
do masy obwodu wtórnego. W stanie włączenia przekaźnika (tj. zwarcia linii 4 i 6 przez skrajne sekcje MOSFET), dioda podłączona do linii nr 2 jest nieaktywna, podobnie jak odpowiadająca jej, środkowa część sekcji wyjściowej (**rysunek 19**). Po przerwaniu przepływu prądu w obwodzie 1–3 i załączeniu pomocniczej diody LED (piny 1–2) zaczyna przewodzić wyłączona wcześniej sekcja środkowa, co otwiera dla prądów upływu niskoomową ścieżkę do masy, „omijającą" niejako właściwy obwód wyjściowy (4, 6). Taki tryb pracy pozwala na ograniczenie prądu upływu wyjścia do fenomenalnie niskiego poziomu, nieprzekraczającego 1 pA (w najgorszych warunkach!), co w praktyce pozwala zejść do upływności rzędu nawet femtoamperów. Takie osiągi stawiają serię G3VM-xMT w ścisłej czołówce nowoczesnych optoprzekaźników i pozwalają na stosowanie w szerokim zakresie wymagających aplikacji analogowych.

Warto dodać, że pomimo niekwestionowanych zalet, jakie prezentują projektantom optoprzekaźniki, elementy te nie są rzecz jasna pozbawione pewnych wad. Jedną z nich podkreśla w swojej nocie aplikacyjnej pt. *When to Replace a Relay with a Multiplexer* firma Texas Instruments. Próbując przekonać swoich odbiorców do tego, że w wielu układach opłaca się zastąpić optoprzekaźniki nowoczesnymi multiplekserami analogowymi, autorzy dokumentu przedstawiają wykres, sugerujący wpływ starzenia diody LED w miarę czasu eksploatacji (**rysunek 21**) na sukcesywne zwiększanie zapotrzebowania obwodu wejściowego na prąd zasilania. Choć z pewnością efekt ten faktycznie będzie występował po wielu tysiącach godzin ciągłej pracy, to wątpliwe wydaje się, by był on jakkolwiek odczuwalny w typowych aplikacjach, zwłaszcza przy zasilaniu nadajnika prądem o zalecanym przez producenta natężeniu. Z drugiej strony, istotną przewagą optoprzekaźników nad monolitycznymi multiplekserami jest obecność bariery galwanicznej, dającej projektantom niebywałą wprost elastyczność w sterowaniu rozmaitymi obwodami urządzenia, pracującymi często na znacznie różniących się potencjałach.

Na koniec tej części artykułu warto wspomnieć jeszcze o podgrupie produktów marki Panasonic, która – nieco myląco dla odbiorców – trafiła także do kategorii PhotoMOS, choć opiera się na diametralnie innej



Rysunek 22. Schemat blokowy przekaźnika półprzewodnikowego, opartego na topologii pojemnościowej (https://t.ly/Ooxr)

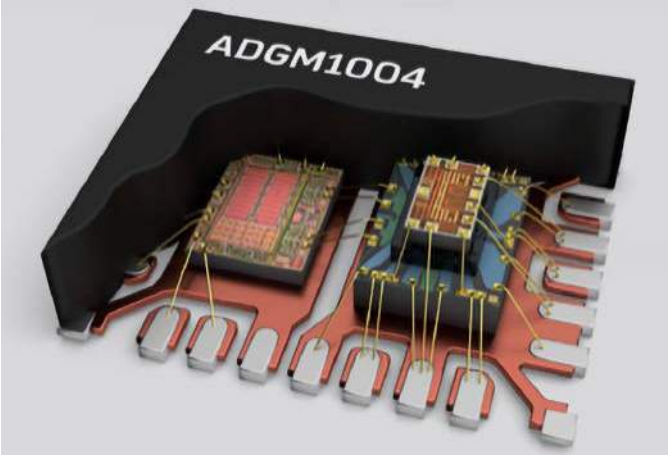


Rysunek 23. Porównanie wielkości obudów subminiaturowych optoprzekaźników oraz przełączników pojemnościowych CC marki Panasonic (https://t.ly/Hm_p)

konstrukcji. Zamiast optycznej bariery izolacyjnej zastosowane w niej zostało bowiem sprzężenie pojemnościowe (**rysunek 22**). Układ ma znaną z optoprzekaźników topologię wyjściową, bazującą na tranzystorach MOSFET, ale sterowanie prostym sygnałem optycznym zostało tutaj zastąpione rozbudowanymi układami oscylatora oraz układu odbiorczego z prostownikiem i demodulatorem – daje to możliwość znacznego zmniejszenia poboru prądu wejściowego (do 0,2 mA, co jest wynikiem przynajmniej kilkudziesięciokrotnie lepszym niż w przypadku optoprzekaźników) oraz wymiarów obudowy (wersja TSON ma wymiary zaledwie 1,95×1,80×0,8 mm, co zostawia daleko w tyle nawet najmniejsze konstrukcje optyczne – patrz **rysunek 23**).

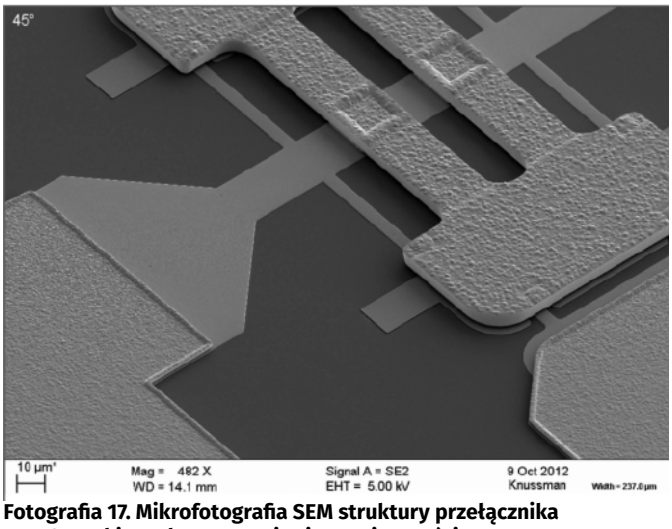
Przekaźniki MEMS

Opisane wcześniej optoprzekaźniki nieprzypadkowo porównaliśmy do transoptorów i przekąźników SSR – w obydwu przypadkach bowiem przełączanie obciążenia odbywa się na drodze sterowania elementami półprzewodnikowymi, co w wielu aplikacjach nie będzie wprawdzie niosło ze sobą szczególnych utrudnień ani pogorszenia parametrów, ale w bardziej wymagających zastosowaniach może okazać się sporym problemem. Możliwości produkcyjne współczesnych półprzewodników pozwalają jednak na połączenie części zalet z dwóch naprawdę odległych technologii – tradycyjnych przekaźników elektromechanicznych oraz półprzewodnikowych miniprzekaźników optycznych. Przełączniki MEMS – bo o nich mowa – oferują z jednej strony niezwykle kompaktowe wymiary, niski pobór mocy oraz możliwość sterowania bezpośrednio z poziomu linii I/O procesora bądź FPGA, z drugiej zaś – pracują w oparciu o fizyczne

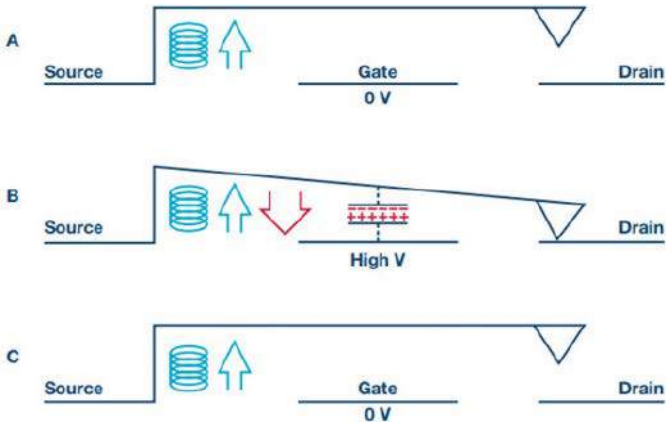


Rysunek 24. Hybrydowa konstrukcja przełącznika RF w technologii MEMS (https://t.ly/vLjn)

eprasa.pl a0c98eea7b



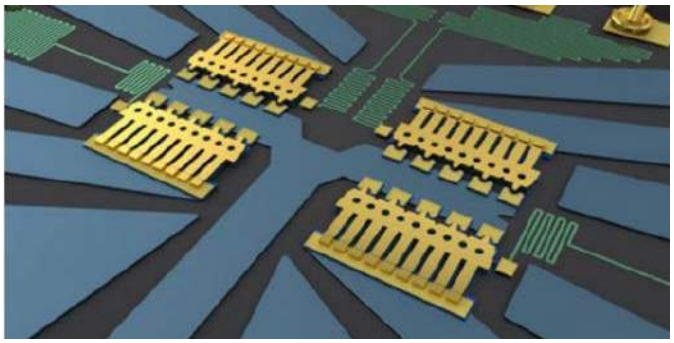
Fotografia 17. Mikrofotografia SEM struktury przełącznika MEMS marki Menlo ze sprzężeniem pojemnościowym (https://t.ly/eA-N)



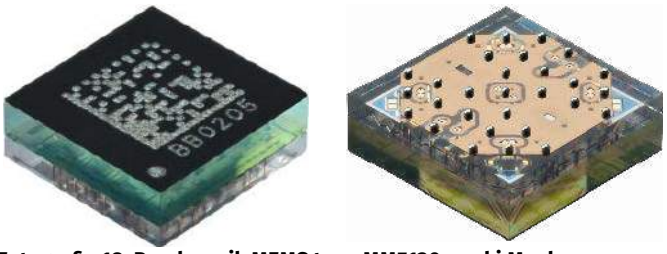
Rysunek 25. Ilustracja zasady działania przełączników MEMS, opartych na strukturze dźwigni jednostronnej; podpisy poszczególnych elektrod stanowią swobodne odniesienie do końcówek tranzystorów MOSFET i umożliwiają funkcjonalne odniesienie sposobu sterowania mikroprzekaźnika do zwykłego tranzystora (https://t.ly/swY_)

łączenie i rozłączanie styków, co pozwala na skorzystanie z dobrodziejstw konwencjonalnych przekaźników.

Przełączniki (czy też przekaźniki) MEMS mają budowę hybrydową (**rysunek 24**) – obok układu sterującego (jeśli został on przewidziany przez producenta) znajduje się sekcja właściwych przełączników mechanicznych, wykonanych jednak w skali rzędu mikrometrów (**fotografia 17**). Aktualnie istnieją dwie zbliżone do siebie koncepcje konstrukcji części mikromechanicznej, czyli „serca" przekaźnika MEMS. Pierwsza z nich – szeroko promowana przez firmę Analog Devices – opiera się na jednostronnej dźwigni, odchylanej przez siły elektrostatycznego przyciągania, panujące pomiędzy statyczną



Rysunek 26. Trójwymiarowa wizualizacja struktury przełącznika MEMS w konfiguracji SP4T (https://t.ly/-dtN)

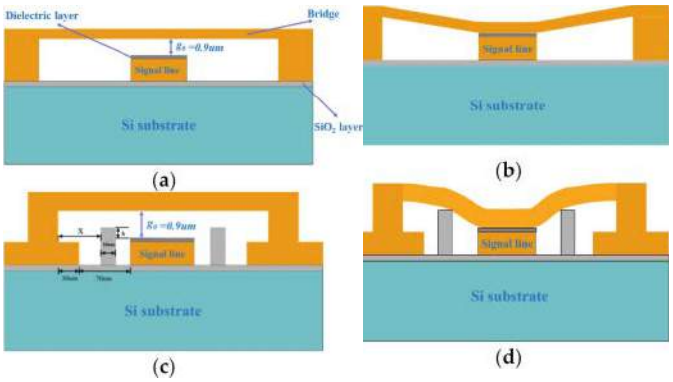


Fotografia 18. Przełącznik MEMS typu MM5130 marki Menlo (https://t.ly/4p_n)

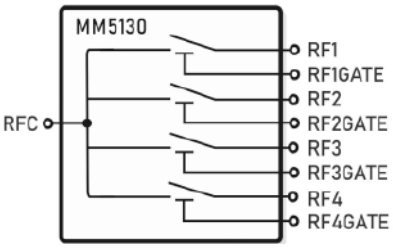
elektrodą umieszczoną w podłożu a samą dźwignią przełącznika (**rysunek 25**) – powrót dźwigni do pozycji spoczynkowej odbywa się rzecz jasna przez naturalną sprężystość dźwigni, czyli w sposób typowy dla technologii MEMS. Po opanowaniu podstawowej technologii nic nie stoi na przeszkodzie, by powtarzać ją w ramach tej samej mikrostruktury w bardziej złożonych konfiguracjach styków przełącznych (np. SP4T – **rysunek 26**).

Inną wersję technologii wykorzystuje firma Menlo m.in. w układzie MM5130 (**fotografia 18**). Układ opiera się na elastycznej belce, zawieszonej na dwóch podparciach nad statyczną elektrodą, pokrytą cienką warstwą słabego dielektryka. Odchylenie belki za pomocą pola elektrycznego powoduje jej ugięcie i w efekcie dociśnięcie do powierzchni dielektryka. Technologia taka umożliwia nie tylko pracę z sygnałami mikrofalowymi (nawet do 26 GHz), ale – co ciekawe – również z napięciem stałym i to przy prądzie rzędu 500 mA (maksymalna moc sygnału RF w trybie pulsacyjnym dochodzi nawet do 150 W!). Układ odstaje zresztą od swoich konkurentów nie tylko pod względem zastosowanej technologii na poziomie mikrostruktury – jakby tego było mało, całość jest bowiem wykonana na bazie stabilnej, szklanej obudowy, co doskonale widać na fotografii 18. Prąd upływu w stanie rozłączenia nie przekracza 150 nA (w typowych warunkach jest 10× mniejszy), zaś rezystancja zamkniętego przełącznika wynosi typowo 1,2 Ω (max. 3 Ω).

Warto dodać, że implementacja układowa przełącznika MM5130 nie należy do najłatwiejszych – to do użytkownika należy bowiem zapewnienie odpowiedniego napięcia odchylania mikroskopijnych belek przełączników, gdyż układ jako taki jest konstrukcją pasywną

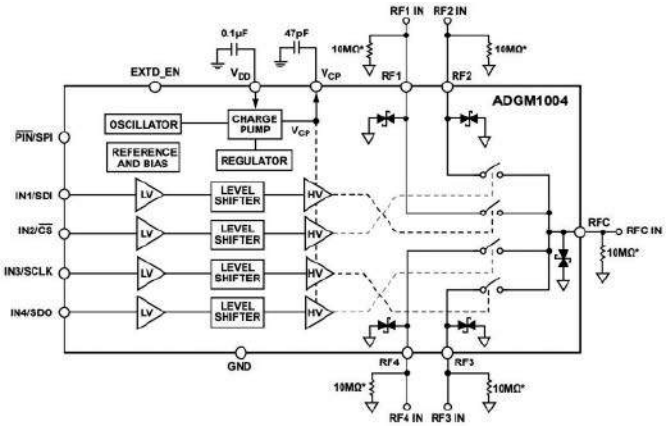


Rysunek 27. Schemat konstrukcji przełącznika MEMS ze sprzężeniem pojemnościowym (a, b) – podstawowa topologia w stanach – odpowiednio – OFF oraz ON) (c, d) – struktura z dodatkowymi „filarami" podpierającymi elastyczną belkę (https://t.ly/GPdP)

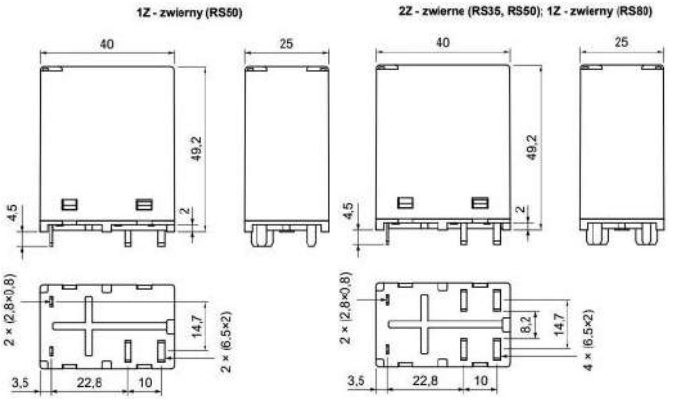


Rysunek 28. Schemat przełącznika MM5130 (https://t.ly/vM_Q)

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 29. Schemat blokowy przełącznika MEMS typu ADGM1004 (https://t.ly/52uh)



Rysunek 30. Wymiary przekaźników wysokoprądowych z serii RS50/RS80 marki Relpol (https://t.ly/KquH)

(**rysunek 28**). Nie byłoby w tym nic szczególnie zaskakującego, gdyby nie fakt, że do wysterowania miniaturowych belek konieczne jest napięcie rzędu około 90 V – wymaga to zatem zainstalowania w układzie przetwornicy podwyższającej napięcie lub powielacza. Na całe szczęście jednak pobór prądu wejść RFxGATE – jak przystało na rozwiązania elektrostatyczne – jest znikomy i wynosi zaledwie 2...10 nA. Konstrukcja omawianego przekaźnika jest też fenomenalnie szybka – zapewnia bowiem czasy włączania i wyłączania na poziomie – odpowiednio 8,5 (max. 16) i 2,5 (max. 6) µs.

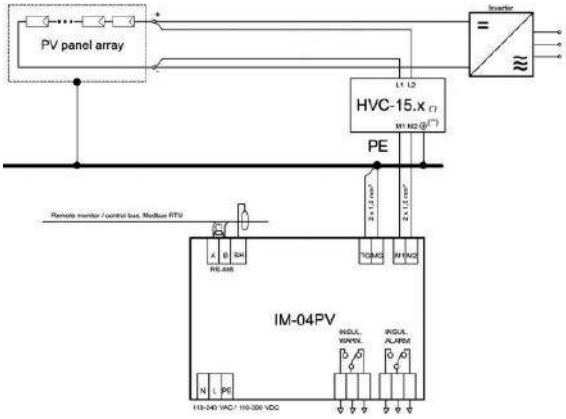
Wspomniany powyżej problem wysokiego napięcia wymaganego do sterowania belki został także dostrzeżony przez konstruktorów z firmy Analog Devices, którzy w oferowanym przez ADI układzie ADGM1004 zaimplementowali wbudowany generator wysokiego (z punktu widzenia elektroniki cyfrowej) napięcia, rzecz jasna wraz ze wszystkimi obwodami dodatkowymi: translatorami poziomów logicznych, oscylatorem oraz interfejsem SPI (współdzielącym wyprowadzenia I/O układu z wejściami poszczególnych kanałów) i sterownikami wysokonapięciowymi, połączonymi z wewnętrzną pompą ładunkową. Schemat układu ADGM1004 przedstawiono na **rysunku 29**. Sekcje styków mikromechanicznych mogą pracować z sygnałami w szerokim spektrum od DC do 13 GHz, należy jednak wspomnieć, że technologia ta również nie jest pozbawiona wad – przykładowo, sterowanie przełączników odbywa się 10...30-krotnie wolniej niż w przypadku przedstawionego wcześniej układu MM5130 (czasy włączania i wyłączania dochodzą do 75 µs).

Przekaźniki do aplikacji fotowoltaicznych

Systemy fotowoltaiczne zyskują na znaczeniu i w dużej mierze napędzają trend rozwoju nowoczesnych sieci elektroenergetycznych, w których konsumenci stają się prosumentami – odsprzedającymi nadwyżkę wygenerowanej lokalnie energii z powrotem do sieci. Rozproszone generowanie energii coraz ściślej wiąże się też z jej magazynowaniem – niestabilny charakter odnawialnych źródeł energii (np. paneli słonecznych czy turbin wiatrowych), wynikający z natury zjawisk przyrodniczych, wraz z problemem zapewnienia odpowiedniej wydajności sieci dla potrzeb ładowania pojazdów elektrycznych wymaga zatem stosowania wytrzymałych i niezawodnych rozwiązań w zakresie łączenia poszczególnych bloków infrastruktury energetycznej.

Fotografia 19. Przekaźnik wysokoprądowy z serii RS80 marki Relpol (https://t.ly/M3mq)

Z tej prostej przyczyny konstruktorzy urządzeń dla fotowoltaiki czy stacji ładowania pojazdów elektrycznych potrzebują sprawdzonych przekaźników wysokoprądowych, zdolnych do pracy z dużymi obciążeniami i to zarówno w zakresie napięć przemiennych, jak i stałych. Firma Relpol opracowała serię przekaźników RS35, RS50 oraz RS80 (**fotografia 19**) o obciążalności styków – odpowiednio – 35 A, 50 A oraz 80 A. Maksymalna moc łączeniowa dla pracy w kategorii AC1 wynosi 8750 VA, 12500 VA lub 20000 VA (oraz 90 W dla kategorii DC1, niezależnie od modelu przekaźnika). Co ważne, przekaźniki z omawianych serii oferują także doskonałe parametry w zakresie izolacji cewka-styki:



Rysunek 31. Przykład zastosowania przekaźnika IM-04PV do monitorowania stanu izolacji po stronie paneli fotowoltaicznych (https://t.ly/yDg3)

Fotografia 20. Przekaźnik IM-04PV do monitorowania stanu izolacji w instalacji fotowoltaicznej (https://t.ly/_iBX)

eprasa.pl a0c98eea7b

odstępy powietrzne i powierzchniowe są nie mniejsze niż 10 mm, zaś napięcie probiercze dla izolacji wzmocnionej wynosi aż 5000 V AC. Przekaźniki występują w obudowach o stopniu ochrony IP40 i w klasie RTII wg PN-EN 61810-7. Wyprowadzenia lutownicze (o przekroju prostokątnym) zostały dostosowane do montażu bezpośrednio na PCB urządzenia, czemu sprzyjają zresztą kompaktowe wymiary całości (**rysunek 30**). Praktyczną aplikację przekaźników ułatwia także niski poziom mocy trzymania (100 mW) oraz krótki czas powrotu (5 ms).

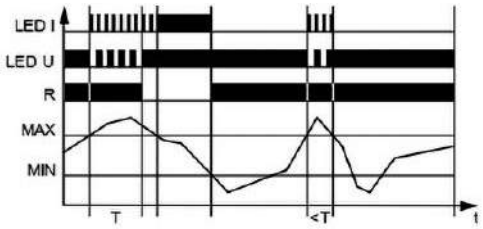
Warto dodać, że na rynku istnieje także szereg przekaźników, wyposażonych w dodatkową elektronikę i pełniących funkcje układów monitorujących wybrane parametry instalacji. W przypadku fotowoltaiki można spotkać się z urządzeniami przeznaczonymi do badania stanu izolacji po stronie paneli słonecznych (**rysunek 31**) – przykład takiego „inteligentnego" przekaźnika przedstawiono na **fotografii 20**. Podobne podejście – jednak z wykorzystaniem innych parametrów – zastosowano także w obszernej grupie tzw. przekaźników nadzorczych, których zakres aplikacji wykracza dalece poza instalacje OZE.

Fotografia 21. Przekaźnik nadzorczy z serii RPN-1A marki Relpol (https://t.ly/h1eg)

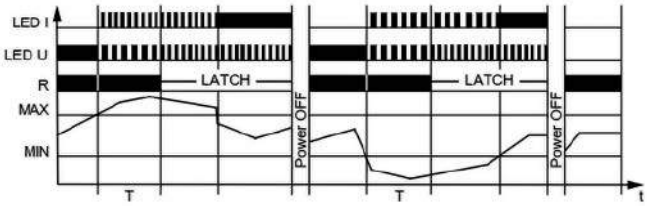
Przekaźniki nadzorcze do silników (i nie tylko)

Współczesne przekaźniki nadzorcze są w stanie monitorować szereg wielkości fizycznych o znaczeniu krytycznym dla niezawodności i bezpieczeństwa użytkowania instalacji elektrycznych. Firma Relpol opracowała dwie główne grupy takich urządzeń – modułowe (**fotografia 21**) oraz w obudowach przemysłowych (**fotografia 22**), przy czym w ramach każdej z nich występują modele o zróżnicowanych funkcjach i zakresach pracy. Model przedstawiony na fotografii 21 to wielofunkcyjne urządzenie, kontrolujące natężenie prądu przemiennego w sieci jednofazowej, z możliwością ustawienia górnego i dolnego progu zadziałania, opóźnienia (od 0,5 s do 20 s) oraz jednego z sześciu trybów pracy. Przykładowo – w najprostszej konfiguracji (oznaczonej jako OD) przekaźnik wyjściowy jest

Fotografia 22. Wielofunkcyjny przekaźnik nadzorczy w wersji przemysłowej (seria MR-GI1M2PTR2 marki Relpol – https://t.ly/kyBm)



Rysunek 32. Tryb pracy OVER D (OD) przekaźnika nadzorczego z serii RPN-1A marki Relpol (https://t.ly/NCm8C)



Rysunek 33. Tryb pracy WIN D + LATCH (WD+L) przekaźnika nadzorczego z serii RPN-1A marki Relpol (https://t.ly/NCm8C)

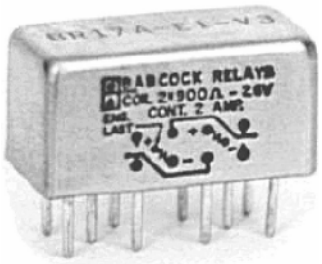
wyłączany, jeżeli wartość prądu przekroczy nastawę zadaną za pomocą pokrętła MAX i stan ten utrzyma się przez czas T ustalony za pomocą pokrętła DELAY. Powrót do stanu załączenia jest możliwy wtedy, gdy prąd w obwodzie spadnie poniżej wartości ustawionej pokrętłem MIN (**rysunek 32**). W najbardziej rozbudowanym trybie pracy okienkowej z zatrzaskiem – WD+L (**rysunek 33**) – przekaźnik jest rozłączany, jeżeli wartość prądu wykroczy poza zakres ograniczony przez nastawy pokręteł MAX i MIN (przez czas większy lub równy nastawie DELAY), ale jego ponowne włączenie jest możliwe dopiero po chwilowym odłączeniu zasilania systemu. Taki tryb pracy pozwala nie tylko na monitorowanie prądu jako takiego, ale zabezpiecza przed zagrożeniami, jakie mogłyby czyhać na operatora lub osoby postronne w momencie nagłego, niespodziewanego włączenia napędu maszyny (np. po usunięciu awarii).

Linia produktów RPN obejmuje ponadto przekaźniki nadzorcze dostosowane do detekcji zaniku fazy, asymetrii bądź zaburzenia kolejności faz w sieciach 3-fazowych, a także prostsze urządzenia, których celem jest monitorowanie temperatury silnika (za pomocą dołączonego do urządzenia, zdalnego termistora lub zestawu szeregowo połączonych termistorów PTC). Dostępne są także przekaźniki przeznaczone do nadzoru napięcia w sieciach 1-fazowych, a nawet do nadzoru zestyku termicznego bądź wykrywania zwarć w obwodzie termistorów. Analogiczne funkcjonalności, choć w bardziej przemysłowym wykonaniu, można znaleźć w przekaźnikach z serii MR tego samego producenta.

Przekaźniki do aplikacji militarnych i kosmicznych

Branże kosmiczna oraz wojskowa są – jak wiadomo – jednymi z najbardziej wymagających obszarów współczesnej techniki, nie tylko z uwagi na bardzo wysoki poziom niezawodności, ale także niezwykle trudne warunki środowiskowe. W przypadku przekaźników elektromechanicznych kluczowe znaczenie zyskują zwłaszcza wymagania dotyczące wibracji, przeciążeń czy też szerokich wahań temperatury. W ofercie firmy Microchip, która swego czasu przejęła innego producenta – markę Microsemi – można znaleźć obszerny wybór wysokiej klasy przekaźników, wśród których znajdują się wykonania dostosowane do rygorystycznych standardów branży militarnej oraz space, co pokażemy na dwóch przykładach.

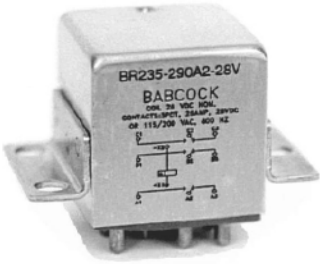
Pierwszym z nich może być miniaturowy przekaźnik sygnałowy do aplikacji kosmicznych – model BR17A marki Microsemi (**fotografia 23**). Niewielki przekaźnik w niepozornej, metalowej puszce (kojarzącej się w pierwszej chwili raczej z elementami z poprzedniej epoki) jest w stanie niezawodnie pracować w szerokim zakresie temperatur od –65 do +125°C, znosi wibracje w paśmie od 38 do 2000 Hz (do poziomu 20 g) oraz może przetrwać 11-milisekundowe przeciążenie na poziomie 50 g. Rezystancja izolacji wynosi 10 GΩ w temperaturze pokojowej



Fotografia 23. Miniaturowy przekaźnik sygnałowy klasy kosmicznej – BR17A marki Microsemi (https://t.ly/1U25)

eprasa.pl a0c98eea7b

i spada do „zaledwie" 1 GΩ w temperaturze +125°C. Styki mogą pracować z prądami w zakresie do 2 A, ale równie dobrze radzą sobie z natężeniami 10...50 μA, przy czym producent wyraźnie zaznacza, że „raz, a dobrze" obciążone styki nie nadają się już więcej do pracy z delikatnymi sygnałami rzędu mikroamperów.



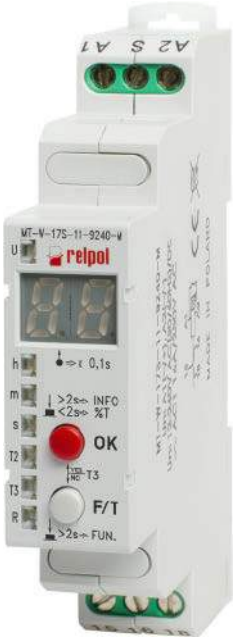
Fotografia 24. Przekaźnik klasy wojskowej z serii BR235 marki Microsemi (https://t.ly/gtBb)

Inny moduł przekaźnika – tym razem przeznaczony do znacznie większych obciążeń – jest dostępny pod oznaczeniem BR235 (**fotografia 24**). Produkt spełnia wymogi normy wojskowej MIL-PRF-83536, może pracować z natężeniami prądu styków do 25 A (obciążenie rezystancyjne)/15 A (proste obciążenie indukcyjne), 10 A (silnik) czy też 5 A (lampa), przy czym w każdym przypadku dane są określone dla napięcia 28 V DC lub 115/208 V AC @ 400 Hz. Wytrzymała konstrukcja jest zdolna do pracy w temperaturach od –70 do +125°C, może przetrwać wibracje do 30 g (70...3000 Hz) i ogromne przeciążenie aż do 200 g (!) przez 6 milisekund.

Przekaźniki dla kolejnictwa

Wysokie wymagania środowiskowe stawia przed inżynierami także branża kolejowa. Wspomniana już wcześniej wielokrotnie firma Relpol wdrożyła do sprzedaży wiele modeli przekaźników, przeznaczonych do pracy w średnim zakresie prądów obciążenia (od 6 do 16 A) i montowanych w gniazdach wtykowych lub na płycie. Na **fotografii 25** przedstawiono przykładowy przekaźnik z serii PRUCT-M, wyposażony w gniazdo GUC11S (montowane na szynie DIN / TS-35) i obejmę sprężynową MBA. Komponent spełnia wymogi norm PN-EN 45545-2 (klasa palności V-0), PN-EN 61373 (odporność na udary mechaniczne i wibracje), PN-EN 50155 (wyposażenie elektroniczne taboru), PN-EN 60077-1 (podstawowe warunki eksploatacji wyposażenia elektrycznego) oraz PN-EN 61810-1 (bezpieczeństwo i aspekty funkcjonalne przekaźników o dużej zdolności łączeniowej), może pracować z napięciem przemiennym do 250 V i prądem do 40 A podczas załączania (obciążenie trwałe wynosi 16 A). Minimalne parametry łączeniowe to 5 V/5 mA/300 mW.

W ofercie firmy Relpol znalazła się także seria rozbudowanych, wielofunkcyjnych przekaźników czasowych MT-W – także dostosowanych do wymogów osprzętu kolejowego (**fotografia 26**). Pomimo pozornie prostego interfejsu i niewielkich wymiarów, urządzenie oferuje aż 25 rozmaitych funkcji czasowych, do których może być wykorzystany zarówno obwód monitorowania napięcia zasilającego (co umożliwia np. realizację załączenia przekaźnika wyjściowego w określonym odstępie czasowym po powrocie zasilania timera), jak i wejście sterujące S (dostępne na zaciskach A1, A2). Przekaźnik jest dostosowany do zasilania napięciami AC lub DC w szerokim zakresie od 12 V do 240 V, przy czym pobiera nie więcej niż 2 VA. Wyjście jest obsługiwane przez 10-amperowy przekaźnik ze stykami przełącznymi (1P).



Fotografia 26. Przekaźnik czasowy z serii MT-W marki Relpol, przeznaczony do aplikacji kolejowych (https://t.ly/PE9d)

Przekaźniki czasowe i programowalne

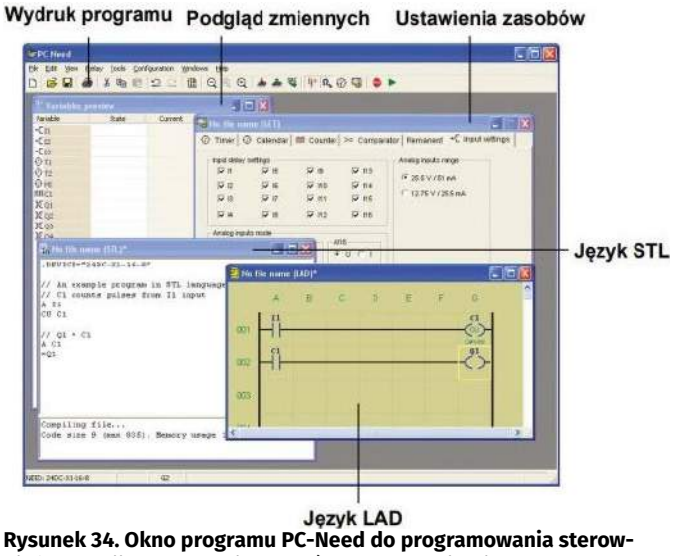
Na koniec naszej prezentacji pozostawiliśmy grupę urządzeń, które wprawdzie bazują na przekaźnikach, ale dalece odbiegają poziomem oferowanych funkcjonalności i możliwości konfiguracyjnych od prostych elementów elektromechanicznych. I tutaj znów posłużymy się przykładem rodzimego Relpola, który wdrożył przeszło 30 serii przekaźników czasowych, dostosowanych do wymagań rozmaitych aplikacji: od uniwersalnych timerów realizujących po kilka funkcji i ustawianych za pomocą pokręteł, poprzez przekaźniki do budowy instalacji oświetlenia schodowego, aż po proste, jednofunkcyjne timery pracujące w wybranym, fabrycznie ustawionym trybie załączania wyjścia. Oprócz modułowych urządzeń dla automatyki budynkowej czy instalacji HVAC, firma Relpol oferuje też ultraniskoprofilowe moduły przemysłowe (**fotografia 27**), które pomimo całkowitej szerokości równej zaledwie 6,2 mm umożliwiają realizację jednej z 9 funkcji czasowych i – co więcej – umożliwiają wymianę przekaźnika w razie awarii.

Fotografia 27. Przekaźniki czasowe marki Relpol do aplikacji przemysłowych (https://t.ly/Epsr)

Fotografia 28. Rozbudowane moduły przekaźników programowalnych – sterowników PLC – z serii NEED marki Relpol (https://t.ly/eiB_)

Fotografia 25. Przekaźnik do aplikacji kolejowych – seria RUCT z gniazdem GUC11S i obejmą sprężynową marki Relpol (https://t.ly/_bFi)

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 34. Okno programu PC-Need do programowania sterowników z serii NEED marki Relpol (zrzut ekranu i opisy pochodzą z noty katalogowej, dostępnej pod adresem https://t.ly/eiB_)

Całkowicie odrębną grupę urządzeń stanowią tzw. przekaźniki programowalne, choć w przypadku niektórych z nich określenie „przekaźnik" zdaje się niezbyt trafne. W rzeczywistości urządzenia z serii NEED marki Relpol (**fotografia 28**) to… pełnoprawne sterowniki PLC, które nie dość, że mają 8 wyjść przekaźnikowych (lub tranzystorowych) i 16 wejść (mogących pracować z napięciami analogowymi AC/DC), to w dodatku pozwalają na programowanie w języku drabinkowym (LAD) lub STL (**rysunek 34**). Warto dodać, że wyjścia sterowników mogą pracować z prądami na poziomie do 10 A/250 VAC lub 0,5 A/24 VDC, a same urządzenia wspierają komunikację po szynie MODBUS za pomocą modułów o nazwie NEED-MODBUS.

Podsumowanie

W artykule przedstawiliśmy szerokie spektrum technologii, stosowanych w najnowocześniejszych przekaźnikach sygnałowych oraz mikrofalowych, pokazaliśmy także wachlarz możliwości, jakie dają inżynierom przekaźniki oraz moduły (nadzorcze, programowalne i czasowe), pełniące funkcję samodzielnych urządzeń zabezpieczających i kontrolnych w rozmaitych aplikacjach – począwszy od fotowoltaiki, poprzez kolejnictwo, aż po branże militarną i kosmiczną. Tematu rzecz jasna nie sposób wyczerpać na łamach pojedynczego artykułu – na rynku wciąż pojawiają się nowe modele i technologie, które raz po raz podnoszą i tak już wysokie poprzeczki. Dość powiedzieć o technologii MEMS – opisanym powyżej dwóm topologiom struktur ze sterowaniem elektrostatycznym już depczą po piętach… aktuatory magnetyczne. W ten sposób technologia zdaje się zataczać koło – chociaż wyszliśmy od przekaźników elektromechanicznych, to po niewyobrażalnej wprost miniaturyzacji powracamy znów do sterowania za pomocą poczciwej cewki, choć w tym przypadku wykonanej na poziomie krzemowej mikrostruktury. Mało tego – istnieją już realizacje hybrydowych przekaźników MEMS o (relatywnie) dużej mocy, w których przełącznik mikromechaniczny jest wspierany przez tranzystor MOSFET. Należy się spodziewać, że w miarę wzrostu popularności nowoczesnych przekaźników zwiększać się będzie także zakres ich praktycznych zastosowań, choć nie wydaje się, by w najbliższych dekadach miały one wyprzeć z rynku konwencjonalne, solidne przekaźniki elektromagnetyczne czy nawet SSR.

inż. Przemysław Musz, EP

REKLAMA

Wprowadź produkty Finder do swojego projektu!

Przekaźniki mocy do płytek PCB
obciążenie do 100A
SERIA 68
Do aplikacji wysokich mocy, wykorzystywane przy budowie falowników i szaf sterowniczych. Do sterowania i pomiarów w instalacjach fotowoltaicznych.

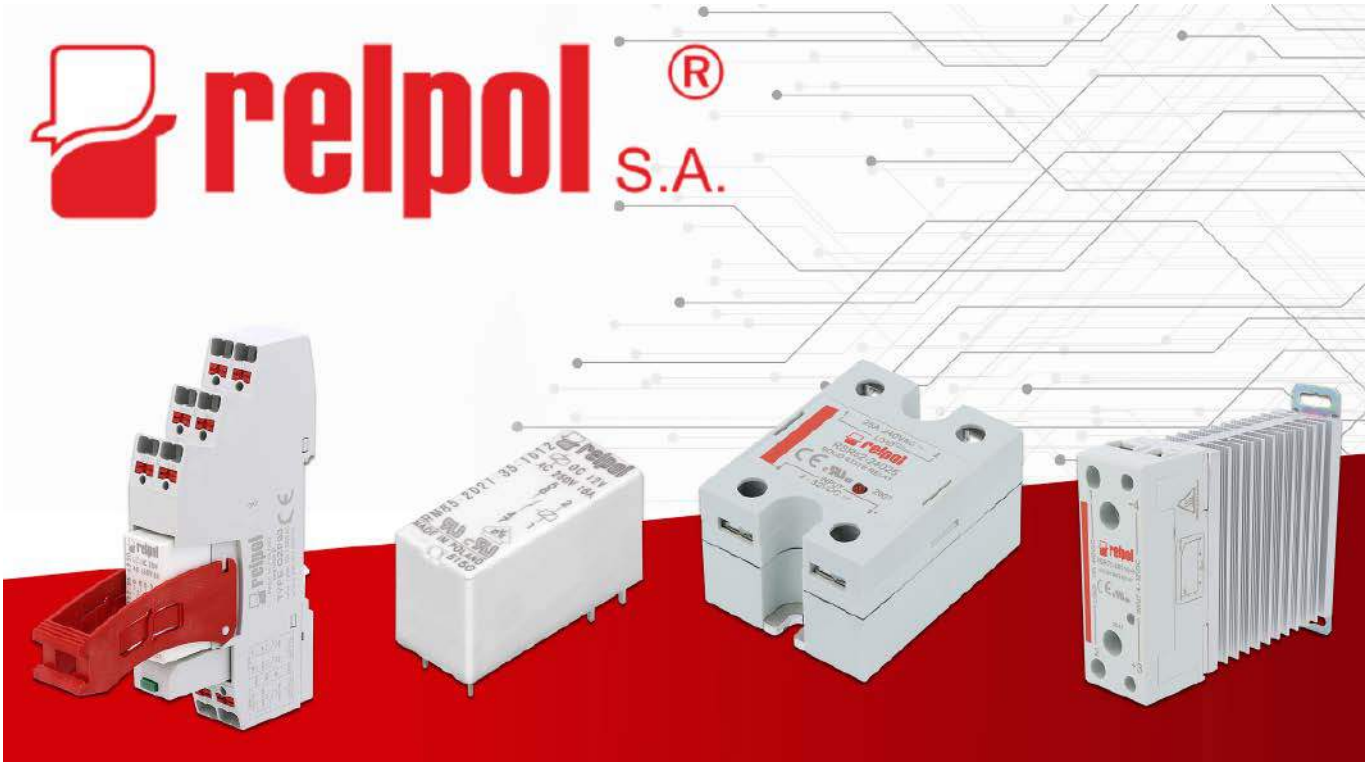
Ograniczniki przepięć SPD
SERIA 7P
Ograniczniki przepięć Typu 1 + 2
Niewielkie rozmiary i brak prądów upływu (iskiernik + warystor).
Wysoki prąd udarowy do 50kA limp.
Dedykowany do sieci jedno i trójfazowych.

FINDER Polska Sp. z o.o.
ul. Logistyczna 27 - 62-080 Sady
finder.pl@findernet.com

findernet.com

finder®
SWITCH TO THE FUTURE

eprasa.pl a0c98eea7b



Przekaźniki elektromagnetyczne i półprzewodnikowe Relpolu

Przekaźniki są najważniejszymi elementami większości układów sterowniczych. Umożliwiają kontrolowanie pracy dużych obciążeń (silników, grzałek, pomp, lamp) za pomocą kompaktowych, energooszczędnych układów bazujących na mikrokontrolerach i innych elementach cyfrowych. Zapraszamy do zapoznania się z ofertą przekaźników marki Relpol. Zaliczają się do niej zarówno elementy klasyczne – elektromagnetyczne, jak i nowoczesne moduły SSR.

Poszukując przekaźników dopasowanych do danej aplikacji – niezależnie czy będzie to rozległa instalacja, czy pojedynczy projekt – zawsze należy pamiętać o tym, że przekaźnik jest elementem poddawanym bardzo dużym obciążeniom, a także nagłym skokom napięcia i natężenia. Mając na względzie żywotność całego urządzenia, warto zwrócić się w stronę producentów dostarczających rozwiązania sprawdzone i wykonywane według wysokich standardów. Do takich dostawców należy firma Relpol, która od kilkudziesięciu lat specjalizuje się w projektowaniu i wytwarzaniu elementów elektromechanicznych. Odznaczają się one nie tylko jakością, ale również konkurencyjnymi cenami.

Fotografia 1. Przekaźnik przemysłowy typu R2N2012235120WTL. Na szczycie korpusu widać przełącznik testowy umożliwiający blokowanie styków

Przekaźniki elektromagnetyczne

W pierwszej kolejności prześledźmy ofertę przekaźników klasycznych, wyposażonych w styki poruszane elektromagnesem. Podstawowy podział tej oferty polega na rozróżnieniu artykułów przeznaczonych dla przemysłu oraz miniaturowych spotykanych w obwodach sterowniczych. Relpol, oprócz samych przekaźników, dostarcza także akcesoria do nich – np. podstawki do montażu na szynie DIN czy moduły przeciwprzepięciowe.

Przekaźniki przemysłowe

W katalogu TME popularność zyskały przemysłowe przekaźniki Relpol. Są to elementy o konfiguracjach styków DPDT (seria R2N), 3PDT (R3N) oraz 4PDT (R4N) przeznaczone do montażu w podstawce (gnieździe wtykowym). Produkty przeznacza się do sterowania typowymi obciążeniami sieciowymi (250 V AC) w zakresie od 6 A do 12 A (prąd maksymalny nawet 24 A), a także napięciem stałym 24 V DC w tym samym przedziale natężeń (zależnym od modelu). Łącząc kilka par styków,

eprasa.pl a0c98eea7b

produkty R4N można zastosować do zamykania obwodów 440 V AC. Elementy umieszczono w półprzezroczystych korpusach, co ułatwia ich inspekcję podczas rutynowej konserwacji lub diagnozowania awarii (**fotografia 1**). Dodatkowo przekaźniki wyposażono w przycisk testujący (dźwignia na szczycie korpusu), który umożliwia blokowanie styków. Dostępne są modele sterowane napięciami od 6 V DC i 12 V AC do 220 V DC i 230 V AC, czyli mogą pracować niemal w każdym typowym obwodzie sterowniczym. Pobór mocy przez cewkę wynosi 0,9 W lub 1,6 VA.

Przekaźniki miniaturowe

Miniaturowe przekaźniki Relpol (**fotografia 2**) to komponenty produkowane do typowych zastosowań w sterownikach, urządzeniach AGD, automatyce przemysłowej oraz architektonicznej (oświetlenie, drzwi samoczynne, domofony). Na tle wielu popularnych marek odznaczają się konkurencyjną ceną i jakością. Podobnie jak w przypadku oferty dla przemysłu, również w tej kategorii klienci znajdą elementy w szerokim zakresie parametrów i funkcjonalności. Przekaźniki mają styki w konfiguracjach DPDT, SPDT oraz DPST, SPST w wariancie normalnie otwartym. Nominalne napięcie cewek wynosi od 3 V do 110 V dla DC oraz od 12 V do 230 V AC, pokrywając się z charakterystyką niemal każdego standardowego projektu. Większość modeli odznacza się klasą szczelności na poziomie IP67, tj. została w pełni zabezpieczona przed pyłami i penetracją przez wodę (i inne niekorozyjne ciecze). Maksymalny prąd styków sięga nawet 24 A, a ich obciążalność 16 A przy 250 V AC i 24 V DC. Warto też zwrócić uwagę, że elementy przystosowano do pracy w temperaturach od –40°C do 85°C.

Przekaźniki interfejsowe

Przekaźnik interfejsowy to urządzenie modułowe składające się z czterech elementów. Podstawowym jest przekaźnik elektromagnetyczny np. serii RM84. Drugi element to korpus przystosowany do montażu na szynie DIN (35 mm), z gniazdem do osadzenia przekaźnika (standard GZP80) i zaciskami śrubowymi podłączonymi do jego wyprowadzeń. Do korpusu dołączana jest dźwignia dociskająca przekaźnik, która jednocześnie przyspiesza jego wymianę (**fotografia 3**).

Przekaźnik interfejsowy pozwala w łatwy sposób włączyć standardowe przekaźniki elektromagnetyczne w obwody sieciowe. Jest to funkcjonalność pożądana w wielu rodzajach instalacji – przede wszystkim aplikacjach z zakresu pośredniego sterowania oraz automatyzacji (do których należy zaliczyć systemy alarmowe). Istotną cechą modułów jest ich kompatybilność z takimi akcesoriami, jak złącza grzebieniowe.

Fotografia 2. Przekaźnik miniaturowy typu RM85201125502401. Wybrane modele przekaźników umieszczono w przezroczystych korpusach

Fotografia 3. Przekaźnik interfejsowy typu PI84024 ACM912012. Przekaźnik miniaturowy jest dociskany w gnieździe za pomocą dźwigni

Fotografia 4. Przekaźnik półprzewodnikowy typu RSR52-24D25-R. Podstawa modułu została wykonana z metalu pomagającego odprowadzać ciepło

Fotografia 5. Przekaźnik półprzewodnikowy typu RSR62-48 A25. Moduł ma nie tylko zaciski śrubowe, ale również cztery otwory mocujące

Akcesoria

Relpol oferuje szereg akcesoriów do przekaźników. W katalogu TME to przede wszystkim elementy składające się na przekaźniki interfejsowe – dźwignie oraz podstawki do montażu na szynie DIN (z terminalami do osadzenia przekaźników miniaturowych). W tej kategorii znalazły się także gniazda przekaźników do montażu na płytce PCB (THT). Wykonane z ich użyciem obwody mogą być łatwo serwisowane przez szybką wymianę elementu przełączającego.

Moduły SSR

Skrót SSR oznacza Solid State Relay. Moduły SSR to przekaźniki półprzewodnikowe. W komponentach tego rodzaju elementy elektromechaniczne zastąpiono komponentami półprzewodnikowymi dużej mocy, co pozwala uzyskać: szybki czas reakcji, bezgłośną pracę oraz znakomite parametry elektryczne.

Półprzewodnikowe przekaźniki jednofazowe

Moduły SSR Relpol dzielą się na jednofazowe i trójfazowe. Jednofazowe, takie jak pokazano na **fotografii 4**, mogą pracować z prądami od 10 A do 80 A. Występują w wariantach bezzwłocznych oraz załączanych w zerze (co przekłada się na niższą emisję zakłóceń i żywotność obciążeń indukcyjnych). Minimalne napięcie przełączane dla tych modułów to 24 V (i może sięgać nawet 660 V AC). Napięcie sterujące, w zależności od modelu, może pochodzić ze źródła DC lub AC. W przypadku prądu stałego obsługiwane są wartości od 4 V, co odpowiada parametrom wielu sterowników bazujących na mikrokontrolerach (duża część z nich operuje na napięciach 5 V). Modele przystosowane do prądu zmiennego są załączane po przyłożeniu napięcia od 90 V do 280 V AC. Przekaźniki serii RSR72 obudowano radiatorami, które służą odprowadzaniu ciepła i poprawia charakterystykę termiczną elementów (praca w temperaturach –30...80°C).

Półprzewodnikowe przekaźniki trójfazowe

Przekaźniki SSR trójfazowe pozwalają na obsługę dużych obciążeń (nawet 660 V AC i 80 A) – silników, pieców i innych elementów przemysłowych. Podobnie jak elementy jednofazowe sterowanie nimi może się odbywać za pomocą napięć od 4 V do 32 V DC oraz od 90 V do 280 V AC. Obwód sterujący jest izolowany optycznie. Korpus modułu zamyka się w rozmiarze 78×105×38 mm. Również w tej grupie produktów dostępne są przekaźniki załączane w zerze. Produkty mają kontrolkę LED sygnalizującą zadziałanie (**fotografia 5**).

Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.
www.tme.eu/pl

eprasa.pl a0c98eea7b

Przekaźniki Hongfa do technologii EV i PV

Firma Hongfa to jeden z największych na świecie producentów przekaźników, obecny na rynku od blisko 40 lat. W ostatniej dekadzie firma dokonała strategicznych inwestycji R&D zwiększających potencjał na rynkach rozwiązań do dystrybucji, przesyłu i produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.

Autoryzowany dystrybutor Xiamen Hongfa Electroacoustic w Polsce:
Gamma Sp. z o.o., ul. Kacza 6A, 01-013 Warszawa, oraz Biuro Handlowe w Zabrzu, ul. Pawliczka 25, www.gamma.pl, info@gamma.pl
tel. (+48) 22 862 75 00

Gamma Sp. z o.o. jest czołowym dystrybutorem przekaźników Hongfa na polskim rynku. Od ponad 25 lat zapewniamy nieprzerwane dostawy dla naszych klientów. Możliwe było to do osiągnięcia dzięki stale uzupełnianej dostępności najpopularniejszych modeli przekaźników bezpośrednio z naszego lokalnego magazynu. Wraz ze zmieniającą się branżą wspólnie z firmą Hongfa oferujemy naszym klientom najnowocześniejsze rozwiązania. Aktualnie dominującą grupą komponentów stają się rozwiązania przeznaczone dla technologii EV i PV, czyli wszelkiego rodzaju pojazdów napędzanych energią elektryczną i wymagających solidnych systemów ładowania oraz instalacji pozyskiwania energii elektrycznej ze światła słonecznego lub z innych źródeł odnawialnych.

Przekaźniki HVDC

Seria przekaźników HVDC firmy Hongfa to komponenty, które mogą być używane do przełączania obwodów zasilanych prądem stałym, w takich zastosowaniach jak pojazdy napędzane energią alternatywną (e-mobilność), urządzenia do ładowania, elektrownie fotowoltaiczne i systemy wiatrowe, pojazdy budowlane i przemysłowe, zasilacze do serwerów prądu stałego i UPS, instrumenty medyczne i wiele innych.

Pojazdy elektryczne i hybrydowe

Przekaźniki HVDC są jednym z kluczowych elementów w produkcji pojazdów napędzanych alternatywnymi źródłami energii. Do tej kategorii zalicza się nie tylko pojazdy elektryczne, ale także pojazdy HEV, PHEV/PEV i pojazdy napędzane ogniwami paliwowymi. Przekaźniki HVDC mogą pełnć różne funkcje w pojazdach wykorzystujących energię alternatywną:

- **Przekaźniki główne** (zabezpieczenie obwodu/kontrola bezpieczeństwa) – często przystosowane są do dużych prądów od 80 A do nawet 600 A i stosowane głównie do odłączania akumulatora;

eprasa.pl a0c98eea7b

- **Przekaźniki szybkiego ładowania** – przekaźniki tego typu służą do sterowania procesem szybkiego ładowania. Znamionowe prądy wynoszą od 32 A do 600 A;
- **Przekaźniki aplikacji pomocniczych** – do tych zastosowań zalicza się głównie klimatyzatory, systemy ogrzewania, przetwornice DC/AC itp. Typowa wartość znamionowa wynosi od 20 A do 40 A;
- **Przekaźniki wstępnego ładowania WN** – stosowane w obwodach wstępnego ładowania.

Urządzenia ładujące

Pojazdy korzystające z alternatywnych źródeł energii wykorzystują do zasilania system stacji ładowania, skrzynek ściennych i słupków ładujących. Punkty ładowania są zwykle zlokalizowane w obszarach mieszkalnych lub biznesowych i są używane głównie do ładowania pojazdów prywatnych. Natomiast stacje ładowania mogą jednocześnie ładować wiele pojazdów zasilanych alternatywnymi źródłami energii i są używane głównie w pojazdach transportu publicznego wykorzystujących alternatywne źródła energii i autobusach wahadłowych.

Fotografia 1. Przekaźnik typu HFE82 do obwodów prądu stałego

Przekaźniki HVDC w urządzeniach ładujących przełączają obwody zasilane prądem stałym. Urządzenia te zazwyczaj zawierają przekaźniki HFE85P lub HFE82 (**fotografia 1**) o prądach znamionowych od 40 A do 350 A.

Rozwiązania do magazynowania energii fotowoltaicznej

Magazynowanie energii to przyszłościowa technologia napędzająca rozwój nowego obszaru przemysłu energetycznego. Przemysł ten rozwinął się w różne typy techniczne, takie jak fizyczne magazynowanie energii, elektrochemiczne magazynowanie energii, magazynowanie ciepła i magazynowanie wodoru.

Przekaźniki HVDC mogą być stosowane w różnych aplikacjach New Energy oraz w urządzeniach do magazynowania energii. Pomagają rozwiązać problemy związane z podłączeniem magazynów oraz źródeł energii do sieci. Zapewniają również niezawodność zasilania w mikrosieciach i realizują funkcję dynamicznej regulacji dużych mocy przy zachowaniu zmniejszonego wpływu na sieć energetyczną. Nowe produkty Hongfa są szeroko stosowane w wytwarzaniu energii fotowoltaicznej, systemach magazynowania energii, a także w transporcie kolejowym, lokomotywach elektrycznych i innych systemach zasilania prądem stałym. Na **rysunku 1** pokazano schemat instalacji fotowoltaicznej oraz zastosowane w niej podzespoły marki Hongfa, podobnie na **rysunku 2** pokazano schemat układu magazynowania energii, a na **rysunku 3** – schemat z turbiną wiatrową.

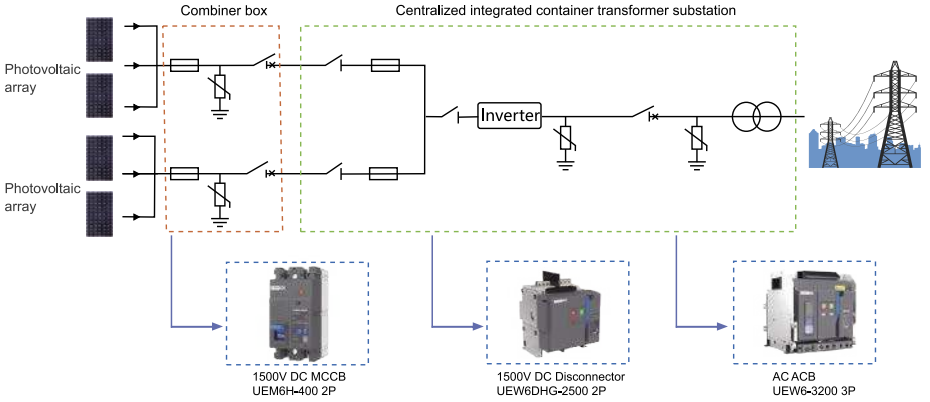
Polska a rynek odnawialnych źródeł energii

Na koniec sierpnia 2022 r. ponad 20 GW energii pochodziło w Polsce ze źródeł odnawialnych, z czego 11 GW z instalacji fotowoltaicznych. To ponad 80% wzrost od końca sierpnia 2021 r., kiedy całkowita moc fotowoltaiczna wyniosła 6 GW. To jest również prawie cztery razy więcej energii ze źródeł fotowoltaicznych, niż obliczono na koniec sierpnia 2020 r. Wzrost ten sprawił, że fotowoltaika pokryła prawie 10% końcowego zapotrzebowania kraju na energię elektryczną w 2022 r., podczas gdy zaledwie trzy lata temu było to mniej niż 1%.

