Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● lipiec ● 7/2025 ●

Tylko Prenumeratorzy

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



KABLE I PRZEWODY W URZĄDZENIACH ELEKTRONICZNYCH

TEMAT NUMERU

inspirujące, użyteczne projekty

• „Bomba” wielofunkcyjna • Minimoduły cyfrowego audio – przetworniki A/D i D/A

podzespoły, sprzęt, aplikacje

• Przewody i złącza spełniające najwyższe standardy jakości • Więcej niż kable, czyli o znaczeniu akcesoriów do przewodów • Chińska sonda różnicowa – czy da się tanio wykonywać dokładne pomiary oscyloskopowe? • Czujniki gazu, dymu i jakości powietrza • Kable i przewody w urządzeniach elektronicznych

tutoriale

• Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych Wykrywanie dymu • Pomiary zespołów głośnikowych • Przekaźniki w torze sygnałowym • Druk 3D w służbie elektroniki • Bezodpadowe technologie wytwarzania elementów metalowych lub pokrytych metalem • Tętnienia w filtracji zasilania

kursy

• Programowanie w środowisku MicroPython. I²C i zegar czasu rzeczywistego • Kurs DSP Audio, czyli SigmaDSP dla każdego. Cyfrowy interfejs Audio



ISSN 1230-3526 Indeks 357677 07 9 771230 352252 18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE 8 EUR

CZUJNIKI GAZU, DYMU I JAKOŚCI POWIETRZA

eprasa.pl 72d35c54c0

prenumerata

–20%
NA START
181,40 zł

–30%
po pierwszym roku prenumeraty
158,80 zł

–40%
po drugim roku prenumeraty
136,10 zł

–50%
po trzecim roku nieprzerwanej prenumeraty
113,40 zł

Odkryj korzyści z prenumeraty drukowanej – większe oszczędności z każdym rokiem!

Rozpocznij swoją przygodę z *Elektroniką Praktyczną*. Decydując się teraz na roczną prenumeratę drukowaną, otrzymasz nie tylko dostęp do najnowszych wydań, ale i **znakomity start dzięki zniżce 20%** na pierwsze zamówienie!

Prenumerata to nie tylko wygoda dostępu do treści, ale także sposób na znaczące oszczędności. Dołącz do grona naszych stałych czytelników i ciesz się coraz lepszymi warunkami.

Im dłużej jesteś z nami, tym więcej oszczędzasz:
- po roku nieprzerwanej prenumeraty zapewnimy Ci **30% rabatu** na kolejny rok,
- po dwóch latach wierności zaoferujemy **40% rabatu**,
- po trzech latach lojalności osiągniesz **najwyższy poziom rabatu – 50%!**

Jak otrzymać rabat za lojalność?
Zaloguj się na swoje konto prenumeratora na **www.UlubionyKiosk.pl** i zamów prenumeratę, korzystając z przycisku PRZEDŁUŻ w zakładce „Prenumeraty".

Przeglądaj wcześniej, płać mniej – postaw na e-prenumeratę!

Wybierz prenumeratę cyfrową PDF i ciesz się dostępem do czasopisma nawet 7 dni przed oficjalną premierą w kioskach. Oszczędzaj czas i pieniądze – skorzystaj z **rabatu 30%** na roczną e-prenumeratę w cenie 126,90 zł.

Dodatkowa oferta dla prenumeratorów wersji drukowanej: jeśli już subskrybujesz wersję papierową, możesz dokupić równoległe e-wydania w cenie 36,20 zł/rok – z niesamowitym **rabatem 80%**.

Zyskaj nieograniczony dostęp do zasobów dla pasjonatów elektroniki!

Tylko prenumeratorzy mają pełny dostęp do:
- artykułów przed ich publikacją w *Elektronice Praktycznej* na www.ep.com.pl – EP W TOKU
- materiałów dodatkowych (takich jak pliki źródłowe projektów) na www.UlubionyKiosk.pl/media

Zamów prenumeratę drukowaną lub e-prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl lub przez przelew na konto Wydawnictwa AVT, a po zaksięgowaniu wpłaty wyślemy Ci mailowo kod dostępu do portalu.

Zacznij korzystać z pełnych zasobów już dziś!

Zamów prenumeratę lub e-prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl/prenumerata
tel. 22 257 84 22 (godz. 10–14) | prenumerata@avt.pl | AVT Korporacja sp. z o.o. ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa
rachunek bankowy: 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

Kosmos w barwach biało-czerwonych



Na początku lipca 2025 r. chyba trudno byłoby znaleźć w Polsce kogoś, kto nie słyszałby o locie Sławosza Uznańskiego-Wiśniewskiego w kosmos. Jak wszyscy doskonale wiemy, jest to drugi – po gen. Mirosławie Hermaszewskim – Polak, który poleciał w przestrzeń kosmiczną. A zarazem pierwszy, który eksperymenty (przewidziane dla niego w ramach polskiej misji Ignis) będzie prowadził na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS).

Dla nas – polskich elektroników – jest to wydarzenie podwójnie istotne i niezwykle doniosłe. Nie tylko ze względu na narodowość astronauty, ale także z uwagi na jego wykształcenie zawodowe. Być może nie wszyscy wiedzą, że dr Sławosz Uznański-Wiśniewski jest z wykształcenia... elektronikiem. Jego spore doświadczenie ma zresztą silny związek branżą kosmiczną, bowiem obszarem zainteresowań naukowych drugiego Polaka w kosmosie jest elektronika typu rad-hard, czyli odporna na promieniowanie kosmiczne.

Lot polskiego astronauty na ISS zbiega się zresztą w czasie z bardzo gwałtownym rozwojem polskiego sektora elektroniki kosmicznej. Choć już od kilkunastu lat słyszymy w mediach o próbach zaistnienia niektórych polskich firm w kosmosie, to dopiero teraz działania czołowych przedstawicieli tej branży w Polsce zaczynają przynosić naprawdę wymierne korzyści – nie tylko technologiczne i finansowe, ale także wizerunkowe. I to w skali (przynajmniej) europejskiej. Myślę tutaj o trzech firmach, o których także trudno byłoby nie słyszeć, jeżeli tylko choć trochę interesujemy się kosmosem. Przykładowo – wrocławska firma Thorium Space podpisała niedawno ze spółką Creotech Instruments z Piaseczna umowę o szeroko zakrojonej współpracy, której celem będzie zbudowanie (wg planu do 2030 roku) pierwszego polskiego satelity telekomunikacyjnego. 3 lipca br. media obiegła za to wiadomość, że inna wrocławska firma – Scanway – podpisała z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA) kontrakt na akwizycję i przetwarzanie zdjęć satelitarnych w ramach planowanej misji księżycowej. A to zaledwie kilka spośród dziesiątków sukcesów, którymi mogą pochwalić się trzy wymienione spółki – lista wciąż się wydłuża. Podobnie szybko, jak rośnie zainteresowanie (zarówno naukowców, jak i przedsiębiorców oraz rządzących) polskim udziałem w eksploracji oraz… eksploatacji przestrzeni kosmicznej.

Gwoli ścisłości należy dodać, że udział Polaków oraz polskich instytucji i przedsiębiorstw w dotychczasowych misjach kosmicznych jest znacznie szerszy, czego dowodem może być chociażby życiorys prof. Mirosława Bekkera, którego ogromny wkład w skonstruowanie m.in. księżycowego pojazdu Lunar Roving Vehicle (LRV), zastosowanego podczas misji Apollo 15, 16 i 17, jest w naszym kraju zdecydowanie zbyt słabo rozsławiony. Takich przykładów – mniej lub bardziej spektakularnych – można byłoby przytoczyć więcej, dopiero teraz jednak można uznać, że działania polskiego sektora kosmicznego stają się lepiej skoordynowane, dzięki czemu zresztą zyskują niemałe finansowanie, m.in. od inwestorów prywatnych czy międzynarodowych agencji kosmicznych. O tym, jak duże znaczenie może to mieć dla naszej gospodarki, chyba nie trzeba nikogo przekonywać. Kwestią, która cieszy mnie jednak jeszcze bardziej, jest wpływ „szumu medialnego" (związanego głównie z lotem polskiego astronauty na ISS) na motywację młodych Polaków do wybrania swojej ścieżki kariery zawodowej właśnie w sektorze technologii. Jak wiadomo, taki zastrzyk pozytywnej energii i dobry wzorzec do naśladowania są w obecnych czasach szczególnie cenne.