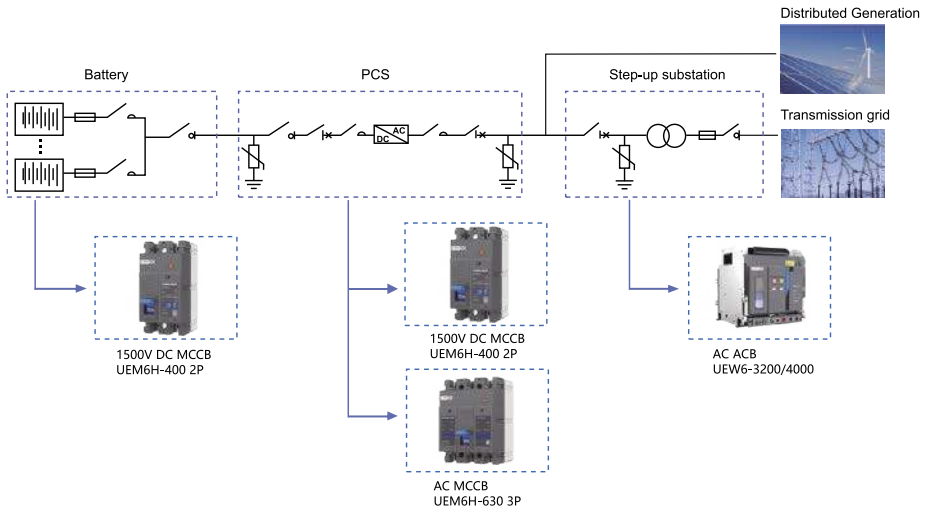
Sukces energetyki słonecznej w Polsce to przede wszystkim zasługa popularności przydomowych instalacji prosumenckich. Według danych Agencji Rynku Energii, na koniec sierpnia 2022 Polska miała już 1 131 973 mikroinstalacje fotowoltaiczne poniżej 50 kW. Duża popularność instalacji domowych to przede wszystkim wynik bardzo korzystnych warunków finansowych dla prosumentów, które obowiązywały do niedawna.

Polska jest jedynie najbliższym i namacalnym przykładem tego wzrostu, a cały świat wraz ze wzrostem kosztów energii pochodzącej ze źródeł nieodnawialnych przechodzi na rozwiązania mające zwiększać udział energii odnawialnej w bilansie energetycznym. Rynek ten będzie rósł w kolejnych latach, napędzany przez zwiększającą się świadomość ekologiczną konsumentów oraz postępującą elektryfikację pojazdów. Wiedzą o tym producenci, którzy dostarczają rozwiązań do wydajnego i bezpiecznego zarządzania energią elektryczną. Warto już dziś inwestować w przyszłość z rozwiązaniami sprawdzonego dostawcy.

Zapraszamy do kontaktu z naszym działem handlowym. Nasi doświadczeni inżynierowie aplikacyjni służą pomocą w znalezieniu odpowiednich rozwiązań.

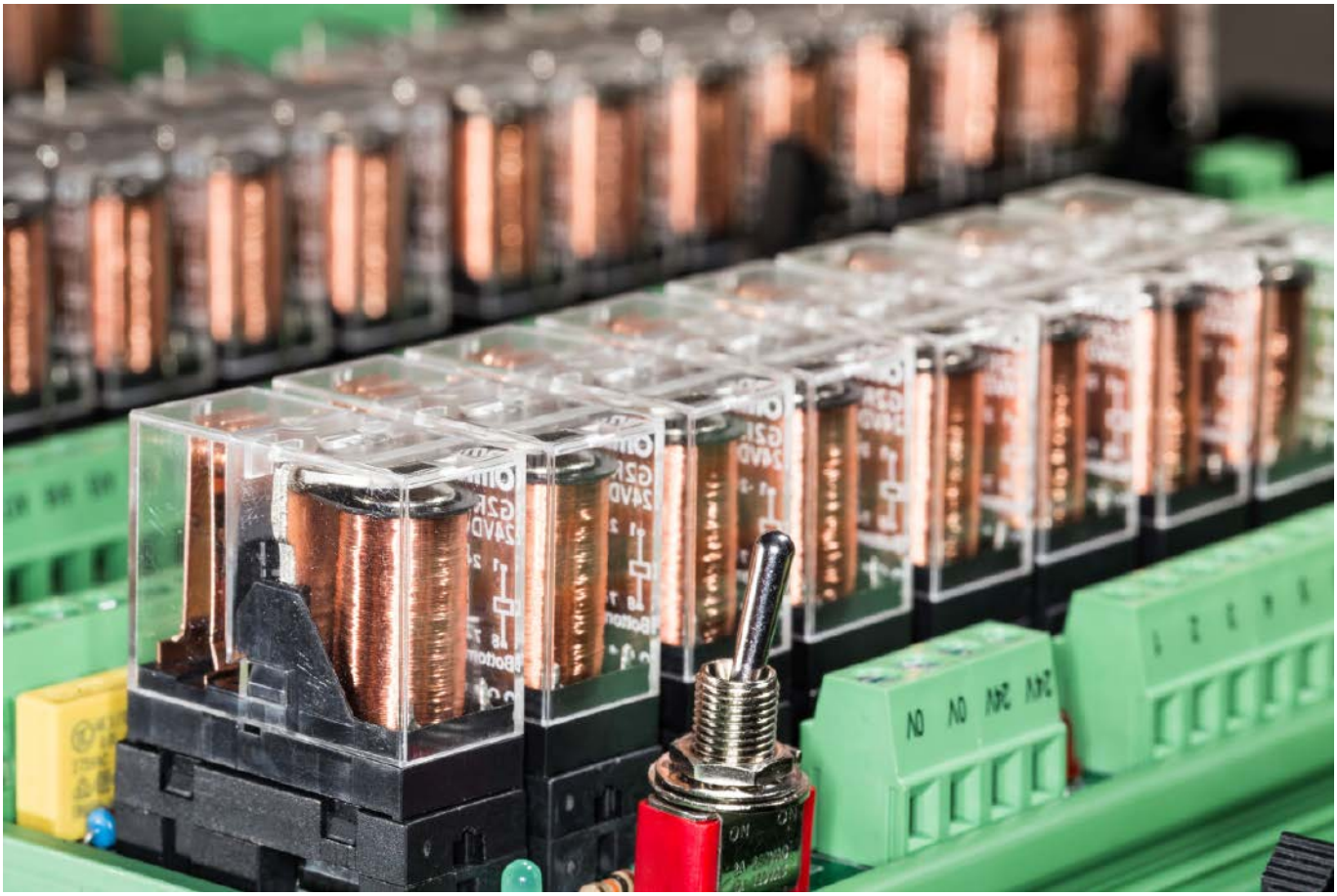


Rysunek 1. Schemat instalacji fotowoltaicznej oraz zastosowane w niej podzespoły marki Hongfa



Rysunek 2. Schemat układu magazynowania energii oraz zastosowane w nim podzespoły marki Hongfa

eprasa.pl a0c98eea7b



Przekaźniki w obwodach AC i DC

Przekaźniki stanowią niezwykle ważną oraz zróżnicowaną grupę komponentów, stosowanych we wszystkich branżach współczesnej elektroniki i elektrotechniki. Pomimo licznych podobieństw aplikacyjnych, istnieje jednak szereg istotnych różnic, wynikających bezpośrednio z konstrukcji poszczególnych modeli przekaźników, a co za tym idzie – oferowanych przez nie parametrów elektrycznych. Te zaś mają pierwszorzędne znaczenie dla możliwości użycia konkretnych podzespołów w obwodach zasilania, sygnałowych, pomiarowych, a nawet systemach bezpieczeństwa. W artykule przyjrzymy się najważniejszym wielkościom charakteryzującym przekaźniki elektromechaniczne, zwrócimy również uwagę na wybrane zagadnienia konstrukcyjne, materiałowe oraz aplikacyjne.

Aby lepiej uzmysłowić sobie znaczenie poszczególnych parametrów przekaźników, warto w pierwszej kolejności zastanowić się przez chwilę nad najczęściej spotykanymi zastosowaniami tych elementów w rozmaitych urządzeniach i systemach elektronicznych.

- **Przełączanie dużych obciążeń** – ten obszar aplikacji jest zdecydowanie najczęściej kojarzony z przekaźnikami, już w pierwszej chwili po usłyszeniu tego pojęcia. W zależności od rodzaju urządzenia, takim dużym obciążeniem może być zarówno niewielki wentylator czy też grzałka o mocy kilkudziesięciu watów, jak i napęd pojazdu do obsługi naziemnej samolotów (GSE), wymagający przełączania prądów rzędu 1000 A (przykład stosownego stycznika można zobaczyć na **fotografii 1**). Niezależnie od ratingu prądowego styków, w każdym przypadku mamy do czynienia ze sterowaniem obciążeniem za pomocą wielokrotnie mniejszego prądu cewki.

Fotografia 1. 1000-amperowy stycznik z serii 26 marki TE Connectivity (https://t.ly/oTSQ)

- **Bariera galwaniczna** – w większości przypadków (choć, rzecz jasna, nie zawsze) zastosowanie przekaźnika ma także na celu odizolowanie obciążenia od układu sterującego ze względów bezpieczeństwa. Choć zwykle poziom izolacji zapewnianej przez przekaźniki będzie wystarczający do spełnienia wymogów normatywnych dla większości zastosowań, to istnieją przypadki, w których użycie zwykłego przekaźnika z jedynie podstawową barierą pomiędzy cewką

eprasa.pl a0c98eea7b

a zespołem styków będzie niemożliwe – w dalszej części artykułu przyjrzymy się zatem zagadnieniu izolacji wzmocnionej.

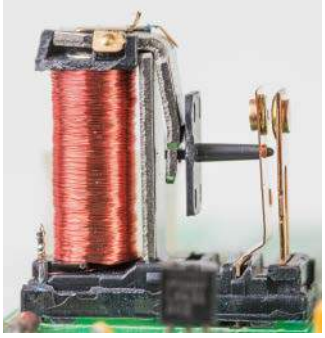
- **Przekaz sygnałów sterujących** – niewielkie przekaźniki są szeroko stosowane w aparaturze przemysłowej, m.in. do budowy wyjść sterowników PLC oraz innych urządzeń automatyki. Umożliwiają łatwe tworzenie wyjść bezpotencjałowych, wprowadzają podstawową izolację umożliwiającą przerywanie pętli masy, a ponadto pozwalają na sterowanie niewielkimi obciążeniami, podłączonymi bezpośrednio do sterownika.
- **Dopasowanie poziomów napięć** – w urządzeniach analogowych małe przekaźniki sygnałowe mogą być stosowane do sterowania selektorem źródeł sygnału czy też ich poziomem (np. w systemach audio).
- **Niskostratne przełączanie sygnałów** – specjalne modele przekaźników o kontrolowanej impedancji (nierzadko nawet o konstrukcji koncentrycznej) są stosowane w systemach radiowych i to zarówno po stronie toru sygnałowego, jak i w obwodach wyjściowych nadajników dużej mocy. W urządzeniach pomiarowych oraz systemach akwizycji danych (DAQ) niewielkie, wysokiej jakości przekaźniki pracują jako przełączniki w macierzach multiplekserów I/O, w liczbie nawet kilkuset egzemplarzy zamontowanych na jednej karcie rozszerzeń.

W artykule *Przekaźniki do zadań specjalnych* szerzej opisaliśmy tematykę przekaźników sygnałowych (w tym RF), a także niektórych nowoczesnych technologii półprzewodnikowych oraz MEMS. Tutaj natomiast przyjrzymy się najważniejszym parametrom, zarówno tym charakteryzującym praktycznie wszystkie przekaźniki elektromechaniczne, jak i określanym tylko dla niektórych ich rodzajów, omówimy także różnice konstrukcyjne i wynikające z nich walory użytkowe, wraz z zagadnieniami praktycznej implementacji w urządzeniach elektronicznych.

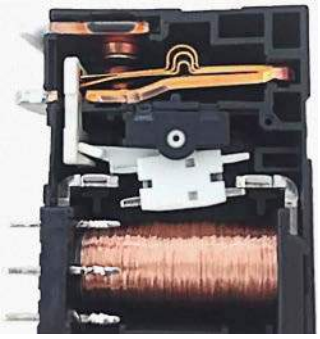
Przekaźniki elektromechaniczne i styczniki – podstawowe zagadnienia konstrukcyjne

Konstrukcja klasycznego przekaźnika elektromechanicznego (określana w literaturze zagranicznej mianem *armature relay*) opiera się na cewce sterującej, wyposażonej w statyczny rdzeń, współpracujący z kotwicą. Ta zaś – odchylając się o niewielki kąt – porusza zespołem styków ruchomych (lub – w najprostszych modelach – pojedynczym stykiem), powodując zwieranie lub rozwieranie odpowiednich obwodów (**fotografia 2**). Tyle teorii – w praktyce bowiem na parametry przekaźnika ma wpływ szereg zagadnień konstrukcyjnych, materiałowych, a nawet wymiarowych, które determinują nie tylko możliwości oferowane przez styki (np. obciążalność dla odbiorników o określonym charakterze), ale także warunki sterowania cewką.

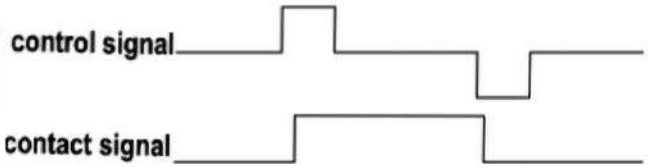
Jednym z najważniejszych zagadnień jest rzecz jasna sposób pracy przekaźnika, który można określić mianem monostabilnego lub bistabilnego. Podobnie jak w przypadku przełączników manualnych, także w tym przypadku określenie to odnosi się do liczby stabilnych położeń styków ruchomych. Jeżeli kotwica nie powraca



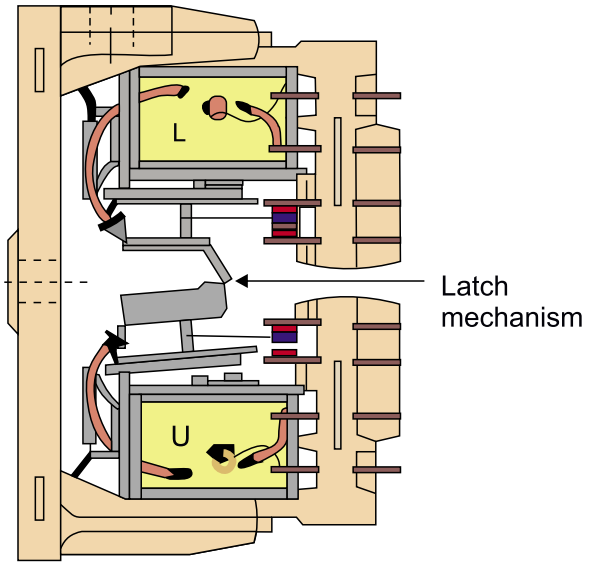
Fotografia 2. Widok prostego przekaźnika SPST bez pokrywy ochronnej (https://t.ly/48mF)



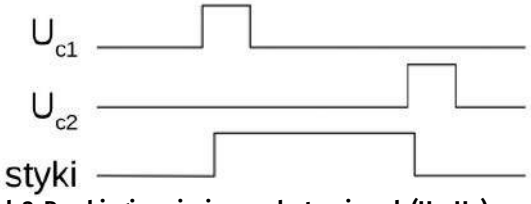
Fotografia 3. Konstrukcja jednocewkowego przekaźnika bistabilnego (https://t.ly/MFJ_)



Rysunek 1. Przebieg napięcia cewki sterującej (Uc) oraz stan styków w bistabilnym przekaźniku jednocewkowym (https://t.ly/Fj5s)



Rysunek 2. Schemat konstrukcji dwucewkowego przekaźnika bistabilnego (https://t.ly/3Ulz)



Rysunek 3. Przebiegi napięcia cewek sterujących (U_{c1}, U_{c2}) oraz stan styków w bistabilnym przekaźniku dwucewkowym (https://t.ly/Fj5s)

do położenia spoczynkowego dzięki działaniu sprężyny, ale – raz ustawiona – może pozostawać w danej pozycji przez dowolnie długi czas (tj. bez potrzeby podtrzymywania prądu cewki), mówimy o przekaźnikach bistabilnych. Wyróżniamy przy tym dwie najczęściej spotykane odmiany tego typu podzespołów. Pierwsza grupa to tzw. przekaźniki jednocewkowe, których zasada działania opiera się na siłach oddziaływania pomiędzy cewką a ruchomym magnesem trwałym (**fotografia 3**) – w celu przełączenia styków do pożądanego położenia konieczne jest zatem chwilowe zasilenie cewki napięciem o odpowiedniej polaryzacji (**rysunek 1**). Zbliżenie ruchomego ramienia do magnetowodu powoduje przyciągnięcie obu elementów do siebie i dzięki temu jest w stanie utrzymać zadaną pozycję styków nawet pomimo wyłączenia zasilania cewki sterującej. Zatrzaskiwanie może być też realizowane na drodze czysto mechanicznej – w takim wypadku konstrukcja przekaźnika zawiera dwie cewki (**rysunek 2**), a działanie całości do złudzenia przypomina swego rodzaju przerzutnik RS – podanie impulsu na jedną z cewek powoduje ustawienie mechanizmu w „odpowiadającym jej" położeniu (**rysunek 3**).

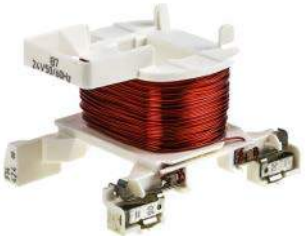
Styczniki (**fotografia 4**) nie odbiegają od przekaźników pod względem zasady działania, są natomiast przewidziane do pracy z wielokrotnie wyższymi obciążeniami. Z tego też względu trwałość ich styków jest zwykle znacznie bardziej ograniczona, co znajduje odzwierciedlenie w budowie tych podzespołów – wiele styczników ma konstrukcję modułową, umożliwiającą wymianę styków, a ponadto również

eprasa.pl a0c98eea7b

cewek (**fotografia 5**), co daje z kolei szansę na bardziej elastyczne dopasowanie danego modelu stycznika do układu sterującego (np. sterownika PLC). Warto dodać, że niektóre wersje styczników pozwalają nawet na możliwość rozbudowy o dodatkowe moduły, pełniące funkcję gasików przeciwzakłóceniowych, blokad mechanicznych czy też dodatkowych zestyków, przeznaczonych głównie do celów kontroli stanu stycznika.

Fotografia 4. Stycznik z serii J7KN marki Omron (https://t.ly/REiB)

W tym miejscu warto dodać, że konstrukcja niektórych przekaźników oraz styczników umożliwia stosowanie ich w obwodach automatycznego nadzoru oraz zabezpieczeniach maszyn, przy czym wyróżniamy dwie grupy takich rozwiązań:



Fotografia 5. Cewka stycznika marki Schneider Electric (https://t.ly/EZ6r)

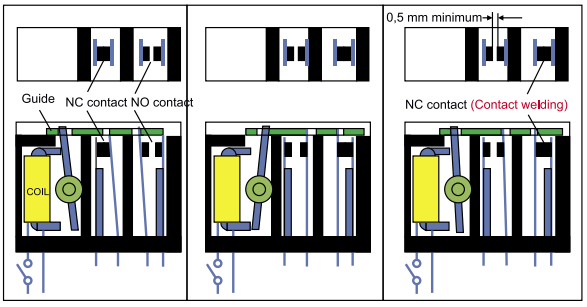
- **Styki o przełączaniu wymuszonym** (*forcibly guided contacts*) – w konwencjonalnych przekaźnikach i stycznikach przemieszczenie styków ruchomych odbywa się „aktywnie" tylko w jedną stronę (kotwica popycha je w stronę pozycji aktywnej), zaś powrót do położenia spoczynkowego jest już niejako pasywny. Takie rozwiązanie wiąże się jednak z pewnym ryzykiem – w przypadku zespawania jednej z pary styków NO, będą one zwierały zasilany obwód pomimo wycofania kotwicy i prawidłowego przełączenia pozostałych styków. Jeżeli z przyczyn bezpieczeństwa (maszyny i/lub użytkowników) takie ryzyko jest nieakceptowalne, należy rozważyć zastosowanie przekaźnika lub stycznika z przełączaniem wymuszonym, w którym styki w sposób deterministyczny „podążają" za popychaczem (**rysunek 4**). Norma EN 60947-5-1 (załącznik L) określa, że styki pomocnicze o wymuszonym przełączaniu typu NO i NC – za sprawą konstrukcji przekaźnika – w żadnym wypadku nie mogą być jednocześnie zamknięte, a zatem przypadkowe zespawanie styków NO mechanicznie uniemożliwia ponowne zwarcie styków NC, które muszą w takim wypadku pozostać rozsunięte na odległość minimum 0,5 mm. Warto zwrócić uwagę na wyraz *styki pomocnicze* – przywołany zapis normy istotnie dotyczy bowiem tylko i wyłącznie zespołów styków dodatkowych, a nie głównych (czyli, mówiąc w uproszczeniu, wysokoprądowych – w przypadku styczników) zestyków, doprowadzających np. zasilanie do silnika maszyny. Na rynku dostępnych jest także wiele modeli miniaturowych przekaźników spełniających wymaganie przełączania wymuszonego – niektóre z nich, oprócz odpowiedniej konstrukcji zespołu styków, oferują ponadto wzmocnioną izolację, niezbędną m.in. w aplikacjach medycznych (**fotografia 6**). W przypadku styczników dodatkowe styki są zwykle instalowane jako moduł nakładany na obudowę właściwego stycznika i łączony mechanicznie z głównym zespołem styków za pośrednictwem specjalnego trzpienia (**fotografia 7**).

Fotografia 6. Przekaźnik bezpieczeństwa typu OA 5603 marki E. Dold & Söhne (https://t.ly/resY)

- **Styki lustrzane** (*mirror contacts*) – zagadnienie mechanicznych interakcji pomiędzy zespołami styków występuje także w definicji tzw. styku lustrzanego (EN 60947-4-1, zał. F), będącego pomocniczym stykiem rozwiernym (NC), który w żadnej sytuacji nie może być zamknięty jednocześnie z głównym stykiem zwiernym (NO). Warto zwrócić uwagę na fakt, że nie mówimy już tutaj o grupie co najmniej 2 par styków pomocniczych, ale o pojedynczej parze, współdziałającej z zestykiem głównym. Tego typu rozwiązanie jest szeroko stosowane w obwodach bezpieczeństwa automatyki przemysłowej, a jego celem jest niezawodne monitorowanie stanu styczników odpowiedzialnych za sterowanie podsystemami lub podzespołami maszyn stwarzającymi nieakceptowalne ryzyko w przypadku awarii czy też błędu obsługi.

Cewka sterująca

Ważnym aspektem budowy każdego przekaźnika jest konstrukcja cewki, wpływająca bezpośrednio na parametry współpracującego z nią układu sterowania. Im większa rezystancja uzwojenia (dla danego napięcia znamionowego), tym niższy będzie pobór mocy – w przypadku delikatnych przekaźników sygnałowych wynosi on zazwyczaj około 100 mW, podczas gdy duże styczniki mogą wymagać nawet kilkudziesięciu watów do podtrzymania aktywnej pozycji styków. Mniejszy pobór mocy przekłada się rzecz jasna nie tylko



Rysunek 4. Schematy pokazujące zasady działania przekaźnika ze stykami o przełączaniu wymuszonym. Po lewej: prawidłowo działający przekaźnik w momencie, gdy cewka jest wyłączona; w środku – stan po włączeniu cewki, po prawej – stan awarii, spowodowanej zespawaniem styków NO (https://t.ly/nNB9)

Fotografia 7. Stycznik marki Allen-Bradley do zastosowań w obwodach bezpieczeństwa z dołączonym modułem styków pomocniczych (https://t.ly/xclf)

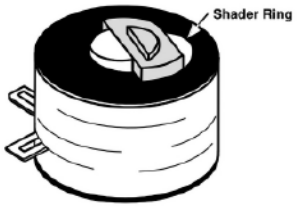
eprasa.pl a0c98eea7b

na oszczędność energii pobieranej z zasilacza, ale – co również bardzo ważne – na zmniejszenie wydzielanego w uzwojeniu ciepła, zwłaszcza podczas pracy ciągłej. Warto zwrócić uwagę, że nawet w zakresie niewielkich przekaźników do montażu na PCB można zauważyć dość spory rozrzut pod względem mocy cewek – wynika ona bowiem nie tylko z wielkości przekaźnika (a co za tym idzie – masywności zespołu stykowego), ale także z rodzaju konstrukcji. Przykładowo, opisane wcześniej przekaźniki ze stykami o przełączaniu wymuszonym są wyposażane w cewki o mocy od 800 mW nawet do ponad 1 W, podczas gdy porównywalne z nimi wymiarowo modele standardowe mogą pracować z mocą cewki nieprzekraczającą kilkuset mW.

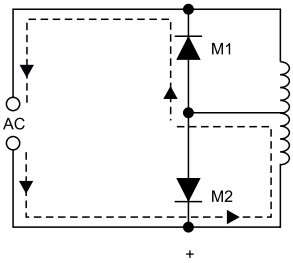
Z użytkowego punktu widzenia spore znaczenie mają zakresy napięć zasilania cewki, które producenci podają zwykle na dwa sposoby. Po pierwsze, każdy typ cewki ma określone parametry napięcia roboczego, podawane w postaci pary wartości granicznych – w tym przedziale napięć przekaźnik musi niezawodnie dokonać przełączenia styków. Drugą, bardzo ważną wielkością jest napięcie podtrzymania (w notach katalogowych zwane także napięciem opadowym), będące minimalną wartością napięcia na cewce, dla którego kotwica pozostaje jeszcze przyciągnięta do rdzenia cewki. Warto zwrócić uwagę, że szeroka histereza widoczna w działaniu przekaźnika umożliwia skuteczne obniżenie poboru mocy w czasie długotrwałej pracy – wystarczy bowiem podać na cewkę stosunkowo krótki impuls o pełnej amplitudzie, a następnie obniżyć napięcie zasilania do wartości przewyższającej nieco napięcie opadowe. Nie można jednak zapominać o wpływie temperatury na rezystancję uzwojenia – im cieplejsze warunki będą panowały w obudowie przekaźnika, tym wyższa rezystancja cewki – to zaś spowoduje podniesienie rzeczywistego progu napięcia podtrzymania. Tematyką praktycznej implementacji takiej energooszczędnej funkcjonalności zajmiemy się w dalszej części artykułu.

Różnice w konstrukcji przekaźników z cewkami AC i DC

Rodzaj napięcia sterującego cewki zależy bezpośrednio od jej konstrukcji. O ile bowiem w przypadku cewek DC kotwica pozostaje przyciągnięta do rdzenia dopóty, dopóki napięcie zasilania nie spadnie poniżej progu podtrzymania, o tyle w obwodach AC należy liczyć się z następującym co pół okresu prądu (a zatem, w przypadku sieci 50 Hz, co 10 ms) zanikiem pola magnetycznego. Zastosowanie cewki DC w obwodzie pracującym z napięciem przemiennym sprawiłoby więc, że nasz przekaźnik zacząłby pełnić funkcję gustownego buzzera, niestety o dość mocno ograniczonej trwałości mechanicznej, o wypaleniu styków już nie wspominając. Z tego też względu producenci przekaźników AC powszechnie stosują pewien trick, mający na celu oszukanie cewki poprzez wzbogacenie jej konstrukcji o dodatkowy element, nazywany mianem *shader ring* bądź *shader coil* (**rysunek 5**). Jego zadaniem jest wprowadzenie przesunięcia fazowego pomiędzy polem magnetycznym w rdzeniu cewki a polem dodatkowego uzwojenia – dzięki temu cewka (rozpatrywana jako całość) jest w stanie podtrzymać szczątkowe pole magnetyczne, niezbędne do utrzymania pożądanej pozycji kotwicy.



Rysunek 5. Cewka przekaźnika dostosowana do pracy z napięciem przemiennym – strzałką zaznaczono dodatkowe uzwojenie, wprowadzające przesunięcie fazowe w celu podtrzymania pola magnetycznego w zerze przebiegu prądu zasilania (https://t.ly/X4So5)



Rysunek 6. Schemat podłączenia cewki przekaźnikowej z podwójnym uzwojeniem do źródła zasilania napięciem AC (https://t.ly/X4So5)

Istnieje także inna metoda zapobiegania drganiom styków w rytm prądu zasilającego – w tym przypadku cewka ma konstrukcję dwusekcyjną (z odczepem) i współpracuje z prostownikiem, wykonanym na bazie dwóch połączonych przeciwsobnie diod (**rysunek 6**). Obie sekcje, pracując naprzemiennie, niejako przerzucają pomiędzy sobą energię pola magnetycznego, co – nieco podobnie, jak w wersji z dodatkowym uzwojeniem cieniującym – wprowadza przesunięcie fazowe, niezbędne do podtrzymania pola przyciągającego kotwicę.

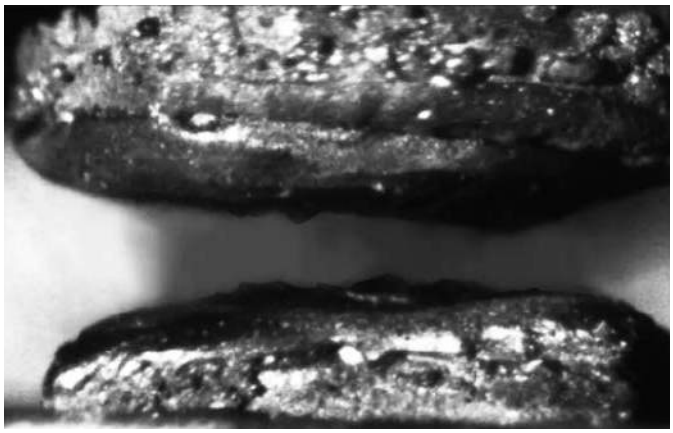
Należy również pamiętać, że na wartość prądu w cewce AC wpływ ma nie tylko rezystancja stałoprądowa uzwojenia, ale także jego reaktancja – z tego względu zasilanie cewki AC napięciem stałym (jeżeli byłoby niezbędne, np. w warunkach awaryjnych) wymagałoby zastosowania napięcia nieco niższego niż nominalne napięcie robocze (skuteczne) danego przekaźnika. Próba zastosowania przekaźnika z cewką AC w obwodzie napięcia stałego niesie ze sobą także ryzyko trwałego przyciągnięcia kotwicy do rdzenia cewki przez magnetyzm szczątkowy, obecny w nim po wyłączeniu zasilania – o ile bowiem w przekaźnikach DC ramię kotwicy współpracujące z cewką jest zwykle konstruowane tak, by obydwa elementy nie mogły do siebie dotykać, to w przekaźnikach AC podobnego zabezpieczenia się nie stosuje.

Styki przekaźników

Styki są najbardziej narażonymi na uszkodzenie elementami przekaźnika i to zarówno z mechanicznego, jak i elektrycznego punktu widzenia. Trwałość mechaniczna jest ograniczona przez wytrzymałość pasków blachy, na których mocowane są nity stykowe – w wyniku zmęczenia materiału może dojść do ich wyłamania, co rzecz jasna stanowi spore zagrożenie dla niezawodności urządzenia.

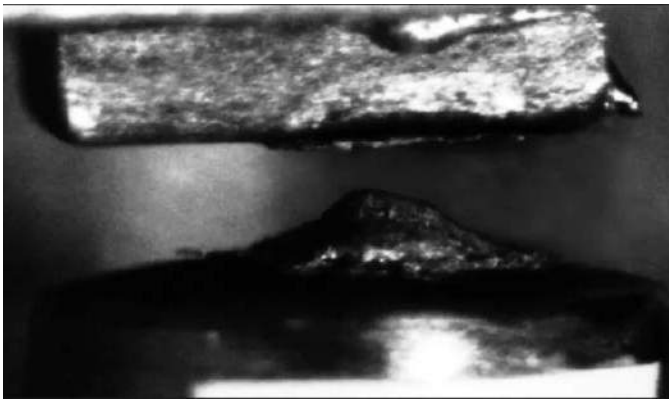
Trwałość elektryczna dotyczy zaś efektu wypalania powierzchni nitów w wyniku iskrzenia, a przede wszystkim długotrwałego łuku elektrycznego, powstającego w szczelinie zestykowej po rozłączeniu obwodu o relatywnie wysokim napięciu. O ile w obwodach AC łuk i tak zgaśnie samoistnie przy kolejnym przejściu przez zero napięcia sieciowego, o tyle w urządzeniach zasilanych napięciem stałym zjawisko może trwać znacznie dłużej, co w efekcie poskutkuje wypaleniem powłoki nitów stykowych, a nawet wgłębnym uszkodzeniem materiału (**fotografia 8**) bądź przeniesieniem części metalu z jednego nitu na drugi (**fotografia 9**). Z tego też względu maksymalne napięcie obciążenia, jakie może być przełączane przez styki, jest znacznie niższe (dla danego typu przekaźnika) w przypadku obwodów DC, w porównaniu do AC (**rysunek 7**).

Niezawodność styków zależy przede wszystkim od materiału, z którego wykonane są nity stykowe. Rzecz jasna, nie istnieje jeden materiał idealny do wszystkich zastosowań, a przy wyborze przekaźnika do danej aplikacji należy rozważyć szereg ważnych parametrów.

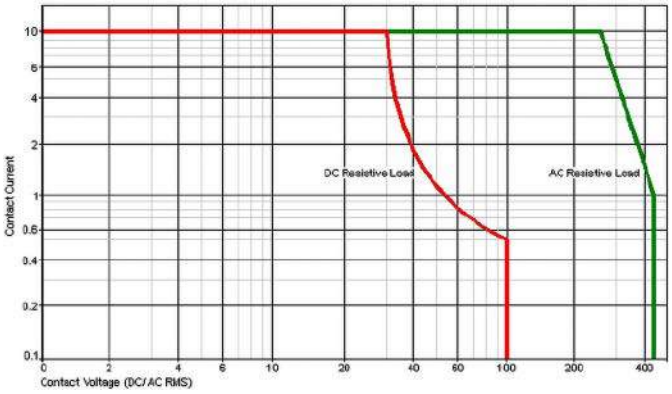


Fotografia 8. Mikrofotografia poważnie uszkodzonych nitów stykowych (https://t.ly/JL2Q)

eprasa.pl a0c98eea7b



Fotografia 9. Widok styków uszkodzonych na skutek przeniesienia części materiału z górnego nitu na powierzchnię dolnego (https://t.ly/JL2Q)



Rysunek 7. Charakterystyki limitów obciążenia styków przekaźnika odbiornikami o charakterze rezystancyjnym, zasilanymi napięciem stałym (krzywa czerwona) oraz przemiennym (krzywa zielona) – https://t.ly/gEif

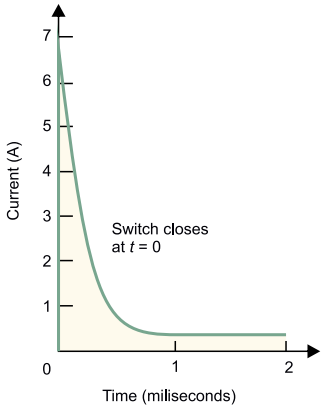
- **AgCdO** (srebro-tlenek kadmu) – oferuje doskonałą trwałość przy sporych obciążeniach (także indukcyjnych) i dużą odporność na efekt zgrzewania styków w warunkach wysokich impulsów prądu rozruchowego,
- **$AgSnO_2$** (srebro-tlenek cyny) – zapewnia odporność zarówno na zgrzewanie, jak i efekt dyfuzji materiału pomiędzy współpracującymi powierzchniami nitów (przy obciążeniach stałoprądowych). Materiał dobrze sprawdza się w przekaźnikach, pracujących z dużymi obciążeniami o charakterze pojemnościowym,
- **AgNi** (srebro-nikiel) – materiał odporny na zużycie mechaniczne dzięki niewielkiej domieszce niklu, nieco gorzej jednak (w porównaniu do AgCdO oraz $AgSnO_2$) opiera się zgrzewaniu; często stosowany w popularnych przekaźnikach dostępnych na rynku, oferuje jednak nieco wyższą rezystywność niż pozostałe z wymienionych stopów.

Warto dodać, że ostatnie dwa spośród wymienionych materiałów bywają często łączone z warstwą złota, przy czym występują dwie odmiany tego rodzaju styków. Najcieńsze pokrycia mają na celu jedynie ochronę nitów przed zbyt szybkim starzeniem w czasie magazynowania, zaś nieco grubsze warstwy złota mogą z powodzeniem pełnić funkcję właściwego interfejsu niskoomowego, umożliwiającego pewne załączanie zarówno niewielkich obciążeń, jak i słabych sygnałów analogowych. W przypadku zastosowań typowo sygnałowych lepszym wyborem jest jednak użycie stopu srebra i palladu (AgPd) jako materiału bazowego, oczywiście także z pokryciem warstwą złota.

Dobór materiału, z którego wykonane są styki bądź ich pokrycia, ściśle wiąże się z zagadnieniem tzw. prądu zwilżania (*wetting current*). Jest to minimalna wartość natężenia prądu, konieczna do przerwania cienkiej warstwy tlenków, zgromadzonych na powierzchniach współpracujących styków. W rzeczywistości producenci przekaźników podają zwykle trzy wielkości: minimalny prąd, napięcie oraz moc przełączanych obciążeń bądź sygnałów. Zastosowanie styków z trwałym złoceniem powierzchni jest zatem doskonałym wyborem dla przekaźników sygnałowych, które często muszą pracować z sygnałami na poziomie poniżej 1 mA (nawet do 10 μA), nie ma jednak sensu w przekaźnikach średniej i dużej mocy, a tym bardziej w stycznikach – tam, z uwagi na powszechnie występujące, silne łuki elektryczne, złoto byłoby zbyt mocno narażone na stopienie podczas wyładowania.

Kategorie użytkowania

Załączanie i wyłączanie obciążeń innych niż rezystancyjne wiąże się z szeregiem dodatkowych narażeń dla styków przekaźnikowych. Uruchamianie odbiorników o charakterze silnie pojemnościowym wywołuje przepływ prądu rozruchowego o dużym natężeniu, który stopniowo maleje w miarę ładowania pojemności. Spory impuls rozruchowy jest obserwowany także w obciążeniach indukcyjnych (np. silnikach) oraz oświetleniu – nawet konwencjonalne żarówki rozpoczynają pracę przy stosunkowo niewielkiej rezystancji włókna, która rośnie wielokrotnie w miarę jego nagrzewania (**rysunek 8**). Przy wyłączaniu odbiornika sytuacja jest już nieco inna – szczególnym zagrożeniem dla styków są obciążenia o dużej indukcyjności, które po odcięciu zasilania generują impulsy wysokiego napięcia, prowadzące do powstania masywnego łuku elektrycznego.



Rysunek 8. Wykres prądu rozruchowego żarówki 60-watowej (https://t.ly/sf_7)

Jak widać, określenie obciążalności przekaźnika za pomocą pojedynczej pary wartości napięcia i prądu maksymalnego nie ma większego sensu. Prąd ciągły wpływa wprawdzie na nagrzewanie styków, zaś napięcie szczytowe jest ograniczone przez szerokość szczeliny zestykowej oraz odstępy izolacyjne – wartości graniczne można zatem dość jednoznacznie określić, ale tylko z punktu widzenia pracy statycznej. W rzeczywistych warunkach pracy te parametry nijak mają się jednak do intensywnych prądów rozruchowych oraz innych zjawisk występujących w trakcie przełączania obciążenia (np. impulsów samoindukcji, powstających po przerwaniu obwodu).

Konieczne okazuje się zatem uwzględnienie charakteru obciążenia sterowanego przez przekaźnik. W notach katalogowych oraz na obudowach przekaźników i styczników można spotkać się z oznaczeniami tzw. kategorii użytkowania (*utilization category*), składającymi się z liter AC lub DC, po których następuje numer z ewentualnym przyrostkiem literowym. Poszczególne klasy odnoszą się do rodzajów obciążeń i mają ścisłe umocowanie w normach międzynarodowych – najczęściej spotykane kategorie można znaleźć w **tabeli 1**.

Zagadnienia implementacyjne przekaźników elektromechanicznych

Dobór odpowiedniego przekaźnika do projektowanego urządzenia jest niewątpliwie kluczowym etapem implementacji tego typu podzespołu, ale zdecydowanie nie należy pomijać szeregu aspektów związanych z jego bezpośrednim otoczeniem układowym. W tej części artykułu przyjrzymy się wybranym zagadnieniom sterowania i zabezpieczania przekaźników – część z nich można potraktować jako przypomnienie i usystematyzowanie najważniejszych informacji, ale na niektóre warto zwrócić szczególną uwagę, ponieważ są nazbyt często pomijane w opracowaniach dotyczących przekaźników oraz styczników.

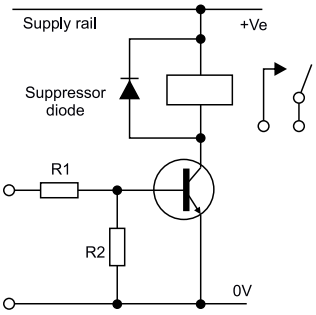
eprasa.pl a0c98eea7b

Tabela 1. Kategorie użyteczności stosowane w określaniu obciążalności styków (https://t.ly/pghk)

Kategoria użytkowania	Przykładowe zastosowania
AC-1	Obciążenie nieindukcyjne lub o małej indukcyjności, piece oporowe
AC-2	Silniki pierścieniowe: rozruch, wyłączenie
AC-3	Silniki klatkowe: rozruch, wyłączenie podczas biegu
AC-4	Silniki klatkowe: rozruch, hamowanie przeciwprądowe, nawrót, impulsowanie
AC-5A	Włączanie lamp wyładowczych
AC-5B	Włączanie lamp żarowych
AC-6A	Włączanie transformatorów
AC-6B	Włączanie baterii kondensatorów
AC-7A	Obciążenia o małej indukcyjności w gospodarstwie domowym i podobnych zastosowaniach
AC-7B	Obciążenia silnikowe w urządzeniach domowego użytku
AC-8A	Sterowanie hermetycznych silników chłodziarek sprężarkowych o ręcznym kasowaniu wyzwalaczy nadprądowych
AC-8B	Sterowanie hermetycznych silników chłodziarek sprężarkowych o samoczynnym kasowaniu wyzwalaczy nadprądowych
DC-1	Obciążenia nieindukcyjne lub o małej indukcyjności, piece oporowe
DC-3	Silniki bocznikowe: rozruch, hamowanie przeciwprądowe, nawrót, impulsowanie, hamowanie oporowe
DC-5	Silniki szeregowe: rozruch, hamowanie przeciwprądowe, nawrót, impulsowanie, hamowanie oporowe
DC-6	Włączanie oświetlenia żarowego

Sterowanie cewek przekaźników monostabilnych

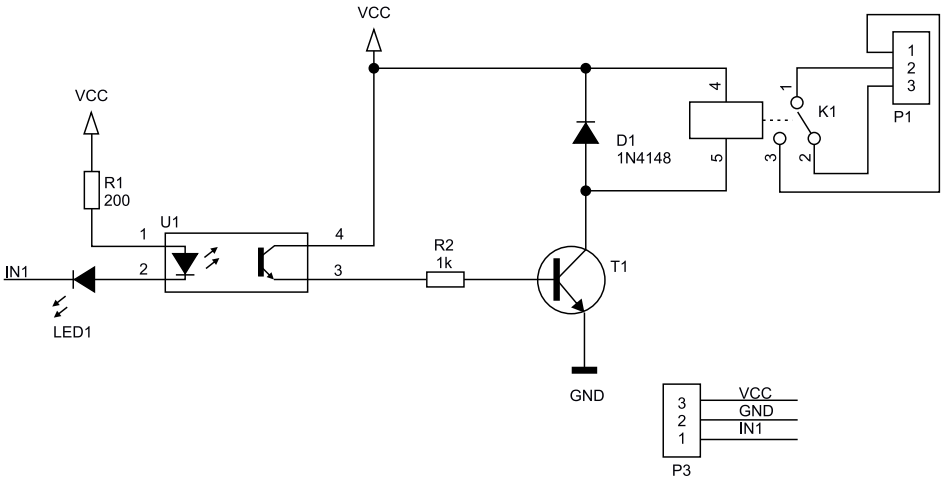
Podstawowym układem pracy cewki przekaźnika jest prosty obwód z tranzystorem kluczującym (BJT lub MOSFET), pokazany na **rysunku 9**. Układ dobrze sprawdza się w prostszych urządzeniach, w których układ sterujący tranzystorem (np. mikrokontroler) oraz sama cewka są zasilane tym samym napięciem (zwykle 5 V, rzadziej 3 V), choć możliwe jest także podłączenie cewki do innej szyny zasilania (np. 12 V czy 24 V). Układ nie zapewnia żadnej separacji zakłóceń, powstających podczas rozłączania przekaźnika, z tego względu może być problematyczny zwłaszcza w sprzęcie typu mixed-signal, ale – jak pokazuje praktyka – także w najprostszych nawet urządzeniach bazujących na mikrokontrolerach. Rzecz jasna, bardzo wiele zależy od poprawności projektu PCB pod względem kompatybilności elektromagnetycznej – nieprawidłowo poprowadzone ścieżki zasilania, słaba masa układu czy wreszcie źle zaprojektowane obwody peryferyjne mikrokontrolera to zwykle najbardziej czułe punkty urządzeń cyfrowych zawierających przekaźniki.



Rysunek 9. Klasyczny układ pracy cewki przekaźnika DC (https://t.ly/_FCs)

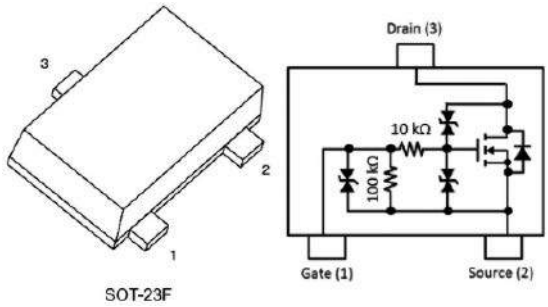
Fotografia 10. Moduł przekaźnikowy z optoizolatorami (https://t.ly/F_sO)

Często stosowanym obejściem tego problemu jest całkowite rozdzielenie zasilania sterownika i cewki, niemal zawsze realizowane za pomocą transoptora. Oprócz oczywistej zalety w postaci całkowitej separacji zakłóceń od układu sterującego, takie rozwiązanie ma jeszcze jedną ważną cechę – umożliwia zwiększenie ratingu napięciowego, w przypadku gdy urządzenie wymaga podwójnej lub wzmocnionej izolacji pomiędzy częścią cyfrową a obwodem styków przekaźnika. Należy jednak pamiętać, że zastosowanie transoptora nie zawsze będzie „automatycznie" prowadziło do istotnego wzrostu poziomu bezpieczeństwa elektrycznego – dobry przykład mogą stanowić tutaj popularne, tanie moduły przekaźnikowe z optoizolacją, które od dłuższego czasu zalewają światowe rynki. Pomimo zastosowania transoptora, praktycznie żadne wymogi bezpieczeństwa nie są tutaj spełnione, a wynika



Rysunek 10. Układ pracy przekaźnika z cewką sterowaną poprzez tranzystor BJT, odseparowany od układu nadrzędnego za pomocą transoptora (https://t.ly/o6b8)

eprasa.pl a0c98eea7b



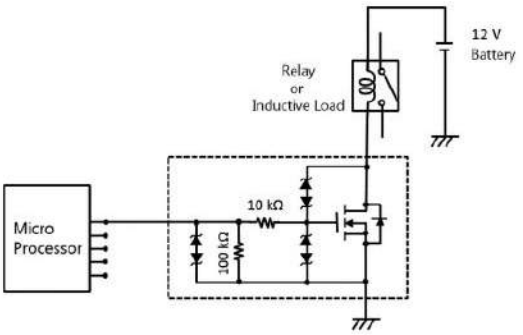
Rysunek 11. Scalony sterownik cewki przekaźnikowej – SSM3K357R marki Toshiba (https://t.ly/nN23)

to z prostej przyczyny – błędnego projektu PCB, który w ogóle nie uwzględnia zwiększonych odstępów izolacyjnych pomiędzy obwodem wejściowym a obwodem cewki (sic!). Wszelkie sugestie, jakoby taki optoizolator miał zwiększać poziom bezpieczeństwa użytkownika, są zatem całkowicie wyssane z palca – wystarczy spojrzeć na płytkę jednego z takich modułów, pokazaną na **fotografii 10**. Co więcej, jeżeli pomimo użycia transoptora linie zasilania obwodu cewki oraz części cyfrowej nie zostaną odseparowane od siebie (patrz **rysunek 10** – linia VCC jest wspólna dla obu „stron" transoptora), to stracimy nie tylko dodatkową barierę ochronną, ale także jakiekolwiek korzyści pod względem oddzielenia źródła zakłóceń od wrażliwych części urządzenia.

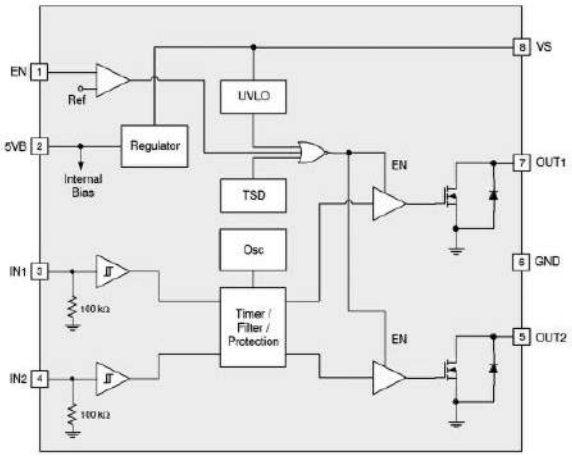
Niezależnie od szczegółów konstrukcyjnych stopnia wyjściowego układu sterowania cewki, możemy wyróżnić jeden powtarzalny element we wszystkich obwodach, w których stosowane są przekaźniki z cewkami DC. Mowa oczywiście o szybkiej diodzie blokującej impulsy samoindukcji i włączanej w kierunku zaporowym, równolegle do cewki. Inżynierowie z firmy Toshiba dostrzegli możliwość zoptymalizowania sposobu sterowania i zabezpieczania cewki, opracowując prosty, ale niezwykle użyteczny układ SSM3K357R (**rysunek 11**). Jego konstrukcja opiera się na tranzystorze N-MOSFET, wyposażonym w zestaw diod Zenera i rezystorów, pełniących funkcję układu chroniącego przed przepięciami i zapewniającego łatwe sprzężenie z dowolnym wyjściem cyfrowym – napięcie progowe bramki nie przekracza 2,0 V. Zastosowanie SSM3K357R pozwala zaoszczędzić co najmniej trzy dyskretne elementy w otoczeniu przekaźnika, co znakomicie upraszcza sterowanie, zwłaszcza w przypadku złożonych, wielokanałowych kart przekaźnikowych czy też sterowników PLC – schemat aplikacyjny układu można zobaczyć na **rysunku 12**.

Sterowanie przekaźnikami bipolarnymi

W przypadku przekaźników bipolarnych o konstrukcji dwucewkowej podstawowy układ sterowania zasadniczo nie różni się od (zdublowanego) obwodu, pokazanego na rysunku 9. Przekaźniki tego typu stawiają jednak nieco większe wymagania pod względem logiki i parametrów czasowych sygnałów sterujących. Po pierwsze – obydwie cewki w żadnym wypadku nie powinny być wysterowane jednocześnie, gdyż spowodowałoby to nieprzewidywalne ustawienie kotwicy.



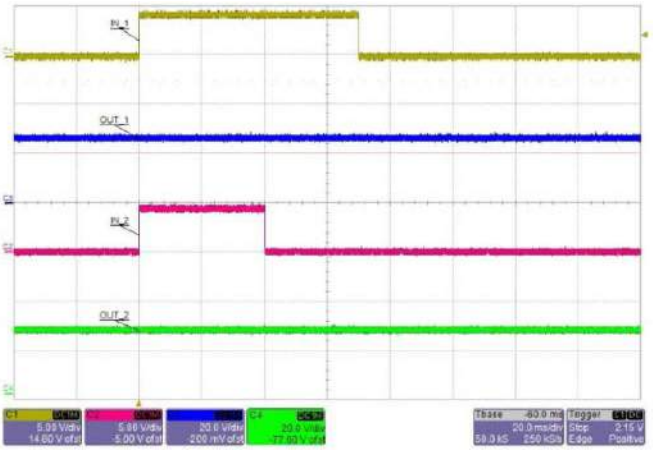
Rysunek 12. Schemat aplikacyjny układu SSM3K357R marki Toshiba (https://t.ly/nN23)



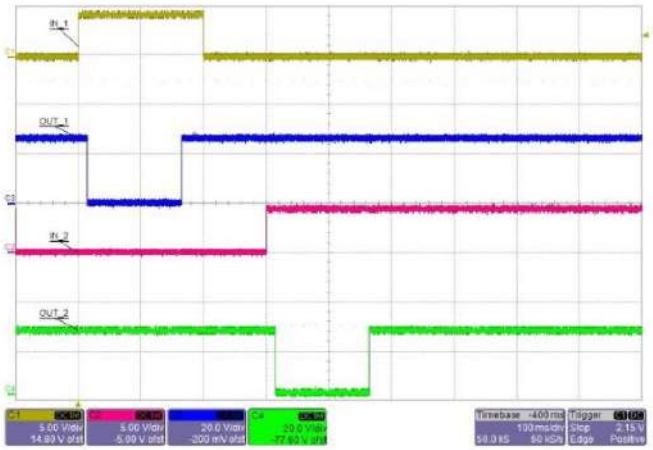
Rysunek 13. Schemat blokowy układów z rodziny FAN324x marki Fairchild (https://t.ly/rYS3L)

Po drugie, przekaźniki bistabilne są czułe na stosunkowo krótkie impulsy (a więc także na zakłócenia), ale z drugiej strony: do poprawnej pracy wymagają sygnałów o czasie trwania nie krótszym niż pewien próg zadziałania (zależny od typu przekaźnika). Po trzecie – co ważne zarówno z ekonomicznego, jak i termicznego punktu widzenia – cewki przekaźników bistabilnych nie powinny pracować w warunkach ciągłego, długotrwałego zasilania, gdyż zwyczajnie nie są do tego dostosowane (byłoby to zresztą klasyczne marnotrawstwo energii).

Mając na uwadze wszystkie powyższe czynniki, firma Fairchild opracowała specjalną linię driverów scalonych, przeznaczonych właśnie

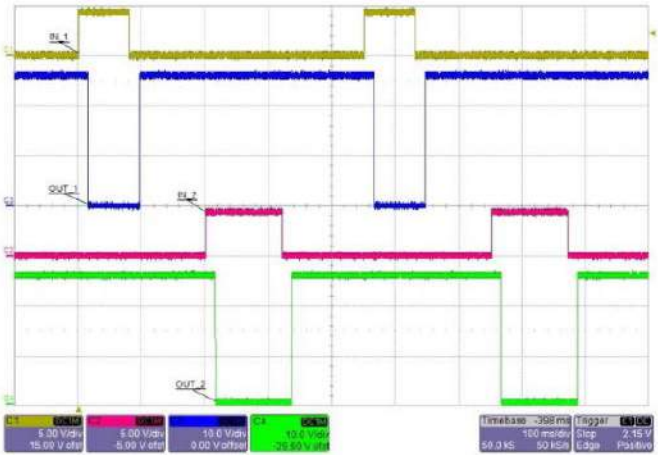


Rysunek 14. Podanie stanów aktywnych na obydwa wejścia sterujące układu FAN324x nie powoduje włączenia żadnego z wyjść (https://t.ly/rYS3L)



Rysunek 15. Przebiegi na wejściach i wyjściach układu FAN3241 w trybie tOUT = tMAX(https://t.ly/rYS3L)

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 16. Przebiegi na wejściach i wyjściach układu FAN3240 w trybie tOUT = tIN < tMAX(https://t.ly/rYS3L)

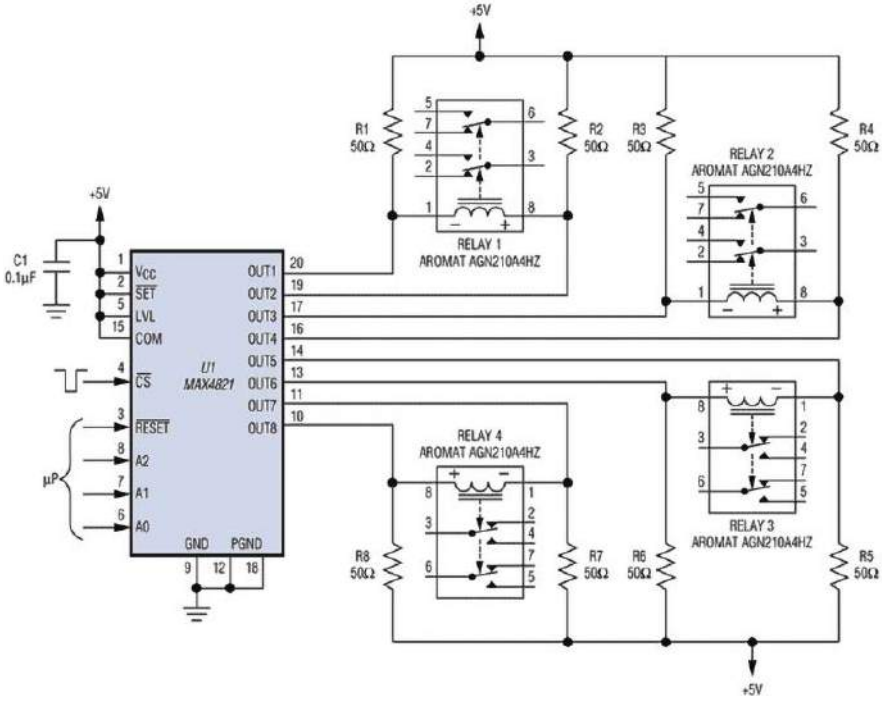
do obsługi przekaźników dwucewkowych. Układy FAN3240 i FAN3241 (**rysunek 13**) są wyposażone w wejściowe bufory Schmitta, cyfrowy filtr z układem czasowym, wbudowany oscylator, układ monitorowania zasilania oraz dwa wyjścia typu otwarty dren. Zadaniem części cyfrowej układu jest ochrona przekaźnika przed podaniem niewłaściwych impulsów sterujących – i tak: wystawienie logicznych jedynek na obydwa wejścia układu nie skutkuje włączeniem żadnego z wyjść „cewkowych" (**rysunek 14**), za to czas prawidłowych, pojedynczych impulsów jest aktywnie modyfikowany przez timer. W zależności od zakupionej wersji FAN324x, czas impulsu wyjściowego może być narzucony arbitralnie (**rysunek 15**) lub „przepuszczany" na wyjście bez zmian, ale tylko dopóki nie przekracza on czasu t_{MAX} (także ustawionego fabrycznie – **rysunek 16**).