Tematyka branży space jest mi zresztą niezwykle bliska w wymiarze osobistym i traktuję ją ze sporym sentymentem. Zanim trafiłem do sektora medycznego i dałem się mu pochłonąć niemal w całości, miałem przyjemność przez kilka lat pracować w zespole projektującym aparaturę telekomunikacyjną dla satelitów studenckich Europejskiej Agencji Kosmicznej. Do zespołu trafiłem na pierwszym semestrze moich pierwszych studiów. Co ciekawe, ta przygoda z elektroniką kosmiczną zaczęła się całkowicie przypadkowo. Jednym z najwcześniej realizowanych kursów na ówczesnym Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej były postawy informatyki. Choć sam przedmiot był dość banalny i dotyczył użycia takich narzędzi, jak Microsoft Word czy Excel (np. do obróbki danych z pomiarów czy pisania prac naukowych i raportów), to do jego prowadzenia przydzielono Profesora, który od wielu lat bardzo intensywnie współpracował z międzynarodowymi agencjami kosmicznymi i miał w tym w kierunku naprawdę doniosłe osiągnięcia. Warto bowiem podkreślić, że na zewnętrznej osłonie modułu Columbus – zaawansowanego laboratorium, będącego integralną częścią Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, w którym znajduje się obecnie nasz astronauta – już od przeszło 17 lat bezawaryjnie pracują zaawansowane anteny mikropaskowe, opracowane przez zespół wspomnianego naukowca. Kiedy zatem wykładowca opowiedział otym projekcie (a także o innych, kolejnych realizacjach, prowadzonych wspólnie z ESA i jej partnerami komercyjnymi) – od razu wiedziałem, że muszę znaleźć się w tym zespole. I tak się zaczęło. Praca pod skrzydłami wybitnego specjalisty dała mi niezwykle cenne doświadczenie. I choć w międzyczasie całkowicie „wciągnęła" mnie aparatura medyczna, do tej pory świetnie wspominam kilka lat spędzonych w laboratoriach PWr czy na wyjazdach szkoleniowych.

W tym miejscu uchylę rąbka tajemnicy i dodam, że w naszych redakcyjnych planach znajdują się pewne pozycje związane właśnie z elektroniką kosmiczną. Mam nadzieję, że w niedalekiej przyszłości będziemy mogli zaproponować naszym Czytelnikom niezwykle interesującą lekturę powiązaną z tą szalenie ciekawą tematyką.

Na razie jednak zejdźmy z powrotem na Ziemię, gdzie na Czytelników EP czeka najnowszy, lipcowy numer. Poruszamy w nim tematykę kabli, przewodów i złączy – w tym tych specjalistycznych, przeznaczonych do najbardziej wymagających aplikacji – a także czujników gazów, dymu czy jakości powietrza. Ponadto przygotowaliśmy recenzję niedrogiej, dalekowschodniej sondy różnicowej do oscyloskopu, ostatnie części cyklów poświęconych pomiarom zespołów głośnikowych i programowaniu procesorów Sigma DSP, a także kolejne odcinki kursu MicroPythona, projektowania i druku 3D oraz użycia czujników w aplikacjach IoT. W tym wydaniu „Elektroniki Praktycznej" witamy także dwóch nowych Autorów – artykuł o bezodpadowych metodach wytwarzania trójwymiarowych elementów metalowych lub pokrywanych metalem, który trafił do działu „Technologie wokół Elektroniki", przygotowali Stanisław Kaczmarek oraz prof. Mariusz Kaczmarek – Dziekan Wydziału Mechatroniki UKW w Bydgoszczy.

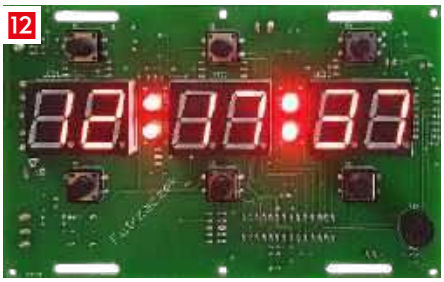
Jak zawsze zapraszam do lektury… i życzę udanego wypoczynku wszystkim tym, którzy swój urlop zaplanowali właśnie na lipiec!

Przemysław Musz

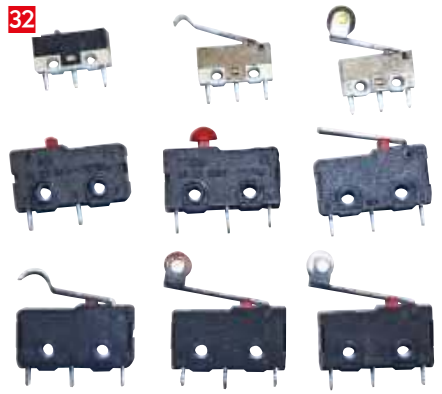
eprasa.pl 72d35c54c0

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 7 (390) • Lipiec 2025











Nie przeocz

Nowe podzespoły 6
Dodaj do obserwowanych 11
Koktajl niusów 84

Projekty

„Bomba” wielofunkcyjna 12

Miniprojekty

Minimoduły cyfrowego audio – przetworniki A/D i D/A (1) 18

Temat numeru: Kable i przewody w urządzeniach elektronicznych

Kable i przewody w urządzeniach elektronicznych 22

Prezentacje

Przewody i złącza spełniające najwyższe standardy jakości 20
Więcej niż kable, czyli o znaczeniu akcesoriów do przewodów 28

Technologie wokół elektroniki

Druk 3D w służbie elektroniki (8) 32
Bezodpadowe technologie wytwarzania elementów metalowych lub pokrytych metalem 43

Sprzęt

Chińska sonda różnicowa – czy da się tanio wykonywać dokładne pomiary oscyloskopowe? 38

Moduły w aplikacjach

Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych (19). Wykrywanie dymu 48

Audio bez tajemnic

Przekaźniki w torze sygnałowym 52
Pomiary zespołów głośnikowych (5) 56

Notatnik konstruktora

Tętnienia w filtracji zasilania 54

Elektronika w praktyce

Czujniki gazu, dymu i jakości powietrza 64

Kursy

Programowanie w środowisku MicroPython (3). I²C i zegar czasu rzeczywistego 69
Kurs DSP Audio, czyli SigmaDSP dla każdego (5). Cyfrowy interfejs Audio 74

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Hity następnego numeru 87

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

eprasa.pl 72d35c54c0



FN-SWM10
Zgrzewarka do ogniw – spawarka punktowa z kolorowym wyświetlaczem i funkcją powerbank FNIRSI SWM10



FN-DPOS-350P
Dwukanałowy oscyloskop 350 MHz, FNIRSI DPOS350P



FN-2C53T
Dwukanałowy oscyloskop z multimetrem i generatorem 50 MHz FNIRSI 2C53T

BESTSELLERY sklepu AVT – sklep.avt.pl

Mierniki Testery FNIRSI

Rabat dla Czytelników EP
przy zakupie podaj kod **EP2505FN**

-3%

Rabat dla Prenumeratorów EP
przy zakupie podaj numer prenumeraty

-6%



FN-LCR-ST1
Miernik pęsetowy, tester elementów FNIRSI LCR-ST1



FN-LCR-P1
Tester elementów FNIRSI LCR-P1



FN-HRM10
Tester rezystancji wewnętrznej akumulatorów FNIRSI HRM-10



FN-G1200
Mikroskop cyfrowy G1200 z wyświetlaczem 7 cali, powiększenie ×1200, tryb foto/video



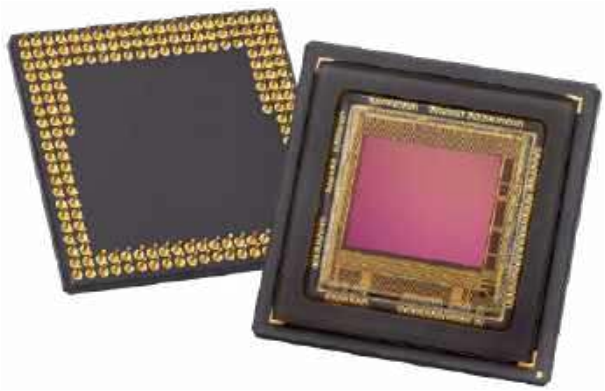
FN-DWS200-F245
Stacja lutownica 200 W z kolbą F245, FNIRSI DWS200



FN-1014D
Oscyloskop dwukanałowy 100 MHz; Generator sygnału DDS, FNIRSI 1014D

nowe podzespoły

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



Szybki czujnik NIR o rozdzielczości 2560×2048 pikseli z trybem HDR

Teledyne e2v informuje o wprowadzeniu na rynek nowego, szybkiego czujnika obrazu, oznaczonego symbolem Lince5M NIR. Jest to matryca CMOS o rozdzielczości 5,2 megapiksela (2560×2048), pracująca w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni (NIR), mogąca znaleźć zastosowanie m.in. w przemyśle czy aparaturze medycznej. Charakteryzuje się rozmiarami piksela 5×5 µm i dużą sprawnością kwantową w obu zakresach widma, sięgającą 35% @ 850 nm. Pracuje z 12-bitową głębią sygnału przy maksymalnej szybkości rejestracji 250 fps. Zawiera 24-kanałowy interfejs LVDS.

Sensor Lince5M NIR został zaprojektowany do zastosowań w najbardziej wymagających aplikacjach, w których niezbędna jest doskonała ostrość przy dużej prędkości rejestracji i w słabych warunkach oświetleniowych, m.in. w sporcie, metrologii przemysłowej oraz inteligentnych systemach monitorowania ruchu drogowego. Pracuje w trybie global shutter, oferując szerokość zakresu dynamicznego 55 dB w trybie standardowym i ponad 100 dB w trybie HDR, co czyni go idealnym do obserwacji scen o dużym kontraście. Całość została wykonana w ceramicznej obudowie PGA o powierzchni 28×28 mm. Może pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –40 do +125°C.

www.teledynevisionsolutions.com

Przedwzmacniacze 36/38 kHz do pilotów zdalnego sterowania IR



Do oferty firmy Vishay wchodzi nowa seria przedwzmacniaczy do pilotów zdalnego sterowania na podczerwień. Układy serii VSOP383xx są produkowane w wersjach o częstotliwości pracy 36 kHz (VSOP38336) i 38 kHz (VSOP38338) i zamykane w obudowach QFN o wymiarach 2×2×0,76 mm. Charakteryzują się szerokim zakresem napięcia zasilania od 2,0 do 5,5 V i większą o 37% czułością od wcześniejszych wersji. Wykazują dużą odporność na zaburzenia ze strony sieci Wi-Fi 2,4/5 GHz oraz na silne światło zewnętrzne, co umożliwia ich pracę również na zewnątrz pomieszczeń.

Przedwzmacniacze z serii VSOP383xx mogą być stosowane jako bezpośrednie zamienniki wcześniejszych modeli o zbliżonych parametrach elektrycznych, niewymagające przeprojektowywania obwodów drukowanych. Są przystosowane do pracy w zakresie temperatury otoczenia od –25 do +85°C. Pobierają typowo 0,35 mA prądu zasilania.

www.vishay.com

Małogabarytowe transformatory do sterowania bramkami tranzystorów w systemach 500-woltowych



Firma TDK opracowała nową serię małogabarytowych transformatorów do sterowania bramkami tranzystorów MOSFET i IGBT. Elementy są produkowane w obudowach o powierzchni 13×11 mm i wysokości 11 mm. Transformatory serii Epcos EP9 uzyskały kwalifikację AEC-Q200 Rev. E. Mogą być stosowane w wymagających aplikacjach e-mobility i przemysłowych o napięciu roboczym do 500 V, w tym w konwerterach o topologii półmostkowej i push-pull, pracujących z częstotliwością taktowania 100...400 kHz. Charakteryzują się bardzo dobrą izolacją i małą pojemnością sprzężenia, wynoszącą 2 pF. Zostały wykonane na bazie rdzenia ferrytowego MnZn. Ich odstęp izolacyjny i droga upływu wynoszą minimum 5 mm. Zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –40 do +150°C.

	Topologia	Przekładnia N1/N2, N3	LN1 (typ.) [µH]	Lleak,N1 (typ.) [µH]	E*dtN1 (maks.) [µVs] (tryb unipolarny/ bipolarny)	RDC,N1 mΩ	RDC,N2 mΩ	RDC,N3 mΩ
B82804E0164A200	Halfbridge	1:2,8:1,53	260	5	20/40	180	1250	780
B82804E0473A200	Push-pull	1:2,9:1	47	1,7	15/30	140	400	160

www.tdk-electronics.tdk.com



Niskoprofilowe enkodery obrotowe o rozdzielczości 10...20 ppr ze sprzężeniem haptycznym

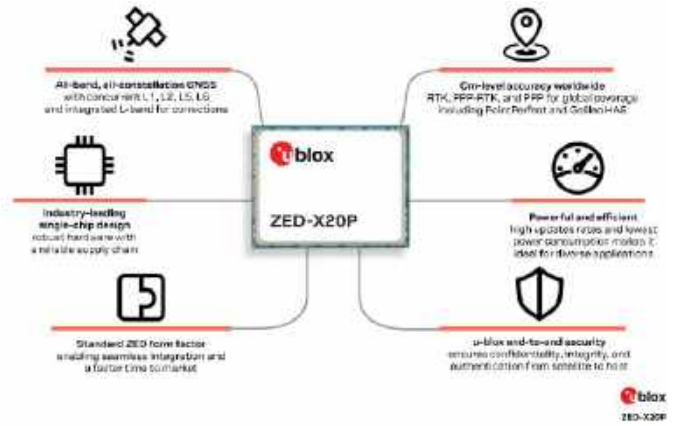
Oddział Motion and Control firmy Same Sky rozszerza ofertę o serię niskoprofilowych enkoderów obrotowych RING, przystosowanych do montażu panelowego. Zawierają one sprzężenie haptyczne zwiększające ergonomię obsługi oraz asymetryczne wyjście

eprasa.pl 72d35c54c0

kwadraturowe. W ramach serii RING dostępne są enkodery inkrementalne z otworem, których średnica zewnętrzna wynosi od 23 do 56,5 mm, a wysokość od 9,5 do 20 mm. Zakres wymiarów otworu to odpowiednio ∅ 5...15,5 mm i ∅ 9...38,5 mm. Enkodery RING nadają się zarówno do aplikacji komercyjnych, jak i przemysłowych. Ich zakres temperatury roboczej rozciąga się od –30 do +80°C. Rozdzielczość wynosi – w zależności od modelu – od 10 do 20 ppr. Średni czas bezawaryjnej pracy to 30 tys. cykli.

Ceny hurtowe enkoderów RING zaczynają się od 2,24 USD przy zamówieniach 100 sztuk.

www.sameskydevices.com



Wielozakresowy odbiornik GNSS o centymetrowej dokładności

Na targach Embedded World 2025 firma u-blox zaprezentowała nowy, wielozakresowy odbiornik GNSS o centymetrowej dokładności, oznaczony symbolem ZED-X20P. Jest to niewielki moduł produkowany na rynek masowy, pozwalający zredukować koszty TCO nawet o 90% w stosunku do wcześniejszych wersji. Może znaleźć zastosowanie w budownictwie, rolnictwie precyzyjnym, górnictwie, monitorowaniu deformacji, dronach, robotach oraz w innych aplikacjach, wymagających dokładności na poziomie centymetrów.

ZED-X20P został zaprojektowany do użytku na rynku globalnym. Może równocześnie odbierać sygnały GNSS z pasm L1, L2, L5 i L6 oraz zapewnia kompatybilność z SBAS, QZSS i NavIC. Do korzystania z usług korekcji GNSS, np. PointPerfect firmy u-blox, nie wymaga dodatkowych modułów sprzętowych. Obsługa standardu Galileo E6 zapewnia darmowy dostęp do serwisu HAS (Galileo High Accuracy Service). Odbiornik może też korzystać z innych, darmowych lub płatnych serwisów RTK, co zwiększa jego elastyczność. Optymalne parametry radiowe zapewnia kompatybilny moduł antenowy ANN-MB2 firmy u-blox.

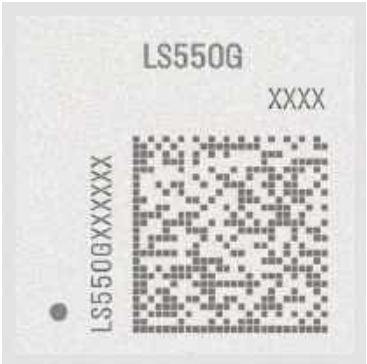
ZED-X20P zawiera kompleksowy system zabezpieczeń, chroniący informacje nawigacyjne, odbierane przez urządzenie host. Obejmuje on m.in. system bezpiecznego rozruchu, podpisywane oprogramowanie firmware oraz wbudowane zaufane źródło (root of trust). Technika dywersyfikacji częstotliwości w całym paśmie (all-band frequency diversity) zwiększa niezawodność transmisji radiowej i odporność na zakłócenia. Cała komunikacja między modułem i hostem jest szyfrowana i autoryzowana.