Z diametralnie inną sytuacją spotykamy się w przypadku bistabilnych przekaźników jednocewkowych – ponieważ wymagają one sterowania bipolarnego, prosty układ z dwoma tranzystorami w konfiguracji otwartego drenu przestaje być wystarczający. Praktyka podsuwa na myśl zastosowanie niewielkiego, scalonego mostka H i jest to jak najbardziej słuszne rozwiązanie, o ile w urządzeniu mamy do czynienia z pojedynczym przekaźnikiem bistabilnym. Jeżeli jednak musimy wysterować kilka takich elementów, warto zastosować rozwiązanie niejako hybrydowe, zaproponowane przez firmę Analog Devices i pokazane na **rysunku 17**. Cztery przekaźniki jednocewkowe są tu sterowane za pomocą 8-wyjściowego drivera, który wprawdzie także ma wyjścia typu otwarty dren, ale… rolę górnych tranzystorów w mostkach H przejmują 50-omowe rezystory podciągające. Choć taki układ pracy – z uwagi na straty energii – byłby absurdem w przypadku większych obciążeń (np. silników komutatorowych), to w zastosowaniu z przekaźnikami bistabilnymi, które wymagają jedynie krótkich impulsów niezbędnych do „zatrzaśnięcia" kotwicy w danym położeniu, efekt nagrzewania rezystorów podciągających będzie pomijalny w typowych aplikacjach.

Zastosowanie ekonomizerów

Podstawową zaletą przekaźników bistabilnych jest dalece niższy pobór energii w porównaniu do przekaźników monostabilnych, wymagających ciągłego podtrzymywania pola magnetycznego w celu utrzymania kotwicy w pozycji aktywnej. Nie zawsze jednak zastosowanie przekaźnika bistabilnego będzie optymalne z punktu widzenia funkcjonalności czy też bezpieczeństwa urządzenia. Problem strat w cewce narasta szczególnie w przypadku dużych styczników, których cewki – jak wspomnieliśmy na początku artykułu – mogą pobierać nawet kilkadziesiąt watów mocy. Z tego też względu w niektórych sytuacjach z pomocą przychodzą tzw. ekonomizery – specjalne układy elektroniczne, których zadaniem jest obniżenie prądu zasilania cewki po początkowym, „pełnowymiarowym" impulsie, koniecznym do przerzucenia kotwicy do nowego położenia. Jak pisaliśmy już w części poświęconej parametrom cewek, przekaźniki charakteryzują się dość sporą histerezą, co pozwala drastycznie obniżyć straty mocy (a więc także temperaturę cewki) bez ryzyka przypadkowego opuszczenia kotwicy.

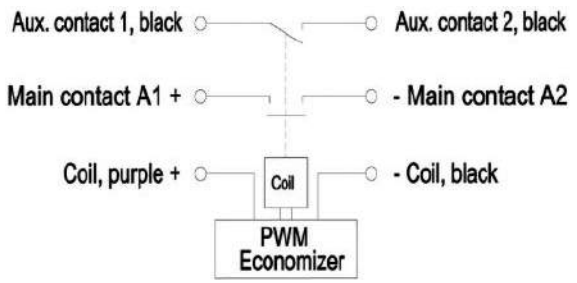
Jako przykład udanej realizacji stycznika zintegrowanego z ekonomizerem można wskazać model ECK250 marki TE Connectivity (**fotografia 11**). Choć – z punktu widzenia użytkownika – sterowanie stycznikiem nie różni się zasadniczo od pracy ze zwykłą cewką DC – wystarczy podać zasilanie na parę przewodów wejściowych (**rysunek 18**) – to ukryty w obudowie układ elektroniczny aktywnie redukuje prąd cewki po włączeniu i to naprawdę znacznie – z 43,2 W mocy „rozruchowej" do zaledwie 1,7 W mocy podtrzymującej. Taka oszczędność pozwala na stosowanie stycznika w aplikacjach wymagających



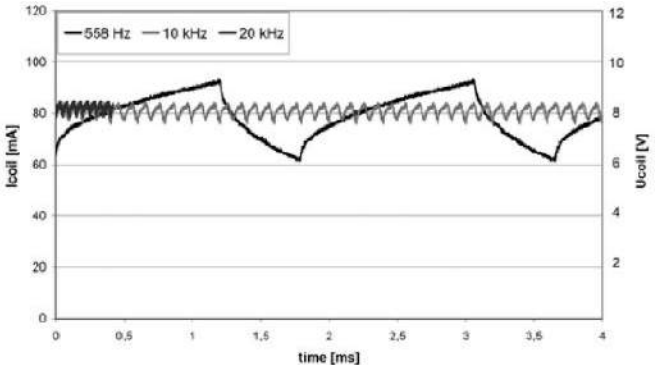
Rysunek 17. Zastosowanie 8-kanałowego drivera z wyjściami typu otwarty dren do sterowania czterema bistabilnymi przekaźnikami jednocewkowymi (https://t.ly/oAU0)

Fotografia 11. Stycznik ECK250 marki TE Connectivity z wbudowanym ekonomizerem PWM(https://t.ly/KU9L)

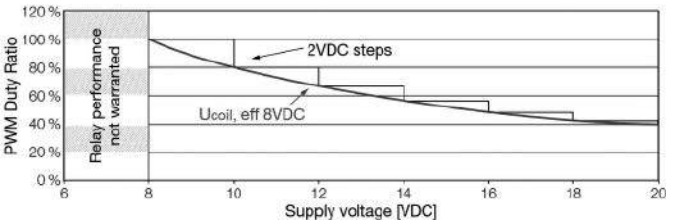
eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 18. Schemat połączeń wewnętrznych stycznika ECK250 (https://t.ly/036W)



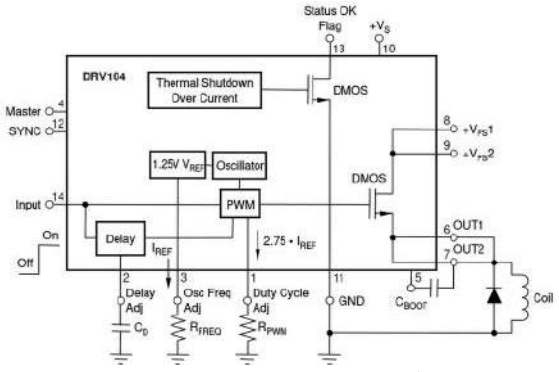
Rysunek 19. Porównanie przebiegów prądu w cewce sterowanej trzema sygnałami PWM o różnych częstotliwościach (https://t.ly/pHUQ)



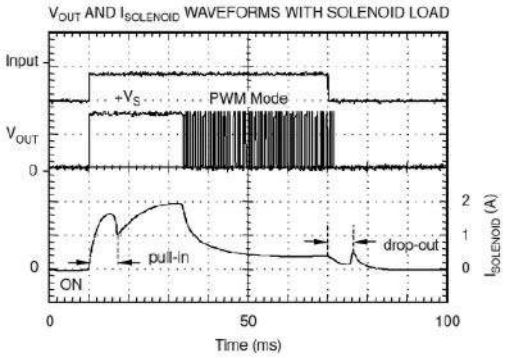
Rysunek 20. „Schodkowa" kompensacja zmian napięcia zasilającego przy sterowaniu cewką przekaźnika za pomocą sygnału PWM (https://t.ly/pHUQ)

długotrwałego utrzymywania kotwicy w pozycji aktywnej, m.in. w inwerterach solarnych.

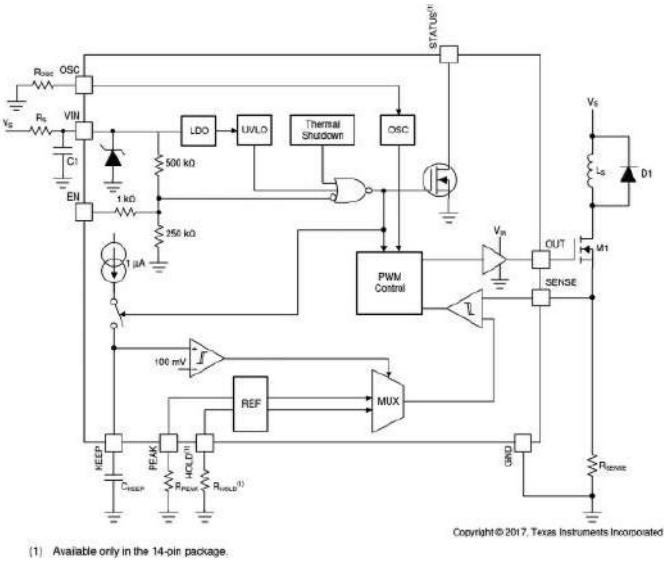
W mniejszej skali rozwiązanie problemu strat mocy w cewce przekaźnika monostabilnego można oczywiście wykonać poprzez proste sterowanie sygnałem PWM, podanym na tranzystor kluczujący, współpracujący z przekaźnikiem. Wymaga to naturalnie odpowiedniego doboru poziomu wysterowania w stanie podtrzymania kotwicy, przy czym konkretna wartość współczynnika wypełnienia będzie zależna od modelu przekaźnika oraz napięcia zasilania systemu. Warto pamiętać także o odpowiednim doborze częstotliwości przebiegu PWM – zbyt niska (tj. poniżej 20 kHz) będzie powodowała słyszalny dla człowieka pisk. Wraz ze wzrostem częstotliwości sygnału sterującego maleć będzie także tętnienie prądu,



Rysunek 21. Schemat aplikacyjny układu DRV104 (https://t.ly/KeuY)



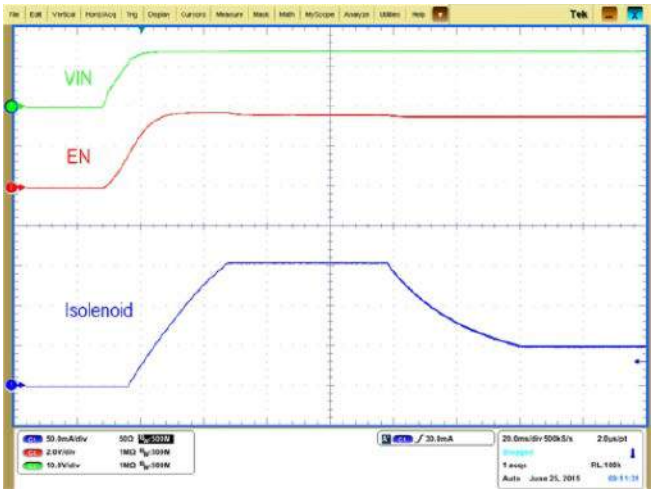
Rysunek 22. Przebiegi w typowym układzie pracy sterownika DRV104, zasilającego solenoid (zbliżone efekty można uzyskać dla cewki przekaźnika) – https://t.ly/gqRf



Rysunek 23. Schemat aplikacyjny układu DRV110 (https://t.ly/fiQ1)

co zobrazowano na **rysunku 19**. Monitorowanie linii zasilania umożliwia ponadto wprowadzanie bieżących poprawek, umożliwiających przynajmniej zgrubne dopasowanie poziomu wysterowania cewki do aktualnej wartości napięcia zasilania systemu (**rysunek 20**), co ma znaczenie m.in. w aplikacjach motoryzacyjnych.

Warto wiedzieć, że funkcję ekonomizera można zrealizować także za pomocą opracowanych specjalnie do tego celu układów scalonych. 1,2-amperowy driver DRV104 marki Burr-Brown (obecnie TI)



Rysunek 24. Przebiegi w typowym układzie pracy sterownika DRV110, zasilającego solenoid (zbliżone efekty można uzyskać dla cewki przekaźnika) – https://t.ly/fiQ1

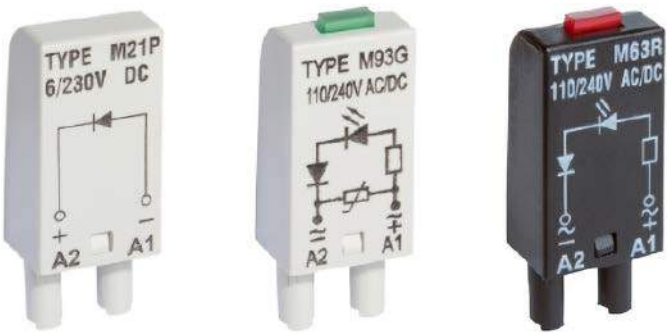
eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografia 12. Przekaźnik interfejsowy z serii PIR6W-1P marki Relpol (https://t.ly/ebaTT)

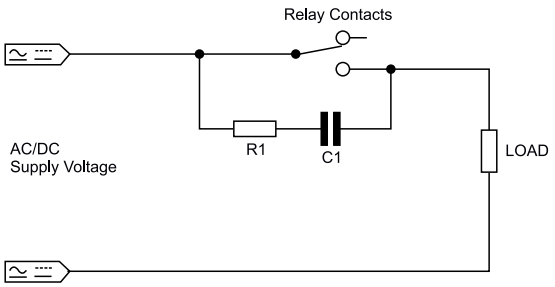
steruje pojedynczą cewką przekaźnika „od góry" (high-side), z użyciem wbudowanego jeszcze przypadku, dzięki sprzężeniu zwrotnemu na bazie bocznika, możliwa jest stabilizacja prądu, kompensująca zarówno zmiany temperatury uzwojenia, jak i wahania napięcia zasilającego. Przebiegi uzyskiwane podczas pracy drivera można zobaczyć na **rysunku 24**.

Zakłócenia indukowane w liniach sterowniczych

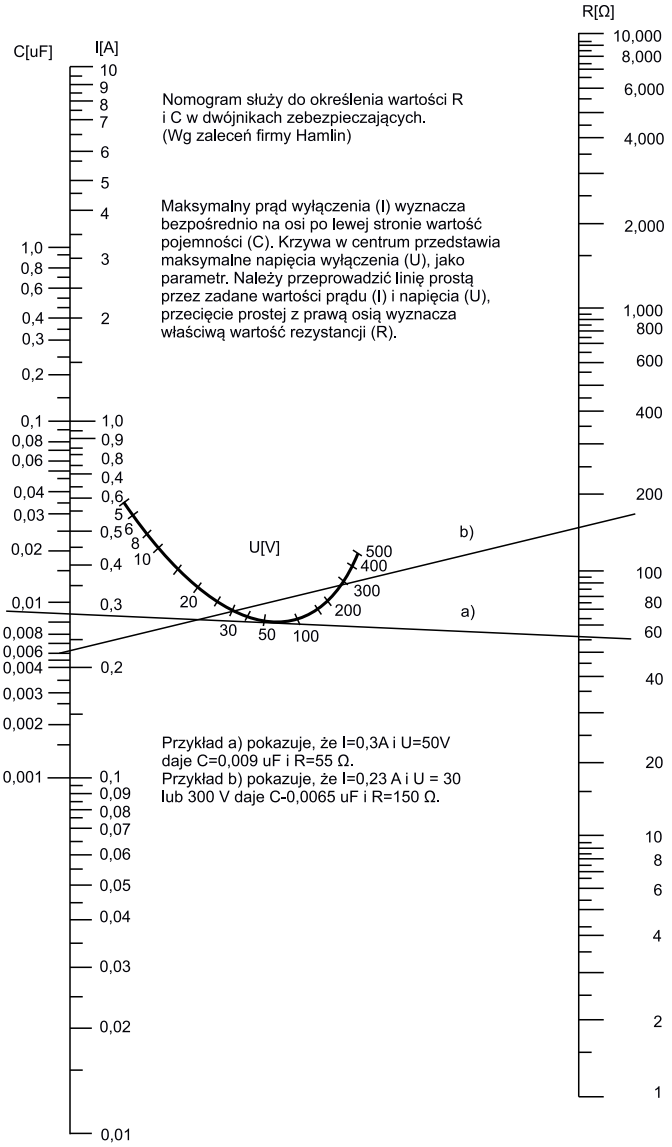
Na pierwszy rzut oka mogłoby się wydawać, że przekaźniki elektromechaniczne są idealnym wyborem do instalacji przemysłowych – prosta konstrukcja i konieczność stosowania „silnych" sygnałów sterujących w postaci prądu na poziomie przynajmniej kilkudziesięciu… kilkuset miliamperów sugerują, że linie sterownicze naprawdę trudno byłoby zakłócić. W praktyce okazuje się jednak, że warunki instalacji przekaźnika silnie wpływają na stabilność jego pracy, co najlepiej



Fotografia 13. Przykładowe moduły sygnalizacyjne i przeciwprzepięciowe do przekaźników marki Relpol (https://t.ly/UO_b)



Rysunek 25. Najprostszy gasik RC do ochrony styków przed iskrzeniem (https://t.ly/1I6D)



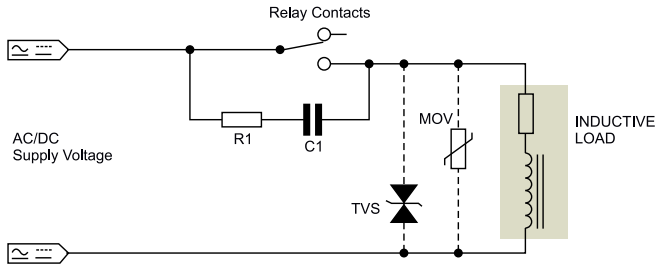
Rysunek 26. Nomogram ułatwiający dobór elementów gasika RC (https://t.ly/JOeH)

REKLAMA

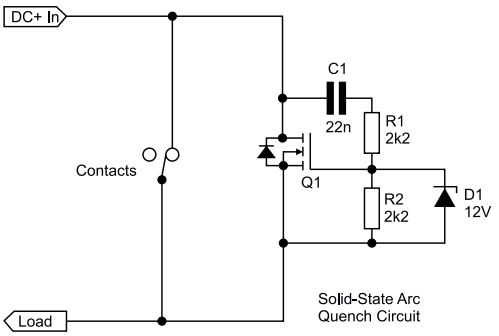
eprasa.pl a0c98eea7b

widać na przykładzie zakłóceń indukowanych w liniach sterowniczych, łączących cewkę z urządzeniem nadrzędnym (np. sterownikiem PLC). Jeżeli interferencja będzie wystarczająco silna, przekaźnik może być losowo załączany (wzbudzany), a równie poważny problem stanowi niepożądane podtrzymanie załączenia po zaniku właściwego sygnału sterującego. Takie zjawisko ma miejsce zwykle tam, gdzie przewody zasilające cewkę są ułożone w pobliżu kabli zasilających odbiorniki dużej mocy lub ich długość jest znaczna (zazwyczaj rzędu kilkudziesięciu metrów lub więcej).

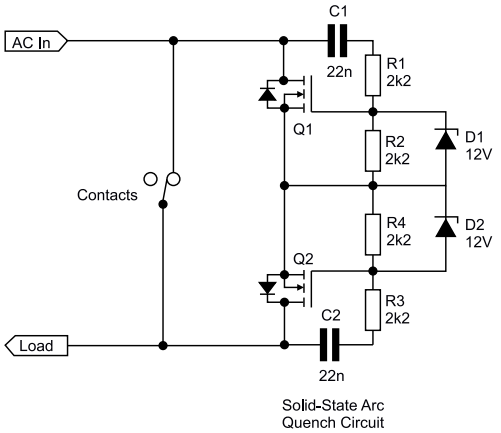
Warto zdawać sobie sprawę, że na tego typu problemy szczególnie narażone są przekaźniki z cewkami sterowanymi napięciem sieciowym (230 V) – a to z uwagi na znacznie wyższą impedancję uzwojenia w porównaniu do przekaźników pracujących z niższymi napięciami (np. 24 V). Aby zapobiec powstawaniu szkodliwych (a w skrajnych przypadkach nawet niebezpiecznych) interferencji, można zastosować szereg tricków. Jednym z nich jest zmiana przekaźnika na model o wyższych parametrach obciążeniowych, za czym idzie zwykle także „mocniejsza" cewka (mająca w związku z tym mniejszą rezystancję przy identycznym napięciu znamionowym). Można także zastosować specjalne przekaźniki interfejsowe – przykładowo, przekaźniki PIR6W-1P-230VAC/DC-10 rodzimej marki Relpol mają wbudowane filtry aktywne, które umożliwiają niezawodne przesyłanie sygnałów sterujących za pomocą przewodów o długości nawet 300 metrów (**fotografia 12**). Jeżeli zmiana napięcia znamionowego lub modelu przekaźnika nie wchodzi w grę, to zawsze pozostaje jeszcze jedno wyjście „ratunkowe" – zastosowanie rezystora, włączanego równolegle do cewki, którego zadaniem jest zmniejszenie wypadkowej impedancji po stronie przekaźnika, a co za tym idzie – stłumienie zakłóceń wzbudzanych przez pole magnetyczne. Firma Relpol opracowała zresztą serię niewielkich modułów dodatkowych, obejmującą nie tylko „terminatory" rezystancyjne, ale także rozmaite ograniczniki przepięć, diody sygnalizacyjne czy wreszcie proste filtry RC (**fotografia 13**).



Rysunek 27. Układ z rysunku 25 rozbudowany o elementy przeciwprzepięciowe dla obciążenia indukcyjnego (https://t.ly/hwbH)



Rysunek 28. Aktywne zabezpieczenie styków przed powstawaniem łuku elektrycznego (https://t.ly/-tAA)

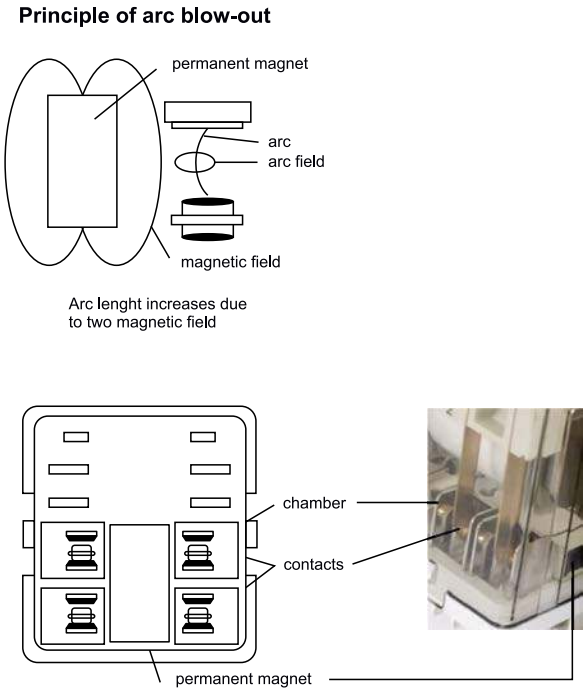


Rysunek 29. Wersja układu z rysunku 28 dla obciążeń zasilanych napięciem przemiennym (https://t.ly/-tAA)

Sposoby zabezpieczania styków

Bardzo ważnym aspektem – z punktu widzenia zarówno niezawodności, jak i kompatybilności elektromagnetycznej – jest odpowiednie zabezpieczenie styków przekaźnika przed iskrzeniem. Do tego celu można zastosować rozmaite rodzaje gasików – najprostsze, złożone zaledwie z dwóch elementów RC (**rysunek 25**) można obliczyć na podstawie nomogramu z **rysunku 26**. W przypadku współpracy styków z obciążeniami indukcyjnymi konieczne będzie także zabezpieczenie przed impulsami samoindukcji – dokładnie z tego samego powodu, dla którego stosowane są diody włączone równolegle z cewką sterującą przekaźnika. Rzecz jasna, jeżeli obciążenie jest zasilane napięciem przemiennym, to użycie zwykłej diody prostowniczej lub Schottky'ego nie wchodzi w grę – zastępują ją wtedy dwukierunkowe transile lub warystory (**rysunek 27**).

Interesujące możliwości dają układy aktywne, bazujące na tranzystorach MOSFET – prosty obwód pokazany na **rysunku 28** nie gasi łuku, ale… całkowicie uniemożliwia jego powstawanie (!). Zasada działania jest naprawdę nieskomplikowana – tranzystor zostaje zasilony przez kondensator C1 w momencie rozwarcia styków, uniemożliwiając tym samym zainicjowanie łuku elektrycznego (innymi słowy – chwilowo przejmuje na siebie prąd obciążenia). Po krótkim czasie, w wyniku naładowania C1, tranzystor zostaje wyłączony, co odcina obciążenie od zasilania. Rezystory R1, R2, wraz z pojemnością C1, umożliwiają zgrubne ustawienie stałej czasowej (stosownie do typu tranzystora oraz napięcia zasilania). Podobne działanie można uzyskać także dla obwodów zasilanych napięciem AC (**rysunek 29**) – uważni Czytelnicy, zaznajomieni z technologią przekaźników półprzewodnikowych, od razu dostrzegą



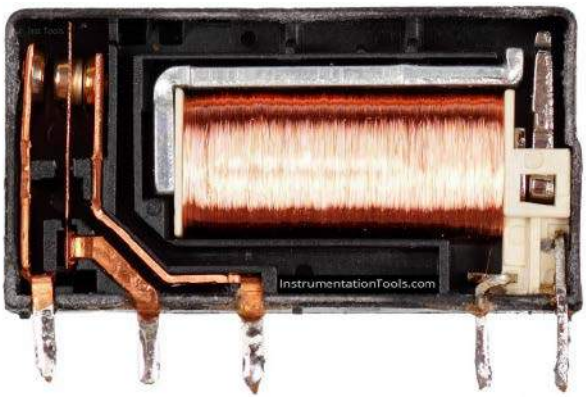
Rysunek 30. Zasada działania oraz konstrukcja zabezpieczenia magnetycznego styków przekaźnika (https://t.ly/xfK4)

eprasa.pl a0c98eea7b

podobieństwo zastosowanej tutaj topologii do stopni wyjściowych SSR bazujących na MOSFET-ach.

Gasiki oraz aktywne tłumiki łuku elektrycznego pozwalają zabezpieczyć dowolny przekaźnik elektromechaniczny, warto jednak wiedzieć, że niektóre modele mają fabrycznie wbudowane magnesy trwałe (**rysunek 30**). Ich zadaniem jest „wydmuchiwanie" łuku elektrycznego (*magnetic blow-out*), a ściślej rzecz ujmując – zakrzywianie jego toru w celu wydłużenia efektywnej ścieżki propagacji. W ten sposób tworzenie się łuku jest znacznie utrudnione, co pozwala podwyższyć rating napięciowy styków przy zachowaniu zbliżonych wymiarów obudowy przekaźnika.

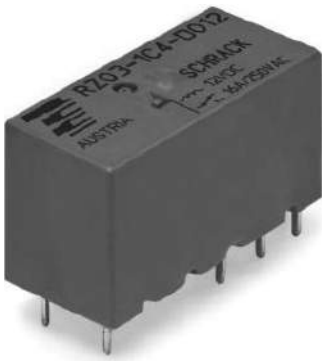
Fotografia 14. Prosty przekaźnik, w którym izolacja pomiędzy cewką a stykami bazuje głównie na odstępach powietrznych i powierzchniowych (nie licząc izolacji stałej pomiędzy rdzeniem cewki a jej uzwojeniem) – https://t.ly/SF-O



Fotografia 15. Wnętrze przekaźnika z widocznymi przegrodami izolacji stałej pomiędzy cewką a zespołem styków (https://t.ly/cSLp)

Izolacja wzmocniona

Na koniec pozostawiliśmy zasygnalizowany już wcześniej problem izolacji wzmocnionej. Producenci przekaźników elektromechanicznych stosują rozmaite rozwiązania konstrukcyjne w zakresie koordynacji izolacji pomiędzy cewką a zespołem styków. W niektórych przypadkach już na pierwszy rzut oka widać, że odstępy powierzchniowe i powietrzne pomiędzy wejściem a wyjściem przekaźnika są stosunkowo niewielkie (**fotografia 14**) – wystarczające, aby spełnić wymogi podstawowej izolacji o określonej wytrzymałości napięciowej, ale zdecydowanie zbyt małe dla aplikacji, w których wysoki poziom ochrony przeciwporażeniowej jest warunkiem krytycznym. Istnieje jednak możliwość takiego zaaranżowania wnętrza obudowy przekaźnika, by jej elementy stanowiły izolację stałą (**fotografia 15**). Jest to o tyle istotne, że uzyskanie wymaganego poziomu izolacji (np. podwójnej) byłoby bardzo trudne przy użyciu jedynie odstępów powietrznych – przykładowo, jeżeli zbyt daleko odsuniemy kotwicę od cewki, to siła oddziaływań magnetycznych znacznie zmaleje, co utrudni lub uniemożliwi poprawne działanie przekaźnika. Z tego też względu producenci stosują rozmaite rozwiązania pomocnicze – przykładem mogą być przekaźniki bezpieczeństwa z wymuszonym przełączaniem styków, w których, w dość naturalny sposób, pojawia się możliwość odseparowania styków od cewki za pośrednictwem nieprzewodzącego popychacza. Przykładem omawianego tutaj rodzaju konstrukcji może być pokazany na **fotografii 16** przekaźnik OA 5603, zapewniający izolację na poziomie 4 kV i odstępy powietrzne/powierzchniowe na poziomie 8 mm (cewka-styki). A to wciąż nie wszystko, na co stać niewielkie przekaźniki do montażu na PCB – seria RZ marki Schrack (fotografia 1) oferuje jeszcze lepsze parametry, bo 5-kilowoltową barierę z odstępami nie mniejszymi niż 10 mm (!), a to wszystko w obudowie o wymiarach 29×12,7×15,7 mm.



Fotografia 16. Przekaźnik ze wzmocnioną izolacją 5 kV/10 mm marki Schrack – seria RZ(https://t.ly/ENHln)

Podsumowanie

W artykule zaprezentowaliśmy szereg mniej lub bardziej znanych zagadnień dotyczących budowy, parametrów oraz implementacji przekaźników elektromechanicznych. Opis rzecz jasna nie jest w stanie wyczerpać tematu, gdyż należałoby jeszcze przyjrzeć się bliżej wielu kwestiom, związanym m.in. z montażem przekaźników (lutowanym oraz za pomocą uniwersalnych gniazd), odpornością środowiskową, dynamiką cykli łączeniowych (czasy łączenia, rozłączania oraz drgania zestyków) czy wreszcie obowiązującymi standardami międzynarodowymi. Znaczna część tych tematów była już niejednokrotnie omawiana na łamach „Elektroniki Praktycznej" – zainteresowanych Czytelników odsyłamy do archiwum, znajdującego się na stronie internetowej EP.

inż. Przemysław Musz, EP

REKLAMA

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

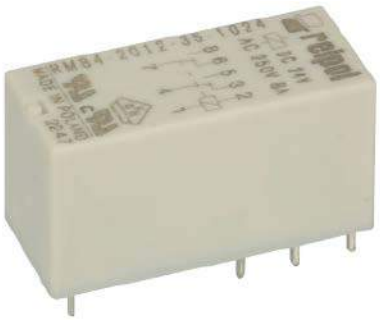
eprasa.pl a0c98eea7b

Przekaźniki w ofercie Firmy Piekarz

Zasada działania przekaźnika elektromagnetycznego nie jest skomplikowana. Jednak elementy te znalazły niesamowicie wiele zastosowań i każdy poszczególny parametr oraz cecha konstrukcyjna nabrały istotnego znaczenia. W ofercie Firmy Piekarz dostępnych jest ponad 500 typów przekaźników – od klasycznych elementów elektromechanicznych po zaawansowane komponenty półprzewodnikowe. Tak szeroki asortyment sprosta wymaganiom prawie każdej aplikacji.

Klasyczne, sprawdzone i niezawodne

Najbardziej popularne przekaźniki to modele RM84 (**fotografia 1**) i RM85 (**fotografia 2**) produkcji Relpol. Choć przekaźniki tego typu produkowane są od wielu lat, to producent stale udoskonala konstrukcję i poprawia parametry, m.in. została zmniejszona moc cewki sterującej oraz powiększona wytrzymałość napięciowa. Wszystko to poprawia ich żywotność i niezawodność. Wybrane parametry przekaźników RM84/85 zestawiono w **tabeli 1**. Ponadto, do przekaźników tego typu oferowane są gniazda ułatwiające montaż i wymianę, przystosowane do wlutowania w płytkę PCB lub do zamontowania na szynie DIN35 (**fotografia 3**).



Fotografia 1. Przekaźnik RM84 (dwa zestyki) z cewką na napięcie 24 V (https://bit.ly/3LoN6tn)

Fotografia 2. Przekaźnik RM85 (jeden zestyk) z cewką na napięcie 12 V (https://bit.ly/3LpmKaz)

Fotografia 3. Gniazdo GZT80 do montażu na szynę DIN35 przystosowane do przekaźników RM84/85 (https://bit.ly/3LoGKKm)

Szeroko stosowany jest także przekaźnik typu HF3FF (**fotografia 4**) firmy Hongfa. Pozwala na załączanie obwodów o nieco wyższym napięciu znamionowym – maksymalnie 277 V AC oraz 28 V DC. Interesującą cechą przekaźników HF3FF jest niewielka moc cewki sterującej – ok. 0,36 W, oraz niskie napięcie rozłączenia (drop-out voltage) na poziomie 10% napięcia znamionowego – dla cewki 12 V wynosi 1,2 V. Dzięki tym właściwościom przekaźniki HF3FF dają możliwość optymalizacji poboru mocy w aplikacji.

Fotografia 4. Przekaźnik HF3FF produkcji Hongfa (https://bit.ly/3N3tM6d)

Wyspecjalizowane i funkcjonalne

Przekaźniki to także kompaktowe moduły funkcjonalne opracowane to określonych zadań.

Przykładem takiego elementu jest przekaźnik instalacyjny typu RPI-2P-UNI (**fotografia 5**) z dwoma stykami o obciążalności 8 A,

Tabela 1. Wybrane parametry przekaźników RM84 i RM85 firmy Relpol

Model		RM84	RM85
Rodzaj zestyków		dwa zestyki	jeden zestyk
Znamionowe obciążenie w danej kategorii	AC1	8 A/250 V	16 A/250 V
	AC15	3 A/120 V; 1,5 A/240 V (B300)	3 A/120 V; 1,5 A/240 V (B300)
	AC3	550 W (silnik jednofazowy)	750 W (silnik jednofazowy)
	DC1	8 A/24 V	16 A/24 V
	DC13	0,22 A/120 V; 0,1 A/250 V (R300)	0,22 A/120 V; 0,1 A/250 V (R300)
Maksymalna moc łączeniowa		2000 VA	4000 VA
Częstość łączeń przy obciążeniu znamionowym		600 cykli/godz.	600 cykli/godz.

eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografia 5. Przekaźnik instalacyjny typu RPI-2P-UNI (https://bit.ly/40wRBGz)

Fotografia 6. Wielofunkcyjny przekaźnik czasowy typu 600XU-A (https://bit.ly/41QmTt9)

montowany na szynie DIN. Przekaźnik może być sterowany napięciem z bardzo szerokiego zakresu: 12...240 V, zarówno przemiennym, jak i stałym (AC/DC). Takie cechy pozwalają na stosowanie przekaźnika w systemach o różnych poziomach zasilania oraz w obwodach z zasilaniem o niestandardowej wartości.

Ciekawym rozwiązaniem jest wielofunkcyjny przekaźnik czasowy typu 600XU-A (**fotografia 6**). Pozwala realizować wiele różnych funkcjonalności takich jak: modulacja szerokości impulsów, odmierzanie czasu wyłączenia, odmierzanie czasu zadziałania, opóźnione wyłączanie, opóźnione załączanie, opóźnione załączanie i wyłączanie, praca cykliczna rozpoczynająca się od przerwy, praca cykliczna rozpoczynająca się od zadziałania. Działa z zasilaniem 20...240 V AC/DC.

Fotografia 7. Przekaźnik 1-fazowy SSR typu GDH6066ZD3 (https://bit.ly/3AnNqCl)

Półprzewodnikowe

Uzupełnieniem oferty przekaźników są ich wersje półprzewodnikowe (SSR), w których elementem wykonawczym jest triak lub dwa przeciwstawnie umieszczone

Fotografia 8. Przekaźnik 3-fazowy SSR typu GTH6053ZA2 (https://bit.ly/40zfFbX)

Fotografia 9. Moduł chłodzący typu Y-110-161 do przekaźników SSR (https://bit.ly/3mYMVM2)

tyrystory. Takie rozwiązanie pozwala uniknąć pewnych problemów charakterystycznych dla przekaźników elektromagnetycznych (iskrzenie, wypalanie styków), ale jednocześnie wprowadza ograniczenia. Nawet niewielkie przekroczenie wartości napięcia lub prądu może być powodem uszkodzenia przekaźnika, dlatego warto stosować dodatkowe elementy przeciwprzepięciowe oraz należy rozważyć zastosowanie komponentów o parametrach przekraczających wymagania aplikacji. W instalacjach 1-fazowych 230 V AC doskonale sprawdzi się przekaźnik SSR typu GDH6066ZD3 (**fotografia 7**) o prądzie znamionowym 60 A i napięciu maksymalnym aż 660 V AC. W przypadku obwodu 3-fazowego można zastosować przekaźnik SSR typu GTH6053ZA2 o prądzie 60 A i napięciu 530 V AC (**fotografia 8**).

Do przekaźników półprzewodnikowych dostępne są radiatory i moduły chłodzące ze zdefiniowaną rezystancją cieplną. Najlepszy moduł chłodzący Y-110-161 (**fotografia 9**) o rezystancji cieplnej 0,28 K/W umożliwi załączanie prądu o wartości aż 140 A.

Firma Piekarz
www.piekarz.pl

REKLAMA

FIRMA PIEKARZ
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE

Oferujemy ponad 500 typów przekaźników, w tym ponad 60 modeli przekaźników półprzewodnikowych

www.piekarz.pl

Firma Piekarz Sp. z o.o.
01-919 Warszawa, ul. Wólczyńska 206
tel. +48 22 599 49 70, sprzedaz@piekarz.pl

eprasa.pl a0c98eea7b

Przekaźniki do obwodów AC, DC i instalacji fotowoltaicznych

Powszechnie wiadomo, że przekaźnik to element często spotykany w elektronice i elektrotechnice, który służy do sterowania, załączania lub separowania różnych obwodów elektrycznych. Przekaźniki stosowane są w wielu aplikacjach, urządzeniach AGD, RTV oraz w zastosowaniach przemysłowych. Pracują w obwodach napięcia przemiennego AC oraz w obwodach prądu stałego DC. W tym artykule przeanalizujemy zastosowanie przekaźników w obwodach AC i DC oraz bliżej przyjrzymy się przekaźnikowi Finder serii 68 przeznaczonemu między innymi do systemów fotowoltaicznych.

Przekaźniki w obwodach prądu przemiennego (AC)

W obwodach prądu przemiennego (AC) przekaźniki są zazwyczaj stosowane do sterowania większymi obciążeniami, takimi jak silniki, urządzenia grzewcze czy oświetlenie. Przekaźnik elektromagnetyczny zbudowany jest z cewki nawiniętej na rdzeniu, popychacza (kotwicy), styków oraz wyprowadzeń umożliwiających połączenie. Jednym z głównych zastosowań przekaźników np. Finder seria 62 lub 66 (**fotografia 1**) w obwodach AC jest załączanie obwodów o dużych mocach, takich jak silniki, grzałki, oprawy oświetleniowe. Umożliwiają one izolację pomiędzy urządzeniem sterującym a obwodem zasilającym w celu ochrony układu sterowania w razie wystąpienia awarii obwodu zasilającego. Znajdują również zastosowanie w systemach oświetleniowych dróg i tuneli.

Fotografia 1. Przekaźnik Finder serii 66 do obwodów prądu przemiennego dużej mocy (https://bit.ly/3oS7Ocp)

Bardzo ważnym elementem każdego przekaźnika elektromagnetycznego lub stycznika są styki, a dokładniej materiał, z jakiego są wykonane. To właśnie styki znacząco wpływają na trwałość elektryczną i mechaniczną przekaźników oraz decydują o jego kluczowych parametrach takich jak prądy robocze czy prądy rozruchowe. Marka Finder stara się uczulić klientów i użytkowników na kwestię optymalnego doboru styków do aplikacji, w której będą pracowały przekaźniki.

Kontrola temperatury urządzeń

Innym rodzajem przekaźników są przekaźniki termostatyczne, które są odpowiedzialne za kontrolowanie temperatury. Przekaźniki termostatyczne są stosowane do automatycznego sterowania urządzeniami grzewczymi i chłodniczymi, takimi jak kotły grzewcze, lodówki czy żelazka w zależności od zmiany temperatury wokół kontrolowanej przestrzeni.

Przekaźniki termiczne zabezpieczają również urządzenia przed przegrzaniem lub nadmiernym ochłodzeniem. Również w rozdzielnicach elektrycznych do kontroli temperatury i wilgotności stosuje się termostaty lub higrotermostaty np. Finder seria 7T (**fotografia 2**). Odpowiadają one głównie za załączanie grzałek i wentylatorów w celu utrzymania odpowiednich warunków poprawiających żywotność i niezawodność pracy komponentów znajdujących się w różnego rodzaju rozdzielnicach.

Fotografia 2. Przekaźnik higrotermostat Finder serii 7T (https://bit.ly/425XUC5)

eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografia 3. Przekaźnik subminiaturowy Finder serii 30 (https://bit.ly/3n9k4Vn)

Fotografia 4. Przekaźnik do obwodów drukowanych Finder serii 45 (https://bit.ly/3LfGxIr)

Fotografia 5. Przekaźnik dużej mocy Finder serii 68 (https://bit.ly/3ACmbUB)

Przekaźniki w obwodach prądu stałego (DC)

W obwodach prądu stałego (DC) przekaźniki odgrywają ważną rolę, ponieważ umożliwiają załączenie przepływu prądu w celu wykonania określonej funkcji. Jednym z zastosowań przekaźników w obwodach DC, tak samo jak w przypadku przekaźników (AC), jest wysterowanie obwodów o wysokiej mocy, takich jak silniki, grzałki czy lampy. Zapewniają one izolację galwaniczną pomiędzy urządzeniem sterującym a obwodem zasilającym, co chroni cały układ sterowania przed uszkodzeniem w przypadku wystąpienia awarii w obwodzie roboczym.

Również dla obwodów drukowanych o zróżnicowanych mocach wykorzystywane są małe przekaźniki np. Finder seria 30 (**fotografia 3**); średnie serii np. Finder 45 (**fotografia 4**) czy duże Finder serii 68 (**fotografia 5**). Wszystkie te przekaźniki w zależności od potrzeb pracują z prądami roboczymi, począwszy od pojedynczych mA, a w przypadku serii 68 aż do 100 A.

Seria 68 a instalacje fotowoltaiczne

Finder seria 68 to linia przekaźników elektromagnetycznych o wysokiej mocy, przeznaczonych do zastosowań w elektronice czy automatyce przemysłowej. Znajdują one zastosowanie w urządzeniach takich jak zasilacze, maszyny, systemy sterowania czy inwertery fotowoltaiczne. Przekaźniki te charakteryzują się solidną konstrukcją, wysoką niezawodnością i długą żywotnością. Wszystkie przekaźniki z tej serii charakteryzują się niewielką mocą sterowania, co czyni je wyjątkowo energooszczędnymi. Przekaźniki Finder serii 68 są bardzo dobrą alternatywą dla styczników ze względu na niewielką moc strat oraz konfigurację styków np. przekaźnik Finder 68.25 ma styki 4Z 40A oraz styk pomocniczy 1R. Przekaźnik występuje w różnych konfiguracjach zestyków, co ułatwia zastosowanie ich w wielu aplikacjach.

Rozwiązanie do fotowoltaiki

Instalacje fotowoltaiczne to dziedzina, która zajmuje się przetwarzaniem energii słonecznej na energię elektryczną za pomocą paneli fotowoltaicznych. Aby system fotowoltaiczny działał poprawnie, wymagana jest możliwość szybkiego odłączenia zasilania

Fotografia 6. Ochrona przeciwprzepięciowa – seria produktów Finder 7P (https://bit.ly/3nalpv0)

sieciowego AC od inwertera fotowoltaicznego w momencie wystąpienia awarii.

Uzupełnieniem zabezpieczeń instalacji fotowoltaicznych jest ochrona przeciwprzepięciowa, seria produktów Finder 7P (**fotografia 6**) umożliwia dobór ograniczników przepięć stosowanych po stronie sieciowej AC inwerterów fotowoltaicznych. W serii produktów 7P znajdziemy również ograniczniki przepięć do stosowania w obwodach DC. Wysoka jakość ograniczników przepięć marki Finder pozwoli ochronić instalację fotowoltaiczną od strony zasilającej i od strony paneli fotowoltaicznych. Zabezpieczenia te są bardzo istotną kwestią, która chroni przed uszkodzeniami, a co za tym idzie, chroni również budżet użytkownika instalacji fotowoltaicznej.

Potwierdzona jakość i niezawodność

Przekaźniki Finder serii 68 znajdują zastosowanie w wielu układach elektrycznych i elektronicznych. Dzięki swojej solidnej konstrukcji są w stanie działać w trudnych warunkach zewnętrznych, w tym w obszarach wysokiej wilgotności i zmieniających się temperaturach. Są zgodne z normą EN 60335-1 odporności na ciepło i ogień, co pozwala na poprawną pracę nawet do 85°C. Dzięki zastosowaniu technologii ograniczania zużycia energii na cewce, przekaźnik w znaczącym stopniu ma wpływ na zużycie energii samego urządzenia, tym samym również na podniesienie jego klasy energetycznej. Dodatkowo, przekaźniki te charakteryzują się wysoką niezawodnością, co jest szczególnie ważne w przypadku systemów fotowoltaicznych, gdzie awaria przekaźnika może prowadzić do poważnych problemów.

Kolejną z możliwości stosowania przekaźników Finder serii 68 są stacje ładowania pojazdów elektrycznych. Zastosowanie przekaźnika np. 68.25 zapewni małą moc strat oraz umożliwi kontrolę położenia styków roboczych dzięki wbudowanemu dodatkowemu stykowi 1R. Wszystkie modele tej serii spełniają normy dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego, a także posiadają certyfikaty CE i RoHS.

Podsumowanie

Przekaźniki są niezbędne w wielu aplikacjach, w których konieczne jest sterowanie i zabezpieczanie obwodów elektrycznych. Pozwalają na separację układu sterowania od obwodów roboczych, co stanowi ochronę przed przepięciami mogącymi uszkodzić wrażliwe układy sterowania. Przekaźniki Finder seria 68 są idealnym rozwiązaniem do wielu aplikacji oraz systemów. Dzięki swojej niezawodności i wysokiej jakości wykonania przekaźniki te gwarantują bezpieczne i niezawodne działanie całego systemu. Jest on idealnym rozwiązaniem do aplikacji, w których przekazanie dużych mocy jest kluczowe dla działania całego urządzenia, jak np. ładowarki do samochodów elektrycznych oraz inwerterów układów fotowoltaiki.

www.findernet.com/pl

eprasa.pl a0c98eea7b

ZETTLER NOWE ROZWIĄZANIA DLA ENERGETYKI
...łączą energię jutra

Rozwiązania z zakresu e-mobilności

Nowy 2-torowy przekaźnik AZEV200

- do 40 A na każdy styk
- przerwa styku ≥3,42 mm (1 Form A)
- monitorowanie izolacji galwanicznej (1 Form B)
- prądy zwarciowe:
  - ≥1,5 kA; ≥6,0 kA²s (IEC 62752)
  - ≥1,85 kA; ≥4,5 kA²s (IEC 62955)

Nowy transformator do pomiaru prądu ACST-256-10

- zaprojektowany dla IEC 61851, tryb 2 i tryb 3 obwodów ładowania
- zakres prądu od 0,4 do 36 ARMS
- idealny do monitorowania prądu i obwodów zabezpieczających

ZETTLER electronics GmbH – Junkersstr. 3, 882178 Puchheim, tel. +49 89 / 800 97 – 0, office@ZETTLERelectronics.com, www.ZETTLERelectronics.com

Przekaźniki ZETTLER do załączania napięć DC

Podczas przełączania wyższych napięć prądu stałego na zestyku przekaźnika pojawia się łuk elektryczny, który znacznie skraca żywotność przekaźnika. Jest to szczególnie problematyczne podczas rozłączania, ponieważ łuk może nie gasnąć i w efekcie może doprowadzić nawet do trwałego uszkodzenia przekaźnika. Aby temu zapobiec, potrzebne są specjalne środki.

Więcej informacji:
Zettler Electronics Poland sp. z o.o.
68-200 Żary,
ul. Witosa 29,
tel. 68 4791438
office@zettlerelectronics.pl
www.zettlerelectronics.com

Przekaźniki AZDC110

Za pomocą tzw. magnesu wydmuchowego umieszczonego wewnątrz przekaźnika łuk elektryczny jest odchylany i przez to wydłużany. To powoduje, że przerwanie łuku jest łatwiejsze. W przekaźnikach ZETTLER AZDC110 (**fotografia 1**) zastosowano dokładnie taki mechanizm. Są one przeznaczone do przełączania średnich obciążeń DC, takich jak 16 A przy 180 V DC, 10 A przy 300 V DC lub 5 A przy 420 V DC. Przekaźniki AZDC110 są uznane przez UL i TÜV dla 30 000 cykli przy maksymalnej temperaturze otoczenia 105°C. Dzięki wymiarom 29,3×12,7×18,0 mm przekaźniki mają dobrze znaną i kompaktową konstrukcję w standardowym rastrze 5 mm.

Fotografia 1. Przekaźnik typu AZDC110 dla napięć do 420 V DC (https://bit.ly/43ZjiL7)

Przekaźniki AZDC105

Dla napięć do 60 V DC został zaprojektowany przekaźnik AZDC105 (**fotografia 2**), który również ma magnes wydmuchowy i jest dostępny w wersji o prądzie do 100 A lub 150 A (wersja „T"). Ten przekaźnik przeznaczony jest do zastosowania w obwodach odłączania baterii. Dostępna jest również wersja dla obciążeń 100 A, 48 V DC bez magnesu wydmuchowego. Wymiary wszystkich wersji to 47,6×40,0×45,1 mm.

Fotografia 2. Przekaźnik typu AZDC105 dla napięć do 60 V DC (https://bit.ly/41RMmmx)

Fotografia 3. Przekaźnik typu AZDC6 dla napięć do 600 V DC (https://bit.ly/40BCg7I)

Przekaźniki AZDC6

Nowy przekaźnik AZDC6 (**fotografia 3**) to miniaturowy przekaźnik o napięciu pracy 600 V DC do RSS (system szybkiego wyłączania) dla instalacji fotowoltaicznych. Kompaktowy rozmiar pozwala na mniejsze wymiary skrzynek RSS, które są wdrażane zgodnie z 2017 NEC 690.12. Mają również zastosowanie w ładowaniu baterii. Wymiary tego komponentu to 33,9×30,6×16,0 mm.

eprasa.pl a0c98eea7b

Ulubiony Kiosk

Pobierz bezpłatnie multimedialne dodatki do tego wydania Elektroniki Praktycznej

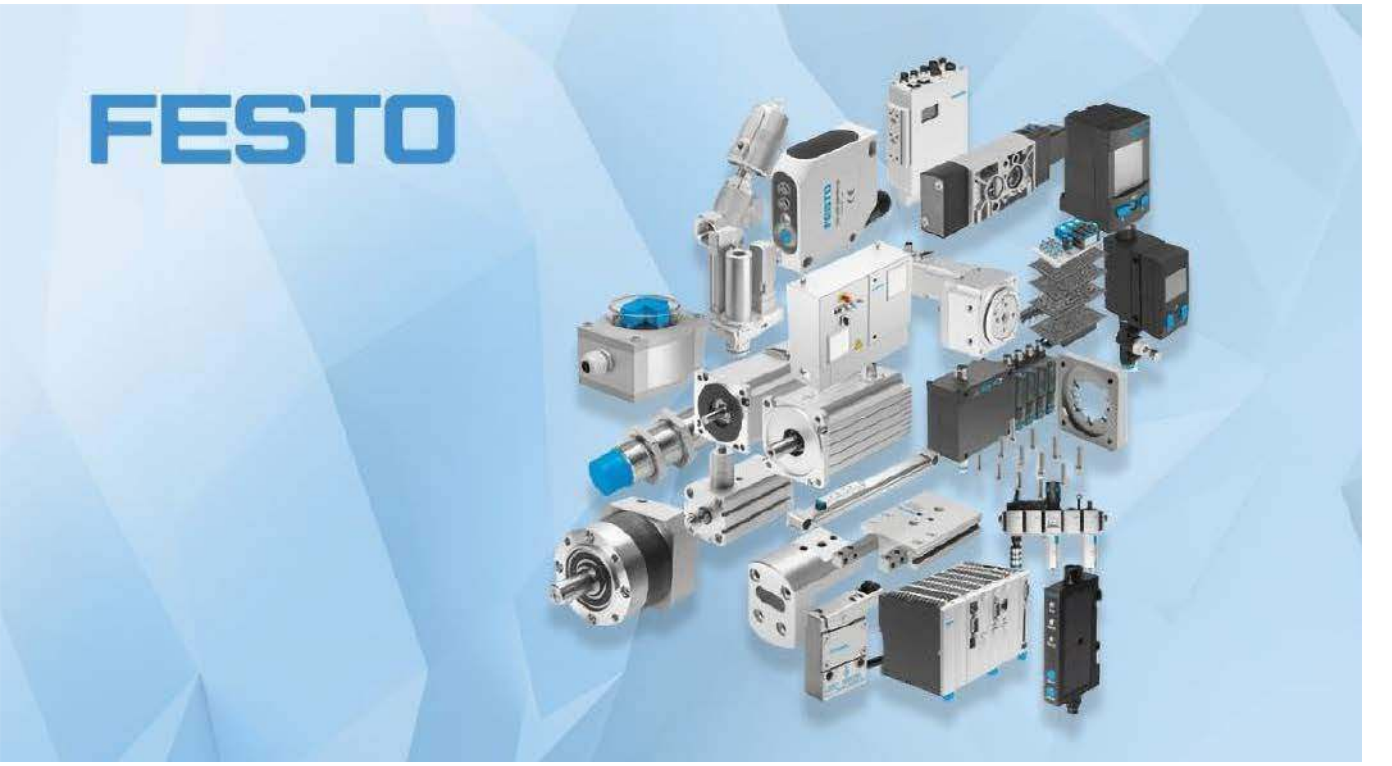
Projekty, miniprojekty, materiały do artykułów i kursów oraz wiele innych!

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

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

Szczegóły na **UlubionyKiosk.pl/media**

eprasa.pl a0c38eea7b



Komponenty automatyki przemysłowej i sterowania od Festo

Bogata gama produktów dostępna w Farnellu

Asortyment produktów Festo obejmuje czujniki, mierniki parametrów powietrza, przetworniki ciśnienia, generatory próżni, napędy i siłowniki sterujące do instalacji pneumatycznych. Dzięki Farnellowi innowacyjne, wiodące na rynku i konkurencyjne cenowo produkty Festo są dostępne z dostawą na całym świecie.

Farnell zapewnia dostęp do pełnej gamy produktów Festo, znacznie rozszerzając ofertę pneumatyki oraz automatyki przemysłowej i sterowania. 2500 pozycji magazynowych Festo zostało udostępnionych dla klientów na całym świecie, a dodatkowe 19 tys. produktów dostępnych jest w regionie EMEA z krótkim czasem realizacji. Konstruktorzy i automatycy mają teraz większą elastyczność w projektowaniu i budowaniu systemów, a także ułatwienia w prowadzeniu konserwacji oraz naprawie sprzętu o krytycznym znaczeniu.

Niektóre z wysokiej jakości produktów pneumatycznych Festo są już dostępne w Farnellu:

- Konkurencyjny cenowo Mini Slide (DGST). Najbardziej kompaktowy siłownik pneumatyczny na rynku ma zintegrowany amortyzator, uchwyty na czujniki i amortyzację końca skoku. Typowe zastosowania to elektronika, budowa maszyn i technika przenoszenia.
- Spełniający wymagania normy ISO 15552 siłownik ISO (DSBC) ma szeroki zakres opcji montażowych. Siłownik o standardowym profilu z dwoma gniazdami na czujniki wyposażony jest w samoregulującą się pneumatyczną amortyzację położenia

Fotografia 1. Kompaktowy siłownik Mini Slide DGST (https://bit.ly/3ndgwRV)

eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografia 2. Siłownik DSBC spełniający wymagania normy ISO 15552 (https://bit.ly/3AxpZXd)

Fotografia 3. Kompaktowy siłownik SDN o krótkim skoku (https://bit.ly/3nagYjS)

końcowego (która dostosowuje się do zmian obciążenia i prędkości) oraz tłok magnetyczny do wykrywania położenia.

Fotografia 4. Zawór elektromagnetyczny VUVS (https://bit.ly/44b9e1C)

- Zgodny z wymaganiami normy ISO 21287 siłownik kompaktowy o krótkim skoku (ADN) wymaga do 50% mniej miejsca na montaż niż porównywalne produkty. Ma tłoczysko z gwintem wewnętrznym lub zewnętrznym oraz tłok magnetyczny do wykrywania położenia.
- Niedrogi, solidny i trwały zawór elektromagnetyczny (VUVS) może być używany pojedynczo lub na bazie rozdzielacza. Jest to niezawodny, wytrzymały element, który oferuje długą żywotność, ergonomiczną konstrukcję i bezpieczne działanie.

Festo jest firmą inżynieryjną, jedną z czołowych na wielu rynkach i w licznych branżach, takich jak motoryzacja, produkcja sprzętu elektronicznego, nauki przyrodnicze, farmacja, przetwórstwo żywności i pakowanie. Produkty Festo są już dostępne w sprzedaży w Farnellu.

Farnell zapewnia specjalistyczne wsparcie techniczne 5 dni w tygodniu, 24 godziny na dobę w zakresie pneumatyki, automatyki przemysłowej i technologii sterowania. Klienci mają również dostęp do bezpłatnych zasobów internetowych, kart specyfikacji technicznych, uwag dotyczących zastosowania, filmów i webinarów na stronie Farnella.