Pozostałe właściwości:

- obsługiwane konstelacje: GPS, Galileo, BeiDou, NavIC, QZSS,
- obsługiwane pasma: L1C/A, L1C/B, L2C, L5, L6, E1B/C, E5a, E6, B1I, B1C, B2a, B3I,
- wbudowane interfejsy 2× UART, SPI, I²C,
- obsługa serwisów RTK, PPP-RTK i PPP,
- wyprowadzenie do zewnętrznej anteny aktywnej,
- dokładność pozycjonowania: 1,2 m w trybie autonomicznym, 1 cm + 1 ppm w trybie RTK, 3...6 cm w trybie PPP-RTK oraz <10 cm w trybie PPP,
- zakres temperatury roboczej: –40...+85°C,
- wymiary: 22 × 17 × 2,4 mm.

www.u-blox.com

Energooszczędny moduł GNSS o wymiarach 5×5×1,05 mm



LS550G to nowy, energooszczędny moduł GNSS firmy Quectel, zamykany w obudowie o wymiarach 5×5×1,05 mm. Został zaprojektowany do zastosowań w urządzeniach przenośnych, w których kluczowym parametrem jest grubość podzespołów. Umożliwia równoczesny odbiór sygnałów z satelitów GPS,

REKLAMA

SEMICON®

• Przewody
• Oploty
• Wiązki

LEMO



- Sygnałowe
- Światłowodowe
- Koncentryczne
- Wysokonapięciowe



NORTHWIRE
A LEMO Group Company

- Przemysł i automatyka
- Medycyna
- Lotnictwo i obronność
- Broadcast i audio-wideo

NEW ENGLAND WIRE TECHNOLOGIES



- Wielożyłowe
- Hybrydowe
- Nawojowe
- Miedziane oploty

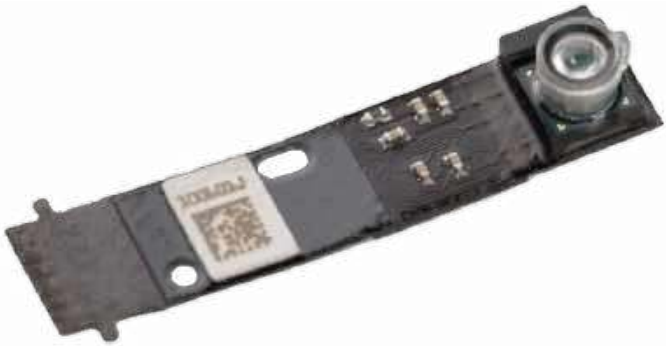
Semicon Sp. z o.o.

ul. Zwoleńska 43/43a, 04–761 Warszawa, 22 615–73–71
semicon.com.pl jszyszko@semicon.com.pl

Innowacyjne produkty
Innowacyjne technologie

GLONASS, Galileo, BDS, QZSS i SBAS, co pozwala zredukować czas ustalania pozycji m.in. w wysokiej zabudowie miejskiej. Zawiera interfejsy UART, I²C i SPI. Wzmacniacz niskoszumowy zapewnia czułość wynoszącą –165 dBm w trybie śledzenia i –147 dBm w trybie akwizycji, bez konieczności współpracy ze wzmacniaczem zewnętrznym. Przy napięciu zasilającym 1,8 V układ pobiera typowo 28 mW mocy, współpracując z sygnałami z 4 konstelacji. Obsługuje technologię EPOC (Enhanced Prediction Orbit on Chip), pozwalającą automatycznie wyznaczać i przewidywać orbity satelitów na bazie efemeryd, zapisanych w wewnętrznej pamięci RAM. Cecha ta pozwala skrócić czas ustalania pozycji przy słabym sygnale wejściowym oraz zwiększa sprawność energetyczną. Układ wyróżnia się dużą odpornością na zakłócenia. Może współpracować z antenami aktywnymi i pasywnymi.

www.quectel.com



Miniaturowy czujnik jakości powietrza o wymiarach 4,4×3,0×20,0 mm

Firma Bosch Sensortec opracowała miniaturowy czujnik jakości powietrza o symbolu BMV080, zamykany w obudowie o wymiarach 4,4×3,0×20,0 mm. Jest najmniejszym obecnie na rynku tego typu czujnikiem, monitorującym w czasie rzeczywistym zawartość cząstek PM1,0, PM2,5 i PM10. Jego objętość jest 450-krotnie mniejsza od objętości jakichkolwiek innych czujników o podobnej funkcjonalności.

BMV080 pracuje z napięciem zasilania od 1,2 do 3,3 V, pobierając <68 mA prądu w stanie aktywnym i <30 µA w trybie uśpienia. Komunikuje się przez interfejsy I²C/SPI. Jest czujnikiem o długim czasie bezawaryjnej pracy, niewymagającym wymuszonego przepływu powietrza ani serwisowania, np. czyszczenia z osadzającego się kurzu. Może znaleźć zastosowanie np. w inteligentnych termostatach, oczyszczaczach powietrza, systemach HVAC i wentylacji oraz w urządzeniach przenośnych. Oferuje zakres pomiaru 0...1000 µg/m³ i rozdzielczość 1 µg/cm³. Jego dokładność wynosi ±10 µg/m³ w zakresie 0...100 µg/m³ oraz ±10% w zakresie 101...1000 µg/m³.

www.bosch-sensortec.com



Moduł Wi-Fi zgodny z wymogami dyrektywy RED 2022/30 w zakresie cyberbezpieczeństwa

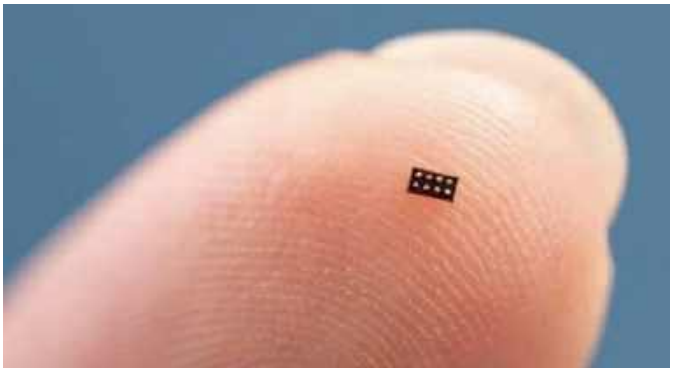
Würth Elektronik wprowadza do oferty nowy moduł Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n o nazwie Cordelia-I, spełniający wymogi dyrektywy RED (Radio Equipment Directive) 2022/30 w zakresie cyberbezpieczeństwa, która od sierpnia 2025 roku stanie się obowiązkowa dla wszystkich urządzeń radiowych na terenie UE. Został on zaprojektowany we współpracy z brytyjską firmą Crypto Quantique, co zapewnia najwyższe standardy branżowe. Może znaleźć zastosowanie w aplikacjach Industry 4.0, Smart City/Smart Home i e-mobility, rolnictwie precyzyjnym oraz w urządzeniach medycznych.

Moduł autonomicznie zarządza bezpiecznymi połączeniami w chmurze, redukując obciążenie współpracującego mikrokontrolera host. Używa protokołu MQTT over TLS. Zawiera element bezpieczeństwa Root of Trust do bezpiecznego generowania i przechowywania kluczy kryptograficznych. Realizuje automatyczną konfigurację urządzeń sieciowych (zero touch provisioning) przy użyciu platformy QuarkLink firmy Crypto Quantique. W trybie „przezroczystym" stanowi bezpieczną bramkę UART-to-Cloud.

Cordelia-I jest zamykany w obudowie o wymiarach 27,5×19×4 mm. Może współpracować z anteną wbudowaną lub zewnętrzną. Charakteryzuje się zakresem temperatury roboczej od –40 do +85°C, poborem prądu mniejszym od 10 µA w trybie czuwania, maksymalną mocą nadajnika +180 dBm i czułością odbiornika –92 dBm.

W ofercie Wurth Elektronik jest dostępny zestaw ewaluacyjny, SDK oraz zestaw narzędzi do komputera PC.

www.we-online.com



Najmniejszy na rynku mikrokontroler o powierzchni 1,38 mm²

Na targach Embedded World firma Texas Instruments zaprezentowała najmniejszy na rynku mikrokontroler, zamykany w obudowie SMD o powierzchni zaledwie 1,38 mm² – mniejszej o 38% od wcześniejszego rekordu. Producent poleca go do zastosowań w akcesoriach medycznych, słuchawkach dousznych i innych urządzeniach przenośnych o małych gabarytach.

MSPM0C1104 to mikrokontroler z rdzeniem ARM Cortex-M0+ taktowanym zegarem do 24 MHz, wyposażony w 16 kB pamięci Flash i 1 kB pamięci SRAM. Zawiera m.in. 12-bitowy, 3-kanałowy przetwornik A/C typu SAR, 6 linii GPIO, 1-kanałowy kontroler DMA, akcelerator CRC-16, zestaw timerów i czujnik temperatury. Komunikuje się za pośrednictwem interfejsów UART, SPI i I²C. Wbudowany oscylator o dokładności 2% eliminuje konieczność dołączania zewnętrznego rezonatora kwarcowego.