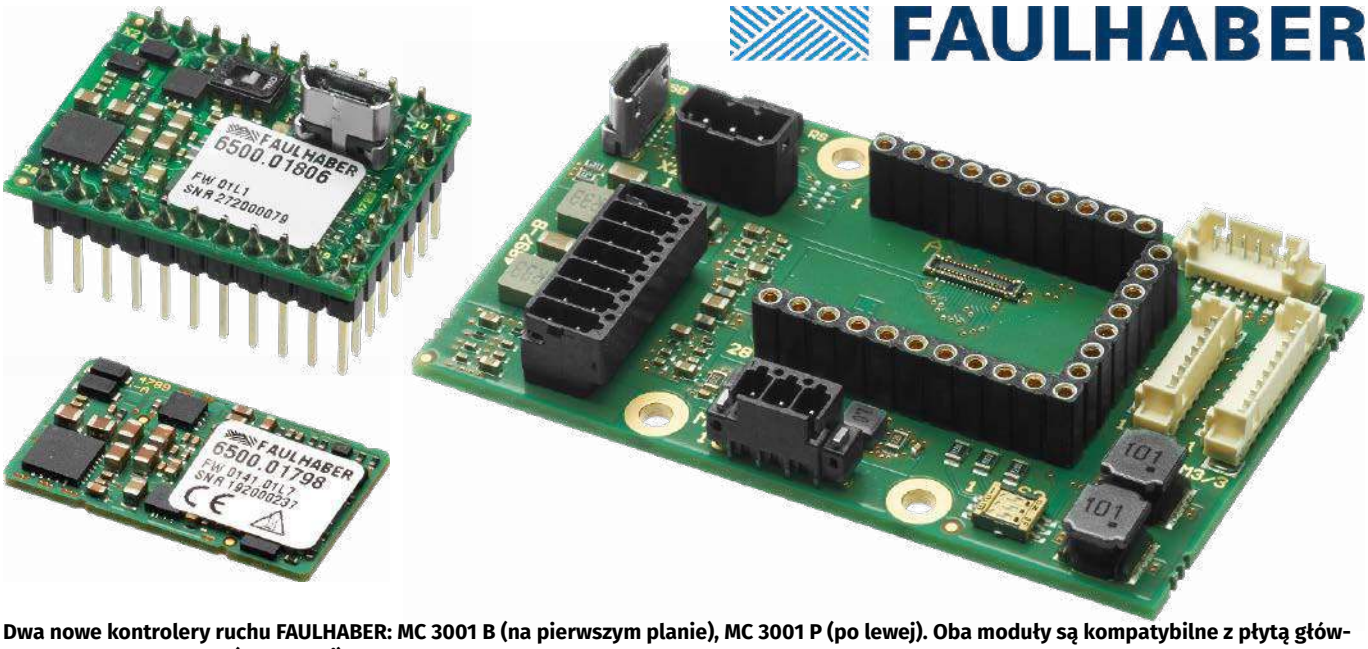
www.farnell.com

REKLAMA

Jesteśmy z Wami w kontakcie, również w mediach społecznościowych

https://www.facebook.com/ElektronikaPraktyczna

eprasa.pl a0c98eea7b



Dwa nowe kontrolery ruchu FAULHABER: MC 3001 B (na pierwszym planie), MC 3001 P (po lewej). Oba moduły są kompatybilne z płytą główną zestawu startowego (po prawej)

Nowe kontrolery ruchu MC 3001 P, MC 3001 B oraz MC 3603

Mocne i ekstremalnie zminiaturyzowane

Dzięki nowym kontrolerom ruchu FAULHABER dopełnia ofertę komponentów generacji MC V3.0 na dolnym końcu spektrum wydajności. Kontrolery są ekstremalnie zminiaturyzowane i bardzo wydajne. Modele MC3001 oferują pracę ciągłą z natężeniem 1,4 A i aż do 5 A prądu chwilowego. Zaprojektowane są jako urządzenia podrzędne do kontroli i pozycjonowania silników DC, liniowych serwomotorów DC lub bezszczotkowych miniaturowych silników DC. Model MC3603 przy napięciu 36 V i prądzie 3 A (prąd szczytowy 9 A) pokrywa zakres mocy do ok. 100 W i nadaje się do silników prądu stałego z enkoderem, napędów bezszczotkowych lub silników liniowych.

Modele MC 3001 to wersje kontrolerów ruchu FAULHABER bez obudowy, które dzięki wbudowanemu wyjściu ze zoptymalizowanym pomiarem prądu umożliwiają sterowanie miniaturowymi silnikami DC, liniowymi serwomotorami DC lub bezszczotkowymi silnikami DC z oferty firmy FAULHABER o średnicy od 6 do 30 mm. Do ich konfiguracji służy oprogramowanie FAULHABER Motion Manager V6 (wersja 6.8 i nowsze). Bardzo dobra kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) nowych kontrolerów ruchu została potwierdzona przez zewnętrzne laboratoria.

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

Miniaturyzacja i dynamika

Wielkość modułów zaczynająca się od 16×27 mm oraz 2,6 mm wysokości sprawiają, że nowe kontrolery ruchu są zminiaturyzowane do granic możliwości. Oferują bardzo wysoką dynamikę sterowania i mogą działać z prądem 1,4 A przy pracy ciągłej oraz z prądem chwilowym do 5 A. Dzięki nowym wariantom FAULHABER uzupełnił ofertę kontrolerów ruchu także o moduły niższej wydajności.

Pomimo bardzo kompaktowej konstrukcji te niewielkie kontrolery oferują taką samą funkcjonalność oraz te same złącza (RS232 i CANopen) i złącza enkoderów co inne produkty generacji MC V3.0 o wyższej mocy. Jako inteligentne moduły sterujące wyjątkowo dobrze sprawdzają się w przypadku montażu w zastosowaniach określonych przez klienta. Pełną ochronę termiczną silników zapewniają wbudowane modele termiczne oraz duża częstotliwość PWM.

Nowe kontrolery ruchu serii MC 3001 idealnie sprawdzają się w obszarach takich jak robotyka, automatyka, budowa maszyn, a także technologie medyczne i laboratoryjne. Zastosowania w tych obszarach często nie oferują zbyt wiele miejsca, jednocześnie wymagając dużej dynamiki kontroli i wysokiej wydajności.

eprasa.pl a0c98eea7b

Dwa dostępne warianty

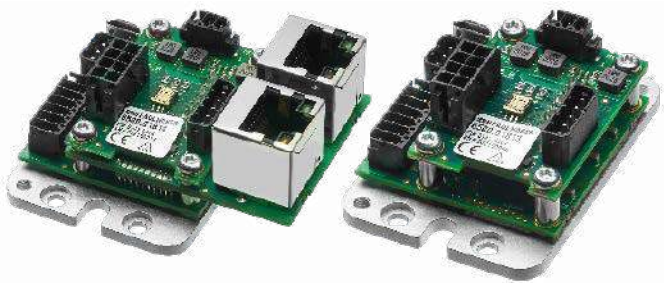
Dostępne są dwa warianty urządzenia: model MC3001 B może zostać podłączony do płyty głównej za pośrednictwem trzech złączy płytka-płytka, podczas gdy MC3001 P umożliwia połączenie przez 28-pinowe złącze wtykowe. Aby usprawnić i przyspieszyć budowę układów napędowych, FAULHABER oferuje klientom zestaw startowy obejmujący między innymi płytę główną, który ułatwia rozpoczęcie pracy. Dodatkowo dostępnych jest do sześciu różnych wariantów płyty głównej (w zależności od wariantu kontrolera ruchu i stosowanego silnika). W celu spełnienia konkretnych wymagań klienta możliwe jest opracowanie innych płytek, które mogą być wyposażone np. w złącze EtherCAT.

Kontrolery ruchu projektowane są pod kątem roli urządzeń podrzędnych i można łatwo i szybko zintegrować je z systemami nadrzędnymi za pośrednictwem standardowych złączy. Po podstawowym uruchomieniu przez oprogramowanie Motion Manager kontrolery mogą być też obsługiwane w dowolnym momencie w trybie samodzielnym, dzięki wbudowanym programom sekwencyjnym.

Kontrolery ruchu do miniaturowych napędów i mikrodysków

Miniaturowe silniki i mikrosilniki stają się niezawodnym systemem napędowym dopiero w połączeniu z odpowiednim sterownikiem ruchu. W asortymencie kontrolerów ruchu bez obudowy pojawił się nowy moduł – MC 3603 (**fotografia 1**), który dzięki niewielkim rozmiarom idealnie nadaje się do integracji w produkcji sprzętu i zastosowaniach technologii medycznej.

Przy napięciu 36 V i prądzie 3 A (prąd szczytowy 9 A) nowy kontroler ruchu nadaje się do normalnych silników prądu stałego z enkoderem, napędów bezszczotkowych i silników liniowych. Opcje wejść/wyjść i interfejsy enkodera są takie same jak w przypadku pozostałych produktów z tej rodziny. Do komunikacji dostępne są: USB, RS232, CANopen i EtherCAT. Kontroler ruchu ma już nową wersję oprogramowania układowego „M". Aby zapewnić prostą i wygodną konfigurację systemu, należy korzystać z najnowszej aktualizacji (wersja 6.9) oprogramowania FAULHABER Motion Manager.



Fotografia 1. Najnowszy kontroler ruchu FAULHABER typu MC 3603

Konstrukcje zgodne z wymogami EMC

Wraz z wprowadzeniem nowego modułu MC 3603, kontrolery ruchu obejmują teraz cały zakres zastosowań typowych dla miniaturowych silników i mikrosilników – począwszy od MC 3001 wielkości znaczka pocztowego o mocy 30 W i prądzie 1 A, aż po MC 5010, największego członka rodziny o prądzie 10 A (prąd szczytowy 30 A), który jest przeznaczony do montażu w szafach rozdzielczych i został wypróbowany i przetestowany przede wszystkim w sektorze przemysłowym.

Wszystkie kontrolery ruchu są zgodne z obowiązującymi przepisami dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej. Dlatego specjaliści od napędów bardzo szczegółowo zbadali ten złożony temat. Nie tylko odpowiednio zoptymalizowano sprzęt, ale także przeprojektowano dokumentację, aby zapewnić użytkownikom jak najlepsze wsparcie podczas certyfikacji własnych urządzeń.

FAULHABER

REKLAMA

FAULHABER

FAULHABER L

Otwórz się na ruch liniowy

Nowa seria komponentów liniowych FAULHABER serii L oferuje wysoce konfigurowalne rozwiązania „pod klucz" do przemieszczeń liniowych w szerokim zakresie zastosowań.

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

WE CREATE MOTION

eprasa.pl a0c98eea7b

Czujniki temperatury kompatybilne z DS18B20

Skomplikowana sytuacja na rynku komponentów elektronicznych spowodowała wydłużenie czasu dostaw oraz gwałtowny wzrost cen wielu kluczowych komponentów. Utrzymanie ciągłości produkcji niejednokrotnie było wielkim wyzwaniem dla producentów urządzeń. Wychodząc naprzeciw tej trudnej sytuacji, coraz śmielej i z coraz większą uwagą spoglądamy w kierunku nowych producentów, oferujących stabilne jakościowo, tańsze zamienniki produktów markowych.

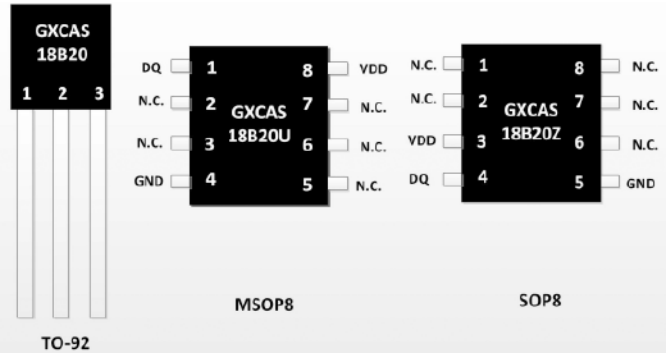
Kompatybilne z 18B20

Oferta firmy Micros została poszerzona o czujniki kompatybilne z DS18B20 o oznaczeniach GX18B20. Producent – firma GXCAS Technology – specjalizuje się głównie w czujnikach temperatury i przygotował ofertę nawet bogatszą niż słynny Maxim. Oprócz czujnika w znanych już obudowach (**rysunek 1**):

- GX18B20 – obudowa TO92, dokładność ±0,4°C,
- GX18B20Z – obudowa SOP08, dokładność ±0,5°C,
- GX18B20U – obudowa uSOP08, dokładność ±0,5°C,

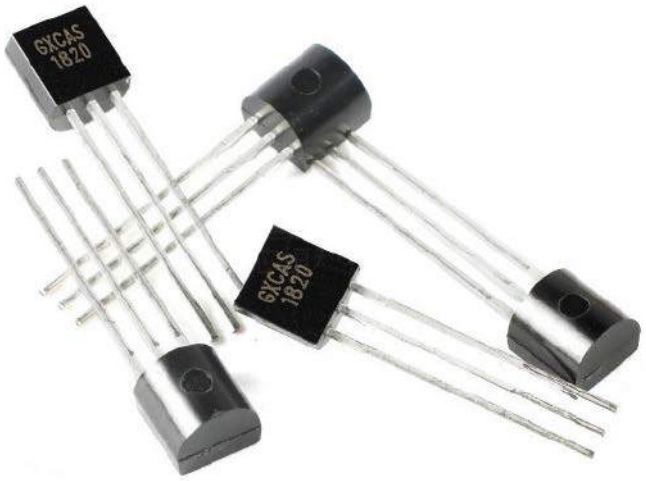
do dyspozycji są też takie wersje czujników, którymi nie może pochwalić się amerykański producent, a mianowicie:

- GX18B20S – czujnik w obudowie TO92, czyli o korpusie mniejszym niż w standardowej obudowie TO92-2, a dokładnie o wymiarach 4,1×3,18×1,57 mm (**fotografia 1**) oferujący dokładność ±0,4°C,
- GX18B20W – czujnik w obudowie TO92 z dwoma wyprowadzeniami, o dokładności ±0,4°C,
- GX18B20H – czujnik o podwyższonej dokładności równej ±0,1°C w klasycznej obudowie TO92.



Rysunek 1. Klasyczne obudowy czujników temperatury serii GX1820

Fotografia 1. Czujnik GX18B20S w obudowie TO92S



Wszystkie czujniki działają z napięciami w zakresie 2,5...5,5 V. Zakres pomiaru temperatury wynosi –55...125°C, a deklarowana dokładność pomiaru jest gwarantowana w zakresie temperatur –10...70°C. Standardowy czas wykonania konwersji wynosi 750 ms, czyli tyle, ile w przypadku DS18B20.

Kompatybilne z GX1820

Należy zaznaczyć, że czujniki GX1820, ze względu na wyższą rozdzielczość pomiaru (12 bitów zamiast 9 bitów) nie są kompatybilne z DS1820/DS18S20. Format zapisu danych w rejestrze temperatury pokazano w **tabeli 1** i jest on zgodny z DS18B20.

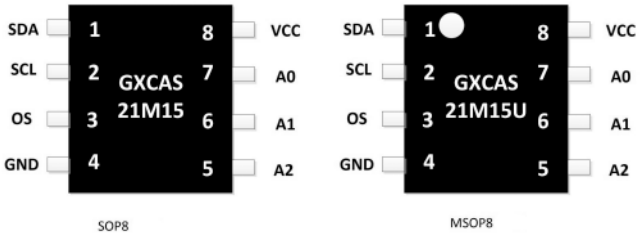
Warto dodać, że producent opracował również kilka specjalnych wersji:

- GX1822, GX1822S – czujnik o skróconym czasie konwersji do 300 ms,
- GX1831, GX1831WS – czujnik o ekstremalnie krótkim czasie konwersji równym 1,5 ms,
- GX20MH01 – rozdzielczość pomiaru zwiększona do 14 bitów (standardowo wynosi 12 bitów) oraz podwyższona dokładność ±0,1°C w zakresie 0...50°C,
- GX30H05 – rozszerzony zakres pomiarowy od –60°C aż do 200°C.

Tabela 1. Fragment dokumentacji czujnika GX1820 pokazujący zapis danych w rejestrze temperatury

Temperature (°C)	Digital output (binary)	Digital output (hex)
+125	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85*	0000 0101 0101 0000	05550h
+25,0625	0000 0001 1001 0001	0191h
+10,125	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0,5	0000 0000 0000 1000	0008h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
–0,5	1111 1111 1111 1000	FFF8h
–10,125	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
–25,0625	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
–55	1111 1100 1001 0000	FC90h

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 2. Układ GX21M15, który jest zamiennikiem znanych układów TMP75/LM75

Fotografia 2. Precyzyjny czujnik wilgotności i temperatury GXHTC3 – odpowiednik SHTC3

Nie tylko 18B20

GXCAS Technology oferuje również zamienniki innych produktów:

- GX2431 zastępuje DS2431 produkcji Maxim. Jest to pamięć EEPROM z interfejsem 1-Wire o pojemności 128 bajtów,

Fotografia 3. Precyzyjny czujnik wilgotności i temperatury GXHT30 – odpowiednik SHT30

- GX21M15 jest zamiennikiem znanych układów TMP75/LM75. Jest to czujnik temperatury z interfejsem I²C, który może pełnić funkcję termostatu. Dostępny jest w 8-wyprowadzeniowych obudowach SMD – **rysunek 2**.

Na uwagę zasługują także zamienniki czujników SENSIRION:

- GXHTC3 (**fotografia 2**) to odpowiednik układu SHTC3 – precyzyjnego czujnika wilgotności dla zakresu 0...100% RH oraz temperatury dla zakresu –40...125°C. Dokładność pomiaru wilgotności wynosi ±2% w znacznej części zakresu pomiarowego, natomiast temperatura jest mierzona z dokładnością 0,2°C w zakresie od ok. 0°C do 60°C. Dokładne charakterystyki dostępne są w dokumentacji układu: https://bit.ly/41DiXvV.
- GXHT30 (**fotografia 3**) jest odpowiednikiem układu SHT30 – to również precyzyjny czujnik temperatury i wilgotności. Pełna dokumentacja układu dostępna jest na: https://bit.ly/3V3KMuS.

www.micros.com.pl

Fotografia 4. Zamienniki znanych markowych półprzewodników w ofercie firmy Micros

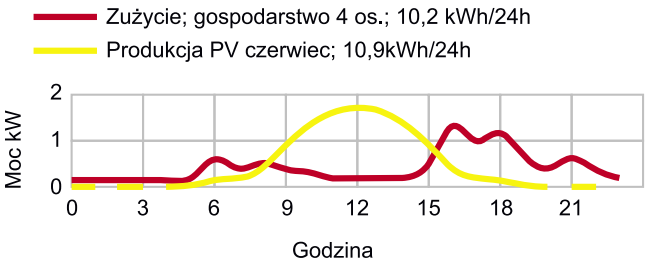
eprasa.pl a0c98eea7b

Instalacje fotowoltaiczne

Ciągle przybywa osób zainteresowanych produkcją własnego prądu przy użyciu energii słonecznej. Nie brakuje także firm oferujących zarówno poszczególne komponenty instalacji PV, jak i całe systemy. Powoli rośnie też zainteresowanie bankami energii. Niestety brakuje rzetelnych zestawień, które wyjaśniałyby różnice w działaniu i budowie różnych typów instalacji fotowoltaicznych. Brak informacji o dostępnych rozwiązaniach skutecznie utrudnia podejmowanie decyzji.

Głównymi czynnikami, które przyczyniają się do decyzji o zamontowaniu instalacji fotowoltaicznej, jest możliwość zaoszczędzenia na rachunkach za energię elektryczną oraz osiągnięcie przynajmniej częściowej niezależności energetycznej. Zgłębiając tę tematykę, natrafimy na różne informacje, a w ostatnim czasie szczególnie często wspomina się o bankach energii oraz pożarach instalacji na dachach. W zaprezentowanym artykule postanowiłem uporządkować kluczowe fakty dotyczące instalacji PV i opisałem w przystępny i zwięzły sposób:

- jak dobrać rozmiar magazynu energii do zapotrzebowania dobowego;
- jak dobiera się wielkość instalacji PV do zapotrzebowania rocznego;
- jakie są warunki całkowitej niezależności energetycznej;
- jakie są podstawowe rodzaje instalacji PV;
- różnicę pomiędzy „starym" i „nowym" systemem rozliczania z zakładem energetycznym;
- jak i po co zwiększyć zużycie.



Rysunek 1. Średnie dane statystyczne dotyczące produkcji energii z instalacji PV i zużycia w gospodarstwie domowym czteroosobowym

Ile zużywam, ile wyprodukują panele (latem)

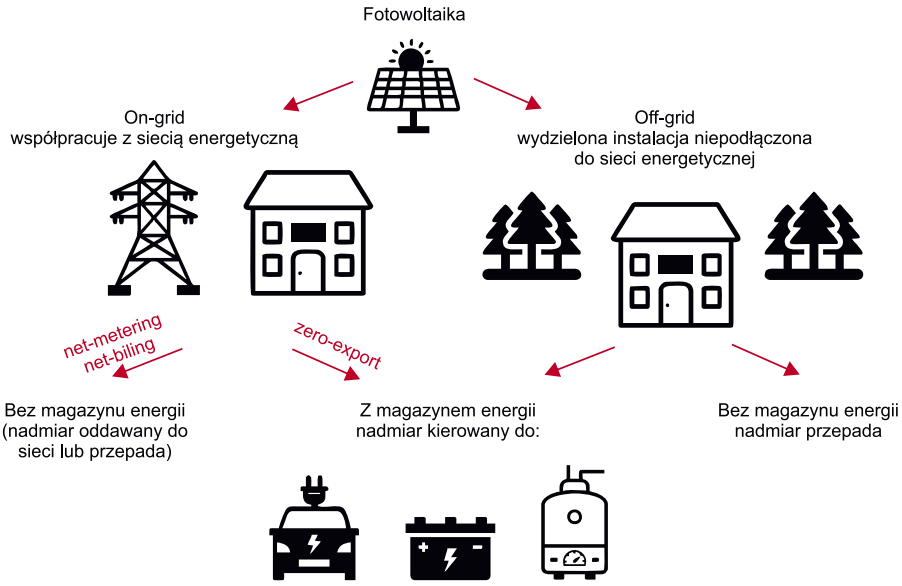
Przed podjęciem jakichkolwiek decyzji inwestycyjnych należy sprawdzić, jak wygląda nasze zużycie energii elektrycznej w ciągu jednej doby oraz w ciągu roku. Dla przykładu podam średnie dane statystyczne dotyczące produkcji energii z instalacji PV i zużycia w gospodarstwie domowym czteroosobowym (**rysunek 1**), bez zainstalowanej pompy ciepła. Jako instalację PV przyjmę instalację 2,0 kWp, skierowaną na południe o stałym kącie nachylenia ok. 40°. Na wykresie widzimy przeciętne godzinowe zużycie czteroosobowego gospodarstwa domowego – linia czerwona, oraz godzinową produkcję energii z instalacji PV – linia żółta. Wyraźnie widać, jak rozmija się szczyt produkcji energii z okresami jej największego poboru. Sumarycznie dobowe zużycie na poziomie ok. 10 kWh odpowiada sumarycznej dziennej produkcji energii w słoneczny czerwcowy dzień z instalacji 2 kWp która powinna wynieść prawie 11 kWh.

eprasa.pl a0c98eea7b

Co robić z nadmiarem energii

Sytuacja z rysunku 1 obrazuje podstawowy problem instalacji PV – nadmiar produkowanej energii w środku dnia i niedobór produkcji w godzinach porannych i wieczornych. Z wykresów wynika, że na bieżąco można zużyć ok. 30% wyprodukowanej energii i to przy dość niewielkiej instalacji. Przy instalacjach o większej mocy procentowy udział zużycia będzie jeszcze mniejszy.

Aby energię elektryczną wytworzoną przez instalację PV spożytkować w dogodnym dla siebie momencie, trzeba ją magazynować. Na **rysunku 2** zostały pokazane najważniejsze możliwe konfiguracje instalacji fotowoltaicznej



Rysunek 2. Najważniejsze możliwe konfiguracje instalacji fotowoltaicznej

Wirtualny bank energii – net metering

Jest to rozwiązanie wygodne dla prosumenta – nadmiar jest oddawany do sieci energetycznej, dystrybutor energii zlicza oddane kWh energii, które możemy potem odebrać w dowolnym momencie w ciągu okresu rozliczeniowego (zazwyczaj 1 rok). Koszt, jaki ponosi prosument – za gospodarowanie energią dystrybutor potrąca 20% z energii oddanej. Powyższe rozwiązanie jest (było) stosowane tylko w celu zwiększenia zainteresowania instalacjami fotowoltaicznymi. Obecnie odchodzi się od takich rozwiązań nie tylko w Polsce, ale i na całym świecie. Koszt gospodarowania (dla zakładów energetycznych) tak wyprodukowaną energią rośnie powyżej wspomnianych 20% wraz z liczbą przyłączonych instalacji PV.

Wirtualny portfel energii – net billing

Rozwiązanie to jest podobne do poprzedniego. Różnicą jest sposób rozliczania energii. Energia wyprodukowana przez fotowoltaikę jest sprzedawana po cenie hurtowej (średniej miesięcznej cenie sprzedaży energii z giełdy RCEm). A prosument, pobierając energię z sieci, płaci po cenie detalicznej. Aby zmaksymalizować oszczędności, mamy dwie opcje:

- sprzedać hurtowo więcej energii do sieci, niż zostanie później z sieci kupione detalicznie;
- zwiększyć zużycie, tak aby z sieci pobierać i oddawać mniej (np. instalując bank energii lub sterując odbiornikami tak, aby pracowały w szczycie produkcji).

Zgromadzone środki pieniężne mogą pokryć koszt zakupu energii, ale pozostałych kosztów, takich jak koszt dystrybucji czy opłata mocowa, już nie.

Bank ciepła

Bojler o pojemności 100 l to magazyn energii cieplnej o wartości 5 kWh (dla ΔT 43°C). Można więc przekierować nadmiar energii do podgrzewania wody w bojlerze. Większa instalacja PV będzie wymagała większego zbiornika, za to umożliwi magazynowanie energii (cieplnej) na 2...3 dni.

Zwiększanie zużycia

Najprostsze rozwiązanie to włączanie pralki czy zmywarki z opóźnieniem, tak aby domowe AGD pracowało w czasie gdy produkcja z własnej elektrowni idzie pełną parą. W praktyce pralka czy zmywarka pobiera ok. 1...2 kWh na cykl. To w dalszym ciągu za niski poziom zużycia.

Można też zwiększyć produkcję energii w szczycie poboru porannym i popołudniowym. Można to zrobić, kierując część paneli PV na wschód, a pozostałą część na zachód. Wówczas produkcja będzie startować wcześniej i kończyć się później, a w środku dnia wykres produkcji będzie spłaszczony. Drugi sposób realizuje się, instalując panele na ruchomej konstrukcji śledzącej słońce – jest to tzw. tracker. Umożliwia wyprodukowanie 2 razy więcej energii w stosunku do instalacji w pełni stacjonarnej.

RCEm – rynkowa miesięczna cena energii elektrycznej [1]

RCE – rynkowa cena energii elektrycznej [2]

Uwaga – od 1 lipca 2024 net billing rozliczany będzie według taryf dynamicznych godzinowych. Można się spodziewać, że cena energii w momencie największego nasłonecznienia będzie stosunkowo niska. Teoretycznie może być nawet ujemna (czyli będziemy płacić karę, jeżeli oddamy coś do sieci).

Nieco bardziej skomplikowanym rozwiązaniem jest dogrzewanie bojlera z energii PV. Najlepiej zrobić to z zastosowaniem inteligentnego sterownika, który włącza grzałkę tylko wtedy, gdy wytwarzanie energii jest na wysokim poziomie, a autokonsumpcja jest zbyt niskie.

Samochód elektryczny ma bardzo duże zapotrzebowanie na energię, ale ma ważną zaletę – pozwala sterować mocą ładowania. Złącze ładowania, oprócz właściwego zasilania, poprzez dodatkowy styk podaje sygnał pilota (jest to sygnał PWM), a jego wypełnienie steruje mocą, z jaką pojazd może obciążyć sieć. Stosując odpowiedni kontroler, można kontrolować moc ładowania samochodu tak, aby zużyć tylko taką wartość energii, która nie będzie spożytkowana przez żaden inny odbiornik w naszym domu. Funkcja nazywana jest *Real-time Solar Diversion*. Nie jest to rozwiązanie idealne – tak postępować można tylko wtedy, gdy samochód stoi pod domem, chyba że stać nas na dwa samochody elektryczne – jeden jeździ, drugi się ładuje. Przykład takiego rozwiązania open source to *OpenEVSE – Electric Vehicle Charging Solutions* [3].

Pompa ciepła jest również energochłonna. Latem używamy jej tylko do podgrzewania C.W.U. W celu zwiększenia zużycia wystarczy zaprogramować pompę tak, aby podgrzewała wodę tylko w godzinach największego nasłonecznienia. Optymalne rozwiązanie jest takie, gdy pompa współpracuje z zasobnikiem 300 l lub większym.

Gromadzeniem energii warto inteligentnie sterować. Instalacje gromadzące energię na dłuższy czas (2...3 doby) mogą przewidywać, jaką część nadmiaru gromadzić w bojlerze, a jaką w baterii. Inteligentny router energii (diverter), najlepiej sprzężony z systemem prognozowania produkcji energii [4], znacznie zredukuje zakupy energii z sieci do niezbędnego minimum. Ciekawą opcją jest też sprzęgnięcie instalacji PV z systemem domu inteligentnego Home Assistant [5].

eprasa.pl a0c98eea7b

Bank baterii

Baterie elektrochemiczne wymieniam na ostatnim miejscu, ponieważ jest to rozwiązanie najdroższe, a dodatkowo charakteryzuje się ograniczona żywotnością. Jeżeli zdecydujemy się na baterie litowe (dłuższa żywotność), to warto wiedzieć, że większości typów nie wolno ładować w temperaturze poniżej 5°C, co ogranicza możliwość instalowania w nieogrzewanym pomieszczeniu. Jednak akumulatory mają też niepodważalną zaletę – zmagazynowaną energię możemy zużyć w dowolnym momencie.

Jakie są korzyści z zainstalowania banku energii w formie akumulatorów?

1. Możemy magazynować niewykorzystane nadwyżki energii wyprodukowanej za dnia, a zmagazynowaną energię możemy zużyć w godzinach szczytu lub w nocy. Dużo zależy od inwertera, jaki stosujemy, najlepiej, aby miał funkcję zero-export, która powoduje, że energię z PV zużyjemy w pierwszej kolejności, nadmiar zmagazynujemy w akumulatorach, a nocą energia będzie czerpana z baterii. Część inwerterów ma też funkcję *UPS* przydatną na wypadek awarii sieci energetycznej – wówczas bez synchronizacji z siecią prąd dalej będzie produkowany czy to z paneli, czy z baterii.
2. Szczerze przyznam, że nie wiem, jak w Polsce będzie działać RCE godzinowa (a docelowo 15-minutowa). **Zagraniczne rozwiązania sugerują, że przy RCE zmiennej godzinowo bank energii jest opłacalny nawet bez fotowoltaiki.** Działa to tak: akumulatory ładujemy w środku dnia lub w środku nocy – gdy prąd jest najtańszy do kupienia lub wytworzenia. A inwerter programujemy do pracy z baterii w godzinach szczytu. W pozostałych godzinach energię pobieramy z sieci energetycznej.
3. Bank baterii rozwiązuje też problem wzrostu napięć w sieci energetycznej. Jest to dość częsta przypadłość sieci NN: dla osiedli, gdzie duży procent domów instaluje instalacje fotowoltaiczne, w godzinach największego nasłonecznienia występują wzrosty napięcia sieci do maksimum: falowniki przestają wówczas oddawać prąd do sieci, czekając na obniżenie się napięcia. Występuje tzw. walka falowników. Opisany problem nie dotyczy tylko polskich sieci NN. W co najmniej kilku innych krajach problem jest identyczny. Bank baterii sprzężony stroną DC z instalacją fotowoltaiczną pozwala w takim przypadku magazynować całą energię – gdy sieć energetyczna nie ma warunków, aby tę energię odebrać. Banki energii podłączone po stronie AC mogą nie być w stanie przyjąć energii, w końcu sieć (a przynajmniej napięcie) wykracza poza dopuszczalne normy. Dla banków AC dużo w tym przypadku zależy od stopnia przeciążenia sieci NN.

Off-grid

Pełny off-grid to instalacja odizolowana od sieci energetycznej. W ciągu dnia prąd jest wytwarzany za pomocą energii słonecznej, a w dni pochmurne i w nocy zużywamy zmagazynowaną energię. Problem pojawia się zimą, kiedy jest niewiele dni słonecznych. Rozwiązanie off-grid wymaga dużej baterii i dużej mocy zainstalowanej, tak aby nadmiar energii z dni słonecznych mógł pokryć zapotrzebowanie w dni pochmurne. Latem nie ma większego problemu, ale w grudniu często występują ciągłe zachmurzenia, mogą trwać nawet dwa tygodnie na jeden czy dwa dni słoneczne. Przy dużym zachmurzeniu panele produkują zaledwie 5...10% mocy znamionowej, a grudniowy dzień jest krótki.

Zero export

Rozwiązanie typu zero export to z kolei instalacja (inwerter) podłączona do sieci energetycznej, ale zużywająca prąd ze słońca w ciągu dnia, w nocy z baterii, a z sieci prąd pobiera tylko wtedy, gdy słońca nie ma, a bateria jest rozładowana. Ten tryb zazwyczaj można też konfigurować do pracy jako UPS. Można też ustawić minimalny stopień rozładowania baterii, tak aby połączyć zalety obu trybów – uzyskamy duży stopień zużycia, zyskując niezależność na wypadek awarii sieci energetycznej.

Jednostki i skróty związane z fotowoltaiką

kW – jednostka mocy kilowat, 1000 watów

kWh – jednostka energii, kilowatogodzina, jest to moc 1 kW pobierana lub oddawana w ciągu 1 godziny

kWp – moc szczytowa zainstalowanej instalacji PV, zazwyczaj suma mocy znamionowej wszystkich zainstalowanych paneli PV

prosument – konsument danego dobra będący także jego producentem

RCEm – rynkowa miesięczna cena energii

RCE – rynkowa godzinowa cena energii

SIDC-XBID – rynek dnia bieżącego, ceny energii różnią się w zależności od godziny dnia. Do tego rynku energii Polska dołączyła w 2019. Docelowo ceny energii elektrycznej będą podawane i rozliczane w okresach 15-minutowych

SoC – State-Of-Charge, stan naładowania akumulatora

URE – Urząd Regulacji Energetyki

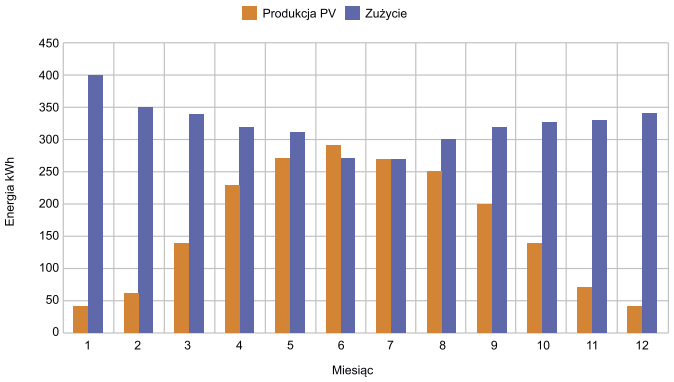
Taryfa sprzedawcy – taryfa oferująca ceny energii elektrycznej gwarantowane przez URE

Umowa z gwarancją ceny – oferta dystrybutora energii elektrycznej, zazwyczaj gwarantująca cenę niższą od tej proponowanej przez URE. Zwykle zawiera dodatkową opłatę tzw. handlową.

Tryb zero export jest o tyle ciekawy, że poprawnie skonfigurowany nic nie oddaje do sieci. Nie trzeba więc nic zgłaszać do zakładu energetycznego, nie trzeba podpisywać nowej umowy, odpadają nam dodatkowe opłaty prosumenckie. Podstawową wadą tego rozwiązania jest fakt, że dla instalacji w trybie zero export czy off-grid nie uzyskamy dofinansowania rządowego. Aby takowe otrzymać, musi być podpisana umowa prosumencka na eksport energii.

Dobór mocy instalacji – dobór magazynu energii

Zanim przejdę do kwestii doboru wielkości magazynu oraz mocy instalacji, zaprezentuję średnie dane statystyczne o produkcji energii w ciągu roku na przykładzie instalacji 2 kWp zestawione ze zużyciem energii typowym dla czteroosobowego gospodarstwa domowego (**rysunek 3**). W najbardziej słonecznych miesiącach, czerwcu i lipcu, na pokrycie dobowego zużycia wystarczy nam bank energii o pojemności ok 7 kWh magazynujący nadwyżkę produkcji w ciągu dnia. Wtedy instalacja solarna 2 kWp w zupełności wystarczy. Niestety w miesiącach zimowych, w szczególności w grudniu i styczniu, dni słonecznych jest niewiele. W dni pochmurne instalacja PV produkuje od 5 do 20% swojej mocy znamionowej, w zależności od stopnia zachmurzenia (duże, średnie, małe). Aby pokryć zapotrzebowanie w ciągu doby w grudniu, instalacja musiałaby mieć moc 20 kWp (zakładając brak pompy ciepła oraz samochodu elektrycznego). Natomiast latem taka instalacja o mocy 20 kWp dziennie wyprodukowałaby 100 kWh. Taką ilość albo oddamy do sieci, albo przepadnie. Baterie



Rysunek 3. Średnie dane statystyczne obrazujące ilość wyprodukowanej energii w ciągu roku zestawione ze zużyciem energii typowym dla czteroosobowego gospodarstwa domowego

eprasa.pl a0c98eea7b

o takiej pojemności znajdują się tylko w niektórych samochodach lub ciężarówkach elektrycznych.

Jak dobrać moc instalacji PV, ile oszczędzamy

Dla instalacji <2 kWp uzasadnienie ma tryb off-grid lub zero-export. Dla tak małych instalacji nie dostaniemy zgody na przyłączenie do sieci na klasycznych zasadach, minimum to ok. 2 kWp. Roczne zużycie przeciętnego gospodarstwa domowego to ok. 3500 kWh. Instalacja 2 kWp wyprodukuje rocznie ok. 2000 kWh. W instalacjach net-metering/off-grid/zero-export roczny bilans energii liczymy wprost (lub zmniejszając produkcję do 80%). Zatem rocznie zużyjemy 3500 kWh, PV wyprodukuje ok. 2000 kWh, z czego 600 kWh zużyjemy do celów własnych, 1400 kWh zmagazynujemy w sieci i odbierzemy w formie darmowej energii. Zabraknie nam ok. 1500 kWh, które trzeba dokupić z sieci.

W systemie net biling musimy przeliczyć, po ile średnio sprzedamy i kupimy 1 kWh. Z instalacji 2 kWp uzyskamy 2000 kWh, z których na bieżąco zużyjemy 600 kWh, 1400 kWh sprzedamy za 930 zł (stawka RCEm na luty 2023 r.), brakujące 2900 kWh dokupimy z sieci. Oszczędnością w tym przypadku jest te 930 zł, które pokryje nam część kosztu zakupu energii. Niestety RCE nie da się przewidzieć, jest kalkulowana przez dostawców na dany miesiąc, więc wyliczenie jest de facto szacunkiem.

Instalacja PV o mocy 2 kWp jest sensownym minimum przy typowym zużyciu, tj. 10 kWh na dobę, w dni bezchmurne będziemy mogli zużyć na bieżąco to, co wyprodukuje, w dni pochmurne będzie nas wspierać, produkując do 20% mocy zainstalowanej (efektywnie zmniejszając zużycie z sieci).

Do instalacji do 3 kWp warto rozważyć tryb zero export. Całości zapotrzebowania przez większość roku taka instalacja nie pokryje, ale za to latem prądu nie będziemy kupować wcale. Dla instalacji pracującej w trybie zero export nie trzeba podpisywać umowy prosumenckiej z zakładem energetycznym, nic w sieci nie magazynujemy.

Większe moce zainstalowane (powyżej 3 kWp) przydadzą się w okresie jesienno-zimowo-wiosennym; przy małym zachmurzeniu produkcja spadnie do 20% mocy zainstalowanej. Im większa moc naszych paneli, tym większe będzie te 20% produkcji. Latem w dzień bezchmurny energii dostarczonej z instalacji 3 kWp i tak nie zużyjemy w ciągu jednej doby. Należy się więc zdecydować, co zrobić z nadwyżką latem (ok. 5 kWh/dobę): oddać do sieci (net billing), zainstalować dużą baterię o pojemności 30...50 kWh, zdolną akumulować nadwyżkę z kilku dni słonecznych albo ta nadwyżka się zmarnuje. Dla instalacji >3 kWp warto rozważyć dodatkowo router energii lub urządzenie priorytetyzujące: grzejące wodę w bojlerze w przypadku małego zużycia.

Instalacje 4...5 kWp i większe mają sens dla odbiorców zużywających ponadprzeciętne ilości energii – np. gdy jest dołączona pompa ciepła czy auto elektryczne. Pobór energii przez pompę ciepła rocznie to typowo od 4 do 6 MWh. W starym systemie net metering wystarczyła instalacja 8...10 kWp, aby to zapotrzebowanie pokryć. Net billing jest bardziej skomplikowany, jeśli chodzi o precyzyjne policzenie oszczędności. Pomimo to sytuacja jest jasna – im większa instalacja, tym więcej oszczędzimy.

Pewną granicą jest 10 kWp z dwóch powodów:

- nie zawsze jest dostępna taka powierzchnia do zagospodarowania przez panale,
- nie można przekroczyć mocy przyłącza do budynku, zazwyczaj jest to 10...16 kW.

W net bilingu ceny prądu zimą i latem są różne. Trudno jest określić (w jakim stopniu to, ile wyprodukujemy i sprzedamy latem, pokryje koszt prądu zimą. Na razie taryfy ustalane przez URE są przewidywalne dla gospodarstw domowych, wiemy) ile prąd będzie kosztował do końca grudnia. Ale nie wiemy (po ile sprzedamy prąd latem (cena energii na czerwiec 2022 r., 1 kWh=0,649 zł; styczeń 2023 r., 1 kWh=0,596 zł; luty 2021 r., 1 kWh=0,26 zł).

Teraz na deser – samochód elektryczny. Przeciętnie zużywa 14...20 kWh/100 km. Musimy przeliczyć przebieg roczny na kWh i szacować, ile z tego będziemy ładować w domu.

Jak dobrać pojemność banku energii

Dla małych instalacji (<2 kWp) baterię dobieramy do ilości energii, jaką taka instalacja może wyprodukować. Pojedynczy panel o mocy 500 W w ciągu słonecznego dnia wyprodukuje ok. 2,5 kWh. Jeżeli 30% zużyjemy na bieżąco, to wystarczy nam bateria o pojemności do 2 kWh.

Dla instalacji produkującej równowartość naszego dobowego zużycia warto dobrać baterię mogącą zmagazynować przynajmniej 70% naszego dobowego zużycia – zalecam przynajmniej 5 kWh. Dla instalacji większych niż 3 kWp ograniczeniem pojemności baterii jest tylko zasobność naszego portfela, a zyskiem jest czas pracy na samej baterii np. w przypadku awarii sieci energetycznej. Ale nawet dla takiego czarnego scenariusza należy pamiętać, że latem nawet stosunkowo mała bateria (5...7 kWh) doładuje się z instalacji PV następnego dnia nawet przy długiej awarii w sieci. Oczywiście

REKLAMA

eprasa.pl a0c98eea7b

większa bateria pozwoli nam korzystać z własnego prądu przez kilka pochmurnych dni z rzędu.

Oczywiście większość szacunków przyjmuję dla instalacji 2 kWp. Jeśli zużycie naszego gospodarstwa jest większe lub chcemy więcej zaoszczędzić, to dane należy zmienić. Zaprezentowany sposób wyliczenia zachęca do budowy własnej elektrowni słonecznej o umiarkowanym rozmiarze. Osobiście jestem zdania, że ubiegłoroczne zawirowania w cenie (hurtowej) energii elektrycznej przede wszystkim wywindowały ceny podzespołów do budowy instalacji PV. Oczywiście trudno jest przewidzieć, co będzie w przyszłości.

Podstawowe podzespoły do budowy instalacji PV

Inwerter

Przetwornica napięcia jest sercem całego systemu. Jej typ i jej możliwości konfiguracyjne wyznaczą nam sposób magazynowania nadmiarowej energii. Najprostsze rozwiązanie to 1 panel PV, ładowarka solarna PWM lub MPPT 30 V DC na 12 V DC, akumulator 12 V oraz prosta przetwornica 12 V DC/230 V AC. Rozwiązanie takie można skalować od 100 W i można łączyć panele równolegle lub szeregowo w zależności zastosowanej ładowarki solarnej. Spotyka się rozwiązania tego typu nawet do 7 kW, przy czym dla takiej mocy bateria jest już 48 V. Taki system jest całkowicie oddzielony od sieci (off-grid).

Dla systemów oddających energię bezpośrednio do sieci energetycznej najprostsze i najmniejsze rozwiązanie to 1 panel PV i 1 mikroinwerter przetwarzający napięcie ok. 40 V DC na 230 V AC zsynchronizowane z siecią energetyczną. Działać będzie, ale jak już wspominałem minimum, na jakie możemy dostać zgodę, to 2 kW. Systemy o większych mocach buduje się albo montując wiele zestawów panel PV+mikroinwerter, albo łącząc panele w większą sieć, a następnie z inwerterem większej mocy.

Warto rozważyć inwerter hybrydowy, który jest przeznaczony do pracy z akumulatorem. Mając ograniczony budżet, można dokupić baterię w przyszłości, a inwerter hybrydowy może pracować także bez baterii.

Są to najprostsze możliwe przykłady. W rzeczywistości możliwości konfiguracji jest dużo więcej, można nawet rozbudowywać istniejące systemy z prostym falownikiem do współpracy z dodatkowym inwerterem hybrydowym i tak magazynować energię z całej instalacji. Możliwości konfiguracji jest sporo, ale dobrze jest przemyśleć konfigurację już na początku, aby później nie kupować inwertera dwa razy.

Panele fotowoltaiczne

Każdy panel PV musi być szczelny. Jest to krytyczny warunek, szczególnie jeśli kupujemy używane. Ważny jest transport i przechowywanie – w panelach oprócz widocznych uszkodzeń mogą występować mikropęknięcia ogniw, zazwyczaj możliwe do wykrycia tylko kamerą na podczerwień wysokiej rozdzielczości. W przypadku utraty izolacji (w warunkach wilgotnych) część falowników wyłącza się automatycznie po wykryciu takiej usterki. Jeśli panele łączymy w szereg, krytyczne jest, aby miały identyczne parametry elektryczne, szczególnie ważny jest prąd znamionowy oraz zwarcia. W przypadku użycia paneli np. z różnych partii produkcyjnych, o nieco innych parametrach, czy gdy możliwe jest częściowe zacienienie podczas pracy instalacji, zaleca się stosowanie optymalizatorów (jeden przeznaczony do każdego panelu PV). Zalecam użycie paneli nowych, od renomowanych dostawców i producentów. Niemniej jednak nie brakuje instalacji zbudowanych z paneli używanych.

Fotografa 1. Wygląd złącza MC4 stosowanego w instalacjach fotowoltaicznych

Fotografa 2. Metalowe klipsy do mocowania przewodów

Złącza MC4

Do łączenia instalacji stałoprądowej najpopularniejsze są złącza MC4 (**fotografia 1**). Złącza są o tyle istotne, że w przypadku wadliwego egzemplarza nie będzie nam łatwo zdiagnozować problemu, zwłaszcza że instalacja często jest zamontowana na dachu, a uszkodzone złącze zaczyna się nagrzewać pod obciążeniem. Zarówno podczas montażu końcówki zaciskowej, jak i podczas łączenia złączek należy uważać, aby złącze było wolne od wilgoci i brudu. Do zaciskania używamy specjalnej zaciskarki dobranej prawidłowo do przekroju przewodu.

Bardzo ważne w złączu są uszczelki. Od strony przewodu nakrętka dociska uszczelnienie złącze-przewód, od strony końcówki elektrycznej uszczelka zabezpiecza połączenie dwóch konektorów. W przypadku uszkodzenia którejkolwiek uszczelki z czasem połączenie zacznie korodować, zwiększając rezystancję połączenia.

Ważne! Złączy nie rozłączamy pod obciążeniem! Łuk elektryczny instalacji stałoprądowej 400 V ma kilka centymetrów długości, niszczy złączki i kable w ciągu kilku sekund. Wyjątkiem mogą tu być instalacje z mikroinwerterami, napięcie pracy po stronie DC wynosi ok. 40...50 V, łuk jest stosunkowo niewielki, nie ma niebezpieczeństwa pożaru, ale mimo wszystko nie mamy gwarancji, że złącze zachowa swoje właściwości.

Okablowanie

Wszystkie przewody wystawione na działanie słońca muszą być przystosowane do pracy w wysokich temperaturach oraz odporne na promieniowanie UV. Zazwyczaj stosuje się przewody solarne w podwójnej izolacji. Przekrój dobieramy do obciążenia oraz do spadków napięcia jakie dopuszczamy po drodze do falownika. Zazwyczaj jest to 4 lub 6 mm². Grubsze przewody stosuje się wtedy, gdy połączenie jest wyjątkowo długie >10 m lub gdy łączymy kilka sekcji równolegle.

Ogólna zasada jest taka, że żaden przewód nie może dotykać dachu, każdy powinien być podwieszony metalowymi klipsami (**fotografia 2**)

Fotografa 3. Rozłącznik izolacyjny instalacji PV

eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografa 4. Moduł baterii LiFePO$_4$ (https://bit.ly/43PsbXo)

lub opaskami do szyn mocujących panele. Ma to na celu zapobiec przetarciu się izolacji z czasem pod wpływem wiatru (np. gdy izolacja ociera o kant dachówki) a zimą zapobiega uszkodzeniom spowodowanym zsuwającym się śniegiem i lodem.

Rozłącznik izolacyjny

Rozłącznik izolacyjny instalacji DC PV nie jest obowiązkowy. Ale zalecam jego zastosowanie w instalacji zawierającej szereg kilku... kilkunastu paneli. Jest w stanie przerwać łuk elektryczny DC pod napięciem kilkuset woltów pod pełnym obciążeniem. Są dostępne różne rodzaje, część jest dostępna w wersji spełniającej IP66 (**fotografia 3**) i teoretycznie nie ma przeszkód, aby zamontować go nawet na dachu tuż przy instalacji. W praktyce jednak zdarzają się nieszczelności i problemy z samymi wyłącznikami spowodowane wpływem warunków atmosferycznych, dlatego zalecam zamontowanie tego eleemntu w miejscu osłoniętym przed deszczem i słońcem.

Bank energii – akumulator

Dużą gęstość energii mają baterie litowo-jonowe typu NMC, typowo spotykamy je w formie ogniw cylindrycznych. Stosunkowo łatwo jest określić stan naładowania tego typu ogniw, napięcie jest proporcjonalne do stanu naładowania. Jednak do samodzielnej budowy pakietu odradzam ten typ akumulatora. W przypadku zwarcia czy przeładowania ten rodzaj ogniwa może spektakularnie zapłonąć. Można to niebezpieczeństwo zredukować, nigdy nie ładując baterii do 100%. Uzyskamy wówczas zwiększone bezpieczeństwo oraz czterokrotnie zwiększoną żywotność – dla zakresu pracy 20...80% żywotność ogniw NMC powinna wynieść przynajmniej 1500 pełnych cykli, a mikrocykli będzie kilkukrotnie więcej.

Mniejszą gęstość energii mają ogniwa typu LiFePO$_4$ (**fotografia 4**). Dla uzyskania tej samej pojemności liczonej w kWh musimy użyć więcej ogniw, całość zajmie też więcej miejsca i będzie cięższa. Zaletą jest ich bezpieczeństwo, nawet w przypadku przebicia lub przeładowania generują mnóstwo dymu, ale same z siebie się nie zapalają. Zaletą jest też ich żywotność, która praktycznie nie zależy od głębokości cykli. Można je eksploatować w cyklach od 0 do 100%, a żywotność i tak wyniesie kilka tysięcy cykli, dla niektórych modeli nawet powyżej 10 000.

Najlepsze są akumulatory w technologii LTO, stosunkowo bezpieczne, o dużej gęstości energii i dobrych właściwościach w temperaturach poniżej 0°C. Niestety są drogie, przez co rzadko stosowane w bankach energii.

Bank energii zazwyczaj należy dobrać do konkretnego typu falownika. I tak, instalacje/falowniki do 2...3 kW zazwyczaj wymagają akumulatorów 24 V. Do falownika o mocy rzędu 4 kW zaleca się już baterię 48 V. Niektóre typy inwerterów wymagają odpowiednich zespołów baterii o napięciu 200...400 V DC, zazwyczaj kupuje się komplet inwerter-bateria od jednego producenta. Jeśli ktoś buduje bank energii samemu, zalecam trzymać się napięć bezpiecznych – do 48 V, kosztem są wówczas grube przewody zdolne przenosić prądy ciągłe rzędu 100 A.

Większość falowników wymagających baterii 24 V czy 48 V nie wymaga komunikacji z układem nadzoru baterii do pracy w podstawowych trybach, takich jak UPS czy zero export. Większość można skonfigurować tak, aby dbały o baterię, nigdy nie ładując do 100% i nigdy nie rozładowując poniżej 20%, ale taka funkcja wymaga układu nadzoru baterii, który mierzy stan naładowania (SoC – Safe of Charge) oraz komunikuje ten stan do inwertera. Dla osób zainteresowanych samodzielną budową banku energii zachęcam zapoznać się z projektem open source diyBMS [6].

Krótko wspomnę jeszcze o klasycznych akumulatorach kwasowo-ołowiowych. Można je stosować. Zazwyczaj czas życia przy pracy w cyklach 0...100% jest wielokrotnie dłuższy dla akumulatorów w technologii litowej, więc „kwasiak" może się zwyczajnie nie opłacać. Jednak jeśli mamy okazję np. na akumulator z wózka widłowego czy trakcyjny, warto rozważyć zastosowanie takiego komponentu, nawet używanego.

Konstrukcja wsporcza

W zależności od typu pokrycia dachowego stosuje się różnego typu uchwyty do szyn. Dopiero na szynach mocuje się same panele. Wszystkie metalowe szyny i ramy powinny być połączone ze sobą elektrycznie i uziemione odpowiednim przewodem. Wszystkie elementy instalacji PV powinny być umieszczone w pewnej odległości od instalacji odgromowej [7]. Zaleca się też zachowanie odległości od krawędzi dachu ze względu na narażenia od wiatru. Zachowując odległość od krawędzi, zmniejszamy siły działające na panele podczas wichur.

Jak się przygotować na możliwe problemy

Pamiętajmy, że wszystko może się zepsuć. Inwertery mogą przestać działać, często z winy użytkownika – nie zachował właściwej kolejności włączania baterii/PV/sieci; niewłaściwy montaż np. ograniczający chłodzenie czy przepięcia w sieci wywołane burzą.

Same panele PV do pewnego stopnia są odporne na grad. Ale zdarzają się sytuacje ekstremalne, takie jak wyjątkowo duże kule gradowe albo silny wiatr, który zrzuca konstrukcję wsporczą z dachu (zazwyczaj z dachów płaskich). Po burzy mogą się pojawić tzw hot-spoty. Zdarzają się nawet uszkodzenia od mikrometeorytów! Występowanie niektórych zdarzeń można ograniczyć. Nigdy nie zakładajmy, że nasza instalacja będzie działała bezawaryjnie i w miarę możliwości montaż krytycznych elementów warto zaplanować w miejscach dostępnych dla serwisu.

Problem instalacji trójfazowych – dzielenie przez trzy

Na początek opiszę prosty przykład. Jeśli włączę czajnik i mikrofalówkę, oba podłączone do tego samego gniazdka w kuchni, to będę zużywał ok. 3 kW mocy. Przy prostej instalacji 5 kWp falownik trójfazowy

Fotografa 5. Napięcie sieci NN w słoneczne popołudnie, podczas tzw. walki falowników

eprasa.pl a0c98eea7b

będzie oddawał po 1,7 kW na każdą fazę maksymalnie w środku dnia. Czyli w środku słonecznego dnia i tak muszę dokupić energii z sieci jeśli, załączę cokolwiek powyżej 1,7 kW na jednej fazie. Aby ominąć taki problem, stosuje się bardziej rozbudowane falowniki, które równoważą niesymetryczne obciążanie faz, lub 3 niezależne falowniki jednofazowe spięte z jedną baterią 48 V – z opcją zero export i/lub load-shedding. Instalacje mniejsze, 2...3 kWp, zazwyczaj i tak wykonuje się jako jednofazowe i podłącza do jednej fazy, tej, na której występują największe obciążenia, jak: pralka, zmywarka, bojler. Teoretycznie tego typu obciążenia powinny być rozdystrybuowane równomiernie na wszystkie 3 fazy, ale różnie z tym bywa w praktyce.

Fotografa 6. Przekaźnik z funkcją załączania przy określonym napięciu (https://bit.ly/3AeGpDW)

Częściowe zacienianie

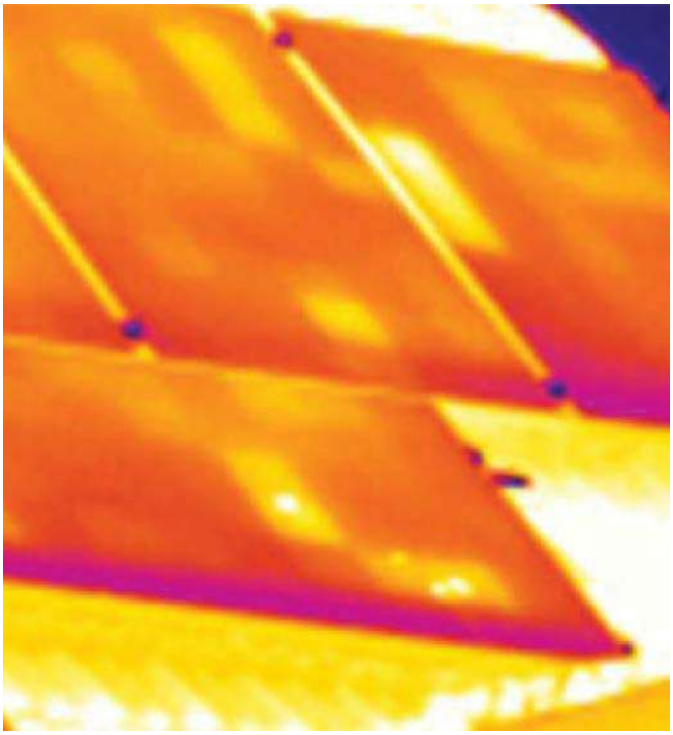
Jeżeli z jakiegokolwiek powodu (komin, linia energetyczna, drzewa) choć przez część dnia fragment instalacji jest zacieniony, to spodziewajmy się ograniczenia produkcji. Zacienienie, nawet fragmentu jednego panelu, zazwyczaj powoduje spadek o 20...30% generowania całej sieci (jeżeli są połączone szeregowo). Rozwiązania są zasadniczo dwa: jedno to mikroinwertery – utrata mocy na jednym nie wpływa na pozostałe, drugie rozwiązanie to dzielenie sieci PV na sekcje połączone szeregowo-równolegle. Sposób łączenia (szeregowo-równoległy) sieci PV DC zależy od inwertera, w zakresie jakich napięć może śledzić punkt maksymalnej mocy MPPT.