MSPM0C1104 akceptuje napięcie zasilania z zakresu od 1,62 do 3,6 V. Może pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –40 do +125°C. Jego ceny hurtowe zaczynają się od 0,16 USD przy zamówieniach 1000 sztuk.

www.ti.com

Miniaturowe przełączniki z serii PTS845 w wersji o żywotności zwiększonej do 1 miliona godzin



Firma Littelfuse wprowadza do oferty nowe wersje miniaturowych przełączników z serii PTS845; obecnie oferują one żywotność sięgającą 1 miliona godzin. Są to komponenty zaprojektowane do aplikacji o dużej gęstości upakowania podzespołów, zamykane w obudowach SMD o wymiarach zaledwie

eprasa.pl 72d35c54c0

4,5×3,4×3,3 mm. Występują w wersjach o sile nacisku 80, 160 i 260 g. Zawierają kołki montażowe, zwiększające wytrzymałość mechaniczną.

Przełączniki serii PTS845 charakteryzują się obciążalnością 12 VDC/50 mA, rezystancją izolacji min. 1000 MΩ, rezystancją kontaktu maks. 500 mΩ i zakresem temperatury roboczej od –40 do +90°C. Ich typowe zastosowania obejmują zestawy słuchawkowe, akcesoria medyczne, kamery, kontrolery do gier i inne urządzenia powszechnego użytku.

www.littelfuse.com

Terminale zasilające press-fit do płytek PCB w ofercie Semicon



Semicon, oficjalny dystrybutor złączy EPT w Polsce, wprowadził do swojej oferty nowe złącza zasilające do płytek drukowanych. Mogą być one łatwo i pewnie osadzane na płytkach metodą wciskania w oparciu o opracowaną przez EPT technikę „press-fit" Tcom press. Podłączenie przewodu zasilającego może się odbywać za pośrednictwem złącza śrubowego M4 lub M5, jak również metodą szybkiego łączenia z wykorzystaniem konektorów płaskich. Oferta obejmuje wiele wariantów, w tym złącza kątowe.

www.semicon.com.pl



Moduł komunikacyjny LTE-M/NB-IoT o mocy wyjściowej +30 dBm

Firma Ubiik opracowała nowy moduł komunikacyjny LTE-M/NB-IoT do mierników zużycia mediów, prywatnych sieci LTE oraz przemysłowych aplikacji IoT, wyróżniający się dużą mocą wyjściową. Podczas gdy większość odpowiedników charakteryzuje się mocą wyjściową ograniczoną do standardowych +23 dBm, w przypadku Maverick 220 wartość tę zwiększono do +28 dBm w trybie LTE-M, co pozwala na wydłużenie zasięgu w aplikacjach niewymagających dużej przepustowości. W aplikacjach NB-IoT (Power Class 1) moduł może pracować z maksymalną mocą nadajnika +30 dBm.

3GPP definiuje różne klasy mocy dla urządzeń użytkownika. Tradycyjne sieci komercyjne działają w pasmach Power Class 3 lub 23 dBm (200 mW, ±2 dB), co sprawia, że są zazwyczaj

REKLAMA



eprasa.pl 72d35c54c0

ograniczone przez łącze uplink. To zdolność urządzenia do bycia „słyszanym" przez stację bazową stanowi wąskie gardło. Choć jest to akceptowalne w tradycyjnych zastosowaniach konsumenckich, w których głównym kryterium jest przepustowość łącza downlink, większość zastosowań w energetyce i IoT opiera się na transmisji uplink. Dlatego pasma częstotliwości, wprowadzone specjalnie dla sieci prywatnych, służb ratunkowych czy sektora energetycznego (takie jak pasmo 106), są przystosowane do obsługi urządzeń high-power/performance (HPUE) do klasy mocy 1, czyli od 28 do 31 dBm.

Maverick 220 umożliwia właścicielom sieci prywatnych pełne wykorzystanie potencjału technologii 3GPP. Jest to szczególnie istotne w przypadku sieci, oferujących przepustowość 5 MHz lub mniejszą (1, 1,4 lub 3 MHz), co jest typowe dla pasm B54, B103 czy B106, ponieważ takie szerokości pasma nie zawsze pozwalają na pełne wykorzystanie mechanizmów zwiększających zasięg LTE-M. Maverick 220 jest pierwszym modułem LTE, zaprojektowanym z myślą o prywatnych sieciach LTE i przemysłowym IoT.

Do zalet modułu należy też obsługa TDD LTE-M, zapewniająca duży zasięg użytkownikom pasm TDD, takich jak B54. Moduł zwiększa zasięg o ponad 50% w porównaniu z obecnymi komercyjnymi modułami LTE dzięki dodatkowym 5...7 dB mocy nadawania. Jest w pełni zgodny z obowiązującymi standardami LTE-M i NB-IoT, a jednocześnie zapewnia większy budżet łącza.

www.ubiik.com



Konwertery DC/DC z wejściem 48 V i wyjściem 12 V

Do oferty firmy Vicor wchodzą trzy nieizolowane konwertery DC/DC Point-of-Load o dużej gęstości mocy, przeznaczone do konwersji napięcia wejściowego 48 V do 12 V w instalacjach samochodowych, centrach danych, systemach komputerowych HPC i w przemyśle. DCM3717S60E13G5TN1, DCM3717S60D13K0TN1 i DCM3735S60D13L0TN1 to regulowane konwertery o mocy znamionowej odpowiednio 750 W, 1 kW i 2 kW, pracujące z częstotliwością taktowania powyżej 1 MHz. Zapewniają dużą sprawność w szerokim zakresie napięcia wejściowego i wyjściowego, sięgającą maksymalnie 96,5%. Ich napięcie wyjściowe może być dostrajane w zakresie od 10,0 do 12,5 V. Do standardowego wyposażenia należy zabezpieczenie nadnapięciowe, nadprądowe i termiczne.

Konwertery DCM3717 i DCM3735 umożliwiają równoległe łączenie wyjść do 4 jednostek w systemach większej mocy. Ich parametry pracy mogą być monitorowane i programowane za pośrednictwem szyny PMBus. Wymiary obudów wynoszą w zależności od modelu od 36,7×17,3×5,0 mm (750 W) do 36,6×35,5×5,0 mm (2000 W).

www.vicorpower.com



Ekranowane cewki wysokoprądowe do konwerterów DC/DC i systemów ładowania

Firma Bourns zaprezentowała dwie nowe serie wysokoprądowych cewek indukcyjnych, przeznaczonych do zastosowań w konwerterach DC/DC, systemach ładowania akumulatorów i przemysłowych filtrach wysokoprądowych. Są one przystosowane do pracy w temperaturze otoczenia od –40 do +125°C. Cewki serii HRP3822X są produkowane w wersjach o indukcyjności 0,68...3,3 µH i mogą przewodzić prądy o maksymalnym natężeniu 235 A rms. Ich wymiary wynoszą 38,1×38,1×21,7 mm. Cewki serii HRP5022X występują tylko w wersjach o indukcyjności 2,2 µH. Są zamykane w obudowach o wymiarach 51×51×21,6 mm. Mogą przewodzić prądy o natężeniu do 187 A rms.

www.bourns.com

13-bitowy czujnik ciśnienia gazów na zakresy pomiarowe od 14,5 do 145 psi



Do oferty firmy Bourns wchodzi nowy czujnik ciśnienia gazów, oznaczony symbolem BPS160, charakteryzujący się dużą czułością i dokładnością oraz długim czasem bezawaryjnej pracy. Jest to czujnik analogowy o 13-bitowej rozdzielczości, produkowany w wersjach na zakresy pomiarowe od 14,5 do 145 psi, mogący znaleźć zastosowanie w przemyśle, urządzeniach AGD oraz w aparaturze medycznej niskiego i średniego ryzyka. Charakteryzuje się całkowitym błędem pomiaru ±2,5%FS i dryftem ±0,5%FS. Jego dokładność wynosi ±1,8%FS w podzakresie temperaturowym +20...+40°C.

Model BPS160 może pracować w temperaturze otoczenia od –20 do +100°C z maksymalną częstotliwością próbkowania 6,5 kHz. Pobiera maksymalnie 3,2 mA prądu przy napięciu zasilania 5 V. Jest zamykany w obudowie SMD o powierzchni 10×7 mm i wysokości 8,7 mm.

www.bourns.com

REKLAMA



KURS Nordic nRF z BT

Zanurzymy się w konfigurację środowiska z nRF Connect SDK i przyjrzymy się, co sprawia, że płyta deweloperska nRF5340 DK jest tak wszechstronna. Przygotuj się na ekscytującą podróż przez konfigurację, programowanie oraz testowanie, które otworzą przed Tobą nowe możliwości w technologii Bluetooth Low Energy i systemie Zephyr.

ulubionykiosk.pl

eprasa.pl 72d35c54c0

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.

Wskaźnik napięcia USB



VSense to wskaźnik napięcia zasilania dostępnego na porcie USB. Urządzenie daje jasne i jednoznaczne wskazanie bieżącego trybu zasilania z USB za pomocą podświetlanych, indywidualnie kodowanych kolorami i wyraźnie oznaczonych wskaźników, – po jednym dla każdego trybu napięciowego USB Power Delivery.

Ponadto VSense wyraźnie powiadamia użytkownika o odchyleniach od tych stałych napięć poza nominalnymi specyfikacjami napięcia.



Moduł jest w pełni zgodny z najnowszymi specyfikacjami USB PD EPR (48 V, 5 A, 240 W). Oferuje szeroki zakres operacyjny i pomiarowy od 4,5 V do 51 V. Indywidualne wskaźniki kodowane kolorami dla każdego stałego poziomu napięcia oferują wizualną identyfikację następujących napięć:

- 5 V (czerwony),
- 9 V (pomarańczowy),
- 12 V (żółty),
- 15 V (zielony),
- 20 V (limonkowy),
- 28 V (niebieski),
- 36 V (fioletowy),
- 48 V (biały).

Dodatkowo system oferuje alerty, które uruchamiają się przy odchyleniach od napięć znamionowych na poziomie >5% i >10%.

System jest transparentny dla transferu danych USB 2.0 oraz linii CC i SBUS. Sam układ pobiera w czasie pracy nie więcej niż 6 mA.

Miernik oparty jest o 10-bitowy przetwornik ADC wbudowany w ATtiny406, pracujący z wewnętrznym napięciem odniesienia 4,3 V, co zapewnia stabilne pomiary z rozdzielczością do 22 mV w przypadku napięć poniżej 20 V i 49 mV w przypadku napięć między 20 V a 51 V. PCB zbudowane zostało z wykorzystaniem wysokiej jakości komponentów, z myślą o długim okresie użytkowania:

- LDO klasy motoryzacyjnej marki Microchip (+70 V maksymalnego napięcia wejściowego z ochroną ESD),
- diody LED Kingbright o wysokiej sprawności,
- złącza JAE USB typu C o znamionowym napięciu 48 V i natężeniu 5 A.

Moduł ma wymiary 56 mm × 18,5 mm × 5,6 mm.

https://hackaday.io/project/202454-usb-vsense

Stacja pogodowa WeatherStationery z elektronicznym papierem



WeatherStationery to kompaktowa stacja pogodowa wyposażona w wyświetlacz typu E-paper do prezentowania aktualnych pomiarów i prognozy pogody. Bieżące ciśnienie, temperatura i wilgotność są wyświetlane wraz z ikonami i tekstowym opisem prognozy (np. „Przelotny deszcz, później gorzej” itd.), zgodnie z prognozą uzyskaną za pomocą algorytmu zwanego Zambretti Forecaster (jest to proste narzędzie korzystające m.in. z barometru doprognozowaniapogody na najbliższe 12 godzin).



Do prezentacji danych zastosowano niewielki wyświetlacz E-paper o rozmiarach 20 mm × 20 mm. Czcionki i ikony prezentowane na ekranie zostały zaprojektowane przez autora tak, aby zmaksymalizować ich czytelność. Na ekranie widoczne jest aktualne ciśnienie powietrza (w hPa) oraz trend jego zmiany (spada/rośnie/stabilne). Ciśnienie (znormalizowane do poziomu morza) i jego trend zmian używane są do prognozowania pogody, a rezultatem prognozy jest wyświetlanie ikon (słońce, chmury, deszcz, burza, etc.) na wyświetlaczu. Użytkownik może też odczytać temperaturę oraz wilgotność powietrza.

Układ sterowany jest za pomocą modułu Arduino, do którego podłączono sensor BME/BMP280. Pomiar wykonywany jest co pół godziny, a z 6 pomiarów (3 h) obliczany jest trend na potrzeby prognozowania zmian.

Obudowa wykonana została z wyciętych laserem płytek. Panel przedni stanowi płytka drukowana, co dodatkowo upraszcza konstrukcję mechaniczną całości.

https://hackaday.io/project/203309-weatherstationery

eprasa.pl 72d35c54c0

W ofercie AVT*
AVT6078

Najważniejsze parametry:
- wskazywanie aktualnego czasu w formacie 24-godzinnym,
- możliwość odmierzania czasu w dół, od zadanej wartości do zera (tryb timera),
- możliwość załączenia alarmu dźwiękowo-wizualnego o zadanej porze (tryb budzika),
- możliwość wyświetlenia aktualnej temperatury (tryb termometru),
- pięciostopniowa regulacja jasności wyświetlaczy LED,
- pomiar temperatury w zakresie -55...+125ºC,
- cyfrowy, niewymagający kalibracji czujnik temperatury,
- nastawy przechowywane w nieulotnej pamięci EEPROM,
- czytelne cyfry o wysokości 20,56 mm,
- bateryjne podtrzymywanie odliczania czasu,
- zasilanie napięciem stałym 9...15 V,
- pobór prądu do 150 mA.

Projekty pokrewne na stronie www.ep.com.pl
(aktywne linki do artykułów):
- DEVASTATOR, Czyli bombowy zegarek, KIT AVT3128
- Zegar ustawiany za pomocą GPS
- ZW-C1: Zegar w kształcie robota
- Rozbudowany zegar
- Zegar z wyświetlaczem matrycowym na diodach WS2812
- Ogromny zegar LCD bez procesora
- Zegar Nixie z jedną lampą
- Androidowy zegar Nixie
- matrixClock – efektowny zegar stołowy
- Zegar z budzikiem
- Zegar Nixie

* **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.

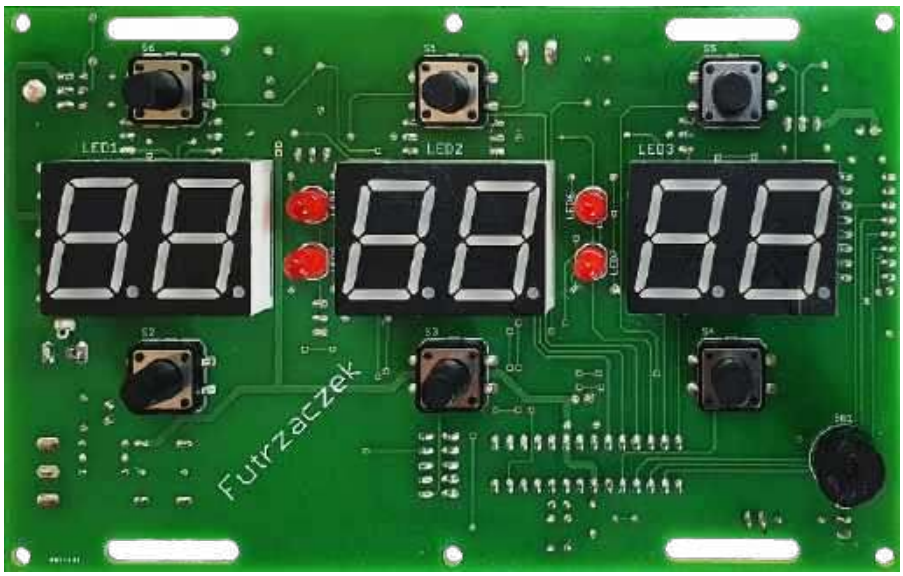
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**

„Bomba” wielofunkcyjna

Czas aktualny wskaże, do pracy obudzi, temperaturę za oknem zmierzy i się przy tym nie natrudzi. Kiedy trzeba, czasu zadaną uprzednio ilość odmierzy. Prosta w budowie, w obsłudze wygodna, oczu nie męczy i dźwięk jej nie skrzeczy. Kto to taki, co za zwierz – czy to kruk jest, czy też jeż? Ależ skąd, to… bomba. Tyle że trochę „podrasowana”.



Każdy, kto oglądał hollywoodzkie filmy wie, jak (zdaniem filmowców) powinna wyglądać bomba zegarowa. Duże, czerwone wyświetlacze siedmiosegmentowe LED, mnóstwo przewodów wokół płytki zawierającej masę komponentów elektronicznych i całość przyczepiona paskami taśmy klejącej do lasek dynamitu. Również czerwonego. Jeszcze groźniej taki sprzęt wygląda, jeżeli zawiera nieopisane złącza i przyciski.

Dla tych, którzy chcieliby mieć w swoim otoczeniu tak wyglądający sprzęt, ale nie pałają żądzą unicestwienia ludzkości, prezentuję taki oto gadżet. Wygląda jak bomba, odmierza jak bomba, ale to praktyczny zegar z budzikiem, timerem i termometrem w jednym! Na płytce są wprawdzie wycięcia, które umożliwiają zamocowanie jej do imitacji lasek dynamitu lub innego ładunku wybuchowego, ale równie dobrze można ją osadzić w zupełnie innej obudowie, wyglądającej zupełnie niewinnie.