Wzrosty napięcia w sieci NN

Jeszcze przed jakąkolwiek decyzją o inwestycji należy sprawdzić napięcie w sieci dystrybucyjnej w bezchmurny, słoneczny dzień, w samo południe. Można zrobić to multimetrem, można z poziomu licznika energii (kody OBIS 32.7.0, 52.7.0, 72.7.0). Sprawdzamy napięcie chwilowe w fazie L1, L2, L3, najlepiej notować najwyższe i najniższe wskazania przez kilkanaście minut. Jeśli napięcie nie przekroczyło 245 V na żadnej fazie, znaczy, że lokalna sieć NN nie jest przeciążona fotowoltaiką lub jest blisko do transformatora. Jeśli napięcie osiąga 250 V, należy spodziewać się chwilowych włączeń przetwornicy od czasu do czasu, spowodowanymi nadmiernym napięciem w sieci NN. Sumarycznie nie powinniśmy jednak tracić powyżej 10% rocznie wyprodukowanej energii. Jeśli jednak napięcie jest powyżej 250 V, a momentami dochodzi do 253 V, spodziewajmy się przerw w oddawaniu energii do sieci i strat produkcji na poziomie 30%. Tym większe będą straty wywołane przerwami produkcji, im większą instalację zamontujemy.

Utraty generowanej mocy możemy uniknąć na dwa sposoby

- instalując falownik sprzężony z akumulatorem (wówczas energia ze słońca będzie magazynowana w akumulatorze, gdy falownik nie jest w stanie „wepchnąć" jej do sieci NN),
- drugi sposób to sterowanie odbiornikami w naszym domu (grzałka w bojlerze) tak, aby obniżały napięcie, obciążając sieć. Można kupić gotowe przekaźniki z taką funkcją – **fotografia 6**. Zamiast przepadać, energia posłuży do ogrzania wody. Sposób ten bywa czasami zawodny, w przypadku słabej sieci o dużym zagęszczeniu fotowoltaiki może się zdarzyć, że grzałka to za małe obciążenia aby zbić napięcie w sieci. Testowałem ten sposób u siebie, często musiałem włączyć obciążenie większe niż moc własnej instalacji PV tak, aby zbić napięcie generowane przez instalacje PV sąsiadów.



Fotografia 7. Obraz termowizyjny paneli PV z tzw. hot spotami – gdzie uszkodzone są pojedyncze ogniwa

Detekcja poważnych uszkodzeń

Zaraz po zamontowaniu instalacji w słoneczny dzień warto zweryfikować pracujące komponenty przy pomocy kamery termowizyjnej. Panel poważnie uszkodzony widać po wzroście temperatury o 10°C lub więcej. Na **fotografii 7** pokazano panele z tzw. hot spotami – gdzie uszkodzone są pojedyncze ogniwa. Po więcej szczegółów odsyłam do [8]. Podobnie będzie ze złączami i okablowaniem, także okablowaniem baterii. Warto również monitorować stan instalacji okresowo, zawsze podczas pracy z mocą znamionową.

Podsumowanie

Fotowoltaika to naprawdę ciekawa technologia, co do samej zasady działania stosunkowo prosta. A ponieważ energetyka jest kluczowa dla rozwoju cywilizacji, rozwój w tym kierunku wydaje się nieunikniony. Od samych początków upowszechniania się tej technologii – gdzieś od roku 2010 – ceny podzespołów w przeliczeniu na wat mocy malały. Pomimo że światowa sytuacja polityczno-gospodarcza od ponad 2 lat winduje ceny podzespołów instalacji PV, część wskaźników sugeruje, że sytuacja wróci w ciągu roku lub dwóch do typowej dla szybko rozwijających się technologii – ceny za kilowat mocy będą znowu spadać.

Wojciech Błędziński
wojtekb@mailplus.pl

Odnośniki:
[1] https://bit.ly/3ok3BxE
[2] https://bit.ly/3USfhnr
[3] https://www.openevse.com/
[4] https://forecast.solar/
[5] https://bit.ly/3LeISUV
[6] https://github.com/stuartpittaway/diyBMS
[7] https://bit.ly/3MY0BBy
[8] https://youtu.be/AK8xpVYY4U0

eprasa.pl a0c98eea7b

Profesjonalne czyszczenie styków

Kontakt Chemie od ponad 60 lat jest czołowym producentem aerozoli technicznych na potrzeby przemysłu elektronicznego. W tym czasie firma wykroczyła poza sektor elektroniki, aby opracować asortyment wysokiej jakości produktów na potrzeby wszelkiego rodzajów sprzętów elektrycznych i elektronicznych.

Produkt KONTAKT 60 opracowany przez firmę Kontakt Chemie od samego początku był przełomową innowacją i odniósł ogromny sukces w Niemczech. Od tego czasu firma wprowadziła na rynek również wiele innych produktów, które sprawiają, że jej reputacja na polu skuteczności i wydajności stale rośnie. Do tego stopnia, że trudno wyobrazić sobie dzisiaj konstruowanie, konserwację i naprawę sprzętów elektrycznych i elektronicznych bez użycia produktów Kontakt Chemie.

Specjalnie do czyszczenia styków Kontakt Chemie opracowało 3-etapowy proces, który pozwala uzyskać wiarygodne wyniki:

1. Kontakt 60 – rozpuszcza tlenki i regeneruje mocno zużyte styki,
2. Kontakt WL – spłukuje rozpuszczone pozostałości korozji, tłuszcz i brud. Całkowicie odparowuje,
3. Kontakt 61 – cienka powłoka chroniąca przed korozją i zużyciem, wydłużająca czas konserwacji i niezawodność.

www.kontaktchemie.com/KOC

REKLAMA

KONTAKT CHEMIE ®

By CRC Industries CRC

3-ETAPOWA KONSERWACJA STYKÓW

1 ROZPUŚĆ TLENKI ZA POMOCĄ KONTAKT 60

OCZYŚĆ/ODTŁUŚĆ ZA POMOCĄ KONTAKT WL **2**

3 ZABEZPIECZ ZA POMOCĄ KONTAKT 61

crcind.info/KOC_Brochure_PL

hello@crcindinfo.com

eprasa.pl a0c98eea7b

Złącza do instalacji fotowoltaicznych

Złącza do instalacji fotowoltaicznych to grupa komponentów o właściwościach dostosowanych do zróżnicowanych warunków środowiskowych, o dobrych parametrach w zakresie transmisji dużych prądów stałych i długoterminowej niezawodności. Pionierem w tej dziedzinie i twórcą dwóch światowych standardów złączy, znanych jako MC3 i MC4, jest firma Multi-Contact ze Szwajcarii.

Najpopularniejsze na rynku złącza do instalacji fotowoltaicznych o oznaczeniu MC4 opracowała już w 2004 roku firma Multi-Contact ze Szwajcarii, obecnie Staubli EC. Rozwiązanie bazuje na specjalnych elementach sprężystych MultiLam (**rysunek 1**), które zapewniają minimalną rezystancję kontaktu w długim czasie ekspoloatacji. W zastosowaniach przemysłowych MultiLam umożliwiają przesył prądu o dużych wartościach, z możliwością wykonania wielu cykli połączeniowych. W przypadku złączy do instalacji PV liczba cykli połączeniowych może być niewielka, ale wymaga się, aby złącza zapewniły transport energii elektrycznej z minimalnymi stratami w długim okresie działania (powyżej 20 lat) i w trudnych warunkach zewnętrznych.

Rysunek 1. Specjalne elementy sprężyste MultiLam stosowane w złączach MC4

Wysokie wymagania

Złączom fotowoltaicznym stawia się bardzo duże wymagania ze względu na trudne warunki zewnętrzne, w których muszą pracować przez wiele lat. Ich parametry techniczne powinny być stabilne przez cały okres działania instalacji, a nie tylko w momencie uruchomienia. Muszą być odporne na temperaturę, zawartość soli i amoniaku w powietrzu oraz inne zanieczyszczenie środowiska. Powinny być wodoszczelne i niepalne. Aby zapewnić bezpieczeństwo elektryczne i pożarowe, powinny mieć zabezpieczenie przed rozłączeniem w czasie przepływu prądu oraz zapewniać bardzo dobry kontakt elektryczny, który przekłada się na minimalne straty energii w postaci grzania, a w konsekwencji dobry stan izolacji instalacji PV w ciągu długiego czasu.

MC3 i MC4

Opisane wcześniej wymagania spełniają złącza fotowoltaiczne firmy Stabuli. Cyfry 3 i 4 przy modelu złącza (MC3, MC4) oznaczają średnicę kontaktu wtyk/gniazdo. Produkt MC3 został wycofany z oferty i zastąpiony w pełni przez rodzinę MC4 i jej najnowszą wersję EVO2. W chwili połączenia gwarantują one rezystancję kontaktu poniżej 0,2 mΩ oraz po 20 latach nieprzekraczającą 0,35 mΩ.

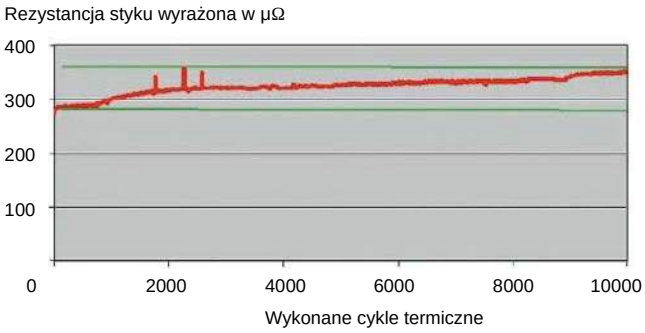
Już w fazie projektowania złączy wzięto pod uwagę ich czas działania, wybierając odpowiednie materiały, z których będą wykonane. Szybkość korozji elektrochemicznej w instalacjach pracujących na zewnątrz zależy w największym stopniu od materiałów, z których wykonane są kontakty. Zdecydowano na zastosowanie miedzi pokrytej cyną, gdyż na połączeniu Cu-Sn powstaje różnica potencjału równa 260 mV zapewniająca mniejszą szybkość korozji elektrochemicznej w miarę upływu czasu. Dla porównania, kontakty miedziane pokryte srebrem są gorszym rozwiązaniem, gdyż różnica potencjału styku Cu-Ag wynosi 320 mV. Wybór złączy z kontaktami srebrzonymi jest jeszcze gorszą decyzją z punktu widzenia ich łączenia z cynowanymi przewodami, ponieważ potencjał elektrochemiczny srebro-cyna wynosi aż 470 mV.

Długoterminowa niezawodność

Wobec stosunkowo krótkiej historii światowej fotowoltaiki nie można powołać się na wyniki pomiarów rezystancji kontaktu w działającej instalacji, w związku z tym, aby udowodnić jakość, wykonuje się badania starzeniowe złączy, poddając je narażeniom temperaturowym i środowiskowym w komorze klimatycznej. Wyniki testów złączy MC po wykonaniu 10 000 cykli grzania i chłodzenia w zakresie temperatur od –40 do 85°C pokazano na **rysunku 2**.

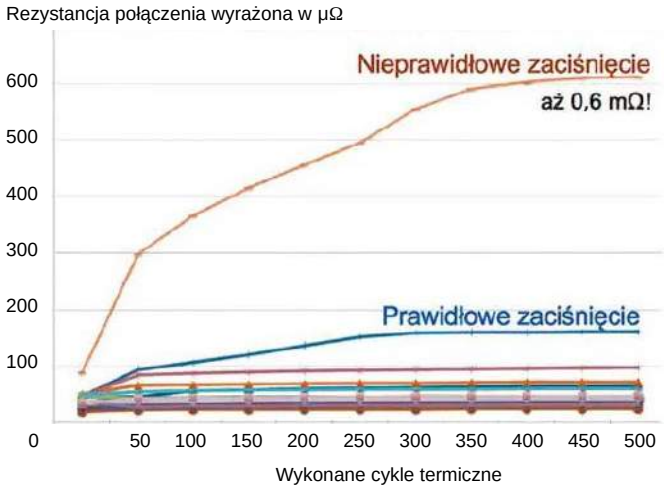
Montaż złączy

Najlepszą, sprawdzoną metodą montażu złączy z przewodem jest technologia zaciskania.



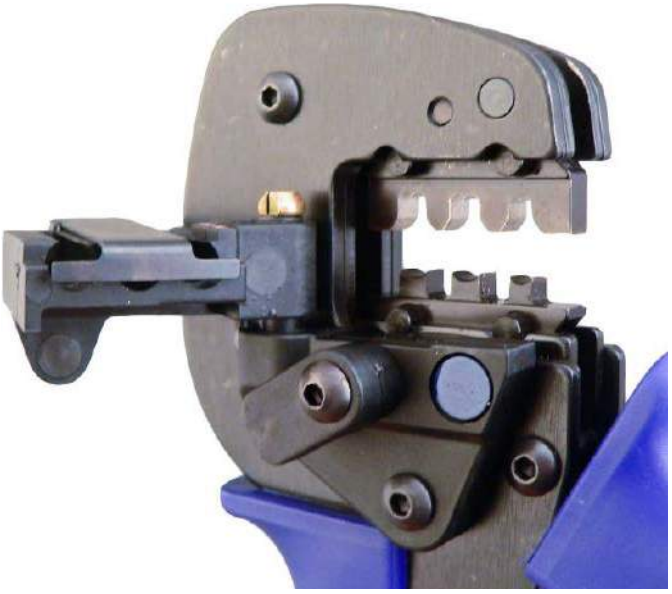
Rysunek 2. Wyniki testów starzeniowych złączy MC4

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 3. Parametry nieprawidłowo zaciśniętego złącza MC4

Fotografia 2. Porównanie wyglądu oryginalnego złącza MC4 (po lewej) oraz kopii tych złączy różnych producentów z Azji i Europy



Fotografia 1. Zaciskarka do złączy MC4 oraz MC4 EVO2 na zakresy 4 mm²/6 mm²/10 mm²

Prawidłowa maksymalna rezystancja zaciśnięcia nie powinna przekraczać 50 μΩ

W przypadku złej jakości połączenia następuje duży wzrost rezystancji, która dodatkowo rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Przeprowadzone testy pokazały, że sytuacja pogarsza się także z każdym kolejnym cyklem grzania i chłodzenia – wyniki zostały pokazane na wykresie z **rysunku 3**. Rezystancja nieprawidłowego połączenia z czasem przekroczyła 600 μΩ!

Poprawną wysokość zaciśnięcia, a tym samym minimalną rezystancję i minimalne straty, gwarantuje użycie do montażu profesjonalnych narzędzi. Z tego powodu Multi-Contact oferuje specjalnie zaprojektowaną zaciskarkę (**fotografia 1**) do złączy MC4, która nie tylko zapewnia odpowiednią jakość połączenia, ale również znacznie przyspiesza wykonanie instalacji.

Uwaga na podróbki

Od momentu wprowadzenia systemu złączy MC4 przez firmę Multi-Contact na rynku pojawiło się wiele ich kopii różnych producentów z Azji i Europy. Kopie wyglądają podobnie do oryginałów – **fotografia 2**, ale ich parametry techniczne, niewidoczne dla oka, przeważnie są znacznie gorsze. Potwierdzają to niezależne badania wykonane przez niemiecki TÜV Rheiland, który metodami termowizyjnymi pokazał, że podrabiane elementy przegrzewają się – **rysunek 4**.

Podsumowanie

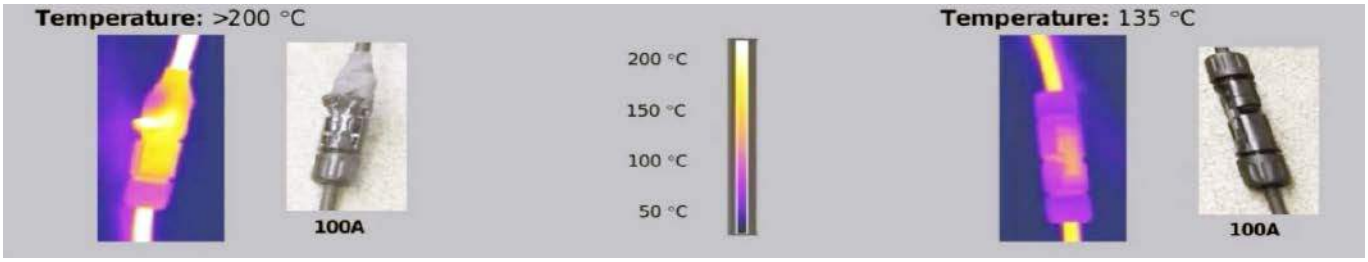
Problem zastosowania niskiej jakości złączy zaczyna narastać. Część instalacji ma już 4...5 lat i ich użytkownicy coraz częściej czytają o pożarach złączy, pożarach dachów. Zaczynają się bać o swój dobytek.

Niestety klienci-konsumenci często wprowadzani są w błąd poprzez działania marketingowe konkurencji. Mimo że klient poszukuje oryginalnego złącza MC4 od Staubli – trafia na oznaczenia PV4, H4, kompatybilne z MC4 lub wprost widzi oznaczenie MC4, ale producentem jest ktoś nieznany. Od lat walczymy z taką praktyką – ale złączy pochodzących z nieznanych źródeł jest coraz więcej.

Patrząc wyłącznie na kosztową stronę instalacji PV – udział złączy szacowany jest na 0,003%. Zastosowanie złączy niskiej jakości pozwoli oszczędzić 0,001%, a wiąże się z produkcją energii przerywaną awariami, kosztem uszkodzonych elementów czy wymuszonymi kosztami napraw w instalacjach. Zastosowanie złączy dobrej jakości dla potencjalnego inwestora lub konsumenta oznacza czysty zysk przez lata.

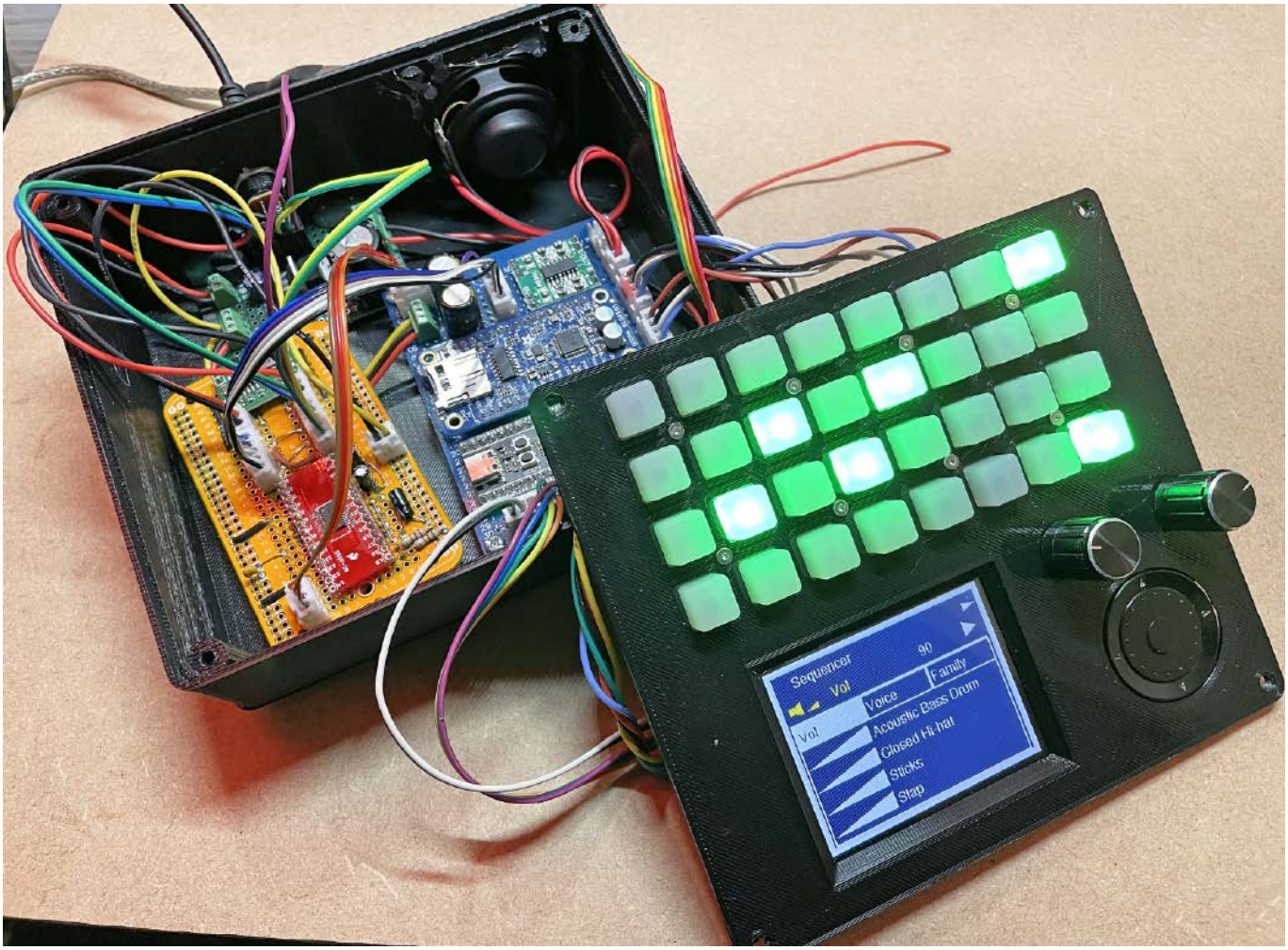
Zachęcamy wszystkich do stosowania wyłącznie oryginalnych złącz MC4 oraz MC4 EVO2 – dzięki nim oszczędzicie Państwo pieniądze oraz będziecie spać spokojnie, wiedząc, że wasze instalacje są bezpieczne.

Semicon Sp. z o.o.
www.semicon.com.pl



Rysunek 4. Obrazowanie termowizyjne pokazuje, jak bardzo przegrzewają się podrabiane elementy (po lewej) oraz jak wygląda sytuacja w przypadku oryginalnego złącza MC4 (po prawej). Test został wykonany przy przepływie prądu o wartości 100 A

eprasa.pl a0c98eea7b



Automat perkusyjny BassMate do wspomagania ćwiczeń gry na instrumentach

Ćwicząc grę na instrumencie, ciężko jest majstrować przy aplikacjach na telefonie czy czymś na komputerze, kiedy chce się ustawić akompaniament rytmiczny. Czy to zwykły metronom, czy automat perkusyjny, dobrze jest, aby obsługa urządzenia była ergonomiczna, a możliwość generowanych rytmów szeroka, by zadowolić każdego użytkownika. Zaprezentowany projekt to relatywnie prosty automat perkusyjny, który został opracowany do generowania akompaniamentów do ćwiczeń. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby używać go jako pełnoprawnego instrumentu do produkcji muzyki.

Nie jest to prosty projekt dla początkujących, przynajmniej na obecnym etapie rozwoju oprogramowania, jak i dokumentacji dostarczonej przez autora urządzenia. Częściowo za trudności z budową odpowiadać może brak dostosowanej płytki drukowanej, ale przy odpowiednio dużym zainteresowaniu być może autor taką zaprojektuje.

Wszystkie pliki projektowe znajdują się w repozytorium na GitHubie, więc należy zacząć od sklonowania dokumentacji, aby zobaczyć, o co chodzi. Jest to projekt bazujacy na PlatformIO korzystający z frameworka Arduino, który napisano z myślą o module BlackPill z mikrokontrolerem STM32F411.

W projekcie dostępny jest katalog o nazwie KiCAD zawierający pliki projektowe wykonane przy użyciu programu KiCAD 6.0. Z kolei katalog OpenSCAD zawiera pliki projektów 3D obudowy wraz z plikami STL gotowymi do zaimportowania do oprogramowania przygotowującego G-kod dla drukarki 3D. Jeśli chcemy edytować pliki projektowe OpenSCAD, potrzebne będą dalsze biblioteki, jakie udostępnia autor.

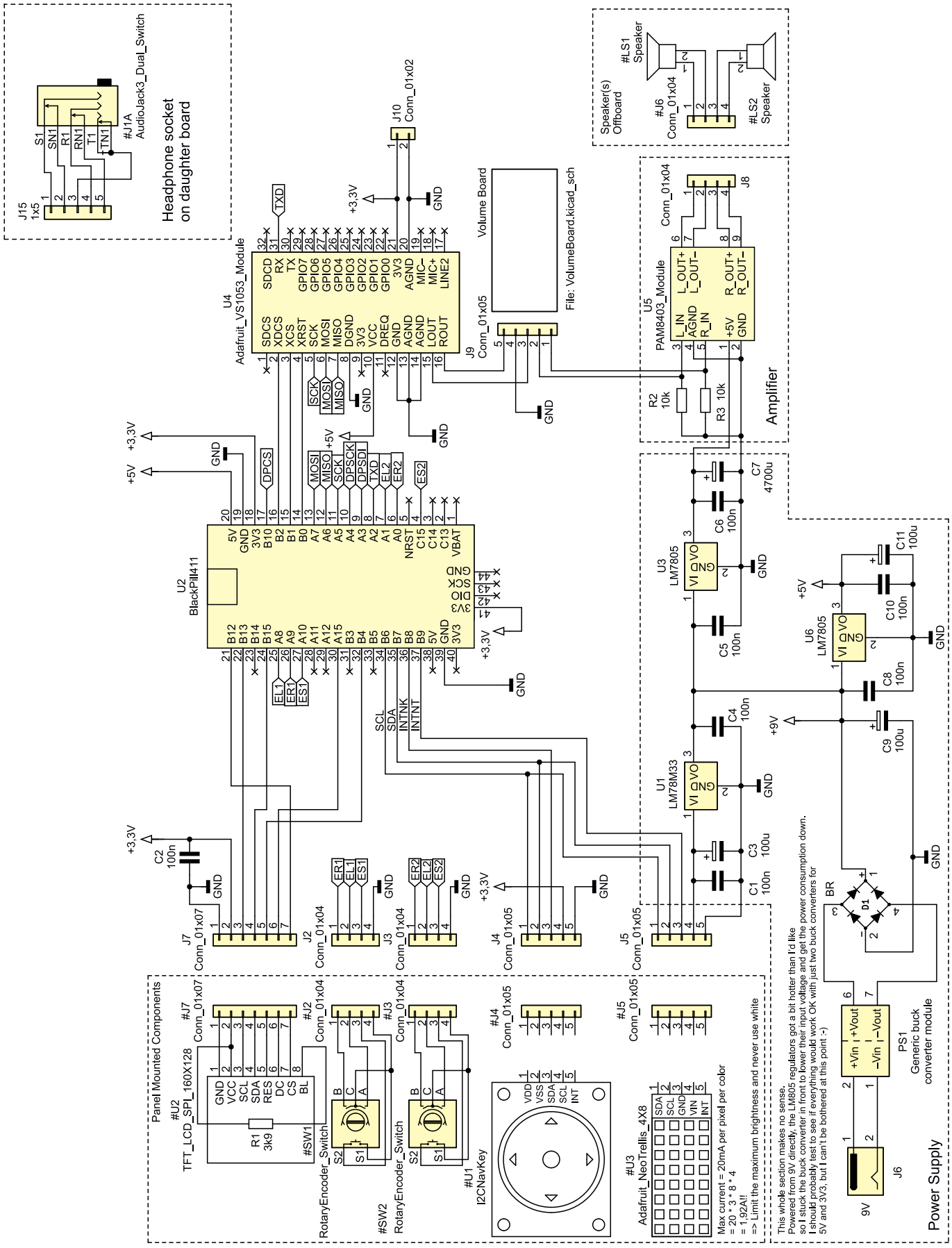
Potrzebne elementy

Do budowy urządzenia potrzebnych jest kilka modułów oraz elementów pasywnych.

- moduł BlackPill – płytka deweloperska z mikrokontrolerem STM32F411,
- kodek Adafruit VS1053,
- moduł NavKey – joystick z enkoderem i przyciskiem z interfejsem I²C,

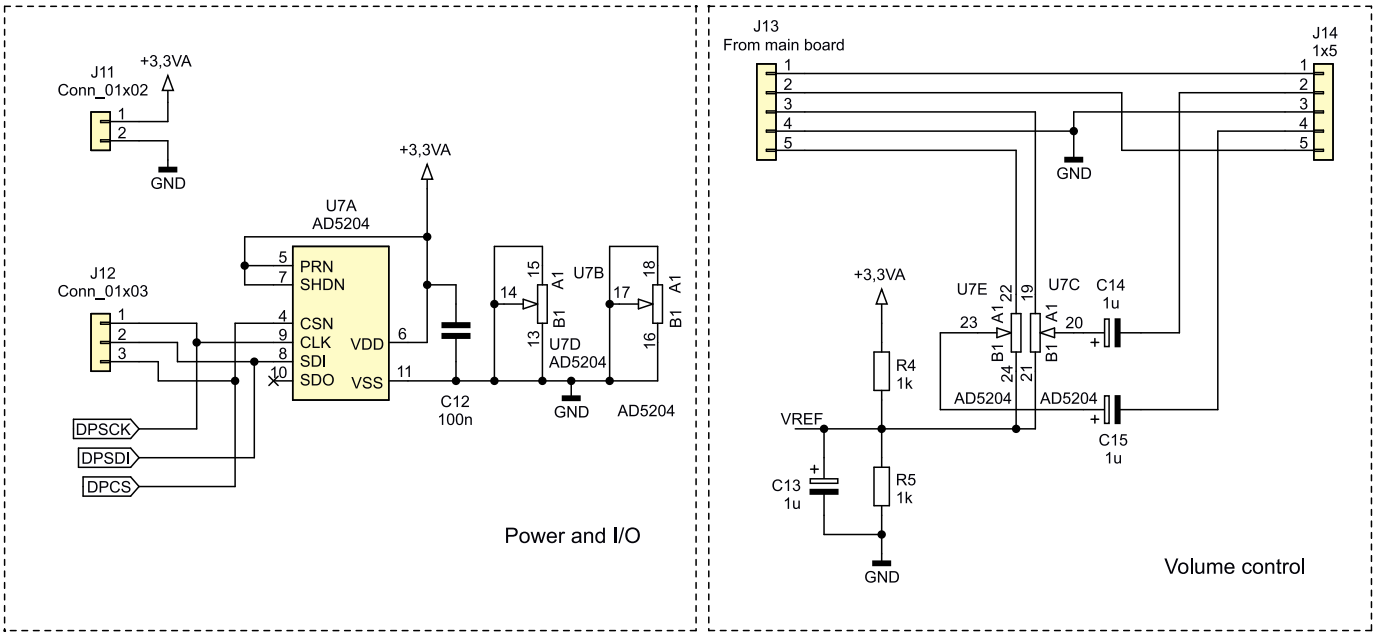
eprasa.pl a0c98eea7b

- klawiatura Adafruit NeoTrellis z elastomerowymi klawiszami i kablem ze złączem JST,
- moduł z LCD 320×240 px o przekątnej 2,4 cala, z interfejsem SPI (dowolny moduł, który pasuje mechanicznie, będzie nadawał się do tego projektu. Jeśli nasz moduł ma inne wymiary, konieczne mogą być zmiany w projekcie obudowy),
- moduł wzmacniacza z układem PAM8403,
- miniaturowy głośnik 40 mm,



Rysunek 1. Schemat urządzenia

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 1. Schemat urządzenia – cd.

- dwie przetwornice typu buck – jedna do stabilizacji napięcia 5 V, druga do 3,3 V,
- dwa enkodery obrotowe z przyciskami.

Ponadto potrzebne będą elementy dyskretne: dwa oporniki 10 kΩ, opornik 1 kΩ i trzy kondensatory elektrolityczne o pojemności 1 μF każdy. Ich napięcie pracy nie jest zbyt istotne, o ile będzie wyższe od napięcia występującego w układzie. Z uwagi na to, że większość kondensatorów elektrolitycznych dostępna jest z napięciem pracy 6,3 V i wyżej, nie powinno być to problemem.

Finalnie potrzebna jest płytka uniwersalna, która jest w stanie pomieścić wszystkie te moduły. Potrzebne są też przewody do wykonania połączeń na płytce, złącza do podłączenia elementów, takich jak klawiatura, wyświetlacz itp.

Decyzje projektowe

Projekt daje sporą swobodę w realizacji. Konstrukcja jest wstępnie rozplanowana, a poszczególne elementy dobrane do siebie, ale każdy ma sporo możliwości w zakresie modyfikacji zaproponowanej konstrukcji. Zanim rozpocznie się prace, należy podjąć kilka kluczowych decyzji:

- Czy nasz budżet pozwala na zakup wszystkich wymienionych modułów, czy potrzebujemy tańszych opcji?
- Czy głośnik 40 mm jest wystarczająco duży, czy potrzebujemy coś głośniejszego?
- Czy ekran 2,4 cala jest dla nas wystarczający, czy może potrzebujemy większego ekranu, aby dobrze widzieć menu? A może możemy zastosować mniejszy (tańszy) ekran, by zredukować koszt urządzenia.

Istnieją trzy rozwiązania, dzięki którym można zaoszczędzić na kosztach budowy urządzenia:

- Zastosowanie mniejszego ekranu.
- Zastosowanie innego modułu z układem VS1053. Na wielu portalach aukcyjnych można zakupić płytki z wlutowanym takim układem. W takiej sytuacji konieczne może być wprowadzenie modyfikacji przy nim, aby poprawnie uruchomił się w trybie MIDI. Może też nie brzmieć tak dobrze, jak moduł z Adafruit.
- Pominięcie przycisku NavKey. Jeśli wyeliminujemy z układu moduł NavKey, nadal będzie można korzystać z BassMate. Bez tego modułu kontrolować można głośność układu, tempo pracy, można go wyciszać i pauzować. Brak przycisku nawigacyjnego niestety uniemożliwia zmianę głosów czy zapis/ładowanie ustawień.

Oczywiście, przy tego rodzaju zmianach, konieczne są zmiany w modelu 3D obudowy – oryginalny projekt nie będzie już pasował. Na szczęście pakiet, w którym autor zaprojektował obudowę – OpenSCAD – jest darmowy, więc bez problemu (jak już tylko poradzimy sobie z obsługą tego narzędzia) można dokonać koniecznych zmian.

Finalną decyzją jest rozplanowanie połączenia poszczególnych elementów w systemie. Autor w swojej konstrukcji zamontował większość modułów na dwóch dużych płytkach uniwersalnych, ale można użyć kilku mniejszych, jednej dużej, a można również połączyć poszczególne moduły ze sobą za pomocą przewodów. Zastosowanie dużej płytki uniwersalnej będzie oznaczało tworzenie mniejszej liczby połączeń przewodowych, ale może utrudnić montaż urządzeniai jego debugowanie. Z drugiej strony, duża ilość połączeń przewodowych przekłada się na pogorszenie niezawodności.

Sprzęt

Autor rozwój i budowę sprzętu w systemie podzielił na kilka osobnych części, dzięki czemu łatwiej jest zrozumieć działanie poszczególnych kluczowych komponentów. Dzięki temu można poprawnie zamontować każdą część i ją prawidłowo podłączyć. Na **rysunku 1** pokazano schemat całego urządzenia, przyjrzyjmy się mu po kolei.

W pierwszej kolejności należy przeanalizować działanie sekcji zasilania, pomimo, że autor zaprojektował tę sekcję jako ostatnią. W pierwszej kolejności chciał zastosować stabilizatory liniowe (7805 i 78M33), ale odkrył, że robią się one zbyt gorące, gdy są zasilane z zasilacza 9 V (typowy zasilacz dla efektów gitarowych). Dlatego też umieścił przed sekcją stabilizatorów liniowych dodatkową przetwornicę buck, aby zmniejszyć napięcie wejściowe dla stabilizatorów. Dodatkowo, przed przetwornicą można umieścić jeszcze mostek prostowniczy, co pozwoli zabezpieczyć układ przed np. odwrotnym podłączeniem zasilania.

Teraz do układu dodać można dwa kluczowe moduły – BlackPill z mikrokontrolerem oraz dwa moduły NeoTrelli do obsługi klawiatury układu. Moduły te trzeba połączyć ze sobą na krawędzi lub w inny sposób połączyć ze sobą, a następnie ustawić ich adresy. Moduły te komunikują się z mikrokontrolerem poprzez interfejs I²C. Moduły mają pięć pinów adresowych (A0...A4), co pozwala na podłączenie do 32 takich modułów do pojedynczego interfejsu I²C. Poprzez ten interfejs mikrokontroler może kontrolować przyciski (każdy moduł ma ich 16 sztuk w układzie 4×4) oraz diody LED, podświetlające poszczególne klawisze.

eprasa.pl a0c98eea7b

Listing 1. Fragment głównego pliku programu

```
#include "Controller.h"
#include "Events/NavKeyEventDispatcher.h"
#include "Hardware/STM_SPIDMA.h"
#include "STM32/STM32F411_Timer1Encoder.h"
#include "STM32/STM32F411_Timer2Encoder.h"
#include "Model.h"
#include "NavKeyView.h"
#include "NoteGrid.h"
#include <Wire.h>
#include "configuration.h"

using namespace bassmate;

SPIClass spi2(MOSI, MISO, SCK, SC_CS);
Adafruit_ILI9341_DMA tft =
    Adafruit_ILI9341_DMA(&spi2, SC_DC, SC_CS, SC_RESET);

volatile bool spiDmaTransferComplete = true;
STM_SPIDMA stmdma(&tft, LCD_DMA_BUFFER_SIZE, SPI2, DMA1_Stream4);
STM32F411_Timer1Encoder volumeEncoder(VOLUME_ENCODER_PUSH_PIN);
STM32F411_Timer2Encoder tempoEncoder(TEMPO_ENCODER_PUSH_PIN);
AD5204 digipot(DP_CS_PIN, DP_SCK_PIN, DP_SDI_PIN);

extern "C" {
  void DMA1_Stream4_IRQHandler() {
      HAL_DMA_IRQHandler(&stmdma._dma);
      // spiDmaTransferComplete = true;
  }
}

extern "C" {
  void HAL_SPI_TxCpltCallback(SPI_HandleTypeDef* hspi) {
      spiDmaTransferComplete = true;
  }
}

/* Hardware interface */
SPIClass spi1(VS_MOSI, VS_MISO, VS_SCK);
Adafruit_NeoTrellis t_array[1][2] = {
    { Adafruit_NeoTrellis(0x2E), Adafruit_NeoTrellis(0x2F) }
};
Adafruit_MultiTrellis trellis((Adafruit_NeoTrellis*)t_array, 1, 2);
NoteGrid noteGrid(trellis, NT_INT);

/* Model */
/* Default address when no jumper are soldered */
i2cNavKey navkey(0b0010000);
VS1053 midi(VS_CS, VS_DCS, VS_RESET, spi1, Serial2);
Sequencer sequencer;
Storage* storage = new Storage();
uint8_t instrumentGroupMap[4];
Model model(navkey, NK_INT, midi, sequencer, storage, digipot);

/* View */
NavKeyView view(&tft, noteGrid, storage);
NavKeyEventDispatcher navKeyEventDispatcher(&view);
Controller controller(model, view, noteGrid);
void UP_Button_Pressed(i2cNavKey* p) {
    navKeyEventDispatcher.UP_Button_Pressed();
}

void DOWN_Button_Pressed(i2cNavKey* p) {
    navKeyEventDispatcher.DOWN_Button_Pressed(); }
void LEFT_Button_Pressed(i2cNavKey* p) {
    navKeyEventDispatcher.LEFT_Button_Pressed(); }
void RIGHT_Button_Pressed(i2cNavKey* p) {
    navKeyEventDispatcher.RIGHT_Button_Pressed(); }
void Encoder_Increment(i2cNavKey* p) {
    navKeyEventDispatcher.Encoder_Increment(); }
void Encoder_Decrement(i2cNavKey* p) {
    navKeyEventDispatcher.Encoder_Decrement(); }
void Encoder_Push(i2cNavKey* p) {
    navKeyEventDispatcher.Encoder_Push(); }
void Encoder_Release(i2cNavKey* p) {
    navKeyEventDispatcher.Encoder_Release(); }
void beatCallback(uint8_t beat) {
    controller.handleBeat(beat); }
void noteOnCallback(uint8_t beat, MIDINote note) {
    controller.handleNoteOn(beat, note); }
void noteOffCallback(uint8_t beat, MIDINote note) {
    controller.handleNoteOff(beat, note); }
void noteGridEventHandler(keyEvent e) {
    controller.handleNoteGridEvent(e); }
void noteGridKeyPressCallback(uint8_t x, uint8_t y) {
    controller.handleNoteGridKeyPress(x, y); }
void noteGridKeyLongPressCallback(uint8_t x, uint8_t y)

void setupNavKey() {
    navkey.begin(i2cNavKey::FLOAT_DATA
     | i2cNavKey::WRAP_ENABLE
     | i2cNavKey::DIRE_RIGHT
     | i2cNavKey::IPUP_ENABLE);

    navkey.writeCounter((float)0); /* Reset the counter value */
    navkey.writeMax((float)0.95); /* Set the maximum threshold*/
    navkey.writeMin((float)0.05); /* Set the minimum threshold */
    navkey.writeStep((float)0.05); /* Set the step to 1*/
    navkey.writeDoublePushPeriod(5); // not used yet..
    navkey.onUpPush = UP_Button_Pressed;
    navkey.onDownPush = DOWN_Button_Pressed;
    navkey.onLeftPush = LEFT_Button_Pressed;
    navkey.onRightPush = RIGHT_Button_Pressed;
    navkey.onIncrement = Encoder_Increment;
    navkey.onDecrement = Encoder_Decrement;
    navkey.onCentralPush = Encoder_Push;
    navkey.onCentralRelease = Encoder_Release;
    navkey.autoconfigInterrupt();
}

void DMACallback(DMA_HandleTypeDef* _hdma) { spiDmaTransferComplete
= true; }

void setup(){
    noteGrid.attachEventHandler(noteGridEventHandler);
    noteGrid.attachKeyPressCallback(noteGridKeyPressCallback);
    noteGrid.
attachKeyLongPressCallback(noteGridKeyLongPressCallback);
    sequencer.attachNoteOnCallback(noteOnCallback);
    sequencer.attachNoteOffCallback(noteOffCallback);
    sequencer.attachBeatCallback(beatCallback);

    volumeEncoder.onDecrement(&view, &NavKeyView::volumeUp);
    volumeEncoder.onIncrement(&view, &NavKeyView::volumeDown);
    volumeEncoder.onClick(&view, &NavKeyView::toggleMute);

    tempoEncoder.onIncrement(&view, &NavKeyView::faster);
    tempoEncoder.onDecrement(&view, &NavKeyView::slower);
    tempoEncoder.onClick(&view, &NavKeyView::togglePause);

    Serial.begin(9600);
    spi1.begin(48000000);
    spi2.begin(48000000);

    pinMode(VS_MOSI, OUTPUT);
    pinMode(VS_MISO, INPUT);
    pinMode(VS_SCK, OUTPUT);
    pinMode(VS_CS, OUTPUT);
    pinMode(VS_DCS, OUTPUT);
    pinMode(VS_RESET, OUTPUT);
    digitalWrite(VS_MOSI, HIGH);
    digitalWrite(VS_SCK, HIGH);
    digitalWrite(VS_CS, HIGH);
    digitalWrite(VS_DCS, HIGH);
    digitalWrite(VS_RESET, HIGH);
    pinMode(PA2, OUTPUT);

    pinMode(NK_INT, INPUT_PULLUP);
    pinMode(NT_INT, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SC_RESET, OUTPUT);
    digitalWrite(SC_RESET, 0);

    pinMode(SCL, OUTPUT);
    pinMode(SDA, OUTPUT);
    digitalWrite(SCL, 1);
    digitalWrite(SDA, 1);

    volumeEncoder.setupIO(true);
    tempoEncoder.setupIO(true);

    Wire.begin((uint32_t)SDA, (uint32_t)SCL);
    Wire.setClock(400000);
    Serial2.begin(31250);

    setupNavKey();

    tft.setDMA(&stmdma);
    view.fontRenderer->setDMA(&stmdma);
    HAL_DMA_RegisterCallback(
      &stmdma._dma, HAL_DMA_XFER_CPLT_CB_ID, DMACallback);
    spiDmaTransferComplete = true;
    stmdma.begin();

    tft.begin(48000000);
    tft.setRotation(3);
    view.setController(&controller);
    view.begin();

    trellis.begin();
    noteGrid.setFlashBeat(true);
    noteGrid.begin();
    sequencer.setTempo(70);

    model.begin();
    controller.begin();
    volumeEncoder.begin();
    tempoEncoder.begin();
    pinMode(DP_SDI_PIN, OUTPUT);
}

void loop(){
    volumeEncoder.tick();
    tempoEncoder.tick();
    view.run();
    model.run();
}
```

Adresy obu modułów w systemie to 0x2E dla tego po lewej i 0x2F dla tego po prawej. Zapamiętajmy te wartości, gdyż będziemy ich potrzebowali w dalszej części projektu, na etapie pisania oprogramowania (linia 76 w pliku main.cpp – **listing 1**).

Dobrze jest na tym etapie zaprogramować mikrokontroler w Black Pill. Uprości to uruchamianie poszczególnych dalszych modułów. Opis firmware i sposób programowania modułu znaleźć można w dalszej części artykułu.

Kolejnymi integrowanymi modułami jest sekcja audio. W pierwszej kolejności należy podłączyć moduł wzmacniacza PAM8403 i podłączyć do niego głośnik. Wejście należy pozostawić na ten moment pływające. Po dotknięciu wejścia głośnik powinien brzęczeć.

eprasa.pl a0c98eea7b

To dowodzi, że wzmacniacz działa. Teraz podłączamy do wzmacniacza moduł z układem VS1053. Po jego połączeniu z mikrokontrolerem można do systemu podać zasilanie. Po podłączeniu zasilania moduły NeoTrelli powinny zamigać, po czym z głośnika rozlegnie się pojedynczy głośny dźwięk wszystkich grających razem głosów. Wynika to trochę z pewnych niedoróbek w oprogramowaniu… ale pozwala w łatwy sposób przekonać się, czy układ został zmontowany poprawnie.

Finalnie do mikrokontrolera podłączyć należy oba enkodery. Na tym etapie kończy się montaż podstawowych elementów BassMate. Jednak autor przewidział jeszcze jeden element – kontroler NavKey. Jest to zaawansowany moduł do obsługi graficznego menu, który pozwala na nawigowanie w nim. Sposób użycia kontrolera opisano dokładniej w dalszej części artykułu, która mówi o obsłudze BassMate.

Na **fotografii otwierającej** pokazano zmontowane urządzenie. Widoczne są poszczególne moduły na płytkach drukowanych.

Oprogramowanie

Oprogramowanie BassMate napisane zostało w środowisku PlatformIO. Na listingu 1 pokazano główny plik programu (fragment). Szczególną uwagę należy zwrócić na, znane z Arduino, funkcje setup() oraz loop().

Architektura programu jest dosyć zaawansowana. Zawiera obiekty skojarzone z poszczególnymi manipulatorami systemu (volumeEncoder, tempoEncoder) czy innymi elementami, takimi jak interfejs i sterowanie nim (view) czy sama zasadnicza część działania sekwencera i syntezatora (model). Obiekty te są okresowo odświeżane w sekcji loop(), co oferuje, zasadniczo, pracę wielowątkową. Kod tych obiektów rozsiany jest po różnych bibliotekach i plikach nagłówkowych, które z uwagi na brak miejsca nie zostaną zaprezentowane w artykule ale na końcu artykułu znajduje się link do repozytorium na GitHubie.

Konfiguracja programu zapisywana jest w pliku nagłówkowym configuration.h (**listing 2**). Tutaj wprowadzać możemy zmiany, jeżeli podłączamy poszczególne moduły np. do innych pinów, zmienimy adresy modułów klawiatury itp.

Black Pill można zaprogramować przy użyciu dowolnej metody programowania mikrokontrolerów z rodziny STM32. Można w tym celu użyć interfejsu SWD lub JTAG, w zależności od programatora. Autor projektu zakupił do tego projektu taniego klona programatora ST-Link V2, który w pełni wystarcza do tego projektu.

Po podłączeniu zasilania do zaprogramowanego modułu klawisze powinny przez chwilę migać na fioletowo. W tym momencie naciśnięcie przycisku powinno przełączyć go z wyłączonego na zielony i następnie ponownie na wyłączony. Oczywiście, tak jak napisano powyżej, odtwarzana będzie też muzyka.

Obudowa

Finalnie, całą elektronikę należy zamknąć w jakiejś obudowie. Autor sięgnął po technologię druku 3D, aby wyprodukować obudowę dla tego urządzenia. Jeśli nie mamy drukarki 3D lub nie mamy do takiej dostępu, to poradzić musimy sobie jakoś inaczej. Jeśli mamy drukarkę 3D, nie ma zbyt wielu problemów. Wystarczy pobrać pliki STL ze strony z projektem – jeden dla korpusu i jeden dla panelu przedniego. Pliki te należy włożyć do swojego wybranego slicera, by wygenerować odpowiedni kod dla naszej drukarki (autor korzysta z klasycznej Cury). Autor drukował z eSun PLA+, który daje dobry wizualny efekt i jest niemalże równie wytrzymały, jak PETG, ale znacznie łatwiejszy do drukowania (m.in. nie tworzy nitek ani kropelek). Otwory na kratkę głośnika będą wymagały podpór.

Listing 2. Plik nagłówkowy configuration.h

```
#ifndef BASSMATE_CONFIG_H
#define BASSMATE_CONFIG_H
#define LEN(N) (sizeof(N) / sizeof(N[0]))
#define SCK PB13
#define MISO PB14
#define MOSI PB15
#define SC_CS PB12
#define SC_DC PB3
#define SC_RESET PB5
#define SCL PB6
#define SDA PB7
#define NK_INT PB8
#define NT_INT PB9
#define VS_MOSI PA7
#define VS_MISO PA6
#define VS_SCK PA5
#define VS_CS PB1
#define VS_DCS PB10
#define VS_RESET PB0
#define VOLUME_ENCODER_PUSH_PIN PA10
#define TEMPO_ENCODER_PUSH_PIN PC15
#define DP_CS_PIN PB10
#define DP_SCK_PIN PA4
#define DP_SDI_PIN PA3
#define LCD_DMA_BUFFER_SIZE 32768
#define LEFT_TRELLIS_ADDRESS 0x2E
#define RIGHT_TRELLIS_ADDRESS 0x2F
#endif
```

Użytkowanie i zaawansowane funkcje

Obsługa urządzenia jest bardzo intuicyjna. Wystarczy nacisnąć kilka przycisków klawiatury NeoTrelli i nacisnąć enkoder tempa, by BassMate zaczął działać. Światła migają i wydawane są dźwięki. Obrócenie enkodera tempa w jedną stronę powinno przyspieszyć, a w drugą stronę spowolnić odtwarzany rytm. Jeśli działa odwrotnie, trzeba zamienić przewody enkodera ze sobą. To samo dotyczy regulacji głośności za pomocą drugiego enkodera (naciśnięcie go wyciszy urządzenie).

Dostępne są cztery elementy kontrolne w układzie:

- przyciski NeoTrellis zapalają się na zielono po naciśnięciu, aby pokazać, że dany głos zostanie zagrany w tym rytmie,
- enkoder głośności reguluje głośność po obróceniu i wycisza po naciśnięciu,
- enkoder tempa dostosowuje tempo po przekręceniu i zatrzymuje rytm po naciśnięciu,
- klawisz NavKey służy do poruszania się po interfejsie użytkownika, wyświetlanym na ekranie i dostosowywania różnych ustawień w nim zawartych.

Za pomocą klawisza nawigacyjnego można przesuwać żółte podświetlenie po ekranie. Ekran jest podzielony na dwa obszary: górny pasek pokazuje główny motyw ekranu, a poniżej znajdują się ustawienia sekwencera. Domyślny układ pozwala kontrolować głośność, tempo i głosy dołączone do każdego rzędu przycisków NeoTrellis. Głosy są wybierane z jednej z 4 rodzin – Cymbals, Drums, Wood i Special.

Przekręcenie NavKey w prawo prowadzi do ustawień wstępnych, w których można zapisać bieżące ustawienia lub załadować poprzednie ustawienia z pamięci. Jeśli chcemy zapisać ustawienia pod nazwą, która już istnieje, interfejs zapyta nas, czy zastąpić poprzednio zapisany plik.

Nikodem Czechowski, EP

Bibliografia
1. https://bit.ly/3ADVoaw
2. https://github.com/ukmaker/BassMate
3. https://learn.adafruit.com/adafruit-neotrellis

REKLAMA
Odwiedź stronę z mnóstwem doskonałych projektów
EP.com.pl

eprasa.pl a0c98eea7b

FAULHABER Drive Calculator

Przydatne narzędzie dla każdego projektanta

FAULHABER Drive Calculator to doskonałe narzędzie dla konstruktorów, umożliwiające znalezienie w rekordowym czasie odpowiedniego układu napędowego do konkretnego zastosowania. Jest łatwe w użyciu i funkcjonalne – nowoczesny, przejrzysty interfejs użytkownika został zaprojektowany z myślą o optymalnej użyteczności, a rozbudowane wskazówki dostarczają cennych, szczegółowych informacji.

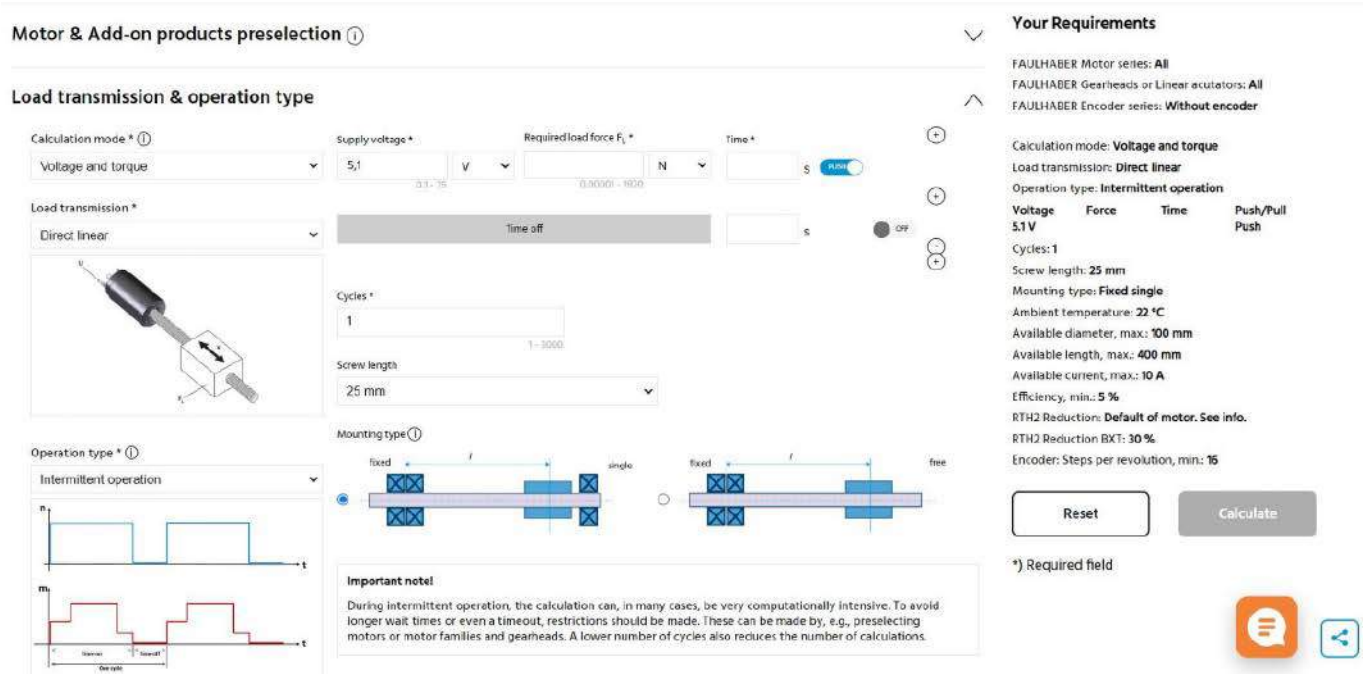
FDC pozwala zaoszczędzić mnóstwo czasu – wystarczy wprowadzić kilka szczegółów, takich jak moment obrotowy, prędkość, rodzaj układu mechanicznego, a aplikacja wskaże, które napędy FAULHABER będą ogólnie pasowały do takiego zastosowania. Za pomocą filtrów możliwe jest dalsze zawężenie tej listy o najważniejsze parametry, aż do znalezienia idealnego rozwiązania napędowego. W celu zwiększenia szybkości obliczeń program korzysta z globalnych ustawień wstępnych ze wspólnymi wartościami średnimi. Oczywiście domyślne ustawienia można dostosować do indywidualnych potrzeb, np. uwzględniając temperaturę otoczenia, napięcie zasilania czy dostępną przestrzeń.

Odpowiednie rozwiązania są następnie prezentowane w postaci przejrzystej listy wyników, którą można zawężać za pomocą rozbudowanych filtrów. Funkcja porównania pozwala porównać do trzech produktów z obszernymi danymi produktów w formie tabelarycznej. Narzędzie FDC umożliwia obecnie dokonywanie obliczeń dla siedmiu typów napędów i dwóch trybów pracy.

Dla wybranego systemu napędowego prezentowane są szczegółowe informacje – obliczone wartości termiczne i wykresy wydajności, jak również inne ważne dane. To, co czyni je wyjątkowym, to fakt, że wartości można zmieniać w czasie rzeczywistym i od razu dokonywać ich przeliczania. Oprócz obliczeń wyświetlane są również odpowiednie elementy sterujące, które uzupełniają system napędowy. Użytkownik może również pobrać wybrane rozwiązania w formacie PDF lub zamówić je bezpośrednio online.