Dla kogo jest ten układ? Chociażby dla miłośników klimatów gamingowych, którzy lubią dekoracje rodem ze swoich ulubionych strzelanek. Albo fani książek w klimacie postapokaliptycznym. Może też stanowić uzupełnienie rozgrywki ASG lub paintballowej jako „bomba”, którą trzeba „rozbroić” przed upływem zadanego czasu (w trybie timera). Będzie też stanowić oryginalny podarunek od początkującego adepta elektroniki, który mógłby ją samodzielnie złożyć. Pomysłów jest naprawdę wiele!

Budowa układu

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Głównym podzespołem zawiadującym pracą urządzenia jest mikrokontroler typu ATmega8A-PU z 8-bitowym rdzeniem AVR, taktowanym sygnałem o częstotliwości około 8 MHz, dla którego wzorcem jest wbudowany

Wykaz elementów:

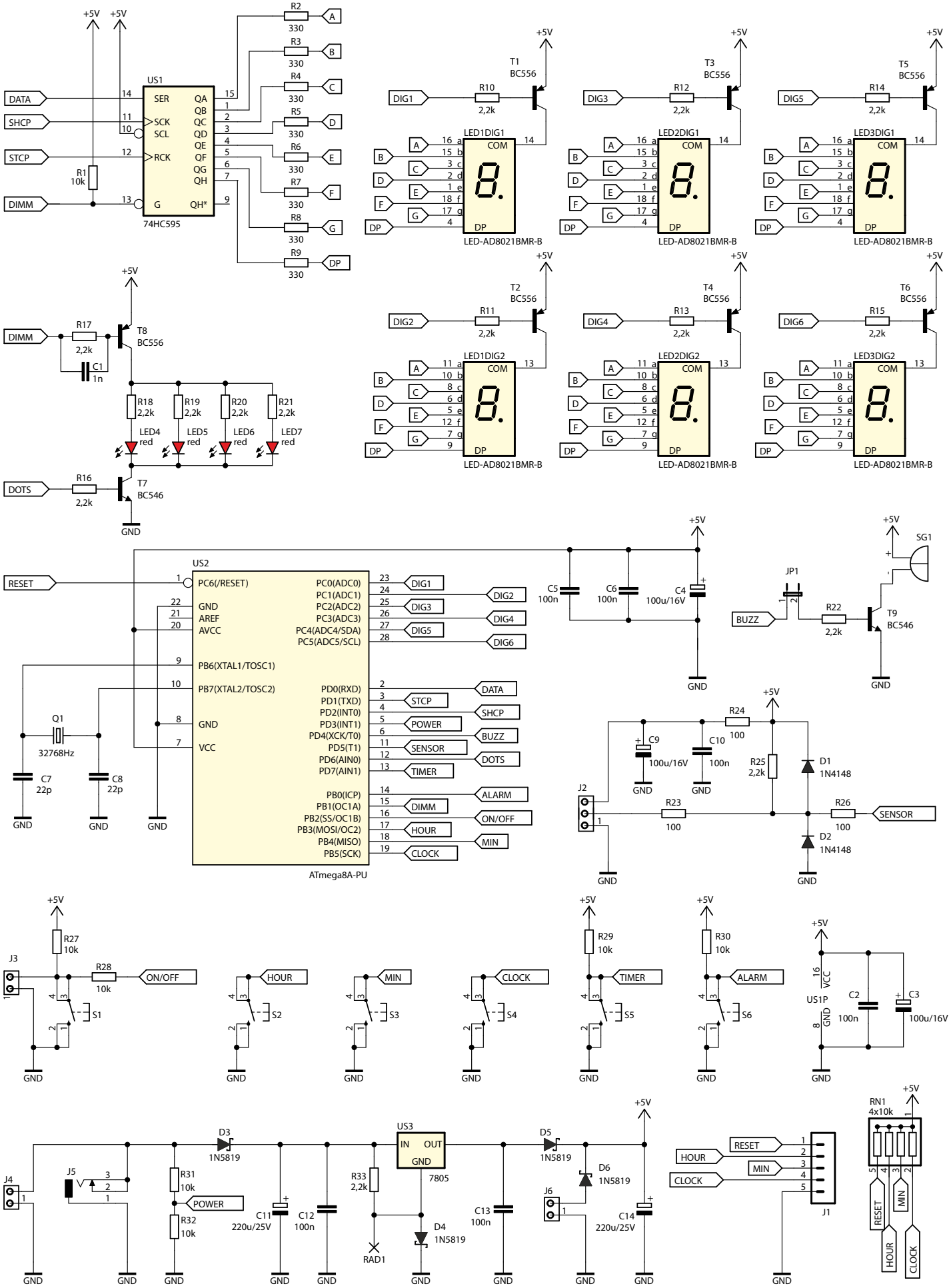
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1, R27...R32: 10 kΩ
R2...R9: 330 Ω
R10...R22, R25, R33: 2,2 kΩ
R23, R24, R26: 100 Ω
RN1: 4 × 10 kΩ SIL5

Kondensatory:
C1: 1 nF, raster 5 mm, MKT
C2, C5, C6, C10, C12, C13: 100 nF, raster 5 mm, MKT
C3, C4, C9: 100 µF 16 V, raster 2,5 mm
C7, C8: 22 pF, raster 5 mm, monolityczne
C11, C14: 220 µF 25 V, raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N4148
D3...D6: 1N5819
LED1...LED3: LED-AD8021BMR-B
LED4...LED7: czerwona 5 mm, np. LED F5 R
T1...T6, T8: BC556 TO92
T7, T9: BC546 TO92
US1: 74HC595 DIP16
US2: ATmega8A-PU DIP28
US3: 7805 TO220

Pozostałe:
J1: goldpin 5 pin męski, 2,54 mm, THT
J2: ARK3/500
J3, J4, J6: ARK2/500
J5: gniazdo zasilania THT 2,1 mm, np. GN DC2.1/5.5
Czujnik DS18B20, np. DS18B20 MOD-1
JP1: goldpin 2 pin, męski, 2,54 mm THT + zworka
Q1: rezonator kwarcowy 32,768 kHz, THT
RAD1: RAD DY-CN 20MM + śruba M3×5 mm
S1...S6: microswitch 12×12 9 mm np. TS12-130
SG1: PIEZO GEN 5V
Jedna podstawka DIP28, wąska
Jedna podstawka DIP16

eprasa.pl 72d35c54c0



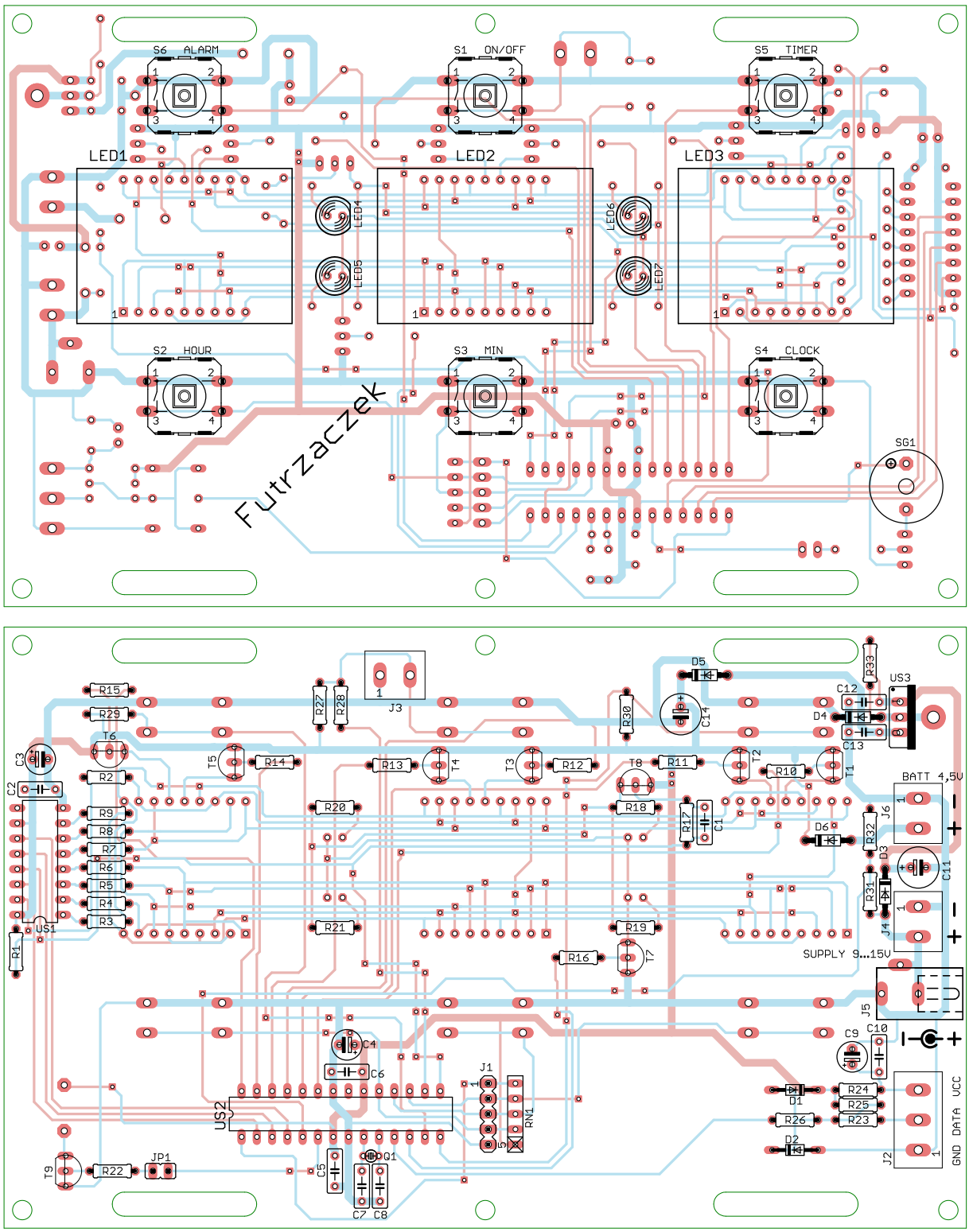
Rysunek 1. Schemat ideowy bomby wielofunkcyjnej