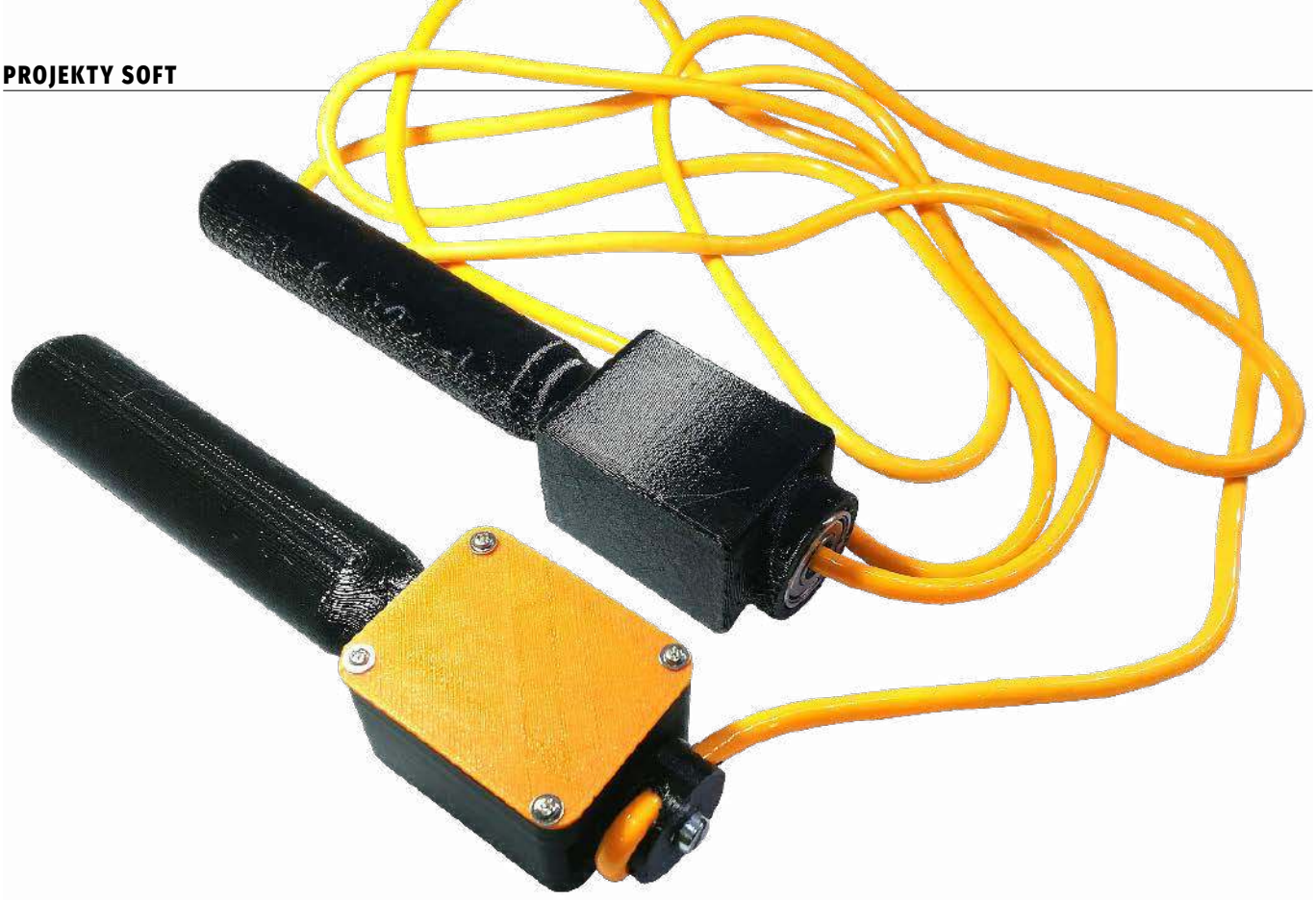
FDC dostępny jest na stronie:
https://www.faulhaber.com/en/drive-calculator/fdc/

www.faulhaber.com



Rysunek 1. Wygląd okna aplikacji z przykładowym projektem

eprasa.pl a0c98eea7b



Inteligentna skakanka z zastosowaniem Arduino

Na rynku dostępnych jest wiele różnych akcesoriów elektronicznych, które w jakimś stopniu pomagają nam w ćwiczeniach sportowych lub monitorują postępy i efekty np. poprzez zliczanie spalonych kalorii. Zaprezentowane urządzenie należy o drugiej kategorii – elektroniczna skakanka liczy skoki, a dzięki temu wyznacza liczbę spalonych kalorii.

W artykule opisany został projekt inteligentnej skakanki wykonanej z użyciem środowiska Arduino. Moduł ten zlicza liczbę skoków, a dzięki temu pozwala na śledzenie codziennej aktywności. Dane przechowywane są w chmurze – moduł wysyła dane do sieci w czasie rzeczywistym podczas skakania. Można przeglądać te dane w dowolnej przeglądarce internetowej. Moduł wyświetla liczbę skoków, szybkość w skokach na minutę i spalone kalorie. Po sesji rejestruje te same dane poprzez portal Thingspeak.

Opisany gadżet jest idealny dla wszystkich, którzy chcą być fit lub chcą schudnąć. Można go zintegrować z dowolnymi systemami w chmurze, które udostępniają swoje API. Urządzenie można dowolnie modyfikować, aby przekazywało dane do dowolnego systemu w sieci internetowej.

Potrzebne elementy

Obwód nie jest skomplikowany. Zasadniczo składa się z modułu Wemos, enkodera i baterii. Mówiąc dokładniej, do zestawienia omawianej inteligentnej skakanki potrzebne są:

- moduł Wemos D1 mini,

Fotografia 1. Elementy potrzebne do budowy inteligentnej skakanki

- enkoder obrotowy,
- bateria Li-Po 3,7 V o pojemności 500 mAh,
- miniprzełącznik suwakowy,
- łożysko 608ZZ,
- łożysko 624ZZ,
- śruba M4 (o długości 25 mm),
- nakrętka M4 × 2 szt.,
- śruba montażowa o długości 8 mm × 4 szt.

Ponadto będą potrzebne:

- drukarka 3D,
- lutownica wraz z wymaganymi akcesoriami (cyna itp.),

eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografia 2. Elementy obudowy i konstrukcji mechanicznej skakanki z druku 3D

- podstawowe narzędzia – śrubokręty, kombinerki itp.,
- ściągacz do izolacji.

Zebrane elementy do budowy układu pokazano na **fotografii 1**.

Obudowa

Skakanka ma dwa uchwyty do trzymania. Jeden zawiera w sobie całą elektronikę, drugi pełni tylko funkcję uchwytu dla linki skakanki. Linka skakanki zamontowana jest na łożyskach.

Wszystkie kluczowe elementy obudowy wykonane są w technologii druku 3D. Autor załączył wszystkie projekty 3D w postaci plików .STL na stronie z projektem. Można także pobrać wszystkie pliki z Thingiverse (link na końcu artykułu).

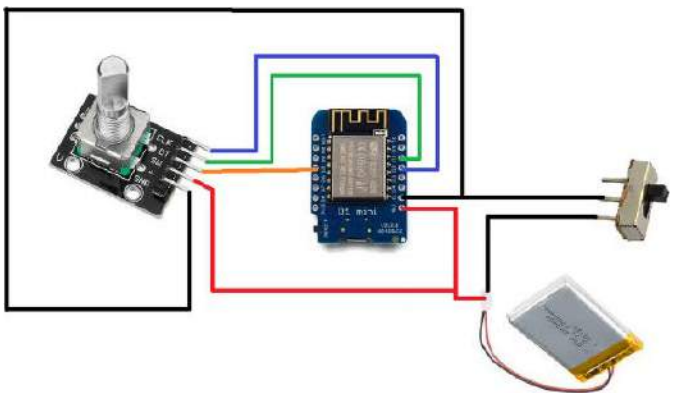
Wszystkie elementy zostały wydrukowane na drukarce Flashforge Creator pro z dyszą o otworze 0,4 mm i normalnymi ustawieniami wraz z podporami. Efekt pokazano na **fotografii 2**. Wydrukować je można w zasadzie z dowolnego materiału, np. PET.

Układ elektroniczny

Elektronika skakanki jest bardzo prosta, składa się z zaledwie kilku elementów. Na **rysunku 1** pokazano schemat urządzenia. Do enkodera obrotowego podłączamy dwie linie zasilania (masa i 5 V) i linie CLK, DT oraz SW, które podpinamy, odpowiednio, do linii D2, D1 i D5 mikrokontrolera. Jeśli zmienimy te linie w module Wemos na inne, musimy dokonać odpowiedniej zmiany również w oprogramowaniu, co zostanie opisane w dalszej części artykułu.

Enkoder obrotowy służy do zliczania skoków. Jest również znany jako enkoder kwadraturowy lub względny enkoder obrotowy. Jego wyjściem jest seria impulsów prostokątnych na dwóch wyjściach układu. Z różnicy faz pomiędzy tymi dwoma przebiegami odczytać można kierunek obrotów, a z częstotliwości impulsów liczbę obrotów. Przed wlutowaniem w płytkę należy włożyć element encoder_knob do enkodera obrotowego i włożyć tam nakrętkę M4, jak pokazano na **fotografii 3**.

Wszystkie elementy dobrze jest przetestować przed zlutowaniem. Po połączeniu elementów (jak pokazano na schemacie na rysunku 1) można umieścić elektronikę w uchwycie, jak pokazano na **fotografii 4**.



Rysunek 1. Schemat układu

Fotografia 3. Enkoder wraz z zainstalowanym wydrukowanym elementem

Fotografia 4. Montaż elektroniki w obudowie

Fotografia 5. Osadzenie łożyska

eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografia 6. Wszystkie zlutowane elementy elektroniczne umieszczone w uchwycie głównym

Pozwoli to na dopasowanie długości przewodów do wzajemnego ułożenia poszczególnych modułów.

Montaż

Po wydrukowaniu elementów obudowy i zmontowania elektroniki, jak omówiono powyżej, można przystąpić do montażu poszczególnych elementów w obudowie. W pierwszej kolejności w główny uchwyt musimy wpasować łożysko 624ZZ. Należy umieścić je w uchwycie głównym, jak pokazano na **fotografii 5**. Jeśli poprawnie usunięte zostaną wszystkie wydrukowane w 3D podpory, to łożysko będzie idealnie pasować. Łożysko służy do zmniejszenia siły tarcia i zapewnia płynny obrót linki skakanki podczas jej ruchu.

Teraz trzeba umieść wszystkie zlutowane elementy elektroniczne w uchwycie głównym, jak pokazano na **fotografii 6**. Należy się upewnić, że przewody nie są splątane z enkoderem. Powinien obracać się on bez żadnych problemów.

Teraz można zamontować linkę skakanki. Do tego wykorzystujemy wydrukowany w 3D uchwyt linki, nakrętkę M4 i śrubę M4. Wkładamy nakrętkę M4 do uchwytu liny, a następnie śrubę do nakrętki. Tak przygotowany element montujemy do nakrętki na enkoderze obrotowym. Aby przymocować go do enkodera obrotowego, wkładamy śrubę przez otwór z przodu obudowy i przykręcamy, trzymając za wydrukowany element, zainstalowany na enkoderze. Po przykręceniu go do enkodera możemy zainstalować linkę skakanki w uchwycie, wiążąc ją do otworów przygotowanych w uchwycie, który właśnie przykręciliśmy.

Po skręceniu tego uchwytu zakrywamy elektronikę również drukowaną w 3D pokrywką. W tym celu używamy małych, 8 mm śrubek, jakie przygotowaliśmy. Po skręceniu należy upewnić się, że enkoder obrotowy obraca się płynnie, obracając linkę skakanki ręcznie. Należy również upewnić się, że można nacisnąć przycisk enkodera, naciskając część uchwytu linki. Jeśli enkoder obrotowy obraca się płynnie i można nacisnąć przycisk, oznacza to, że uchwyt główny jest gotowy.

Ostatni krok montażu jest opcjonalny. Można równie dobrze użyć uchwytu z gotowej skakanki. Jeśli jednak chcemy, aby oba uchwyty były takie same i wydrukowaliśmy komplet elementów dla drugiego uchwytu, przystąpmy do montażu. Rozpoczynamy go od zainstalowania łożyska 608ZZ w otworze z przodu uchwytu. Następnie drugi koniec linki wkładamy w drugi uchwyt przez otwór łożyska. Teraz koniec linki wkładamy do odpowiedniego uchwytu i zaciskamy tak, aby zaklinowała się ona w otworze łożyska. Następnie zakrywamy koniec drugiego uchwytu, mocując osłonę. Gotowa skakanka pokazana jest na **fotografii tytułowej**.

Oprogramowanie

Działanie tego urządzenia jest proste. Istnieją 4 główne kroki, jakie realizuje oprogramowanie. Pierwszy to połączenie z Wi-Fi, drugi to zliczanie skoków, trzeci to obliczanie liczby spalonych kalorii, a czwarty to wysyłanie tych danych na stronę internetową i rejestrowanie tych danych w Thingspeak w chmurze.

Połączenie z Wi-Fi

WiFiManager to świetna biblioteka, którą można dodać do projektów bazujacych na mikrokontrolerze ESP8266, ponieważ korzystając z tej biblioteki, nie trzeba zapisywać na stałe danych logowania do sieci bezprzewodowej (SSID i hasła) w kodzie programu. Mikrokontroler automatycznie dołączy do znanej sobie sieci lub skonfiguruje punkt dostępowy, który może zostać użyty do skonfigurowania poświadczeń sieciowych dla układu w dowolnym miejscu. Proces ten pokazano na **rysunku 2** wraz z opisem uruchamiania systemu.

Zliczanie liczby skoków

Do zliczania obrotów zastosowano prosty algorytm, działający w głównej pętli programu – loop(). Sprawdza on, czy obecny stan jest taki sam, jak stan w poprzedniej iteracji. Jeśli różnią się, to znaczy, że pomiędzy iteracjami wystąpiło zbocze sygnału. Od kierunku tego zbocza (narastające lub opadające) zależna jest detekcja kierunku obrotów enkodera, co w tym przypadku nie jest jednak aż tak istotne, gdyż zliczamy po prostu obroty.

Autor wyznaczył, że jeden skok przez skakankę to 5 impulsów z enkodera. Wykonał on 50 skoków na skakance i wyznaczył wartość średnią – było to właśnie 5 impulsów. Liczba zmierzonych impulsów dzielona jest w związku z tym przez 5 – każde pełne 5 impulsów to jeden skok przez skakankę.

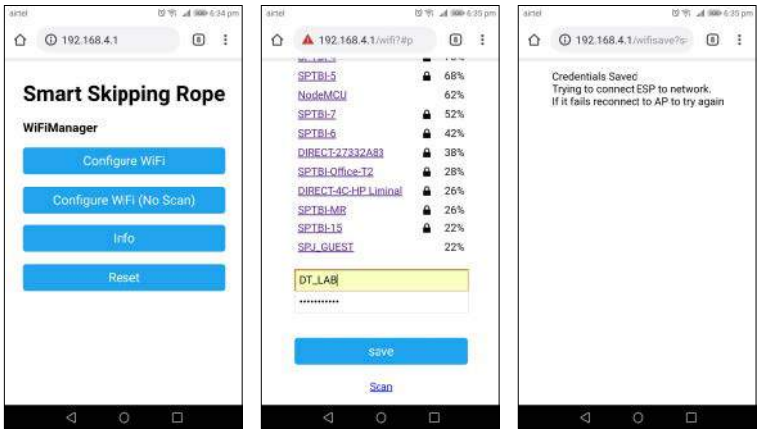
Obliczanie częstotliwości skoków

Aby obliczyć szybkość skakania (na minutę), program zapisuje czas rozpoczęcia skakania za pomocą funkcji millis() w zmiennej. Oblicza on współczynnik skoków po każdych 20 zliczeniach, dzieląc liczbę wykonanych skoków przez czas, który upłynął. Wartość ta jest następnie mnożona przez 60, aby uzyskać wartość w liczbie skoków na minutę, która potrzebna będzie dalej, do obliczenia liczby spalonych kalorii.

Obliczanie spalonych kalorii

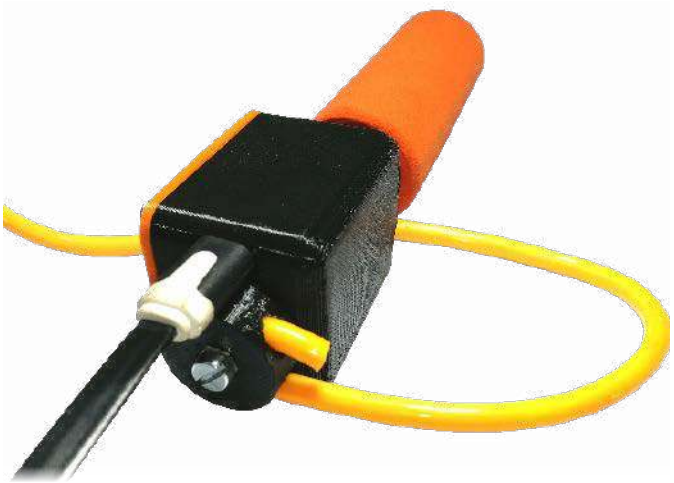
Każda czynność wymaga innego wydatku energetycznego. Spacer w spokojnym tempie z pewnością spali mniej kalorii niż bieganie czy aerobik. Ten wydatek energetyczny jest zwykle wyrażany w MET – metabolicznym odpowiedniku zadania. Ta miara mówi, ile kalorii spalane jest na godzinę aktywności i na jeden kilogram masy ciała. Możesz łatwo wybrać jeden z wielu rodzajów aktywności w kalkulatorze spalonych kalorii. Na przykład chodzenie ma wartość MET 3,8, podczas gdy piesze wędrówki już 6. Im wyższa jest ta wartość, tym więcej energii wymaga zadanie.

Czym więc dokładnie jest 1 MET? Definiuje się go jako stosunek energii zużytej w jednostce czasu podczas określonej aktywności



Rysunek 2. Sieciowe menu konfiguracyjne do wybierania sieci Wi-Fi, do jakiej podłączyć ma się urządzenie

eprasa.pl a0c98eea7b



Fotografia 7. Podłączenie za pomocą kabla micro USB

fizycznej do wartości referencyjnej 3,5 ml O_2/(kg·min). Po ponownym obliczeniu i przeliczeniu mililitrów tlenu na kalorie dochodzimy do ostatecznego wzoru:

$$spalone\ kalorie = T \cdot 60 \cdot MET \cdot 3{,}5 \cdot \frac{W}{200}$$

gdzie:

- T – czas trwania aktywności (w godzinach),
- W – masa ćwiczącego (w kilogramach).

Zintegrowany w skakance kalkulator spalonych kalorii korzysta z powyższego wzoru do najdokładniejszego oszacowania spalonych kalorii. Algorytm przyjmuje następujące wartości MET:

- MET=8,8 dla skakania poniżej 100 skoków na minutę,
- MET=11,8 dla skakania pomiędzy 100 a 120 skoków na minutę,
- MET=12,3 dla skakania powyżej 120 skoków na minutę (tablice sportowe podają, że do 160 skoków na minutę, ale algorytm nie uwzględnia już większych prędkości skakania).

Wyświetlanie danych na stronie internetowej

Kiedy już wszystkie dane zostaną zebrane, system przesyła je na stronę za pomocą WebSocket. WebSocket to technologia, która utrzymuje otwarte połączenie TCP, dzięki czemu można stale przesyłać dane pomiędzy mikrokontrolerem a klientem z niskim opóźnieniem. A ponieważ jest to TCP, system ma pewność, że wysyłane pakiety dotrą do adresata w stanie nienaruszonym.

ESP hostuje stronę internetową z wynikiem (liczbą spalonych kalorii i szybkością skakania) na środku. Suwak w prawym górnym rogu pozwala ustawić masę osoby wykonującej ćwiczenie, aby zapewnić dokładne obliczenia. Masa jest przesyłana z przeglądarki do ESP za pośrednictwem połączenia WebSocket. Aby rozpocząć sesję ćwiczeń, wystarczy nacisnąć przycisk enkodera i rozpocząć aktywność. Można zobaczyć liczbę skoków w czasie rzeczywistym na stronie internetowej.

Przesyłanie danych do Thingspeak

ThingSpeak to bezpłatna usługa internetowa, która umożliwia gromadzenie i przechowywanie danych z czujników w chmurze oraz tworzenie aplikacji Internetu Rzeczy (IoT). Wystarczy założyć konto na Thingspeak i stworzyć nowy kanał. W kanale tym należy utworzyć trzy pola. Jedno pole do liczenia skoków, drugie pole do szybkości skakania i trzecie pole do zliczania spalonych kalorii. Za pomocą polecenia Write_Key w kodzie można przesłać dane do Thingspeak, wystarczy po zakończeniu aktywności nacisnąć ponownie ten sam przycisk, a ESP prześle dane do Thingspeak.

Programowanie

Przed przesłaniem kodu należy zmienić klucz Thingspeak w kodzie. Jeśli stworzymy nowy kanał w naszym koncie; na Thingspeak uzyskamy specjalny klucz, pozwalający na przesyłanie do naszego kanału. W kodzie programu zapisać musimy nasz klucz, aby dane trafiały do naszego kanału w chmurze.

Za pomocą kabla micro USB (**fotografia 7**) należy zaprogramować urządzenie Wemos D1 mini. W tym celu otwieramy Arduino IDE i przesyłamy szkic z listingu (dostępny na stronie projektu). Po przesłaniu kodu do urządzenia należy odłączyć kabel micro USB i włączyć przełącznik, aby zasilać Wemos D1 mini z baterii w systemie.

Podsumowanie

Po włączeniu trzeba podłączyć mikrokontroler do sieci Wi-Fi. Aby połączyć go z siecią bezprzewodową, można użyć telefonu komórkowego lub laptopa, aby połączyć się ze skakanką, która początkowo uruchamia własny AP do konfiguracji. Następnie otwieramy przeglądarkę i wpisujemy następujący adres IP: 192.168.4.1. Spowoduje to załadowanie następnej strony internetowej, na której możesz ustawić dane uwierzytelniające do sieci Wi-Fi (rysunek 2). Teraz można połączyć inteligentną skakankę z siecią Wi-Fi za pomocą tej strony.

Po podłączeniu urządzenia do sieci Wi-Fi należy znaleźć adres IP skakanki. Można wtedy otworzyć przeglądarkę internetową na telefonie lub laptopie, wprowadzić ten adres IP i nacisnąć Enter, aby zobaczyć stronę raportującą liczbę skoków i spalone kalorie. Na stronie tej należy ustawić prawidłową masę za pomocą suwaka w prawym górnym rogu.

Wystarczy nacisnąć przycisk na enkoderze, aby rozpocząć działanie systemu. Teraz można skakać na skakance. Można zobaczyć liczbę skoków, ich częstotliwość (w skokach na minutę) i spalone kalorie na stronie internetowej wyświetlanej przez skakankę podczas ćwiczenia. Następnie, po zakończenia ćwiczenia, należy nacisnąć ponownie ten sam przycisk, aby przesłać wszystkie dane (liczba skoków, tempo skoków i spalone kalorie) do kanału w Thingspeak. Dzięki temu można śledzić swoją codzienną aktywność związaną z skakaniem.

Na jednym ładowaniu, jeśli używamy skakanki przez 2...3 godziny dziennie, urządzenie może działać do 7...8 dni. Aby naładować baterię, wystarczy podłączyć kabel micro USB do urządzenia, a rozpocznie się ładowanie (należy pozostawić włączony przełącznik zasilania na czas ładowania). Po około godzinie można odłączyć kabel micro USB i wrócić do skakania.

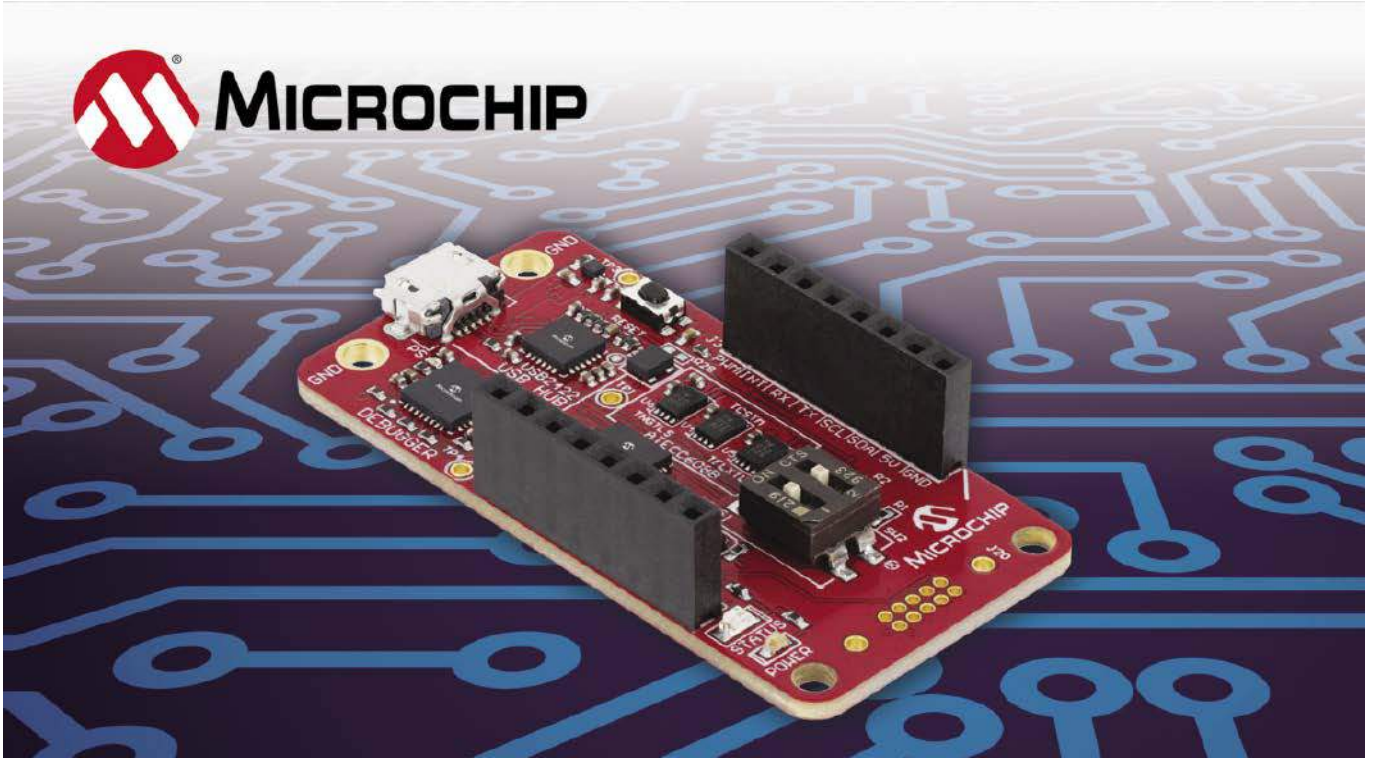
Nikodem Czechowski, EP

Bibliografia:
1. https://www.instructables.com/Smart-Skipping-Rope/
2. https://www.thingiverse.com/thing:3468020
3. https://github.com/siddhesh13/smart-skipping-rope
4. https://www.omnicalculator.com/sports/jump-rope-calorie

REKLAMA

www.ep.com.pl/EPwtoku

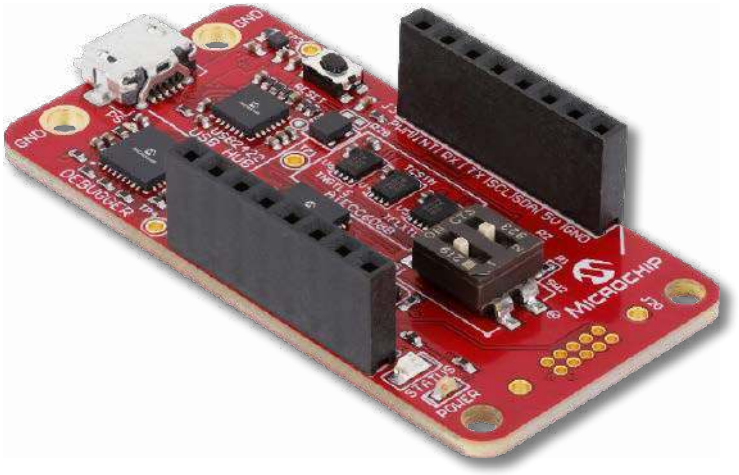
eprasa.pl a0c98eea7b



Wygraj zestaw ewaluacyjny
Microchip CryptoAuth Trust Platform

CryptoAuth Trust Platform to kompaktowy zestaw ewaluacyjny, którego można używać z pakietem Trust Platform Development Suite (TPDS) i innymi narzędziami programowymi. Służy do poznawania i wdrażania rozwiązań bezpieczeństwa dla aplikacji IoT z wstępnie skonfigurowanymi układami ATECC608B Trust&GO i ATECC608B TrustFLEX oraz w pełni konfigurowalnym ATECC608B TrustCUSTOM.

Produkty Trust&GO i TrustFLEX zostały opracowane, aby umożliwić łatwe dodawanie zabezpieczeń sprzętowych do rozwiązań IoT Cloud niezbędne przy uwierzytelnianiu akcesoriów, ochronie IP i weryfikacji oprogramowania układowego. Korzystanie z zestawu wraz z narzędziami programistycznymi firmy Microchip i systemami dostarczania danych firmy Microchip umożliwia łatwe wdrażanie bezpiecznego uwierzytelniania nawet w małych projektach i aplikacjach.



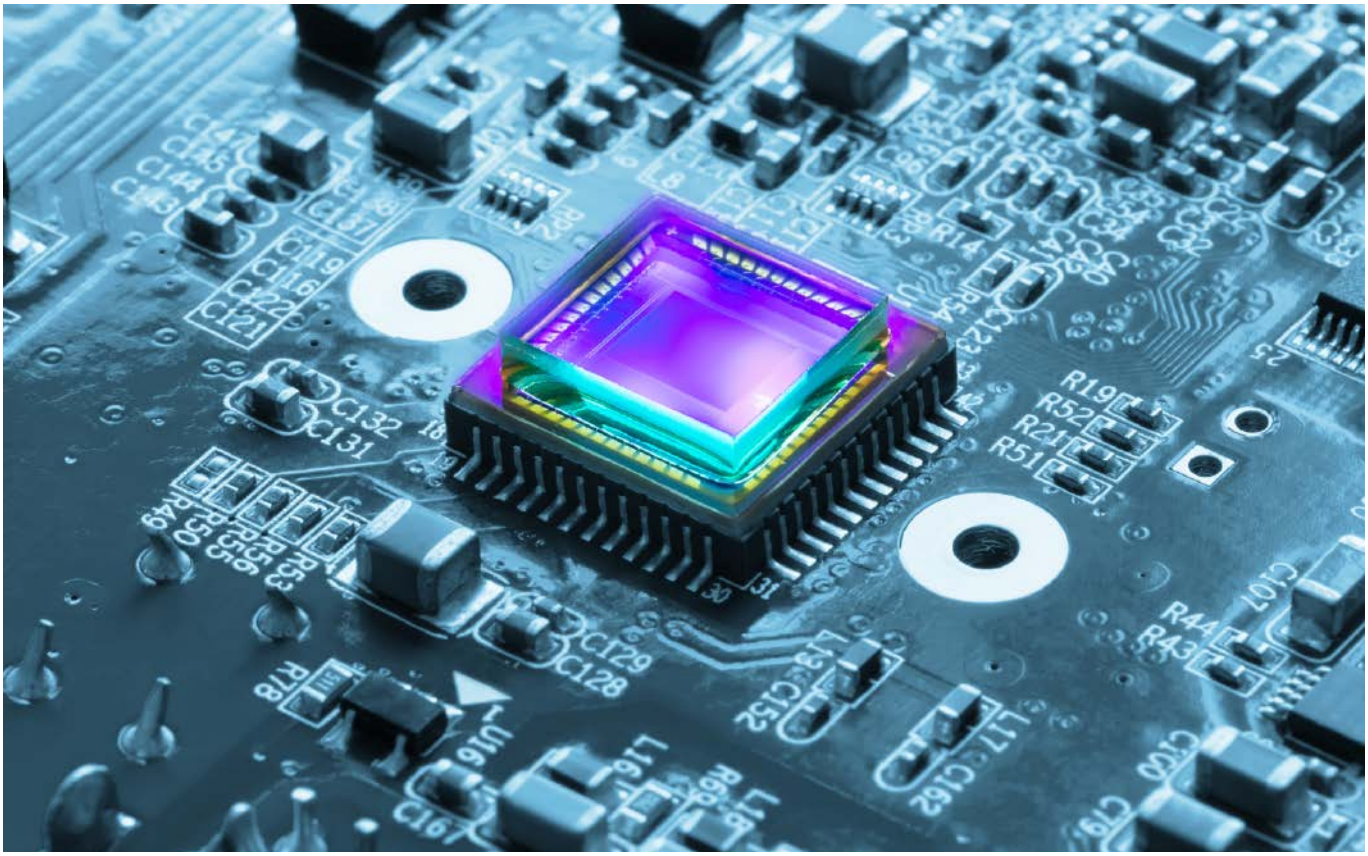
Płytka CryptoAuth Trust Platform zawiera mikrokontroler ATSAMD21E18A, który jest fabrycznie zaprogramowany z protokołem Secure Product Group (SPG) firmy Microchip. ATSAMD21E18 to energooszczędny, wydajny mikrokontroler firmy Microchip bazujacy na rdzeniu ARM Cortex-M0+, który idealnie nadaje się do szerokiej gamy zastosowań automatyki domowej, konsumenckich, pomiarowych i przemysłowych. Protokół SPG odpowiada za komunikację pomiędzy urządzeniami CryptoAuthentication a MCU hosta przez interfejs USB HID. Transfer danych między bezpiecznymi komponentami jest wskazywany świeceniem diody LED.

Zestaw zawiera złącze mikroBUS w celu łatwego podłączenia dodatkowych modułów rozszerzajacych MikroElectronika, takich jak płytka rozwojowa EV92R58A, która jest dodatkową płytką z ECC204, nowym członkiem rodziny produktów CryptoAuthentication. Urządzenie jest przeznaczone do zastosowań jednorazowego użytku oraz kontroli i ma być używane jako urządzenie towarzyszące z mikrokontrolerami firmy Microchip lub innych producentów.

Aby mieć szansę na wygranie zestawu ewaluacyjnego CryptoAuth Trust Platform Development Kit lub aby otrzymać kupon rabatowy 15% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie: https://bit.ly/3LnUTXd.

Szczegółowe informacje na temat płytki rozwojowej CryptoAuth Trust Platform można znaleźć na: https://bit.ly/428vnfh.

eprasa.pl a0c98eea7b



Czujniki optyczne (3)

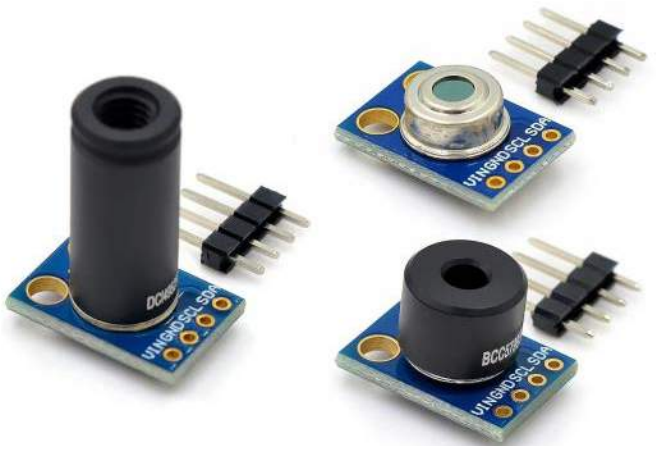
Pirometry scalone, czujniki piroelektryczne oraz mikrobolometry

W poprzedniej części naszego cyklu przyjrzeliśmy się budowie i najpopularniejszym aplikacjom prostych detektorów średniej i dalekiej podczerwieni, bazujących na termostosie. Tym razem zaprezentujemy kilka wybranych rodzin scalonych sensorów pirometrycznych, po czym omówimy dwie grupy rozwiązań o diametralnie innej konstrukcji oraz zasadzie działania: sensory piroelektryczne (PIR) oraz matryce kamer termowizyjnych, oparte na mikrobolometrach MEMS.

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

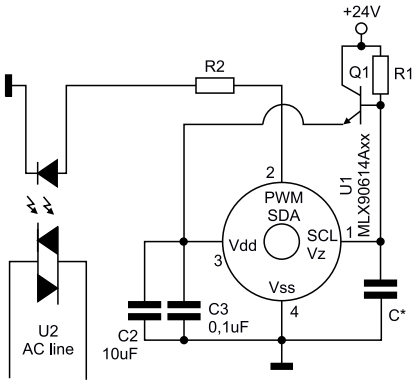
Pirometry scalone (czujniki termostosowe)

Aby możliwie najpełniej zaprezentować zagadnienie podczerwonych czujników temperatury, warto pochylić się na chwilę nad dostępnymi obecnie w sprzedaży, scalonymi sensorami pirometrycznymi. Jeden z przykładów (MLX90632) pojawił się już w poprzedniej części cyklu *Czujniki optyczne*, nie sposób jednak nie wspomnieć o układzie, który de facto utorował drogę innym cyfrowym pirometrom. Mowa rzecz jasna o nieśmiertelnym sensorze MLX90614 (**fotografia 1**), a raczej o całej rodzinie podzespołów, obejmującej modele różniące się napięciem zasilania (3 V lub 5 V), dokładnością (standardowa lub medyczna), zakresem temperatur pracy, konstrukcją detektora (jedno- lub dwustrefowy bądź wersja z kompensacją gradientu), a także kątem widzenia (5, 10, 12, 13, 35, 70 lub 90 o). Produkt doczekał się tysięcy implementacji w urządzeniach komercyjnych i chyba jeszcze większej ilości zastosowań amatorskich – szerokie możliwości konfiguracji, możliwość pracy zarówno z interfejsem I²C, jak i wyjściem PWM,

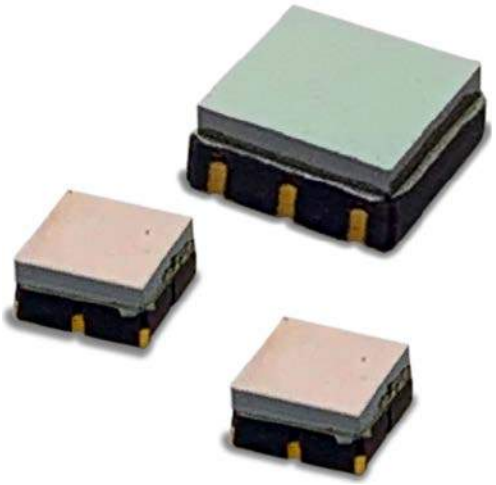


Fotografia 1. Budżetowe moduły z czujnikami rodziny MLX90614 (https://t.ly/9NGO)

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 1. Czujnik MLX90614 pracujący w trybie termostatycznym (https://t.ly/KjGh)



Fotografia 2. Miniaturowe czujniki termostosowe TPiS 1S 1051 (mniejsze) oraz TPiS 1S 1252(większy) marki Excelitas Technologies (https://t.ly/sPhh)

a także tryb termostatu (pozwalający na bezpośrednie sterowanie układem wykonawczym – patrz **rysunek 1**) sprawiają, że czujniki z serii MLX90614 mają się na rynku doskonale i nic nie wskazuje, by miało się to w najbliższych latach zmienić.

Kolejnym ciekawym przykładem czujnika termostosowego jest układ TPiS 1S 1051 marki Excelitas Technologies. W maleńkiej obudowie o wymiarach zaledwie 3×3 mm (**fotografia 2**) znalazł się 17-bitowy przetwornik ADC obsługujący właściwy zestaw termopar oraz 14-bitowy ADC, odpowiedzialny za pomiar temperatury otoczenia. Dzięki wykonaniu w technologii MEMS stała czasowa pomiaru temperatury wynosi zaledwie 15 ms, choć bardzo szybkie zmiany temperatury zostaną stłumione przez filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości progowej 8 Hz. Układ może być zasilany napięciem w zakresie od 2,4 V do 3,6 V, przy czym pobiera prąd nieprzekraczający 15 µA.

Spore osiągnięcia na polu czujników pirometrycznych ma firma Omron, która wdrożyła do produkcji serię sensorów D6T. Najprostsze z nich (**fotografia 3**) mają pojedynczy obszar detekcji, podczas gdy dostępne są także wersje „linijkowe" (zestaw detektorów w ułożeniu 1×8 pikseli) oraz macierzowe (4×4 oraz 32×32 px). Ostatnie ze wspomnianych czujników (D6T-32L-01 A, **fotografia 4**) to już w istocie niewielkie kamery termowizyjne, dostosowane do zaawansowanych aplikacji, takich jak detekcja obecności osób w pomieszczeniach, czy też przemysłowe pirometry z funkcją obrazowania. Moduły, oprócz samego czujnika, są wyposażone w wydajny procesor STM32L431, zapewniający niezbędne funkcje DSP oraz komunikację z hostem (np. zewnętrznym mikrokontrolerem) przy zachowaniu niewielkiego poboru mocy (zaledwie 19 mA).

Fotografia 3. Czujnik temperatury z serii D6T marki Omron (https://t.ly/ek0q)

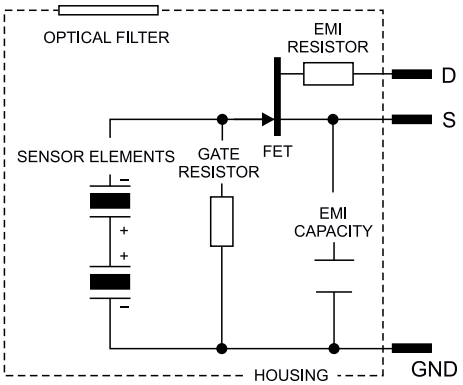
Fotografia 4. Moduł pirometru wielostrefowego D6T-32L-01A marki Omron (https://t.ly/vdiXS)

Czujniki piroelektryczne

Kolejną obszerną grupą elementów pracujących w pasmie podczerwieni są czujniki PIR (ang. Passive InfraRed). Ich działanie opiera się na efekcie piroelektrycznym, który można wyobrazić sobie jako termiczny analog efektu piezoelektrycznego – w tym przypadku bowiem sygnał elektryczny powstaje w wyniku zmian temperatury materiału (zwykle odpowiedniego kryształu). Nie jest zatem konieczne istnienie gradientu temperatury (co ma miejsce w przypadku zjawiska Seebecka, wykorzystywanego w termoparach), ważne jest jedynie, by temperatura zmieniała się w czasie. Z tego też względu czujniki piroelektryczne nie nadają się do pomiaru temperatury czy też np. detekcji statycznej obecności obiektów (np. ludzi) w monitorowanych przestrzeniach, doskonale sprawdzają się natomiast w czujnikach ruchu, stosowanych w systemach alarmowych (**fotografia 5**).

Na rynku dostępne są różne odmiany detektorów piroelektrycznych, różniące się szczegółami konstrukcyjnymi i – co za tym idzie – zakresem docelowych zastosowań. Czujniki dwuelementowe (**rysunek 2**) zawierają wprawdzie w swojej obudowie dwa kryształy piroelektryczne,

Fotografia 5. Nowoczesna czujka ruchu w wersji dookólnej (360°). Źródło: https://t.ly/eRc7

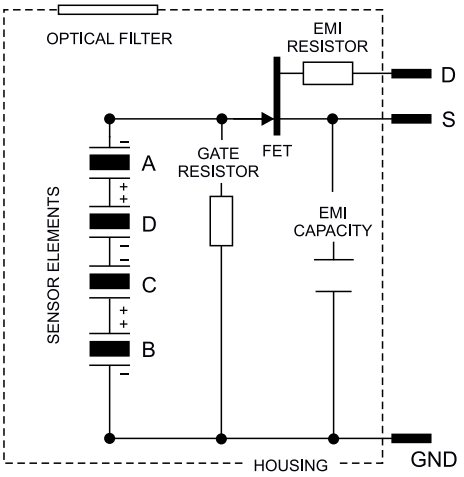


Rysunek 2. Schemat klasycznego, dwuelementowego czujnika PIR (https://t.ly/RS-4)

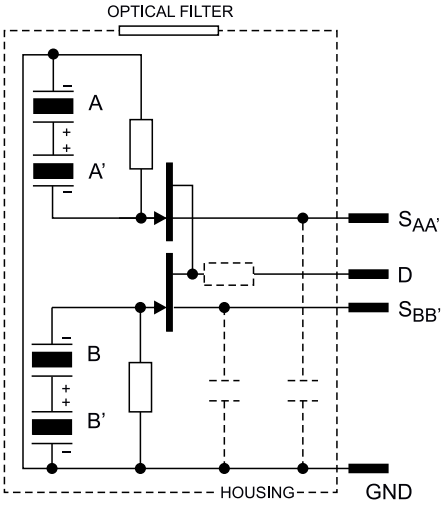
eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografia 6. Przykładowe czujniki piroelektryczne dwuelementowe z oferty marki ExcelitasTechnologies (https://t.ly/-NwK)

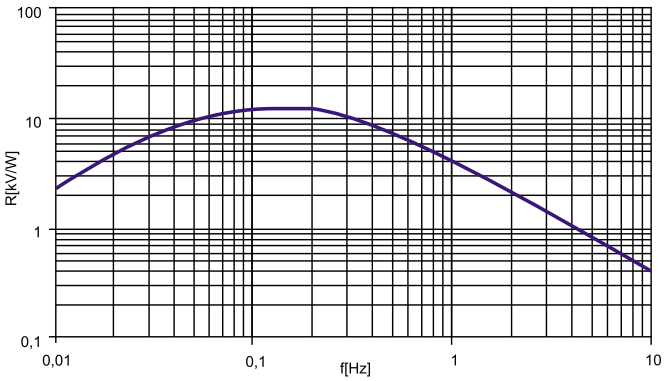
ale… włączone są one szeregowo (przeciwsobnie) i obsługiwane przez pojedynczy tranzystor FET. Takie rozwiązanie służy do kompensacji zmian temperatury otoczenia oraz sygnału współbieżnego – przy dobrym dopasowaniu parametrów obu elementów zmiany intensywności promieniowania, rejestrowanego przez poszczególne kanały,



Rysunek 3. Schemat wewnętrznych obwodów czujnika czteroelementowego z pojedynczym wyjściem (PYQ 1348 marki Excelitas Technologies – https://t.ly/VNwl)



Rysunek 4. Schemat wewnętrznych obwodów czujnika czteroelementowego z podwójnym wyjściem (PYQ 2498/PYQ 5448 marki Excelitas Technologies – https://t.ly/RS-4)



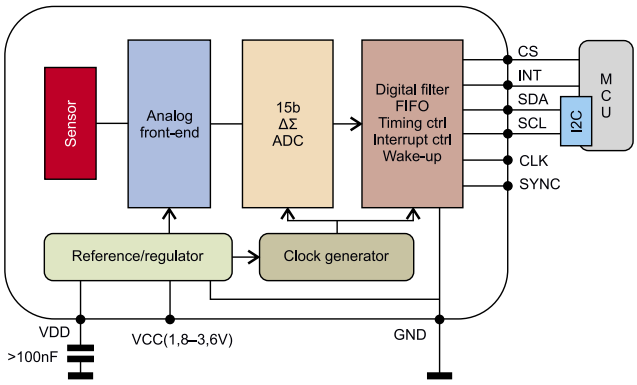
Rysunek 5. Charakterystyka częstotliwościowa dwuelementowego czujnika piroelektrycznego (https://t.ly/RS-4)

są skutecznie tłumione (na zasadzie prostego odejmowania ładunków), co sprawia, że wysokiej jakości czujnik ruchu nie będzie reagował np. na szybkie nagrzewanie kaloryfera, umieszczonego w monitorowanym pomieszczeniu. Pojawienie się obiektu o temperaturze odbiegającej od temperatury tła, np. wejście człowieka do strefy detekcji, powoduje powstanie niezrównoważonego sygnału na wyjściu detektora, który jest następnie wzmacniany przez wbudowany tranzystor i – dalej – przetwarzany przez tor analogowy urządzenia.

Warto wspomnieć, że czujniki dwuelementowe o opisanej wyżej konstrukcji są produkowane w obudowach z jednym tylko oknem optycznym (**fotografia 6**), a – co więcej – taką samą formę mogą też przyjmować czujniki czteroelementowe (**rysunek 3**). Większą elastyczność układową dają konstruktorom czujniki dwuwyjściowe, w których dwie przeciwsobne pary elementów piroelektrycznych współpracują z osobnymi tranzystorami wyjściowymi (**rysunek 4**).

Niezależnie od konstrukcji wewnętrznej, w większości przypadków omawiane sensory PIR są relatywnie powolne pod względem dynamiki odpowiedzi – na tłumienie szybkich zmian sygnału wpływa bowiem zarówno pojemność samego elementu piroelektrycznego (mającego wszak postać kondensatora płaskiego), jak i wejściowa pojemność wbudowanego tranzystora FET oraz jego wysoka rezystancja bramki. Z tego też względu popularne, dwuelementowe czujniki PIR odpowiadają na zmiany promieniowania ze stałą czasową rzędu nawet jednej sekundy. Dodatkowo, efekt zanikania sygnału (spowodowany upływnością oraz rozładowaniem przez rezystancję bramki FET i wewnętrznego rezystora wysokoomowego) sprawia, że charakterystyka częstotliwościowa sensorów piroelektrycznych jest także ograniczona od dołu – wszystkie efekty, nałożone na siebie, dają w rezultacie krzywą odpowiadającą filtrowi pasmowoprzepustowemu (**rysunek 5**).

Opisane wcześniej detektory piroelektryczne stosowane są przede wszystkim w czujnikach ruchu, pracujących w systemach alarmowych, oświetlaczach kamer monitoringu, automatach zmierzchowych



Rysunek 6. Schemat blokowy sensora serii ezPyroTM marki Broadcom (https://t.ly/te6qE)

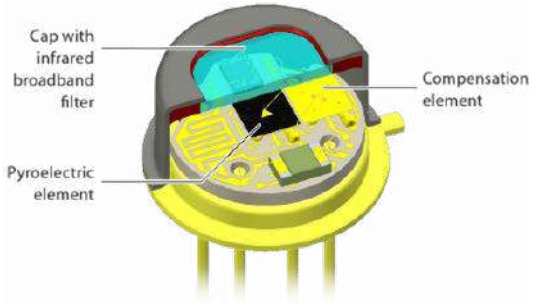
eprasa.pl a0c98eea7b

Fotografia 7. Miniaturowy, piroelektryczny czujnik scalony do montażu SMD – seria ezPyroTMmarki Broadcom (https://t.ly/UIsI)

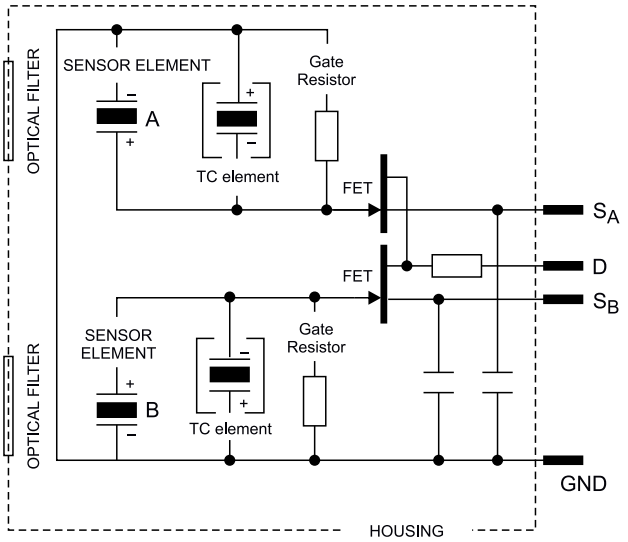
Fotografia 8. Modułowe czujniki PIR z serii EKMB i EKMC marki Panasonic (https://t.ly/tVvp)

czy też bezdotykowych włącznikach oświetlenia. Z uwagi na konieczność stosowania zewnętrznych torów analogowych proste sensory wyposażone jedynie w wewnętrzny tranzystor i kilka elementów RC nie będą najlepszym wyborem w niektórych aplikacjach, wymagających np. bardzo krótkiego czasu wdrożenia (time-to-market), szczególnie niskiego poboru mocy czy też silnej miniaturyzacji. Dlatego też na rynku znaleźć można rozmaite czujniki cyfrowe (zintegrowane) oraz gotowe, bardzo proste w użyciu moduły PIR. Do kategorii tych pierwszych można zaliczyć zarówno czujniki zbliżone (pod względem obudowy) do klasycznych detektorów analogowych, jak i subminiaturowe wykonania SMD (przykład na **rysunku 6** i **fotografii 7**). Wśród modułów wybór jest jeszcze większy – dobrym przykładem będą czujniki PaPIR marki Panasonic (**fotografia 8**), dostępne w wersjach z wyjściem cyfrowym bądź analogowym, w obudowach okrągłych, kwadratowych oraz szerokokątnych i – jakby tego było mało – w trzech kolorach (czerń, biel perłowa oraz barwa naturalna).

Dużym błędem byłoby jednak utożsamianie czujników piroelektrycznych jedynie z zastosowaniami w zakresie detekcji ruchu (wszak głównie z tym najczęściej kojarzone są sensory PIR). Z uwagi



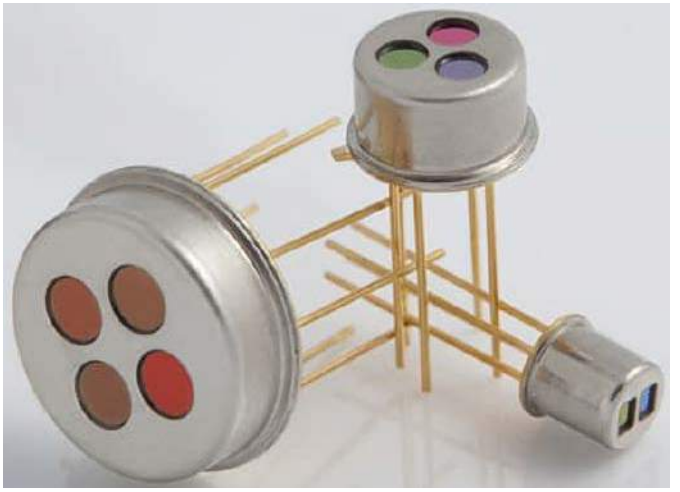
Rysunek 7. Budowa czujnika piroelektrycznego z elementem kompensującym, przeznaczonego do aplikacji pomiarowych (https://t.ly/Bzjw)



Rysunek 8. Schemat obwodów wewnętrznych dwukanałowego czujnika piroelektrycznego przeznaczonego do analizy gazowej – typ PYS 3428TC (https://t.ly/RS-4)

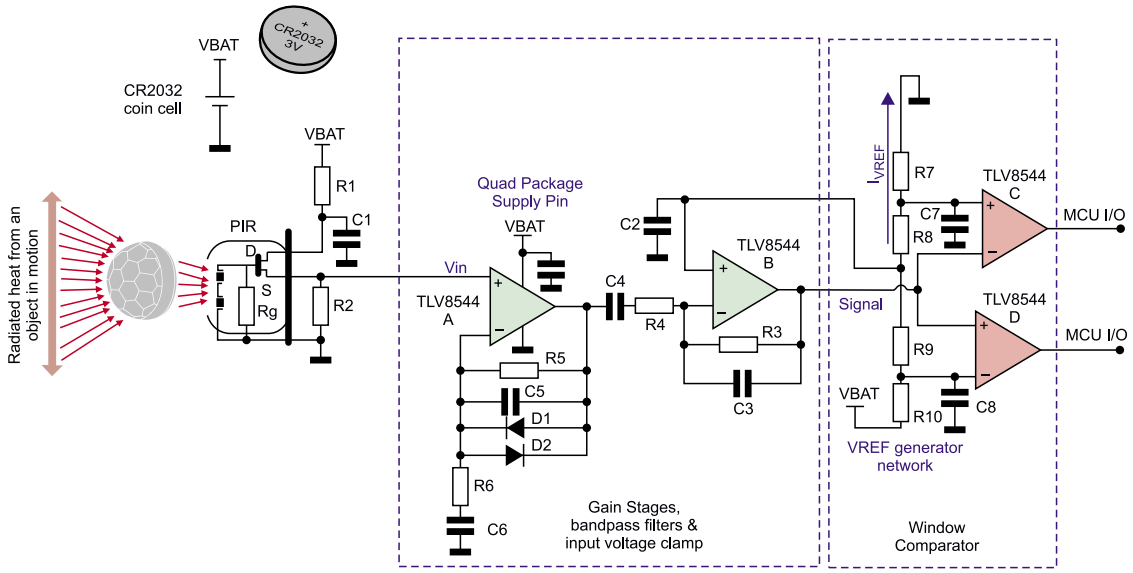
na wysoką czułość i możliwość stosowania przy modulacji na poziomie 4 kiloherców (jedynie w przypadku niektórych, specjalistycznych wykonań, np. z oferty firmy InfraTec), detektory piroelektryczne doskonale sprawdzają się także w pomiarach stężenia gazów, choć w tym przypadku wymagane są rzecz jasna nieco inne rozwiązania konstrukcyjne. Przede wszystkim jeden z elementów jest przeznaczony do kompensacji temperatury, ale jednocześnie pozostaje zabezpieczony przed wpływem promieniowania, odbieranego przez okno optyczne w obudowie (**rysunek 7**) – na powierzchni piroelementu jest napylona niewielka warstwa metaliczna, odbijająca promieniowanie i umożliwiająca pracę jedynie z sygnałem termicznym odbieranym na drodze przewodzenia. Takie rozwiązanie zapewnia możliwość prowadzenia dokładnych pomiarów tylko za pomocą głównego elementu czułego na promieniowanie podczerwone. W handlu dostępne są zarówno czujniki dwukanałowe (**rysunek 8**,

Fotografia 9. Dwukanałowy czujnik piroelektryczny typu PYS 3428TC (https://t.ly/RS-4)



Fotografia 10. Wielokanałowe czujniki piroelektryczne do aplikacji pomiaru stężenia gazów(https://t.ly/c68F6)

eprasa.pl a0c98eea7b



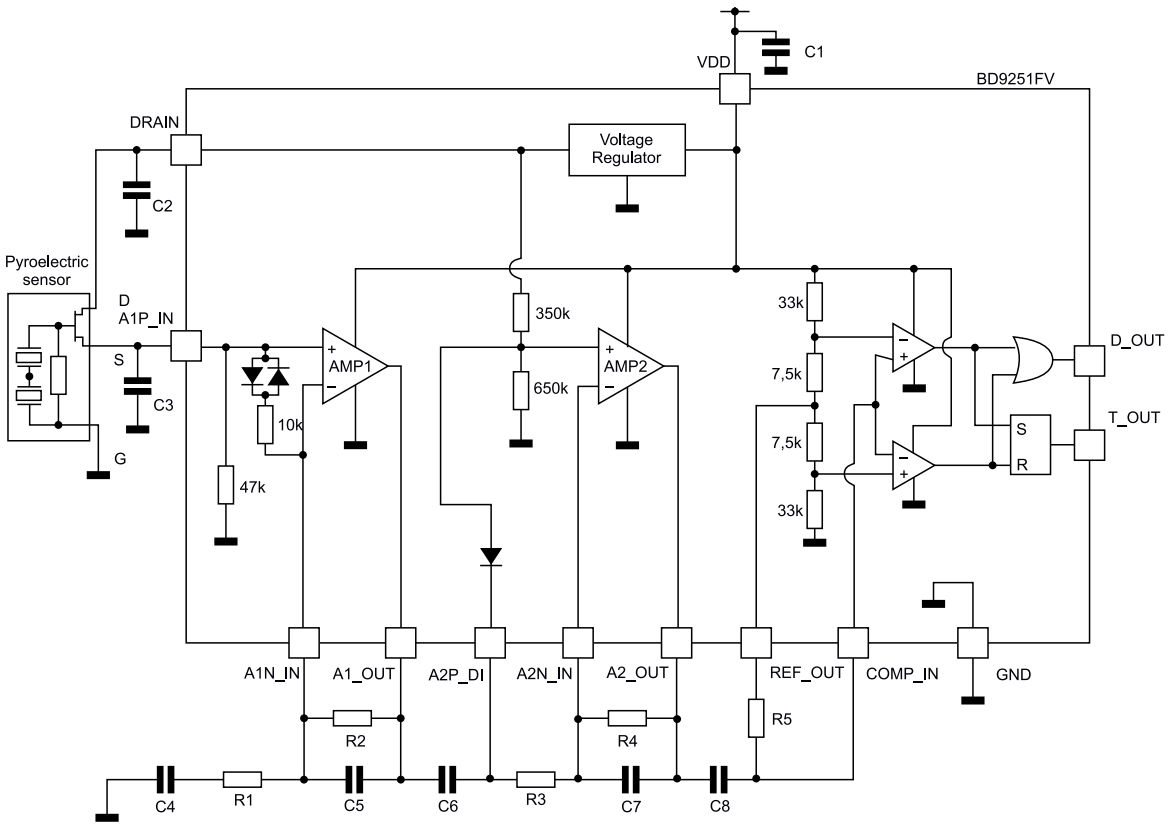
Rysunek 9. Przykładowy układ współpracujący z czujnikiem PIR (https://t.ly/Xzjt)

fotografia 9), jak i wielokanałowe, wyposażone w filtry optyczne o charakterystykach widmowych dobranych odpowiednio do konkretnego rodzaju gazów (**fotografia 10**).

Czujniki piroelektryczne – rozwiązania układowe

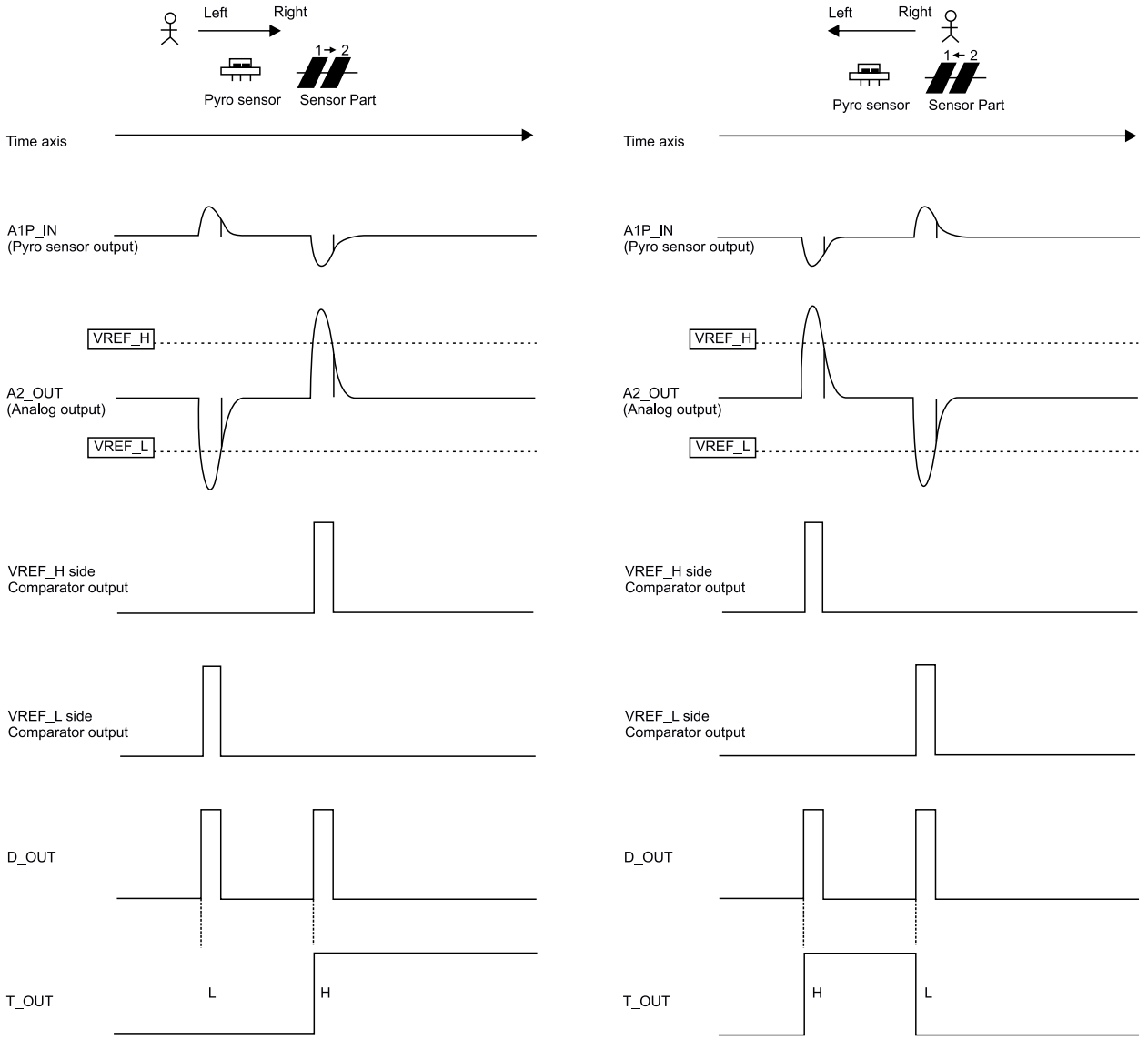
Przy zastosowaniu prostszych czujników piroelektrycznych (tj. bez wewnętrznej elektroniki przetwarzającej sygnał z piroelementów), projektanci mają do wyboru zasadniczo dwie ścieżki. Podejście klasyczne opiera się na zastosowaniu wielostopniowego wzmacniacza i układów filtrujących, sprzężonych bezpośrednio z przetwornikiem ADC bądź też – poprzez komparatory – ze zwykłymi liniami I/O mikrokontrolera (w najprostszych urządzeniach, np. budżetowych wyłącznikach zmierzchowych z funkcją detekcji ruchu, można rzecz jasna wykorzystać mniej zaawansowane obwody analogowo-cyfrowe do sterowania przekaźnikiem wyjściowym). Przykład takiego rozwiązania pokazano na **rysunku 9** – źródło wbudowanego w sensor tranzystora FET jest podłączone przez rezystor do masy układu, a tak utworzone wyjście napięciowe współpracuje z ogranicznikiem napięcia (chroniącym przed przesterowaniem układu), pełniącym też funkcję prostego, dolnoprzepustowego filtra aktywnego (wzmacniacz operacyjny A). Wyjście tego bloku jest połączone poprzez sprzężenie zmiennoprądowe ze wzmacniaczem (część B), który podaje wstępnie przygotowany sygnał na wejście komparatora okienkowego (C i D). Zastosowanie niskomocowego, poczwórnego wzmacniacza operacyjnego znacząco obniża zarówno pobór mocy układu, jaki obszar zajęty przezeń na PCB urządzenia.

Warto dodać, że powstają także specjalne układy scalone, przeznaczone do pracy z czujnikami PIR i pełniące funkcję kompletnych front-endów analogowych. Układ BD9251FV marki Rohm Semiconductor ma wszystkie bloki, niezbędne do budowy detektora ruchu na bazie



Rysunek 10. Schemat układu BD9251FV (https://t.ly/dkwJ)

eprasa.pl a0c98eea7b



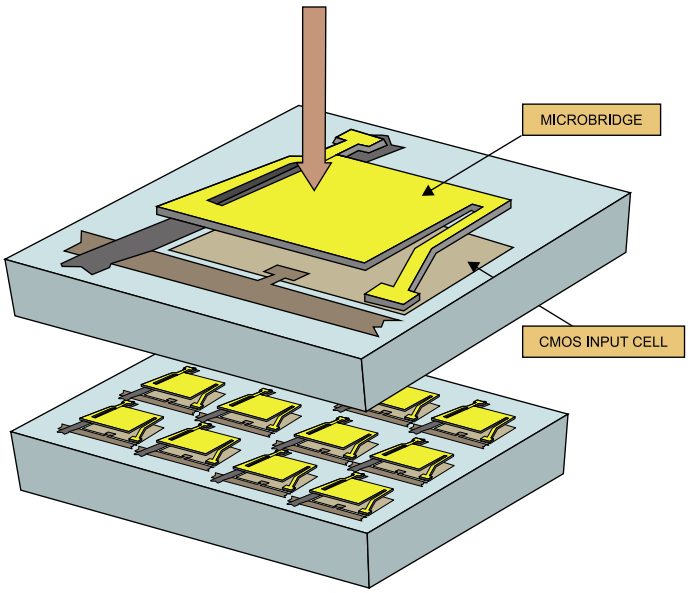
Rysunek 11. Przebiegi napięć w poszczególnych punktach układu BD9251FV dla dwóch przeciwnych kierunków ruchu obiektu w obszarze detekcji czujnika PIR (https://t.ly/dkwJ)

sensora piroelektrycznego – oprócz dwustopniowego wzmacniacza oraz komparatora okienkowego z obwodami biasu, twórcy układu przewidzieli także wewnętrzny stabilizator napięcia oraz prostą logikę wyjściową (bramkę OR oraz przerzutnik RS), umożliwiające bezpośrednie sprzężenie z wejściami procesora (**rysunki 10** i **11**). Co ciekawe, układ ma zaskakująco podobną konstrukcję do pokazanej wcześniej propozycji marki Texas Instruments (z wyjątkiem części cyfrowej).

Mikrobolometry i modułowe kamery termowizyjne

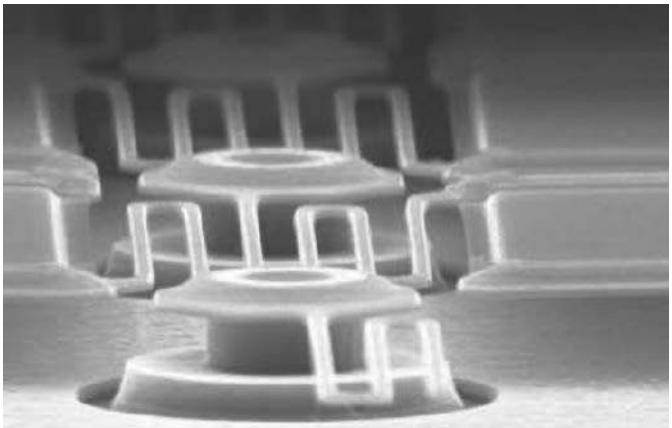
Na koniec pozostawiliśmy zdecydowanie najbardziej zaawansowane i kosztowne spośród rozwiązań czujnikowych, przeznaczonych do pracy w paśmie podczerwieni. Mowa oczywiście o kamerach termowizyjnych, będących swego rodzaju ukoronowaniem współczesnej optoelektroniki użytkowej.

Rozwój technologii kamer termowizyjnych zawdzięczamy – jak zresztą nietrudno się domyślić – branży wojskowej, która swego czasu intensywnie inwestowała w rozwój rozmaitych technik akwizycji obrazów termicznych. Na przestrzeni lat poszczególne rodzaje matryc zaczęły jednak tracić na znaczeniu – los ten spotkał detektory oparte na związkach tytanianu baru i strontu (BST) oraz (częściowo) także krzemu amorficznego (α-Si), przez co na prowadzenie wysunęły się technologie bazujące na tlenkach wanadu (VOx) czy też antymonku indu (InSb). Materiały te są wykorzystywane do wytwarzania

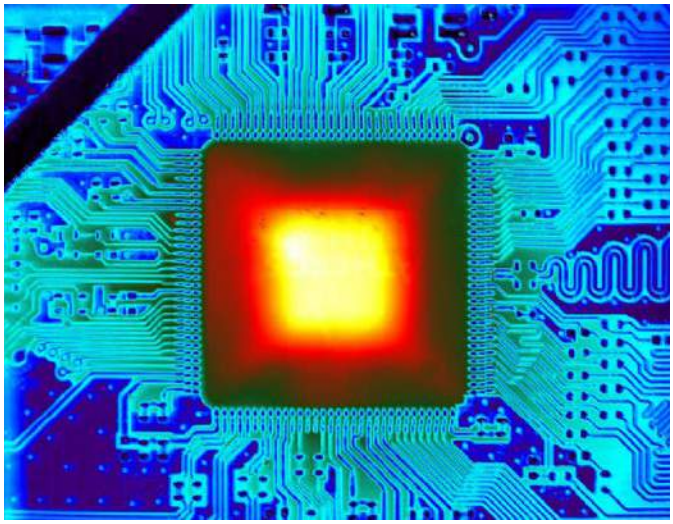


Rysunek 12. Szkic struktury mikrobolometru półprzewodnikowego, wykorzystywanego w matrycach kamer termowizyjnych. Na górze – powiększony widok pojedynczej komórki, na dole – zestawienie kilkunastu pikseli w ramach fragmentu większej matrycy (https://t.ly/Bn-v)

eprasa.pl a0c98eea7b



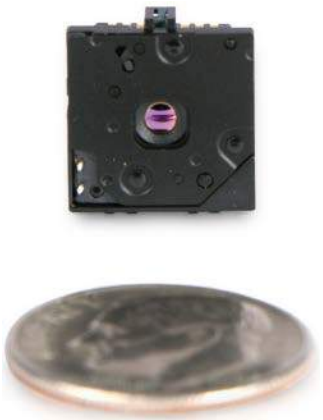
Fotografia 11. Widok struktury mikrobolometru wykonanego w technologii MEMS (obraz z mikroskopu SEM). Źródło: https://t.ly/fjHP



Fotografia 13. Układ scalony w obudowie LQFP – fotografia wykonana kamerą termowizyjną FLIR X8580™ (https://t.ly/LODq)

tzw. mikrobolometrów – struktur planarnych w technologii MEMS, pełniących funkcję czułych na promieniowanie podczerwone termorezystorów (**rysunek 12**, **fotografia 11**). Cienkie płytki VOx czy też InSb, naniesione na cienką membranę, są niejako zawieszone w przestrzeni, tuż nad powierzchnią monolitycznych układów odczytujących (wykonanych już w technologii CMOS) i wsparte jedynie na cienkich wąsach, zapewniających maksymalną możliwą izolację cieplną od podłoża. Co ważne, nowoczesne matryce, w przeciwieństwie do kamer termowizyjnych starego typu, nie wymagają chłodzenia, mogą być zatem wykonywane w wersjach subminiaturowych modułów o wielkości konwencjonalnej kamery współczesnego smartfona. Technologia matryc MEMS zdecydowanie nie należy jednak do najprostszych, a miniaturyzacja generuje nowe problemy – dość powiedzieć, że w niewielkiej komorze, w której umieszczona jest macierz mikrobolometrów, panują warunki… wysokiej próżni, mającej na celu zapewnienie możliwie najlepszej izolacji pomiędzy detektorami a ich otoczeniem.

Doskonałe dopracowanie technologii wytwarzania mikroukładów MEMS pozwoliło na redukcję rozmiaru matryc, a zarazem – zwiększenie gęstości upakowania pikseli (czyli rozdzielczości przestrzennej). Podczas gdy konwencjonalne kamery termowizyjne nie przekraczają zwykle rozdzielczości rzędu 320×240 px czy 640×480 px, to najnowocześniejsze modele mają już przetworniki obrazowe o rozdzielczości przeszło czterokrotnie większej (1280×1024 px, czyli 1,2 MPx). Tego typu produkty weszły do oferty jednego z najsilniejszych graczy na rynku termowizyjnym, czyli marki Flir – modele takie jak kamera FLIR X8580™ (pracująca w zakresie od 1,5 do 5,0 µm – **fotografia 12**) należą obecnie do ścisłej czołówki urządzeń przeznaczonych do aplikacji naukowych i przemysłowych, umożliwiających obrazowanie termiczne w niespotykanej jakości (**fotografia 13**), ale i przy bardzo wysokiej szybkości akwizycji (do 181 fps!).



Fotografia 14. Moduł kamery termowizyjnej Flir Lepton® (https://t.ly/X6Ju)

Prawdziwą rewolucję pod względem zakresu potencjalnych zastosowań termowizji poczyniła natomiast modułowa kamera Flir Lepton (**fotografia 14**) i trudno chyba dziś znaleźć elektronika, który choć raz nie słyszał o tym doskonałym module. Kamera ma wymiary 10,50×12,7×7,14 mm i oferuje rozdzielczość 160×120 px przy czułości na poziomie 50 mK. Akwizycja odbywa się w paśmie od 8 do 14 µm, z prędkością dochodzącą do niemal 9 fps. Tak małe (a zarazem relatywnie niedrogie) kamery już teraz znalazły szereg praktycznych zastosowań – dość powiedzieć o niewielkich kamerach przenośnych, wykorzystujących smartfon z zainstalowaną specjalną aplikacją jako

Fotografia 12. Jedna z najbardziej wydajnych kamer termowizyjnych na obecnym rynku (2023) – FLIR X8580, oferująca rozdzielczość 1280×1024 px (https://t.ly/LODq)

Fotografia 15. Przykład działania systemu Night Vision w nowoczesnym samochodzie marki BMW. Warto zwrócić uwagę na funkcję automatycznego rozpoznawania obrazu, która umożliwiła wyróżnienie sylwetki pieszego kolorem żółtym na tle szarego tła (https://t.ly/3GZ2)

eprasa.pl a0c98eea7b

interfejs użytkownika i używanych m.in. przez serwisantów instalacji HVAC, elektryków, inspektorów budowlanych, a nawet majsterkowiczów. Innym zastosowaniem mogą być też nowoczesne systemy ostrzegania o potencjalnych zagrożeniach na drodze, których kierowca nie jest w stanie dojrzeć gołym okiem – niewielkie kamery termowizyjne są już instalowane w samochodach i współpracują z systemami automatycznego przetwarzania obrazu, umożliwiającymi wczesne ostrzeganie np. o pieszych, poruszających się po zmierzchu w niebezpiecznej bliskości jezdni (**fotografia 15**).

Warto dodać, że zmniejszenie rozmiaru pikseli zapewnia nie tylko możliwość ich bardzo gęstego upakowania, ale także znacząco redukuje stałą czasową detektora. Przykładowo – macierze mikrobolometryczne RTD6122M marki InfiRay (**fotografia 16**) mają stałą czasową na poziomie zaledwie 10 ms, są zatem w stanie rejestrować zmiany temperatury z dynamiką dalece wykraczającą ponad typowe potrzeby spotykane w większości zastosowań.

Fotografia 16. Szybkie macierze termowizyjne o rozdzielczości 640×512 px i stałej czasowej 10 ms – RTD6122M marki InfiRay (https://t.ly/yJIZ)

Podsumowanie

W tej części naszego krótkiego cyklu, poświęconej czujnikom podczerwieni, omówiliśmy szereg praktycznych zagadnień związanych z budową, zasadą działania oraz aplikacjami nowoczesnych sensorów IR. Nietrudno dość do wniosku, że promieniowanie podczerwone stanowi najważniejsze – z technicznego punktu widzenia – pasmo „optycznego" widma elektromagnetycznego i za sprawą jego „termicznych konotacji" znajduje zastosowanie w bardzo wielu branżach. W zależności od potrzeb, stosowane są zarówno superczułe sensory termostosowe (zdolne do bezdotykowego pomiaru temperatur z krokiem rzędu setnych części stopnia Celsjusza), jak i wysokorozdzielcze matryce termowizyjne, których jakość obrazu nieuchronnie zbliża się do tej, jaką znamy z klasycznych kamer i aparatów cyfrowych.

Podczerwień pozwala także na dokonywanie precyzyjnych pomiarów stężenia rozmaitych gazów, niwelując tym samym szereg niedogodności, z jakimi zmagają się konstruktorzy urządzeń bazujących na sensorach elektrochemicznych. Technologia zmierza w kierunku miniaturyzacji czujników podczerwieni pasywnej (zarówno termostosowych, jak i piroelektrycznych), coraz częściej można zatem spotkać się z elementami przeznaczonymi nie tylko do wykrywania ruchu (jak w klasycznych systemach alarmowych), ale także – w wybranych realizacjach scalonych czujników podczerwieni – statycznej obecności osób w danym obszarze. Niektóre modele doskonale nadają się nawet do wykrywania gestów

Możemy się spodziewać, że wraz ze spadkiem cen wielostrefowych czujników podczerwieni, urządzenia codziennego użytku będą coraz intensywniej korzystały z detektorów pasywnych (tj. niewyposażonych we własne źródło światła, np. diody IR czy lasery VCSEL) – naszych Czytelników zachęcamy zatem do samodzielnego śledzenia interesujących zmian na bardzo dynamicznym rynku sensorów podczerwieni.

inż. Przemysław Musz, EP

REKLAMA

Świat projektantów i programistów dla elektroniki w nowej odsłonie. Odwiedź wiecznie młody

ELPORTAL.pl

Już ponad rok razem z Wami

eprasa.pl a0c98eea7b

Repozytorium Robotyki

– cyfrowe udostępnianie zasobów nauki z obszaru robotyki

Robotyka i dziedziny pokrewne rozwijają się obecnie dynamiczniej niż kiedykolwiek dotąd. Nieocenioną pomocą na drodze do kreowania przyszłości tego obszaru jest wiedza zdobyta wcześniej. Z myślą o wsparciu w tym zakresie zarówno świata przemysłu, jak i nauki Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP należący do Sieci Badawczej Łukasiewicz opracował Repozytorium Robotyki. Celem tego przedsięwzięcia jest zapewnienie dostępu do wiedzy o zdobyczach techniki – zarówno historycznych, jak i najnowszych – z zakresu szeroko rozumianej automatyki i robotyki. Pomoże to w rozwoju nauki i zwiększeniu innowacyjności polskiego przemysłu.

Repozytorium Robotyki to unikatowe kompendium, dostępne powszechnie i bezpłatnie. W zdigitalizowanej formie udostępnione są zgromadzone w Łukasiewicz – PIAP prace naukowe, badawcze i rozwojowe z zakresu robotyki oraz obszarów pokrewnych, takich jak automatyka, pomiary, sztuczna inteligencja, rozpoznawanie obrazów, przetwarzanie mobilne itp. Korzystający z repozytorium mają również dostęp do raportów z badań, czasopism, opisów projektów urządzeń oraz elementów robotycznych, a ponadto do bogatych zasobów biblioteki instytutu Łukasiewicz – PIAP.

– Doświadczenie w dziedzinie szeroko rozumianej robotyki gromadzimy od ponad 50 lat. Prowadzone w tym czasie prace, podobnie jak gromadzone biuletyny oraz czasopisma naukowe i branżowe, były skrupulatnie archiwizowane, ale przechowywane w dużej mierze w formie papierowej. To znacznie utrudnia ich znajdywanie oraz ogranicza możliwości korzystania z nich. Dzięki repozytorium te zasoby zyskają drugie życie, tym razem w obiegu cyfrowym i otwartym dla wszystkich zainteresowanych – mówi dr inż. Małgorzata Kaliczyńska, kierownik projektu.

Wsparcie innowacyjności

Łukasiewicz – PIAP może pochwalić się kilkudziesięcioletnim doświadczeniem w prowadzeniu prac badawczo-rozwojowych, a także w tworzeniu rozwiązań z zakresu szeroko pojętej robotyki i wdrażaniu ich w różnych gałęziach przemysłu. Wśród obszarów działań instytutu jest automatyzacja i robotyzacja linii produkcyjnych i fabryk, produkcja robotów mobilnych, antyterrorystycznych i rehabilitacyjnych, tworzenie rozwiązań z zakresu druku 3D oraz technologii kosmicznych. Dzięki tak szerokiemu spektrum działania instytutu Repozytorium Robotyki ma unikalną wartość historyczną, a jednocześnie może pośrednio przysłużyć się dalszemu rozwojowi robotyki w Polsce.

– Polska ma wciąż wiele do nadrobienia w obszarze robotyzacji. Mamy ambicję wpłynąć na zmianę tego stanu. Udostępnianie wiedzy o najnowszych zdobyczach techniki z zakresu automatyki i robotyki i ich świadome zastosowanie na liniach produkcyjnych powinno przyczynić się do zwiększenia innowacyjności polskiego przemysłu. Udostępnimy zarówno wiedzę z początków rozwoju robotyki, jak i tę najnowszą, a internauci, korzystając z zasobów repozytorium, będą mogli analizować rozwój techniki – podkreśla dr inż. Małgorzata Kaliczyńska.

Nie tylko historia

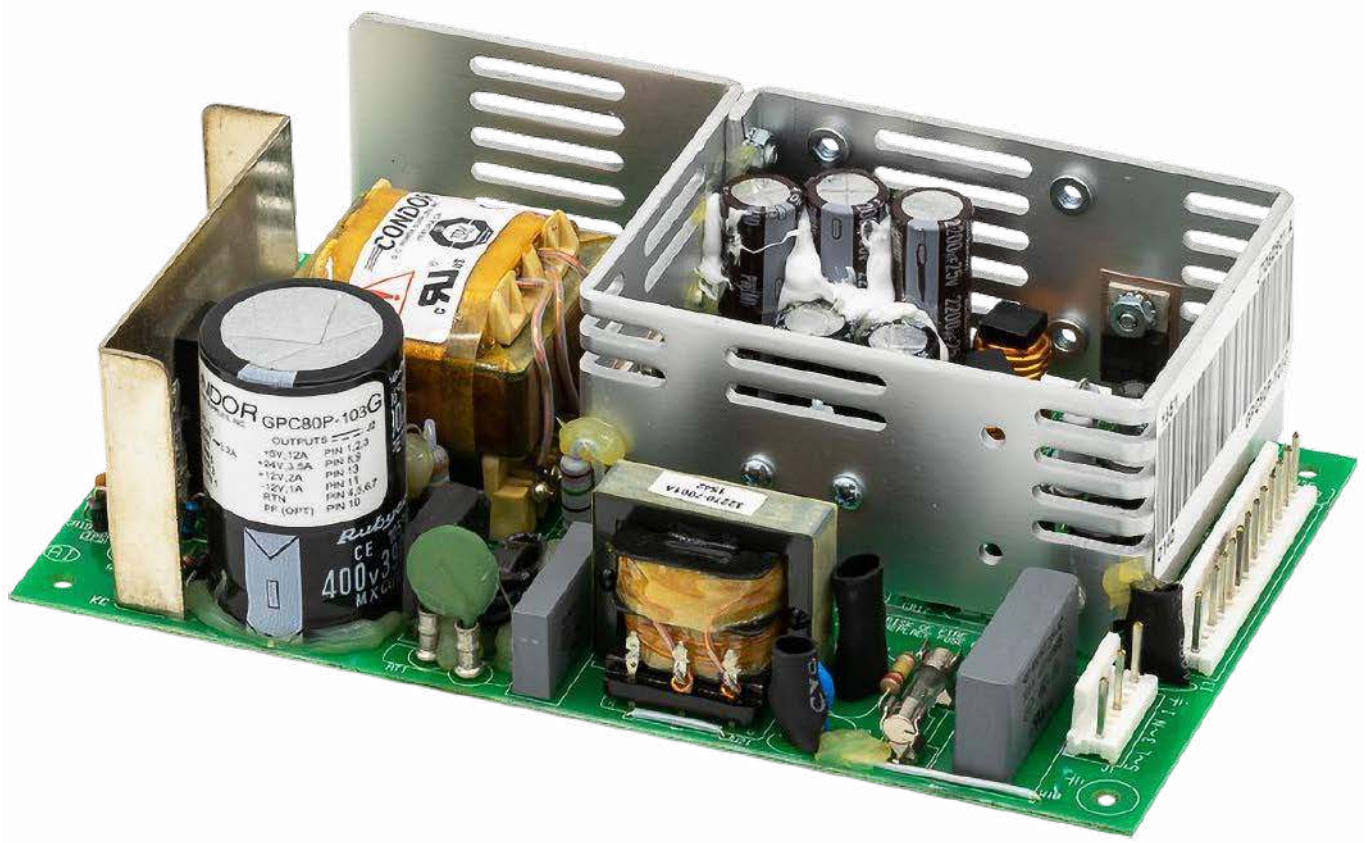
Ideą przyświecającą pracom nad repozytorium jest połączenie przeszłości z teraźniejszością, dlatego stanowi ono źródło wiedzy nie tylko o osiągnięciach archiwalnych, ale również bieżących – będzie stale aktualizowane i wzbogacane o kolejne zasoby. Obserwując tempo, w jakim ewoluuje technologia IT i możliwości, jakie daje Internet, nie można dokładnie przewidzieć, co przyniosą kolejne dwa czy trzy lata, ale pewne jest, że możemy spodziewać się dalszego dynamicznego rozwoju na polu robotyki i dziedzin pokrewnych. Z tego względu planujemy modyfikowanie i rozbudowywanie portalu udostępniającego zasoby wiedzy zgodnie ze zmieniającą się rzeczywistością – podkreśla dr inż. Małgorzata Kaliczyńska.

Zapraszamy na stronę roborepo.pl.

Fundusze Europejskie Polska Cyfrowa
Rzeczpospolita Polska
Unia Europejska Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego

Projekt, współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, jest realizowany w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa (działanie 2.3 – Cyfrowa dostępność i użyteczność informacji sektora publicznego, poddziałanie 2.3.1 – Cyfrowe udostępnienie informacji sektora publicznego ze źródeł administracyjnych i zasobów nauki).

eprasa.pl a0c98eea7b



Urządzenia zasilające (1)

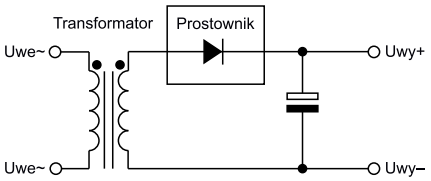
Podstawowe konfiguracje zasilaczy

W cyklu artykułów opiszemy działanie zasilaczy od strony teoretycznej i praktycznej oraz zamieścimy szereg wskazówek ułatwiających projektowanie tych układów. Ponadto wyjaśnimy wiele aspektów związanych z zasilaniem urządzeń, takich jak rozdzielanie mas czy izolacja galwaniczna. W pierwszej części przeanalizujemy podstawowe rozwiązania układowe stosowane w zasilaczach sieciowych.

Podstawowym zadaniem zasilacza sieciowego jest zamiana napięcia przemiennego sieci (w Polsce jest to 230 V AC) na określone napięcie stałe. Zwykle napięcie wyjściowe ma dużo niższą wartość, a dodatkowo wymagane jest galwaniczne odseparowanie od napięcia wejściowego. Z tego wynika konieczność stosowania transformatorów zarówno w zasilaczach klasycznych, jak i impulsowych.

Zasilacz klasyczny bez stabilizacji

Jest to najprostszy układ zasilacza. Składa się tylko z transformatora sieciowego i prostownika (**rysunek 1**). I pomimo coraz większej popularności zasilaczy impulsowych jest nadal stosowany.



Rysunek 1. Schemat blokowy najprostszego zasilacza bez stabilizacji

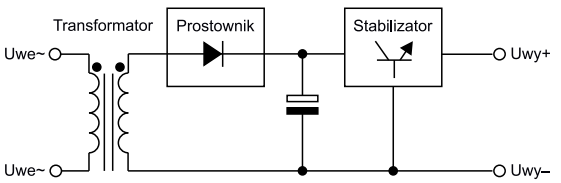
Ponieważ układ ten wnosi małe zakłócenia, często jest stosowany w urządzeniach audio (najczęściej do zasilania stopni wyjściowych, które nie wymagają napięcia stabilizowanego). Innym zastosowaniem tego układu są układy małej mocy, gdzie też nie ma wymagań w stosunku do napięcia wyjściowego takie jak np. zasilanie układów sterujących przetwornic dużej mocy czy układy podtrzymujące napięcie.

Zasilacz klasyczny ze stabilizacją

Przed rozpowszechnieniem się zasilaczy impulsowych był to najczęściej stosowany układ zasilacza (**rysunek 2**). Obecnie szeroko stosuje się go w układach małej mocy, ponieważ ma niską sprawność. Zaletami tego układu są małe zakłócenia i bardzo dobra stabilność napięcia wyjściowego. Z uwagi na powyższe zalety jest też stosowany w zasilaczach laboratoryjnych.

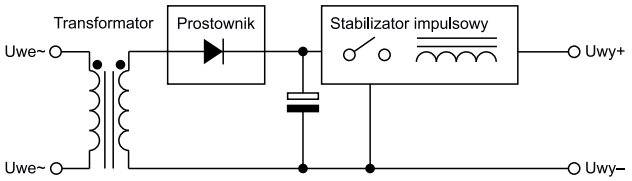
Zasilacz z transformatorem sieciowym i stabilizatorem impulsowym

Rozwiązanie ze stabilizatorem impulsowym (**rysunek 3**) ma wysoką sprawność i jest stosowane w zasilaczach dużej mocy.

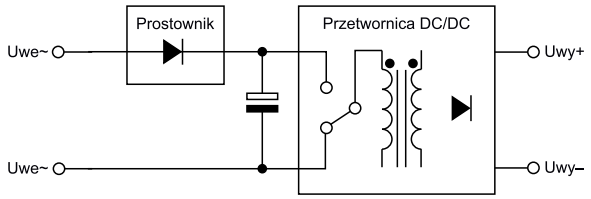


Rysunek 2. Schemat blokowy zasilacza ze stabilizacją

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 3. Schemat blokowy zasilacza z transformatorem sieciowym i stabilizatorem impulsowym



Rysunek 4. Schemat blokowy zasilacza z przetwornicą AC/DC

Konfiguracja z transformatorem na wejściu jest rzadko stosowana, ponieważ została prawie całkowicie wyparta przez zasilacze impulsowe. Zaletą jest to, że dzięki zastosowaniu transformatora sieciowego wnosi małe zakłócenia. Niestety ten sam transformator sieciowy wpływa na duże wymiary i znaczą masę konstrukcji.

Zasilacz impulsowy

Obecnie najpopularniejszym rodzajem zasilaczy są zasilacze impulsowe (**rysunek 4**). Wyróżniają się dużą sprawnością i małymi wymiarami transformatorów (**fotografia 1**). Zmniejszenie wymiarów transformatora jest możliwe dzięki pracy przy wyższych częstotliwościach – zazwyczaj około 50...100 kHz. Rozwiązanie jest stosowane w układach dużej mocy używa np. w komputerach oraz w miniaturowych zasilaczach służących do ładowania telefonów komórkowych.

Układy takie mają dużą sprawność i niewielkie wymiary. Wadą ich jest to, że emitują silne zakłócenia elektromagnetyczne (często umieszczane są w metalowej obudowie). Ponadto w zasilaczach impulsowych w napięciu wyjściowym występują tętnienia wysokiej częstotliwości.

Pozostałe układy stosowane w zasilaniu układów elektronicznych

Nieraz zachodzi konieczność konwersji napięcia wewnątrz układu elektronicznego, gdzie nie ma konieczności stosowania separacji galwanicznej. Możemy wtedy stosować konwertery impulsowe DC/DC, które umożliwiają zmniejszenie lub zwiększenie napięcia wyjściowego, w dowolnym stosunku oraz wytworzenie napięcia ujemnego.

Możemy również wykorzystać do tego celu pompy ładunkowe, jednak te rozwiązanie nie umożliwia regulacji napięcia wyjściowego. Jego zaletą jest brak elementów indukcyjnych. Z kolei jeśli chcemy tylko obniżyć napięcie wyjściowe, możemy zastosować stabilizator klasyczny (liniowy) szeregowy lub równoległy, co również zapewnia nam dużą dokładność napięcia wyjściowego i bardzo mały poziom tętnień.

Fotografia 1. Zasilacz impulsowy o mocy 150 W

Transformatory

Do wykonania zasilacza stosuje się transformatory sieciowe, wśród których można wyróżnić trzy typy:

- kształtkowy EE,
- zwijany,
- toroidalny.

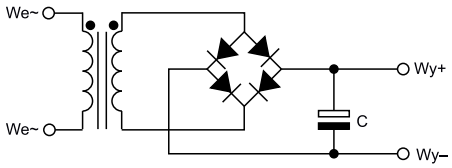
Rdzeń transformatora kształtkowego zbudowany jest z nałożonych na siebie wielu warstw cienkiej blachy permalojowej. Taka konstrukcja jest konieczna, ponieważ materiał rdzenia jest przewodnikiem prądu i mógłby powodować przepływ prądów wirowych. W transformatorze zwijanym rdzeń zbudowany jest z nawiniętych na siebie warstw taśmy permalojowej. Rdzeń toroidalny ma kształt pierścienia – konstrukcja taka, w stosunku do transformatorów kształtowych, ma mniejsze straty w rdzeniu oraz małą reaktancję rozproszenia, jak również mniejszy poziom hałasu.

Fotografia 2. Wygląd małego transformatora impulsowego

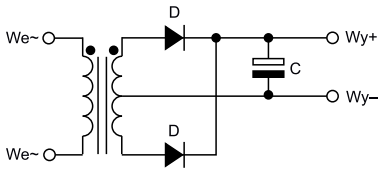
Rdzenie transformatorów impulsowych są wykonane zazwyczaj z ferrytu, co powoduje, że mają one znacznie mniejszą przenikalność magnetyczną. Z uwagi jednak na to, że pracują na znacznie wyższych częstotliwościach, ich wymiary są dużo mniejsze (**fotografia 2**).

Prostowniki

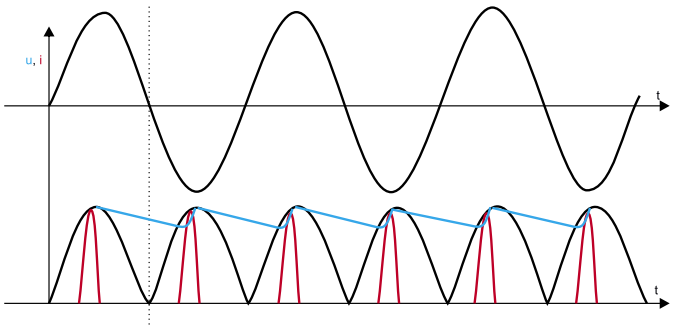
Na **rysunkach 5** i **6** zostały pokazane schematy stosowanych układów prostowników diodowych z filtrem. Na **rysunku 7** zostały



Rysunek 5. Prostownik dwupołówkowy z mostkiem Greatza



Rysunek 6. Prostownik dwupołówkowy z mostkiem Delona



Rysunek 7. Przebiegi napięć i prądów w układzie prostownika z filtrem

eprasa.pl a0c98eea7b

pokazane przebiegi napięć i prądów występujących w takich układach. Kształt prądu diod (kolor czerwony) ma przebieg impulsowy. Z tego wynika, że szczytowa wartość tego prądu jest znacznie większa od średniej. W związku z tym w prostownikach sieciowych (napięcia sinusoidalnego) powinno się stosować diody prostownicze, które są przystosowane do takich warunków pracy. Drugim wnioskiem płynącym z impulsowego kształtu prądu jest to, że występuje większy spadek napięcia na rezystancjach pasożytniczych (głównie rezystancji uzwojeń transformatora), co także należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu zasilacza.

Przy wyznaczaniu napięcia wyjściowego należy uwzględnić spadek napięcia na diodach. Dla zwykłych diod prostowniczych wynosi on ok. 1 V. W mostku Greatza wynosi on $2\times U_d=2$ V, w mostku Delona $1\times U_d=1$ V.

Ważnym parametrem napięcia wyjściowego jest poziom tętnień. Zależy on głównie od parametrów kondensatora filtrującego oraz prądu wyjściowego. Można je oszacować ze wzoru:

$$U_t = \frac{2 \cdot f \cdot I_o}{C}$$

gdzie:
- U_t – napięcie tętnień,
- I_o – prąd obciążenia,
- C – pojemność kondensatora filtru,
- f – częstotliwość napięcia sieci (50 Hz).

W rzeczywistości dla dużych wartości tętnień ich wartość jest nieco niższa niż wynikałoby to z powyższego wzoru.

W przypadku gdy nie zależy nam na dużej sprawności i obciążenie pobiera niewielki prąd (kilka miliamperów), w celu uproszczenia układu, możemy użyć prostownika jednopołówkowego.

Stabilizatory liniowe

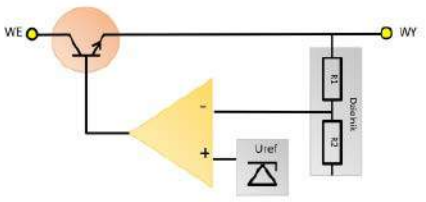
Kształt napięcia na wyjściu prostownika sieciowego nie jest idealny. Przebieg tego napięcia zawiera pewien poziom tętnień. Ponadto wartość napięcia nie jest dokładnie ustalona. Z tych powodów stosuje się układy stabilizatorów. W zasilaczach klasycznych stosuje się zazwyczaj stabilizatory liniowe. Można je podzielić na dwa rodzaje:

1. stabilizatory szeregowe,
2. stabilizatory równoległe.

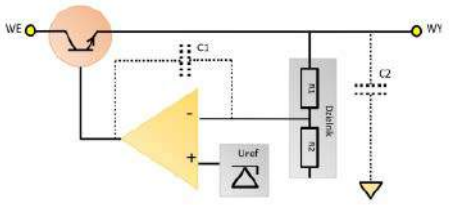
Zazwyczaj stosuje się stabilizatory szeregowe, ponieważ mają większą sprawność. Działają one na następującej zasadzie – napięcie wyjściowe jest porównywane z napięciem źródła odniesienia, a następnie wartość będąca różnicą tych napięć steruje układem regulacji prądu wyjściowego (**rysunek 8**). Układ porównujący te napięcia nazywa się wzmacniaczem błędu. Zazwyczaj na wejście wzmacniacz błędu jest podawane napięcie wyjściowe podzielone przez pewną wartość.

Źródłem napięcia odniesienia może być zwykła dioda Zenera. Jednak elementy te mają dużą niedokładność stabilizowanego napięcia, a ponadto w dużym stopniu zależy ono od temperatury. W dokładnych stabilizatorach stosuje się specjalne układy, które są skompensowane termicznie.

Elementem regulacyjnym jest zazwyczaj bipolarny lub unipolarny tranzystor mocy. W przypadku tranzystorów bipolarnych stosuje się zazwyczaj układ Darlingtona. Należy dodać, że od tego układu zależy parametr nazywany *Drop-Out*. Oznacza on minimalną różnicę pomiędzy napięciem wejściowym a wyjściowym, przy którym



Rysunek 8. Schemat blokowy stabilizatora liniowego



Rysunek 9. Schemat obrazujący realizację kompensacji częstotliwościowej

stabilizator pracuje poprawnie. W układzie z rysunku 8 napięcie wyjściowe można wyrazić wzorem:

$$U_{wy} = U_{ref}\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right)$$

Kompensacja częstotliwościowa

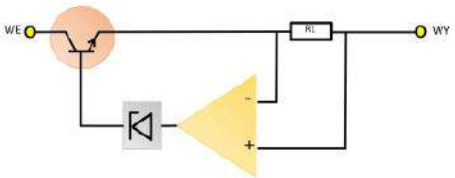
Stabilizatory liniowe podobnie jak wszystkie układy ze sprzężeniem zwrotnym mogą zachowywać się niestabilnie (działać jak generatory). Aby tego uniknąć, należy zastosować układy kompensacji częstotliwościowej. Zazwyczaj stosuje się kondensator w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmacniacza błędu lub (oraz) kondensator na wyjściu stabilizatora (**rysunek 9**). Ponadto kondensator wyjściowy poprawia odpowiedź dynamiczną stabilizatora na szybkie zmiany prądu obciążenia.

Zabezpieczenie przeciwzwarciowe

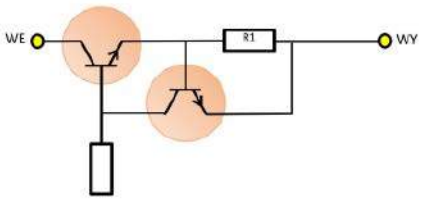
Układ zabezpieczenia przeciwzwarciowego polega na pomiarze spadku napięcia na rezystorze o małej wartości podłączonego do wyjścia stabilizatora (**rysunek 10**, **rysunek 11**). Gdy przekroczy ono wartość progową, blokowany jest element regulacyjny.

Zasilacze laboratoryjne

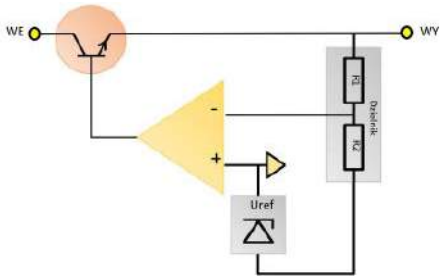
Jednym z głównych urządzeń, w których stosuje się stabilizatory liniowe, są zasilacze laboratoryjne. Główną cechą



Rysunek 10. Ograniczenie prądowe ze wzmacniaczem różnicowym

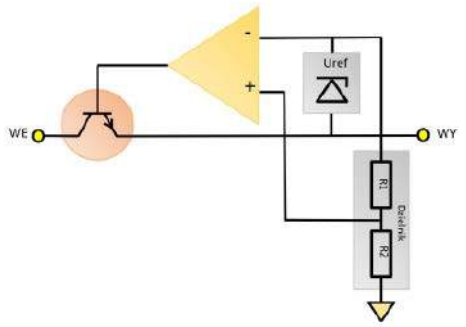


Rysunek 11. Ograniczenie prądowe z tranzystorem wykrywającym przekroczenie prądu obciążenia



Rysunek 12. Schemat blokowy stabilizatora laboratoryjnego z ujemnym napięciem pomocniczym

eprasa.pl a0c98eea7b

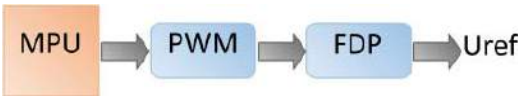


Rysunek 13. Schemat blokowy stabilizatora laboratoryjnego z dodatnim napięciem pomocniczym

zasilacza laboratoryjnego jest to, że ma możliwość liniowej regulacji napięcia wyjściowego od 0 do napięcia maksymalnego. Zazwyczaj jest wyposażony też w regulację ograniczenia prądowego. Dwa układy stabilizatorów stosowane w zasilaczach laboratoryjnych zostały pokazane na **rysunkach 12** i **13**. W pierwszym przypadku napięcie wyjściowe obliczamy ze wzoru:

$$U_{wy} = U_{ref}\frac{R_1}{R_2}$$

Rysunek 14. Schemat blokowy sterowania stabilizatora przez mikrokontroler poprzez przetwornik cyfrowo-analogowy



Rysunek 15. Schemat blokowy sterowania stabilizatora przez mikrokontroler poprzez układ modulacji szerokości impulsu

W drugim przypadku korzystamy ze wzoru:

$$U_{wy} = U_{ref}\frac{R_2}{R_1}$$

Układy sterowane przez mikroprocesor

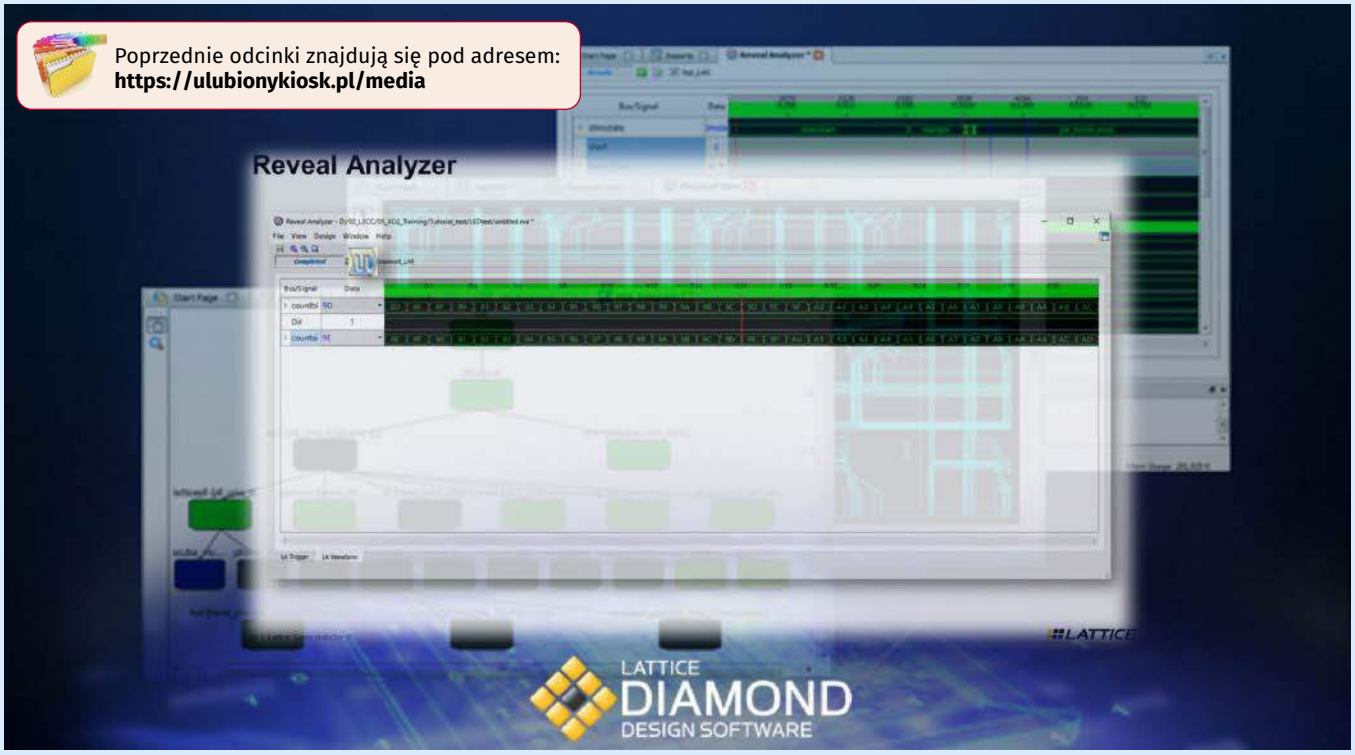
W nowoczesnych rozwiązaniach często stosuje się mikroprocesory do sterowania układami stabilizatorów. Służą one do ustawiania wartości napięcia i ograniczenia prądowego oraz do wyświetlania ustawionych parametrów. Sterowanie stabilizatorem odbywa się poprzez ustawianie wartości napięcia odniesienia za pośrednictwem przetwornika cyfrowo-analogowego (**rysunek 14**) lub układu modulacji szerokości impulsu (PWM) oraz filtru dolnoprzepustowego (**rysunek 15**). W takim układzie można zastosować podstawową konfigurację zasilacza, jednak należy zwrócić uwagę na zasilanie wzmacniacza błędu (najczęściej zwykłego wzmacniacza operacyjnego). Jeśli nie stosujemy układów zasilania pomocniczego, wytwarzającego napięcie ujemne, należy zastosować wzmacniacz operacyjny tolerujący zerowe napięcie wejściowe.

W tym miejscu kończymy pierwszą część artykułu. Kolejną rozpoczniemy od analizy budowy kilku popularnych stabilizatorów scalonych.

Tomasz Krogulski
krogul70@gmail.com

REKLAMA

eprasa.pl a0c98eea7b



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

Kurs FPGA Lattice (7)

Analizator logiczny Reveal

Analizator logiczny pozwala nam obserwować, co dzieje się wewnątrz FPGA. Możemy podsłuchiwać połączenia pomiędzy modułami, a także zaglądać do środka przerzutników. Jest to bardzo pomocne narzędzie, które ułatwia znajdowanie błędów.

Wszyscy więksi producenci udostępniają narzędzia do analizowania sygnałów wewnątrz FPGA, które działają dość podobnie. Xilinx udostępnia narzędzie ChipScope, Intel oferuje Signal Tap, a Lattice daje nam Reveal. Jest to narzędzie bezpłatne i zintegrowane z pakietem Diamond, którego możemy używać bez żadnych dodatkowych licencji czy ograniczeń.

Idea działania analizatora jest bardzo prosta. Za pomocą programu **Reveal Inserter** tworzymy moduł analizatora, który łączymy z interesującymi nas sygnałami. Moduł ten jest w istocie zwyczajnym modułem sporządzonym w języku Verilog. Mamy nawet dostęp do jego plików źródłowych, chociaż ich ręczna edycja jest niepotrzebna. Wszystko możemy skonfigurować za pomocą interfejsu graficznego.

Następnie, mając już utworzony moduł analizatora, dokonujemy syntezy, mapowania, generujemy bitstream i wgrywamy go do FPGA. Aby odczytywać dane z analizatora, wykorzystamy narzędzie **Reveal Analyzer**, które łączy się z analizatorem poprzez port JTAG – ten sam, który wykorzystywany jest przez programator. Dzięki takiemu rozwiązaniu nie potrzebujemy modyfikować projektu płytki, na której pracuje nasz układ FPGA.

Analizator i symulator to dwa narzędzia, które pomogą nam debugować kod. Każdy z nich ma swoje wady i zalety, dzięki czemu te narzędzia dobrze się uzupełniają. Największą zaletą analizatora jest to, że bada sygnały rzeczywiste, które faktycznie występują w badanym układzie FPGA. Jeżeli wyniki analizatora i symulatora nie zgadzają się ze sobą, to znaczy, że nie uwzględniliśmy czegoś w symulacji. Ponadto, analizator jest niezwykle przydatny, kiedy debugujemy komunikację FPGA z jakimiś innymi układami scalonymi. Symulowanie układów scalonych, które przesyłają dane do FPGA, jest dość trudne i czasochłonne.

Analizator ma jednak swoje wady. Musimy przeznaczyć sporo zasobów logicznych, aby analizator mógł w ogóle zacząć pracę. Może się okazać, że nasz design z doklejonym analizatorem nie zmieści się do FPGA. Nie ma możliwości, by Reveal zastosować w najmniejszych maluchach – układy MachXO2-256 oraz MachXO2-640 nie mają wystarczających zasobów, by mógł on działać. Obecność analizatora może także zmniejszyć maksymalną dopuszczalną częstotliwość zegara i wydłużyć czas propagacji sygnałów. Symulacja wygrywa pod tym względem – symulator nie potrzebuje żadnych zasobów w FPGA, ponieważ działa w całości na komputerze.

W **tabeli 1** porównano, ile zasobów potrzebnych jest, aby zrealizować projekt z tego odcinka kursu w FPGA MachXO2-1200. Zasoby potrzebne na analizator Reveal mogą zmieniać się w bardzo szerokim zakresie. Zależą od liczby badanych sygnałów, wyzwalaczy oraz liczby próbek, jaka ma zostać zbadana i zapisana w pamięci.

Tabela 1. Porównanie użytych zasobów logicznych z oraz bez Reveal na FPGA MachXO2-1200

	Rejestry	Slice	LUT	Bloki RAM
Kod bez Reveal	16	14	28	0
Kod z Reveal	406	312	614	2
Dostępne zasoby	1520	640	1280	7

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl a0c98eea7b

Kolejną wadą jest konieczność ponownej syntezy i wgrywania bitstreamu do FPGA, kiedy zmieniamy konfigurację obserwowanych sygnałów i wyzwalaczy. Może to być czasochłonne, ale przy odrobinie wprawy można nauczyć się tak tworzyć analizatory, by spełniały oczekiwania już przy pierwszej próbie.

W tym odcinku użyjemy kodu, który opracowaliśmy w kwietniowym wydaniu EP. Kod całego projektu wraz z analizatorem jest dostępny w materiałach dodatkowych do artykułu. Jeżeli nie czytałeś poprzedniego odcinka, przeczytaj go koniecznie, ponieważ dalsza część tekstu będzie niezrozumiała.

Dla wygody wprowadzimy małą zmianę. W **listingu 1** zmieńmy parametr, który jest odpowiedzialny za czas opóźnienia modułów filtrujących drgania styków przycisków. W liniach #1 i #2 zmieniamy czas na 1 mikrosekundę. Spowoduje to, że przy zegarze o częstotliwości 14 MHz moduły **Debouncer** będą czekać przez zaledwie 14 cykli zegarowych, zamiast kilkunastu tysięcy. Chodzi po prostu o to, żeby dla naszej wygody przebiegi analizatora zmieściły się na ekranie.

Listing 1. Kod pliku top.v

```
// Plik top.v
module top(
    input           Reset,
    input           ButtonUp,
    input           ButtonDown,
    output [6:0]    Segments
);

    // Generator sygnału zegarowego
    OSCH #(
        .NOM_FREQ("14.00")
    ) OSCH_inst(
        .STDBY(1'b0),
        .OSC(Clock14MHz),
        .SEDSTDBY()
    );

    // Odszumianie przycisku UP
    wire ButtonUpFiltered;
    Debouncer #(
        .FREQUENCY_MHZ(14),
        .PERIOD_US(1)           // #1
    ) DebounceUp(
        .Clock(Clock14MHz),
        .Reset(Reset),
        .NoisySignal(ButtonUp),
        .FilteredSignal(ButtonUpFiltered)
    );

    // Odszumianie przycisku DOWN
    wire ButtonDownFiltered;
    Debouncer #(
        .FREQUENCY_MHZ(14),
        .PERIOD_US(1)           // #2
    ) DebounceDown(
        .Clock(Clock14MHz),
        .Reset(Reset),
        .NoisySignal(ButtonDown),
        .FilteredSignal(ButtonDownFiltered)
    );

    // Wykrywanie zbocza rosnącego przycisku UP
    wire RequestUp;
    EdgeDetector UpDetector(
        .Clock(Clock14MHz),
        .Reset(Reset),
        .Signal(ButtonUpFiltered),
        .RisingEdge(RequestUp),
        .FallingEdge()
    );

    // Wykrywanie zbocza rosnącego przycisku DOWN
    wire RequestDown;
    EdgeDetector DownDetector(
        .Clock(Clock14MHz),
        .Reset(Reset),
        .Signal(ButtonDownFiltered),
        .RisingEdge(RequestDown),
        .FallingEdge()
    );

    // Licznik
    wire [3:0] CountValue;
    Counter #(
        .WIDTH(4)
    ) Counter0(
        .Clock(Clock14MHz),
        .Reset(Reset),
        .CountUp(RequestUp),
        .CountDown(RequestDown),
        .Value(CountValue)
    );

    // Dekoder wyświetlacza 7-segmentowego
    Decoder7seg Dekoder0(
        .Data(CountValue),
        .Segments(Segments)
    );


endmodule
```

Reveal Inserter

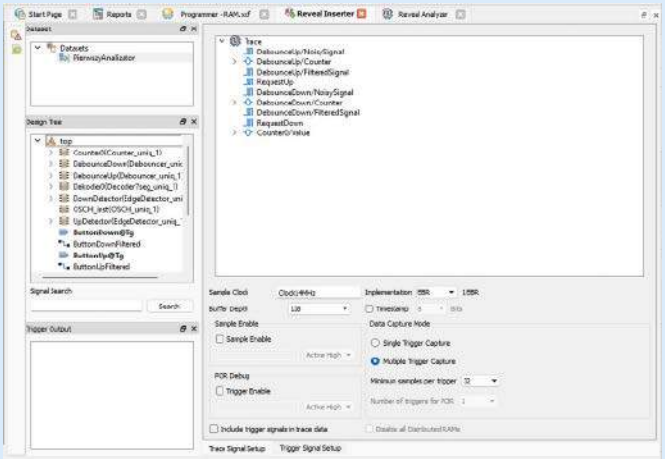
Analizator logiczny, podobnie jak oscyloskop, cyklicznie bada stan obserwowanych sygnałów i zapisuje wyniki do pamięci. Ma jeden lub więcej sygnałów wyzwalających. Analizator oczekuje na wystąpienie konkretnego zdarzenia na sygnale wyzwalającym – na przykład może to być zbocze rosnące. Kiedy taka sytuacja wystąpi, wówczas określona liczba próbek przed i po zdarzeniu wyzwalającym zostaje utrwalana w pamięci. Następnie analizator przesyła dane do komputera i oczekuje na ponowne uruchomienie przez użytkownika.

Istnieje możliwość skonfigurowania analizatora w taki sposób, by podczas jednego cyklu pracy wyzwalał się kilka razy i przesyłał dane do komputera dopiero po wystąpieniu określonej liczby zdarzeń wyzwalających. W naszym przykładzie sygnałem wyzwalającym będzie naciśnięcie przycisku Up lub Down. Skonfigurujemy analizator w taki sposób, że każde wyzwolenie spowoduje rejestrację 32 próbek różnych sygnałów w modułach **Debouncer**, filtrujących drgania przycisków Up i Down, a także będziemy rejestrować stan licznika **Counter**, który w wyniku naciśnięcia tych przycisków jest zwiększany lub zmniejszany. Spośród zarejestrowanych 32 sampli tylko 2 będą pokazywać, co działo się przed wystąpieniem wyzwalacza, a 30 sampli zostanie zarejestrowanych po wystąpieniu wyzwalacza. Analizator skonfigurujemy w taki sposób, by w jednym cyklu pracy obsługiwał 4 sygnały wyzwalające, po czym wszystkie zgromadzone dane będą przesyłane przez programator JTAG do komputera.

W pierwszej kolejności musimy utworzyć instancję analizatora logicznego i umieścić go w naszym projekcie. Z menu **Tools** wybieramy opcję **Reveal Inserter**. Otwiera się okno, w którym skonfigurujemy analizator i następnie automatycznie wygenerujemy kod w Verilogu. Działa to podobnie jak **IP Express**, który poznaliśmy w 5. odcinku kursu. Zobacz **rysunek 1**.

Zacznijmy od okienka **Dataset** w lewym górnym rogu. Istnieje możliwość, by w jednym projekcie umieścić kilka analizatorów. W tym celu należy kliknąć **Datasets** prawym przyciskiem myszy, następnie wybrać **Add New Core** i dalej **Add Logic Analyzer**. Każdy analizator musi mieć swoją unikalną nazwę. Domyślnie utworzony analizator nazywa się **top_LA0**. Proponuję kliknąć go prawym przyciskiem myszy i wybierając opcję **Rename Core**, zmienić nazwę na **PierwszyAnalizator**.

W okienku **Design Tree** znajdziemy wszystkie obiekty, które możemy obserwować za pomocą analizatora Reveal. Znajdziemy tutaj wszystkie moduły, a także ich sygnały i rejestry. Interesujące nas



Rysunek 1. Konfiguracja badanych sygnałów w Reveal Inserter

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a0c98eea7b

obiekty klikamy i przeciągamy do okienka **Trace** po prawej stronie. Skonfiguruj obserwowane sygnały w taki sposób, jak pokazano to na rysunku 1.

Kolejnym krokiem jest wskazanie sygnału zegarowego. Można jego nazwę wpisać ręcznie lub można także znaleźć go w **Design Tree** i przeciągnąć do pola tekstowego **Sample Clock**. Wadą analizatora Reveal jest to, że wykorzystuje on ten sam zegar do samplowania badanych sygnałów i do komunikacji przez JTAG. Częstotliwość zegara taktującego analizator powinna być większa niż częstotliwość zegara JTAG (12 MHz) i mniejsza niż 200 MHz. Jeżeli chcemy samplować z mniejszą częstotliwością, wówczas musimy wykorzystać opcję wielokrotnego wyzwalania, o czym będzie kilka akapitów dalej.

Następnie wybieramy pamięć, która zostanie przeznaczona na buforowanie zarejestrowanych próbek. W polu **Implementation** mamy dwie możliwości:

- **EBR** – są to bloki pamięci RAM wbudowane w strukturę FPGA. Jeżeli mamy dostępną wolną pamięć RAM, to należy ją wykorzystać;
- **DistRAM** – jest to pamięć RAM utworzona z uniwersalnych zasobów logicznych Slice. Wadą tego rozwiązania jest jego ogromna zasobożerność. Z tej opcji należy korzystać tylko wtedy, kiedy wszystkie bloki RAM zostały już użyte przez naszą aplikację.

Wybieramy opcję **EBR**. Po prawej stronie od pola wyboru widzimy, ile bloków EBR zostanie wykorzystanych przez nasz analizator – w naszym przykładzie będzie to dokładnie jeden blok, a układy MachXO2 w zależności od wersji, mają od 2 do 26 bloków pamięci EBR (każdy z nich ma pojemność 9 kbit).

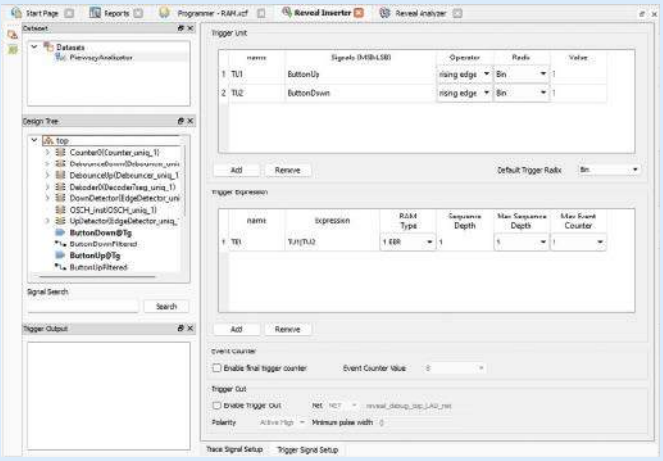
W polu **Buffer Depth** musimy określić łączną liczbę próbek, jaka ma zostać zbuforowana w pamięci, zanim zostaną one przesłane do komputera przez JTAG. Ważne, by pamiętać, że jest to łączna liczba próbek, niezależnie ile sygnałów wyzwalających ma być zarejestrowanych podczas cyklu pracy analizatora. Zgodnie z tym, co zostało opisane kilka akapitów wcześniej, ustawiamy pojemność bufora na **128** sampli.

Istnieje możliwość, by każda próbka miała zapisany dodatkowo timestamp, czyli znacznik czasowy. Jeżeli zaznaczymy opcję **Timestamp**, zostanie utworzony dodatkowy licznik, który będzie inkrementował swoją wartość z każdym taktem zegara. Musimy jeszcze wybrać, ile bitów ma mieć ten licznik. Ta opcja może być przydatna do badania odstępu czasowego pomiędzy wyzwalaczami. W przypadku stosowania pojedynczego wyzwalacza ta funkcja jest mało przydatna.

Idziemy dalej – w polu **Sample Enable** możemy podać sygnał, który ma uaktywniać analizator. Kiedy zaznaczymy pole Sample Enable, wówczas pojawi się textbox, w którym trzeba podać nazwę sygnału uaktywniającego wyzwalanie. Możemy określić, czy analizator ma być aktywny, kiedy sygnał aktywujący jest w stanie niskim czy wysokim. Ta funkcjonalność może być przydatna, gdy w badanym układzie następuje dużo zdarzeń wyzwalających, ale interesuje nas obserwowanie badanych sygnałów tylko w jakimś konkretnym przypadku, np. kiedy na magistrali I²C zostanie wywołany adres interesującego nas urządzenia. W naszym przykładzie nie będziemy korzystać z tej opcji i pozostawiamy ją wyłączoną.

Kolejną ciekawą opcją jest **POR Debug**, co oznacza Power On Reset. Jest to funkcja umożliwiająca obserwowanie sygnałów zaraz po starcie FPGA. W sekcji **Data Capture Mode** mamy do wyboru dwie możliwości:

- **Single Trigger Mode** – po uaktywnieniu analizatora i wystąpieniu zdarzenia wyzwalającego analizator zgromadzi tyle próbek, ile określono w polu **Buffer Depth**, po czym prześle wyniki do komputera i będzie czekał na kolejne ręczne uaktywnienie.
- **Multiple Trigger Mode** – po uaktywnieniu analizatora będzie on wykonywał kilka cykli zbierania danych. Liczba wykrywanych wyzwalaczy zostanie ustalona później. Jedyne, co musimy ustalić, to ile co najmniej próbek ma być zebranych na każdy sygnał wyzwalający. Może się to wydawać trochę dziwne, ale dzięki temu rozwiązaniu możemy zmieniać liczbę wyzwalaczy i liczbę zgromadzonych próbek bez konieczności syntezowania wszystkiego od nowa i wgrywania zmodyfikowanego bitstremu.



Rysunek 2. Konfiguracja sygnałów wyzwalających w Reveal Inserter

Wybierzmy opcję **Multiple Trigger Mode**, a w **Minimum Sample** per trigger zaznaczmy **32** próbki. Przy pojemności bufora rzędu 128 sampli będziemy mogli zebrać dwie serie pomiarów po 64 sample lub cztery serie po 32 sample.

Zapiszmy projekt analizatora w pliku *pierwszy_analizator.rvl* w katalogu **impl1/source**. Powinniśmy zobaczyć plik analizatora w drzewku projektu w katalogu **Debug Files**. Może się zdarzyć, że nowo utworzony plik nie pojawi się tam automatycznie – wtedy klikamy na pozycję **Debug Files**, a następnie wybieramy **Add Existing File** i dodajemy utworzony plik.

Skonfigurowaliśmy sygnały, które chcemy obserwować, a w następnym kroku musimy określić sygnały wyzwalające. Na samym dole okna klikamy zakładkę **Trigger Signal Setup** (**rysunek 2**). W sekcji **Trigger Unit** musimy podać sygnały, które będą wyzwalaczami naszego analizatora. Możemy podać kilka sygnałów, a następnie określimy warunki logiczne – może być tak, że analizator zostanie wyzwolony dowolnym sygnałem, wszystkimi sygnałami jednocześnie lub jakąś ich kombinacją.

Klikamy przycisk **Add** w sekcji **Trigger Unit**. Pojawiły się dwie linie w tabeli, oznaczone jako **TU1** i **TU2**. W kolumnie **Signals** musimy umieścić sygnały, które staną się wyzwalaczami. W okienku **Design Tree** musimy odszukać sygnały **ButtonUp** i **ButtonDown** i przesuwamy je odpowiednio do **TU1** i **TU2**. Są to sygnały pochodzące z przycisków, czyli naciśnięcie przycisku wyzwoli analizator.

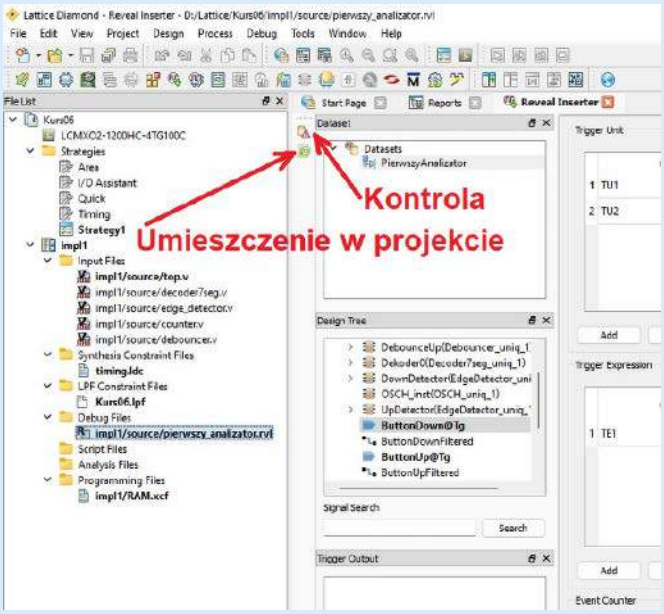
W kolumnie **Operator** mamy możliwość wybrania różnorodnych porównań i warunków logicznych. Wybieramy opcję **Rising Edge** dla obu sygnałów. W kolumnie **Radix** mamy możliwość wyboru systemu liczbowego, jaki jest dla nas najwygodniejszy. Pozostawmy opcję **Bin**, czyli zapis binarny. Zdefiniowane przez nas wyzwalacza są sygnałami 1-bitowymi, czyli przyjmują wartość 0 lub 1, zatem wybór systemu liczbowego w takim przypadku nic nie zmienia.

Kolumna **Value** stanowi pułapkę, w którą można łatwo wpaść. Jest to najbardziej nieintuicyjna nazwa, jaką można było nadać tej kolumnie. Chodzi tutaj o zdefiniowanie, które bity sygnału mają być brane pod uwagę przy wykrywaniu zbocza, a które mają być zignorowane. Sygnały istotne powinny być oznaczone jako 1, a nieistotne jako 0. Dla przykładu, jeżeli mamy magistralą 8-bitową i interesuje nas wykrywanie zbocza rosnącego na linii siódmej, szóstej i zerowej, powinniśmy wpisać 11000001. W naszym przypadku mamy sygnały 1-bitowe i chcemy wykrywać właśnie ten jeden bit, więc w obu liniach wpisujemy 1.

Przechodzimy do sekcji **Trigger Expression**. Musimy tutaj określić warunek logiczny, łączący poszczególne wyzwalacze, zdefiniowane w **Trigger Unit**. Mamy do dyspozycji różne operatory logiczne:

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 3. Kontrola i umieszczenie analizatora w projekcie

- **&** – koniunkcja,
- **|** – alternatywa,
- **^** – xor,
- **!** – negacja,
- nawiasy okrągłe,
- **THEN** – najpierw ma być prawdziwy pierwszy warunek, a potem ma być prawdziwy drugi warunek,
- **NEXT** – najpierw ma być spełniony pierwszy warunek, a drugi ma być spełniony w kolejnym cyklu zegara
- **# liczba** – warunek ma być spełniony określoną liczbę razy
- **## liczba** – warunek ma być spełniony przez określoną liczbę taktów zegarowych.

Oto kilka przykładów:

- **TU1 & TU2** – oba warunki mają być spełnione jednocześnie,
- **TU1 | TU2** – ma być spełniony dowolny z warunków,
- **TU1 THEN TU2 #2** – najpierw ma być spełniony warunek TU1, a potem ma być spełniony dwukrotnie warunek TU2 w dowolnym czasie później,
- **(TU1 & TU2) ##10 NEXT TU3** – najpierw warunki TU1 i TU2 mają być spełnione jednocześnie przez 10 taktów zegara, a w kolejnym takcie ma być spełniony TU3,

```
Listing 2. Informacja o zapotrzebowaniu na zasoby oraz pozytywny
wynik kontroli

Checking design rules ...
INFO – The number of EBRs needed is 2.
INFO – The number of DistRAM (logic/ROM/RAM) slices needed is 0.
Design Rule Check PASSED.
```

- **TU1 THEN (1)#200** – po spełnieniu warunku TU1 czekaj przez 200 taktów zegara i dopiero wtedy wyzwól analizator.

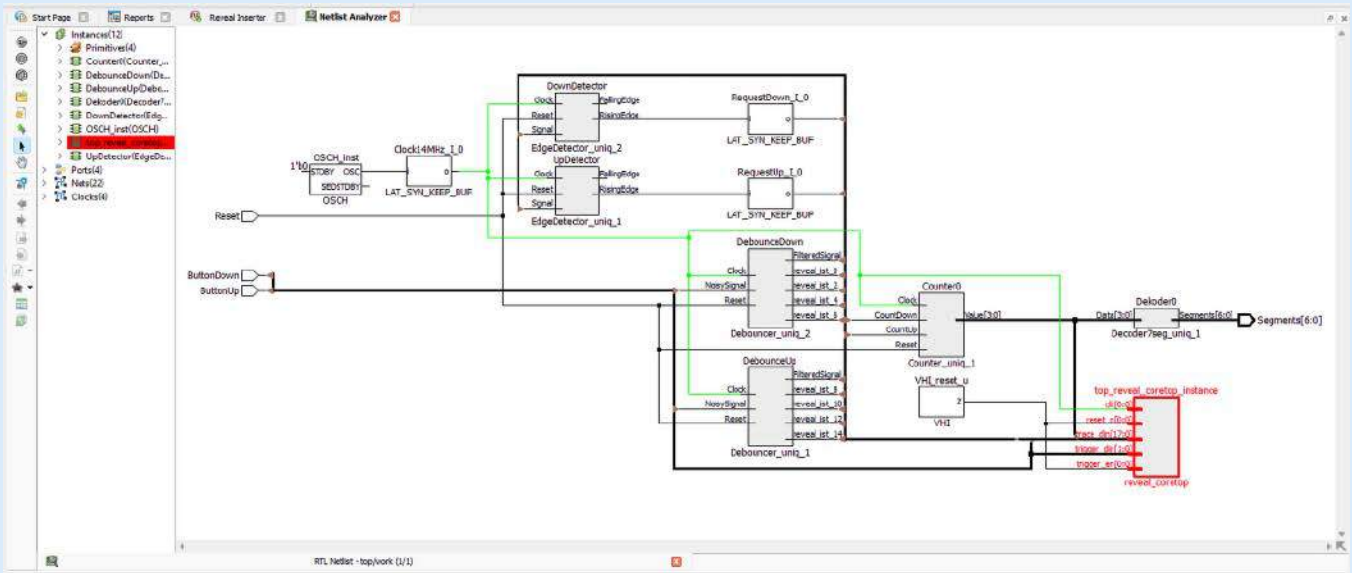
Możliwości konfiguracji wyzwalaczy są rozbudowane i odsyłam po więcej informacji do instrukcji **Reveal User Guide**, dostępnej pod adresem [1].

W naszym przykładzie interesuje nas, aby analizator był wyzwalany po wciśnięciu obojętnie którego przycisku, więc w polu **Expression** wpisujemy **TU1 | TU2**. W kolumnie **RAM Type** musimy zdefiniować, jaki rodzaj pamięci ma wykorzystywać logika wyzwalacza. Należy się tutaj kierować ilością zasobów, jaka pozostaje w FPGA po syntezie naszego układu, podobnie jak to było w przypadku pamięci na próbki. Program proponuje nam użycie jednego bloku EBR lub trzech komórek Slice. W naszym przypadku wszystko jedno, ponieważ EBR-ów i Slice'ów mamy pod dostatkiem.

Następne kolumny potrzebne są do badania sekwencji sygnałów wyzwalających. My nie wykorzystujemy tej funkcjonalności, więc ustawiamy wszystko na 1. Nie będziemy także korzystać z licznika triggerów, więc **Enable final trigger counter** pozostawiamy niezaznaczone. Opcja **Enable Trigger Out** pozwala wyprowadzić sygnał wyzwalacza poza moduł analizatora. Może to być przydatne w sytuacji, kiedy analizator ma uruchamiać inne narzędzia pomiarowe, na przykład oscyloskop.

Ukończyliśmy konfigurację analizatora. Teraz musimy skontrolować poprawność konfiguracji. Klikamy przycisk kontroli, zaznaczony na **rysunku 3**. Po przeprowadzeniu kontroli w konsoli na dole okna programu Diamond powinniśmy zobaczyć informację o zapotrzebowaniu na zasoby oraz pozytywny wynik kontroli lub informacje o błędach (**listing 2**).

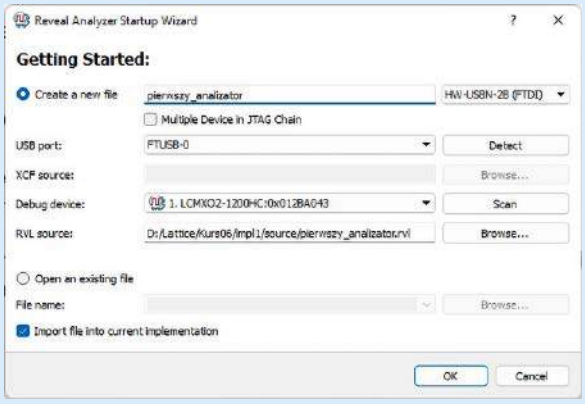
Następnie klikamy przycisk **Insert Debug**, po czym zostanie wygenerowany analizator i dodany do naszego kodu. Kod nie zostanie zmieniony w żaden sposób. Syntezujemy i generujemy bitstream w taki sam sposób, jak zawsze, a następnie wgrywamy go do naszego FPGA. Zobaczmy **Netlist Analyzer**, pokazany na **rysunku 4**. Na czerwono zaznaczyłem instancję analizatora. Widzimy, że jest osobny nowy twór, który jest podłączony do różnych sygnałów, jakie nas interesują.



Rysunek 4. Netlist Analyzer z zaznaczonym analizatorem Reveal

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a0c98eea7b



Rysunek 5. Tworzenie pliku Reveal Analyzer

Reveal Analyzer

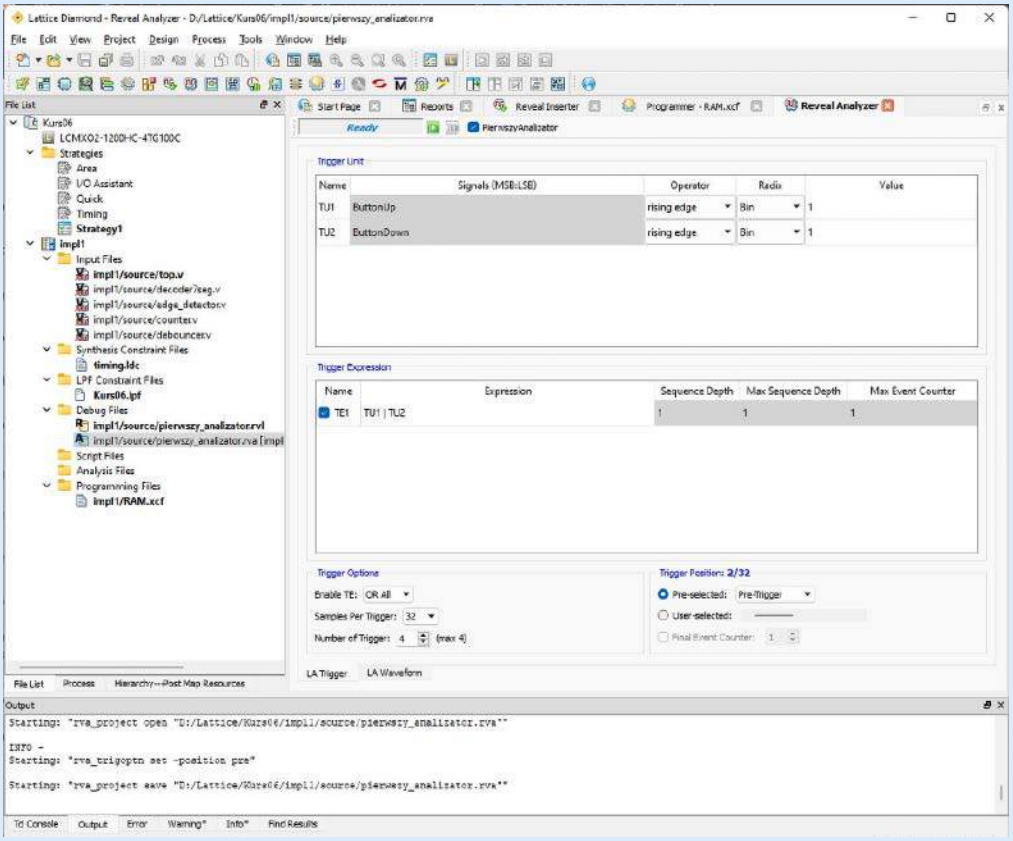
Program **Reveal Inserter** służy tylko do generowania modułów analizatora, które są syntezowalne, a po wgraniu bitstreamu do FPGA ten program możemy zamknąć. Z menu **Tools** wybieramy opcję **Reveal Analyzer**. Jest to program, który łączy się poprzez interfejs JTAG z analizatorem, wyświetla zgromadzone dane i umożliwia zmianę niektórych parametrów. Pojawi się nam okienko, jakie widać na **rysunku 5**. Musimy tutaj podać, jaki programator stosujemy oraz typ układu FPGA, z którym chcemy się łączyć przez JTAG. Przydają się przyciski **Detect** i **Scan**. W polu **RVL Source** musimy wskazać plik **.rvl*, utworzony przez Reveal Inserter, który zawiera konfigurację naszego analizatora. Klikamy **OK**. Powinien pojawić się plik *pierwszy_analizator.rva* w drzewku projektowym w katalogu **Debug Files**. Otworzy się okno konfiguracji wyzwalaczy programu Reveal Analyzer, który wygląda bardzo podobnie do Reveal Inserter (**rysunek 6**). Mamy możliwość modyfikacji wcześniej zdefiniowanych wyzwalaczy. Ponadto, jeżeli zostało zdefiniowane kilka pozycji w sekcji **Trigger Expression**, to możemy je włączać lub wyłączać w zależności od potrzeb.

Przejdźmy do sekcji **Trigger Options**. W polu wyboru **Enable TE** możemy zdefiniować, jaki spójnik logiczny ma łączyć wszystkie zdefiniowane **Trigger Expression**. My zdefiniowaliśmy tylko jeden (TE1), więc ta opcja nie ma dla nas znaczenia. Poniżej ustawiamy **Sample Per Trigger** oraz **Number of Trigger**. Liczby możliwe do skonfigurowania w tych opcjach zależne są od sumarycznej liczby próbek w pamięci, zdefiniowanej w **Buffer Depth**. Wybierzmy **32** sample na trigger oraz liczbę triggerów ustawiamy na **4**.

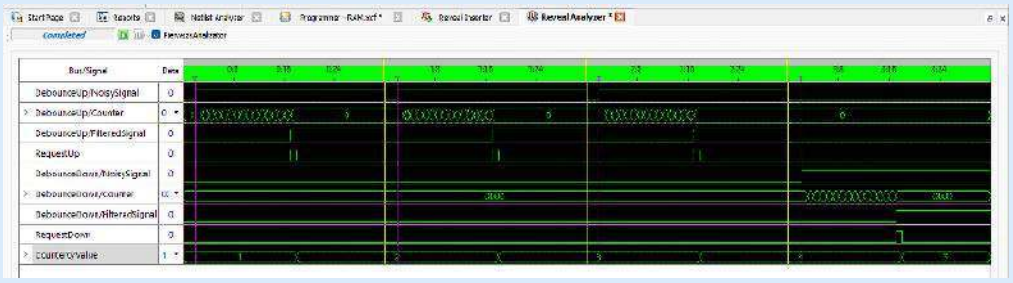
W sekcji **Trigger Position** możemy określić, ile próbek chcemy obserwować przed i po wystąpieniu wyzwalacza. Proponuję wybrać opcję **Pre-Trigger**. Jeżeli zaznaczymy **User Selected**, to przesuwając pasek po prawej stronie, będziemy mogli dowolnie wybrać liczbę widocznych próbek przed i po sygnale wyzwalającym. W górnej części okna klikamy zielony przycisk strzałki w prawo. Zostaniemy przeniesieni do widoku sygnałów. Status widoczny w lewym górnym narożniku zmieni się na **Connecting**, a po chwili zobaczymy **Running**. Oznacza to, że analizator pracuje i oczekuje na sygnał wyzwalający. Wciskaj przyciski Up i Down, które są połączone z FPGA. Każde wciśnięcie powinno zostać zarejestrowane jako wyzwolenie analizatora. Po czterech wciśnięciach wszystkie dane zostaną przesłane do komputera i przedstawione w postaci wykresu, co widzimy na **rysunku 7**.

Sygnały wyzwalacza zarejestrowane są różową pionową linią, a żółte linie oddzielają cztery cykle pracy. Klikając w dowolne miejsce na wykresie, przesuwamy kursor, który jest czerwony. W kolumnie **Data** możemy odczytać wartości wszystkich sygnałów. Możemy zmienić format liczb z binarnego na dziesiętny lub szesnastkowy, aby stan licznika był czytelniejszy. W tym celu w kolumnie **Data** klikamy wybraną wartość, a następnie wybieramy **Dec** lub **Hex**.

Klikając i przeciągając kursor myszki, możemy zmierzyć długość zaznaczonego fragmentu. Domyślnie ten czas podawany jest w liczbie



Rysunek 6. Konfiguracja wyzwalaczy w Reveal Inserter



Rysunek 7. Przebiegi sygnałów zarejestrowane przez Reveal

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a0c98eea7b

taktów zegara. Możemy tę liczbę automatycznie przeliczyć na czas. W tym celu klikamy prawym przyciskiem na tło i wybieramy opcję **Set Clock Period**, a następnie wpisujemy częstotliwość lub okres sygnały zegarowego. Wybierając **Add Cursor**, możemy dodać kilka dodatkowych kursorów, aby zaznaczyć interesujące momenty.

Patrząc na sygnały **DebounceUp/NoisySignal** oraz **DebounceDown/NoisySignal** przedstawione na rysunku 7, widzimy, kiedy naciskałem przyciski – jest to widoczne jako zmiana stanu tych sygnałów z 0 na 1. Następnie uruchamia się licznik **Counter** w modułach **Debounce**, którego zadaniem jest sprawdzenie, czy przycisk został wciśnięty odpowiednio długo, czy zmiana stanu jest spowodowana tylko krótkotrwałym drganiem styków przycisku. Kiedy licznik zliczy żądaną liczbę taktów zegarowych, wtedy sygnał **FilteredSignal** zmienia swój stan z 0 na 1. Ten z kolei doprowadzony jest do modułu **EdgeDetector**, który zajmuje się wykrywaniem zbocza rosnącego. Gdy takie zbocze zostanie wykryte, wówczas na wyjściach tych modułów, nazwanych **RequestUp** i **RequestDown**, pojawia się stan wysoki tylko przez jeden takt zegara. Następnie licznik **Counter0/Value** jest zwiększany lub zmniejszany o 1. W linii na samym dole widzimy stan licznika, który przyjmuje wartości 1, 2, 3, 4, 3 (akurat różowa linia wyzwalacza została narysowana dokładnie w miejscu, gdzie jest cyfra stanu licznika).

Możemy ponownie uruchomić analizator, klikając ten sam przycisk zielonej strzałki. Możemy także wrócić do ustawień wyzwalania i zmienić konfigurację. Możemy zmieniać do woli konfigurację wyzwalaczy, a następnie wystarczy tylko kliknąć przycisk zielonej strzałki. Niestety jednak w Reveal Analyzer nie możemy zmienić wszystkiego i czasami będzie konieczna modyfikacja w Reveal Inserter. Pamiętaj, że zmiana czegokolwiek w programie Reveal Inserter powoduje konieczności ponownego wygenerowania analizatora, syntezy i wgrywania bitstreamu.

Z ciekawszych opcji, jakich jeszcze nie omawialiśmy, jest **Token Set Manager**, który znajdziemy w menu **Design**, ale tylko wtedy, kiedy Reveal Analyzer jest otwarty. Za pomocą tego narzędzia możemy zdefiniować słowne etykiety dla różnych wartości liczbowych. Taka funkcjonalność jest przydatna do analizowania automatów stanów. Może się także przydać, by łatwiej było rozpoznawać instrukcje, wykonywane przez procesor.

Ostatnią rzeczą, jaką powinniśmy wykonać, jest wyłączenie analizatora z obecnej implementacji. Analizator nie będzie nam potrzebny w finalnej aplikacji, ale warto go zachować, zamiast bezpowrotnie usuwać. W drzewku projektu kliknij prawym przyciskiem myszy na plik *pierwszy_analizator.rvl* i następnie wybierz **Set as Inactive**. Dzięki temu możemy syntezować kod bez analizatora, a jeżeli będziemy chcieli ponownie go wykorzystać, to klikamy ten plik prawym przyciskiem myszy i wybieramy **Set as Active Debug File**.

W następnym odcinku kursu poznamy podstawy symulacji. Podstawy, ponieważ symulacja to temat bardzo obszerny i też bardzo czasochłonny. Symulowanie i testowanie układów w symulatorze zajmuje zdecydowanie więcej czasu niż zabawa z analizatorem Reveal, jednak ma istotne zalety.

Dominik Bieczyński
leonow32@gmail.com

Czytaj więcej:

[1] Reveal User Guide – https://bit.ly/3V5UxJn
[2] Reveal Troubleshooting Guide – https://bit.ly/3UORJ2Q

REKLAMA

eprasa.pl a0c98eea7b

koktajl niusów

Nie żyje Gordon Earle Moore – jeden z założycieli firmy Intel

24 marca 2023 roku w wieku 94 lat zmarł Gordon Earle Moore. Był autorem tzw. prawa Moore'a oraz współzałożycielem firmy Intel w lipcu 1968 roku. Moore pełnił funkcję wiceprezesa wykonawczego tej firmy do 1975 roku, stając się następnie jej prezesem i dyrektorem generalnym. Nieprzerwanie piastował to stanowisko do 2006 roku, po czym przeszedł na emeryturę.

Urodzony 3 stycznia 1929 roku Gordon Earle Moore wychował się w Kalifornii. Przyszedł na świat w San Francisco, jako syn Waltera Harolda oraz Florence Almiry (Williamson) Moore. Studiując w California Institute of Technology, Moore stał się doktorem chemii w 1954 roku, a następnie rozpoczął staż badawczy w Johns Hopkins Applied Physics Laboratory w Maryland i powrócił do Kalifornii w 1956 roku.

Zatrudnił się w firmie Shockley Semiconductor, gdzie poznał Roberta Noyce'a. Obaj współpracowali z Williamem Shockleyem – fizykiem i jednym z twórców tranzystora. Rok później założyli Fairchild Semiconductor, gdzie odegrali kluczową rolę w produkcji układów scalonych i tranzystorów krzemowych. Zaledwie 11 lat później Moore oraz Noyce założy firmę Intel. Zwerbowali do niej Andy'ego Grove'a – przyszłego prezesa firmy. W trójkę sprawili, że Intel stał się jedną z najbardziej znanych firm na świecie. Ich dziedzictwo trwa niepodzielnie do dziś.

Moore przewidział, że liczba tranzystorów w układach scalonych będzie się podwajała co 2 lata. Stwierdzenie to stało się znane jako prawo Moore'a. Do jego sformułowania doszło po raz pierwszy w 1965 roku, ale po 10 latach uległo zmianom (na początku Moore uważał, że do podwajania liczby tranzystorów dochodzi co każdy kolejny rok).

W 1990 roku Moore otrzymał Narodowy Medal Technologii, od prezydenta George'a H.W. Busha, a za panowania prezydenta George'a W. Busha Prezydencki Medal Wolności – najwyższe cywilne odznaczenie państwowe USA (było to w 2002 roku). Po przejściu na emeryturę podzielił swój czas między Kalifornię i Hawaje, stając się filantropem. Starał się uczynić świat dużo lepszym miejscem dla przyszłych pokoleń. Był pod tym względem człowiekiem z ogromnymi pasjami i ambicjami.

https://bit.ly/429gJV9

Rozszerzona oferta narzędzi i urządzeń pomiarowo-testowych w firmie Farnell

Inżynierowie zajmujący się testami mogą już skorzystać z kompleksowej oferty zawierającej blisko 62 tysiące produktów, które można zamówić m.in. w Europie. Firma Farnell wyruszyła z nową kampanią, zapewniając szeroki zakres rozwiązań od różnych dostawców. Od teraz klienci mają zagwarantowany dostęp do rozwiązań ponad 28 firm – w tym: AMETEK, Keysight Technologies, National Instruments (NI), Pico Technology, Rohde & Schwarz, Weller i Tektronix.

Firma Farnell z nieskrywaną dumą wspiera klientów na każdym etapie projektów. We współpracy z dostawcami firma oferuje specjalistyczny wybór: oscyloskopów, mobilnego sprzętu testowego, oprogramowania czy narzędzi do pracy ręcznej, aby umożliwić tworzenie unikatowych rozwiązań po przystępnych cenach.

https://bit.ly/44ihQ6U

Fotowoltaiczny system baterii Powerwall firmy Tesla odpowiedzią na przerwy w dostawach prądu

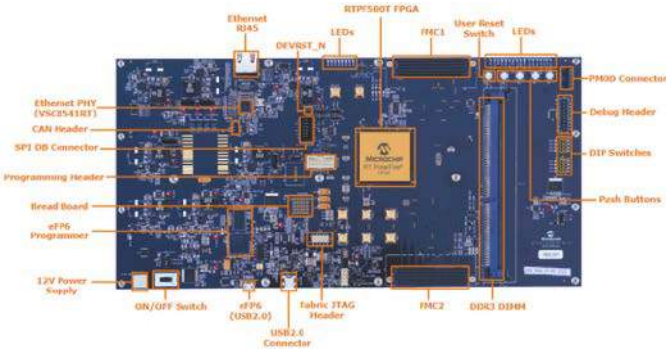
System baterii Powerwall znajdzie zastosowanie niemal w każdym domu – charakteryzuje się nieskomplikowaną instalacją, współpracuje z wieloma systemami fotowoltaicznymi i odznacza się minimalistycznym wzornictwem. Całkowite uniezależnienie się od sieci energetycznych to cel, który przyświeca temu rozwiązaniu. Powerwall oferuje napięcia sieciowe: 120 V i 240 V o częstotliwości nominalnej 60 Hz. Na wyjściu systemu przeciętna moc czynna nie przekracza 5 kW, natomiast szczytowa moc czynna to 7 kW. System baterii

eprasa.pl a0c98eea7b

firmy Tesla dostarcza maksymalnie 13,5 kWh energii, a jego sprawność dochodzi do ok. 90%. Powerwall może pracować w temperaturze z zakresu od –20 do 50°C.

System można zamontować na podłodze i ścianie zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz. Dzięki rozbudowanej aplikacji mobilnej systemem można zarządzać zdalnie. Przewidziano m.in. śledzenie poboru energii oraz natychmiastowe alerty. Całkowita waga systemu wynosi 114 kg, a jego wymiary to 115×75,3×14,7 cm. System Powerwall realizuje klasy szczelności: IP56 i IP67.

https://www.tesla.com/pl_pl/powerwall



RT PolarFire Development Kit – zestaw rozwojowy do kosmicznych aplikacji firmy Microchip Technology

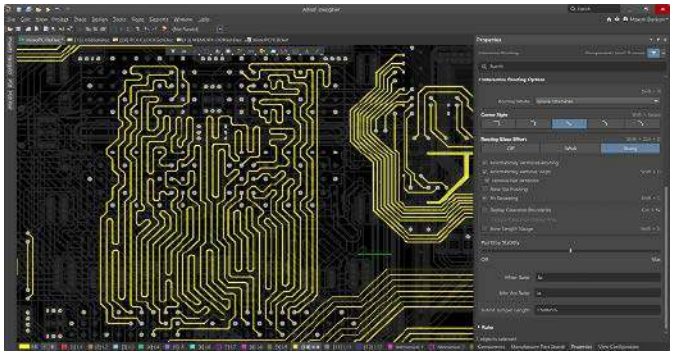
Zestaw rozwojowy RT PolarFire Development Kit pozwala na realizację wielu zadań, takich jak algorytmy DSP, przetwarzanie obrazu czy systemy sterowania. Układ FPGA o oznaczeniu RTPF500T PROTO jest wyposażony w 481 tysięcy elementów logicznych, pamięć SRAM o pojemności 33 Mb, 1480 bloków DSP i 24 transceivery, z których każdy zapewnia przepustowość 10 Gb/s oraz szeregowe i równoległe interfejsy. Na płytce zestawu rozwojowego są przyciski, diody LED, przełączniki DIP, 2 złącza HPC FMC (dla wielu modułów rozszerzeń), złącze DIMM DDR3, gniazdo Gigabit Ethernet, pole lutownicze o 25 otworach, złącze CAN, złącze PMOD, pamięci QSPI oraz SPI Flash o pojemnościach 1 Gb oraz interfejs USB-UART. W zestawie został zintegrowany programator FlashPro6 do konfiguracji układu RTPF500T PROTO przy użyciu kabla USB. Pomyślano również o specjalnym złączu JTAG dla programatorów zewnętrznych.

Obecny w zestawie rozwojowym układ RT PolarFire Development Kit układ FPGA jest odporny na kosmiczne promieniowanie (rad-hard) – ma zwiększoną odporność na zjawiska Single Event Upsets (SEU). Środowisko projektowo-symulacyjne to Libero SoC, które należy uzupełnić o platynową licencję (Platinum license). Daje to możliwość użycia RT PolarFire Development Kit m.in. w aplikacjach z łącznością satelitarną. Jak wyjaśnia wiceprezes ds. marketingu produktów FPGA w firmie Microchip Technology, Shakeel Peera: „Nasza platforma rozwojowa zawiera rozwiązania bardzo ważne dla prototypowania. To dzięki niej użytkownicy mogą sprawdzić działanie transceiverów i przetestować algorytmy sterowania, przetwarzania DSP czy komunikacji”.

https://bit.ly/3LmSYC2

Otwarcie biura regionalnego firmy Altium w Korei Południowej

Nowe biuro zapewni lepszą obsługę klientów na rynku południowokoreańskim. Jest to ważny krok do przodu dla firmy Altium, która aktywnie podbija świat. Siedzibą biura jest Seul – stolica Korei Południowej. Będąca trzecim największym producentem elektroniki na świecie Korea Południowa stanowi najważniejszy bodziec rozwoju firmy Altium. Firma postanowiła rozszerzyć działalność w tym kraju, zakładając biuro regionalne w Seulu. Ma to zapewnić korzystniejsze wsparcie dla miejscowych klientów. Ich przyjęcie stanie się o wiele szybsze, a nowi interesanci będą lepiej wspierani. Są to zaplanowane na najbliższe 5 lat działania Altium w Korei Południowej.



Firma spodziewa się ogromnych zysków z tytułu wspomnianych działań. Jak wyjaśnia dyrektor generalny oddziału firmy Altium w Korei Południowej, Pelle Chiari: „Firma Altium działa w Korei Południowej od ponad 5 lat, nawiązując kontakty z miejscowymi branżami: elektroniki użytkowej, automatyki przemysłowej czy motoryzacji. Powstanie biura regionalnego w Seulu, a także powołanie nowego zespołu ds. współpracy z podmiotami ma pozwolić lepiej zrozumieć klienta południowokoreańskiego. Będzie to odpowiedź z naszej strony na wszystkie jego potrzeby”.

https://bit.ly/3nhs1Ia

Rozwiązania firmy Rohde & Schwarz do niezawodnej komunikacji pozahoryzontalnej w Norwegii

W Norwegii zapotrzebowanie na łączność pozahoryzontalną nigdy nie maleje. Wynika to przede wszystkim z górzystych terenów kraju. Łączność satelitarna nie zawsze jest w Norwegii możliwa. Dostrzegła to firma Rohde & Schwarz, która zaoferowała własne nadajniki radiowe R&S SK4110 HF. Moc każdego z nich równa jest 10 kW i są chłodzone cieczą. W skład nadajników radiowych R&S SK4110 HF wchodzą dobrej jakości urządzenia SDR (Software Defined Radio) z rodziny R&S M3SR Series4100. Zadaniem tych urządzeń jest dość skuteczna obsługa ruchu sieciowego (IP) i ustanawianie transmisji danych. Nadajniki radiowe R&S SK4110 HF zostaną uruchomione w 20 lokalizacjach w Norwegii. Zapewnią one łączność pozahoryzontalną dla potrzeb wojska w każdych warunkach. Jak wyjaśnia dyrektor generalny oddziału firmy Rohde & Schwarz w Norwegii, Ove Ladegård: „Nadajnik radiowy R&S SK4110 HF spełnia wymogi komunikacji pozahoryzontalnej, w tym konieczności zapewnienia dużej przepustowości wielu kanałom radiowym. Innowacyjna koncepcja chłodzenia zdecydowanie obniża koszty jego utrzymania. Nadajnik pozwoli na budowę bezprzewodowej sieci komunikacji, którą będzie można zintegrować z istniejącą infrastrukturą radiową”.

https://bit.ly/3ViveDG

Toyota Corolla z napędem hybrydowym piątej generacji

Tegoroczna odsłona pojazdu otrzymała aż 2 nowe napędy hybrydowe piątej generacji, które dają sporo przyjemności z jazdy. Samochód może poruszać się w bezemisyjnym trybie elektrycznym (EV) przez średnio 80% czasu jazdy po miastach. Potwierdziły to, w istocie, testy przeprowadzone w warunkach zimowych na ulicach Poznania. Badania wydajności napędu hybrydowego piątej generacji zostały wdrożone z końcem

eprasa.pl a0c98eea7b

2022 roku. Samochód wyposażony w urządzenia do pomiarów telemetrycznych, produkcji TEKOM Technologia, pięciokrotnie pokonał trasę o długości: 11,9 km. Była to trasa wytyczona ulicami Poznania. Przejazdy po suchej nawierzchni, w temperaturze kilku stopni powyżej zera zajęły mu ponad 33 minuty. Podczas przejazdów pomiary czasu jazdy w trybie EV miały wartości 80%. Umożliwiła to zwłaszcza bateria o większej pojemności i mocniejsze silniki elektryczne.

Nowa bateria litowo-jonowa jest mniejsza i lżejsza od poprzedniej. Jej moc wyjściowa wzrosła o ok. 14%. Silniki elektryczne o większej mocy pozwalają jeździć bez udziału jednostki spalinowej przy dużych prędkościach i wpływają na wyższą moc całkowitą napędu. Napędy hybrydowe piątej generacji to flagowa zmiana w ramach faceliftingu Toyoty Corolli. Najnowsza wersja samochodu rozpędza się od 0 do 100 km/h w 9,1 s – w wypadku silnika o pojemności 1,8 l lub od 0 do 100 km w 7,4 s – w wypadku silnika o pojemności 2 l. Emisje CO_2 są przy tym niskie i wynoszą kolejno: do 100 g/km oraz do 98 g/km.

https://bit.ly/41MX5OS

Bottneuro stosuje technologię firmy Samsung, by udostępniać rozwiązania do diagnozowania i leczenia choroby Alzheimera

Spółka Bottneuro wybrała tablet Galaxy Tab S8+ Enterprise Edition z firmy Samsung do przechowywania i rejestrowania danych terapeutycznych we własnym rozwiązaniu. Tablet ten upraszcza obsługę rozwiązania Bottneuro dzięki interfejsowi graficznemu. Pacjenci cierpiący na demencję częstokroć doświadczają redukcji funkcji poznawczych – a to sprawia, że potrzeba im intuicyjnego w obsłudze urządzenia. Dzięki intuicyjnemu interfejsowi tablet Galaxy Tab S8+ Enterprise Edition stanowi niezwykle dobre dopełnienie rozwiązania Bottneuro. Tablet ten zapewnia sporo możliwości – jest wyposażony choćby w wyświetlacz Super AMOLED, który gwarantuje klarowną wyrazistość obrazu. Galaxy Tab S8+ Enterprise Edition zasila bezpośrednio neurostymulator Miamind. Kiedy zabiegi zostają zakończone, urządzenie przesyła informacje diagnostyczne i lecznicze od rozwiązania Bottneuro poprzez sieci 5G, dzięki czemu pacjenci mogą diagnozować się i leczyć w swoim domu. Tablet z firmy Samsung można indywidualnie skonfigurować za pomocą aplikacji Knox, która zapewnia prywatność i ochronę poufnych danych razem z dokumentacją medyczną. Firma Samsung współpracuje z Bottneuro od 2021 roku.

https://bit.ly/40O9osV

Apple prezentuje usługę Shop with a Specialist over Video

Klienci w Stanach Zjednoczonych mogą skontaktować się i odbyć wideorozmowę ze specjalistą Apple. W ten sposób można nabywać smartfony iPhone, w tym iPhone 14 oraz iPhone 14 Plus. Usługa Shop with a Specialist over Video łączy klientów, którzy są zainteresowani kupnem iPhone'a z zespołem sprzedażowym poprzez wideorozmowę. Nowa usługa pozwala obejrzeć najnowsze modele, odkryć istotne funkcje, a także poznać ofertę programu Apple Trade In, sposoby przejścia na system operacyjny iOS i użyteczne opcje finansowania. Po rozpoczęciu połączenia klienci mogą porównać funkcje, kolory i rozmiary urządzenia, a następnie znaleźć najlepszą ofertę dla siebie.

Usługa Shop with a Specialist over Video jest polecana osobom, które są w Stanach Zjednoczonych. Jest ona zapewniana codziennie w godzinach 7...19 czasu pacyficznego. Podczas wideorozmowy osoba z zespołu sprzedażowego Apple jest obecna w kamerze wraz z udostępnianym przez siebie ekranem. Jeżeli sesja jest niedostępna lub jeżeli klient chce uzyskać dostęp do strony w innych godzinach, może skontaktować się za pomocą telefonu lub czatu, 24 godziny na dobę.

https://bit.ly/41RYIuO

Biuro stylistyczne Pininfarina zaangażowane w projekt elektrycznego pojazdu Izera

Firma ElectroMobility Poland (EMP) współpracuje z biurem stylistycznym Pininfarina nad projektem stylistyki gamy modelowej polskiej marki samochodów elektrycznych Izera. Współpraca obydwu firm obejmuje design 3 modeli: SUV-a, hatchbacka i kombi. Ogłoszenie współpracy między EMP a włoskim studiem stylistycznym Pininfarina nastąpiło 21 marca 2023 roku podczas spotkania przedstawicieli obydwu firm z mediami w Instytucie Wzornictwa Przemysłowego w Warszawie. Ogłoszeniu temu towarzyszyły różne warsztaty z projektowania, a także zapowiedź programu stażowego w Turynie dla młodych projektantów. Współpraca ze studiem stylistycznym obejmuje projekty nadwozi i wnętrz, a także interfejsy HMI (Human-Machine Interface) gamy modelowej 3 samochodów elektrycznych.

Auta elektryczne Izera zostaną zbudowane na bazie platformy SEA. Jak wyjaśnia dyrektor rozwoju technicznego produktu w firmie ElectroMobility Poland (EMP), Łukasz Maliczenko: „Możliwość współpracy z utytułowanym, doświadczonym partnerem, jakim jest Pininfarina, to kolejny krok na drodze do seryjnej produkcji Izery. Jako nowa marka musimy odnaleźć własną przewagę na bardzo konkurencyjnym rynku. Ponadczasowy oraz atrakcyjny design ma być tą z cech, które wyróżnią Izerę. Współpraca naszych projektantów z biurem Pininfarina oznacza, w całej istocie, gwarancję, że stylistyka Izery zaistnieje przy zachowaniu różnych standardów branżowych. Kooperacja Izery z wiernym partnerem, o bardzo ugruntowanej pozycji w branży, to jasny sygnał dla rynku, że projekt jest na dobrej ścieżce i rozwija się zgodnie z planem oraz przyjętymi założeniami".

https://izera.pl/dla-mediow/

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@elportal.pl

eprasa.pl a0c98eea7b

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 6/2023

Zdalna migawka – rShutter

Wykonując sporo zdjęć produktowych i nie tylko, dość często korzystamy z samowyzwalacza. Nie jest to ani zbyt nowoczesne, ani wygodne rozwiązanie. Poszukując rozwiązania alternatywnego, od razu na myśl przychodzi wyzwalanie zdalne, gdyż większość lustrzanek (i nie tylko) ma taką funkcjonalność. Jest to nic innego, jak możliwość wyzwalania migawki za pomocą pilota zdalnego sterowania na podczerwień. Oryginalne urządzenia tego typu mają absurdalną, jak na swoje możliwości i stopień komplikacji, cenę, zaś dostępne na rynku zamienniki, mimo że bardzo tanie, nie odznaczają się zbyt wysoką jakością wykonania. Jako że urządzenia tego typu są banalne w swojej konstrukcji, można samemu zbudować projekt tego rodzaju.

Termometr różnicowy

Jeden termometr mierzy temperaturę jednego obiektu. Jeżeli interesuje nas różnica temperatur np. pomiędzy dwoma punktami instalacji CO, to należy użyć dwóch przyrządów i wynik obliczać. Na szczęście istnieje lepsze rozwiązanie – można zastosować termometr różnicowy, który zmierzy temperaturę z dwóch czujników jednocześnie, wyświetli ich wartości oraz wartość różnicy tych temperatur. Wszystkie wyniki pokazywane są przy użyciu czterocyfrowych wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED. Zastosowanie wyświetlaczy o różnych barwach ułatwi identyfikację wskazań.

Stereofoniczny limiter/ogranicznik sygnału audio

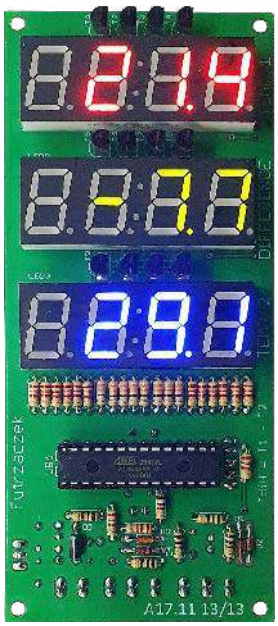
Limiter (ogranicznik) znajduje zastosowanie jako układ zabezpieczający tor audio przed skutkami przesterowania. Może być włączony w tor mikrofonowy, zapobiegając przesterowaniu przedwzmacniaczy, nadajników radiowych, układów rejestrujących lub przed wejściem końcówki mocy, zabezpieczając zarówno końcówkę mocy, jak i współpracujące głośniki przed przeciążeniem przesterowanym sygnałem audio. Urządzenie zawiera specjalizowany układ NJM2761 firmy JRC, który w swej strukturze zawiera dwa wzmacniacze (tor stereo), stopień regulowanego wzmocnienia oraz detektory poziomu sygnału, czyli wszystko, co jest niezbędne do budowy limitera.

Przetwornik prądu przemiennego z transformatorem prądowym

Pomiar prądu przekładnikiem prądowym jest najprostszą metodą pomiaru zapewniającą separację galwaniczną. Przekładnik TA12-200 firmy YDHC wykonany w formie zalewanej cewki toroidalnej z otworem, przez który przeprowadzamy przewód z mierzonym prądem – stanowi on pierwotny zwój uzwojenia przekładnika. Prąd z przekładnika mieści się w zakresie 0...2,5 mA przy prądzie obwodu pierwotnego 0...5 A. Sygnał napięciowy na wyjściu urządzenia jest przesunięty do 50% napięcia referencyjnego, dzięki czemu możliwy jest pomiar prądu przemiennego.

Tematy wiodące w EP 6/2023:

- Kierunek edukacji – elektronika
- Kontrolery silników bezszczotkowych



Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 31
ARMEL 11
BORNICO 17
COMPUTER CONTROLS 7
CONTRANS TI 9
CRC INDUSTRIES EUROPE 95
ELMAX 73
FARNELL 45, 82
FAULHABER 84, 85, 103
FERYSTER 11
FINDER 59, 78
GAMMA 11, 49, 62
HAMMOND 15
HIK-CONSULTING 13, 19
ŁUKASIEWICZ – PIAP 117, 132
MICROS 5, 96
PIEKARZ 11, 76, 77
SEMICON 91, 96
TME 47, 60
ZETTLER 80

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22 (godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

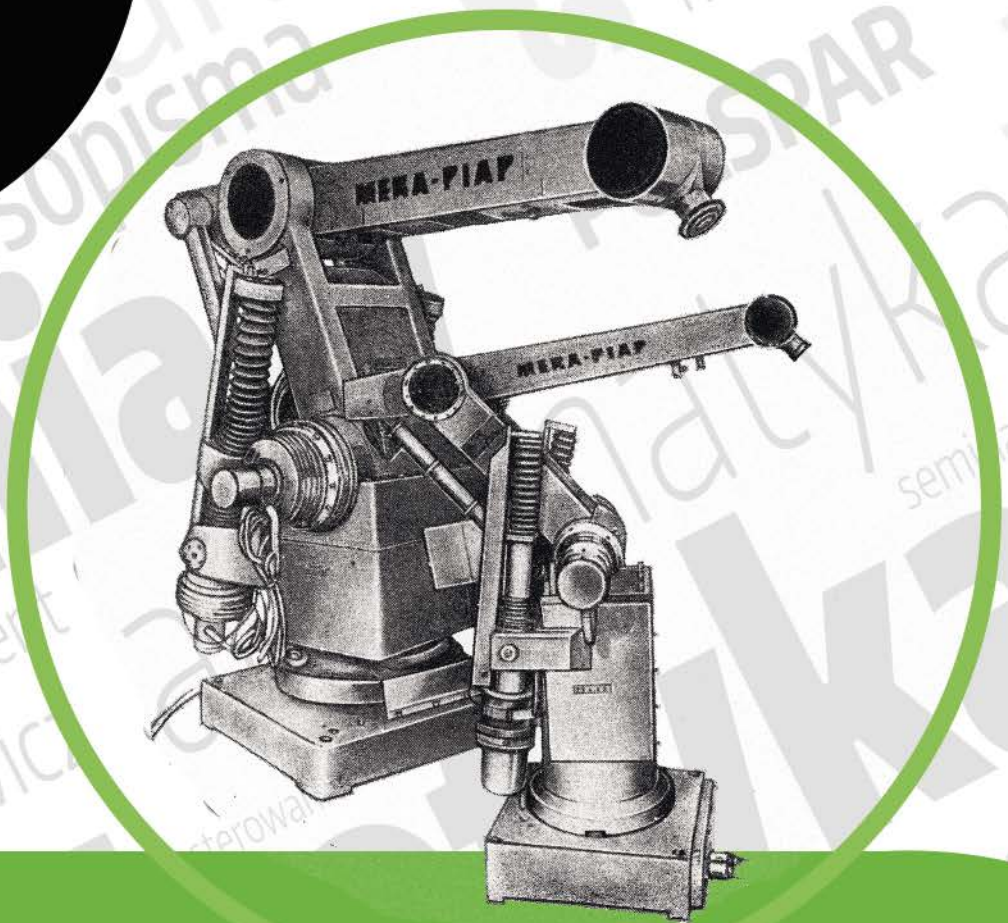
Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

eprasa.pl a0c98eea7b

Łukasiewicz
PIAP

roborepo
roborepo.pl



REPOZYTORIUM ROBOTYKI

– CYFROWE KOMPENDIUM WIEDZY O ROBOTYCE I NIE TYLKO

- Podsumowanie pięciu dekad rozwoju robotyki i dziedzin pokrewnych w zdigitalizowanej formie.
- Przeszłość i teraźniejszość w jednej interaktywnej bazie wiedzy.
- Bezpłatny dostęp do zgromadzonych w Łukasiewicz – PIAP prac naukowych, badawczych i rozwojowych, a także raportów z badań, opisów projektów i filmów z wdrożeń.

Fundusze Europejskie
Polska Cyfrowa

Rzeczpospolita Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego

Projekt Repozytorium Robotyki – cyfrowe udostępnianie zasobów nauki z obszaru robotyki realizuje Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa. Projekt jest współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

eprasa.pl a0c98eea7b