eprasa.pl 72d35c54c0

generator RC. Rdzeń mikrokontrolera nie realizuje zadań krytycznych czasowo, więc taki wzorzec jest dla niego wystarczający. Z kolei do odmierzania czasu służy licznik taktowany sygnałem o znacznie wyższej stabilności, pochodzącym z rezonatora kwarcowego Q1, przez co układ może odmierzać czas z dużą dokładnością – co przecież jest głównym zadaniem tego urządzenia.

Sześć wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED jest sterowanych multipleksowo. Poszczególne segmenty każdej cyfry załącza rejestr przesuwny typu 74HC595, zaś kolejne cyfry są zasilane przez klucze tranzystorowe T1…T6. Wejście OE (Output Enable) zostało podciągnięte do wysokiego stanu logicznego przy użyciu rezystora R1, przez co tuż po włączeniu zasilania nie jest zauważalne nieestetyczne mignięcie cyfr – ich katody są wówczas po prostu odłączone.

Użyte w projekcie wyświetlacze typu LED-AD8021BMR-B nie mają dwukropków, te zrealizowano więc za pomocą dodatkowych diod LED4…LED7. Prąd każdej z nich jest ustalony przez indywidualny rezystor w taki sposób, by ich jasność była zbliżona do jasności segmentów wyświetlaczy. Tranzystor T7 załącza wszystkie te diody (dwa dwukropki) jednocześnie, zaś dzięki tranzystorowi T8 realizowane jest ich ściemnianie. Wejście OE układu 74HC595 (nóżka 13) w stanie niskim aktywuje wszystkie wyjścia jednocześnie, toteż tranzystor PNP zachowa się



Rysunek 2. Schemat montażowy płytki (a – strona TOP, b – strona BOTTOM)

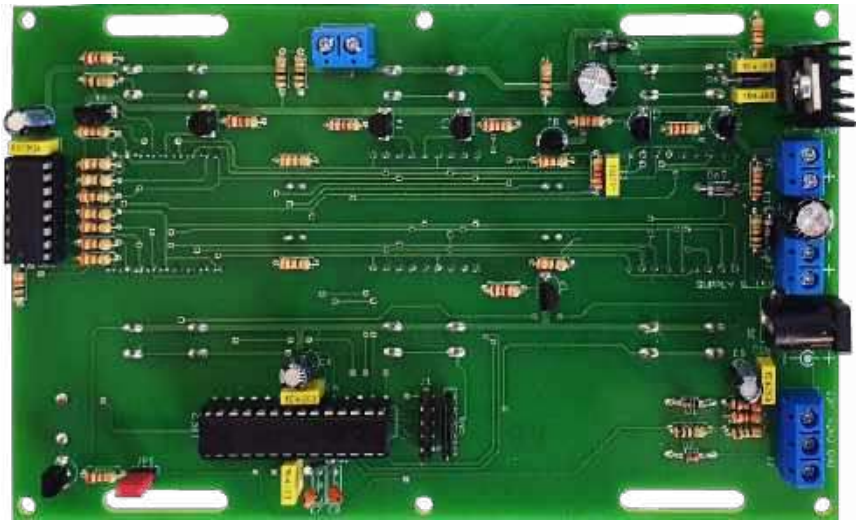
eprasa.pl 72d35c54c0

w taki sam sposób: obniżenie potencjału jego bazy spowoduje załączenie diod. Sterowanie przez mikrokontroler przebiegiem PWM daje ładnie wyglądający efekt zredukowania jasności. Kondensator C1 przyspiesza przełączanie T8.

Na płytce znajduje się również sygnalizator dźwiękowy SG1. Swoim piszczeniem oznajmia pobudkę lub zakończenie odliczania czasu przez timer. Aby jego załączanie nie powodowało poboru prądu o relatywnie wysokim natężeniu z wyjścia mikrokontrolera, użyto prostego klucza opartego na tranzystorze T9. Rozłączenie zacisków zworki JP1 umożliwi wyłączenie dźwięków bez ingerencji w pozostałe funkcjonalności układu.

Cyfrowy czujnik temperatury typu DS18B20 należy podłączyć do zacisków złącza J2. Napięcie zasilające ten czujnik jest filtrowane przez prosty filtr RC składający się z rezystora R24 i kondensatorów C9 oraz C10, co poprawia stabilność pracy czujnika. Dla ochrony wejścia mikrokontrolera przez uszkodzeniem, do którego mogłyby doprowadzić indukujące się w przewodzie zakłócenia, zostały dodane diody ograniczające napięcie do zakresu –0,7...+5,7 V. Rezystor R23 ogranicza prąd tych diod. Z kolei rezystor R26 ogranicza prąd diod zabezpieczających wbudowanych w mikrokontroler, gdyż ich napięcie przewodzenia jest nieco niższe niż użytych w układzie 1N4148. Rezystor R25 jest wymagany do prawidłowego działania magistrali komunikującej się z czujnikiem. Jednocześnie wartości R23 i R26 zostały tak dobrane, że wprowadzane przez nie spadki napięcia (i spowodowane tym przesunięcie się poziomów napięcia logicznej wartości „0" i „1") oraz opóźnienia w przełączaniu nie mają negatywnego wpływu na działanie układu.

Do obsługi urządzenia przewidziano sześć przycisków monostabilnych S1...S6. Pierwszy z nich może być zdublowany, ponieważ to przycisk wyłączający alarm zarówno budzika, jak i timera – da się go wyprowadzić w inne miejsce. Wystarczy podłączyć drugi przycisk monostabilny do zacisków złącza J3. Rezystor R27 podciąga wejście mikrokontrolera do wysokiego stanu logicznego w stanie spoczynku (rozwarcia styków). Z kolei rolą R28 jest ograniczenie prądu płynącego przez wbudowane w mikrokontroler diody zabezpieczające, gdyby w przewodach łączących przycisk z płytką zaindukowało się jakieś napięcie. Tutaj wystarczy uproszczone zabezpieczenie w postaci pojedynczego rezystora, ponieważ czas przełączania nie ma tu żadnego znaczenia, w przeciwieństwie do magistrali 1-Wire, z użyciem której komunikuje się czujnik DS18B20.



Fotografia 1. Widok zmontowanej płytki – strona BOTTOM

Pozostałe przyciski monostabilne mają własne rezystory podciągające, wbudowane w drabinkę RN1 lub zewnętrzne, jak w przypadku S5 i S6. Wyprowadzenia mikrokontrolera, które w czasie pracy nadzorują stan styków przycisków S2... S4, mogą również służyć do jego zaprogramowania za pośrednictwem złącza J1.

Ostatnim blokiem na schemacie jest zasilacz. Napięcie stałe, przewidziane do zasilania układu, można podłączyć do złącza J4 lub J5. Dioda D3 odcina zasilanie w przypadku pomylenia polaryzacji owego napięcia. Stabilizator liniowy typu 7805 dostarcza napięcia 5,3 V dla układów cyfrowych. Moc strat na nim jest na tyle niska, że nie ma potrzeby stosowania przetwornicy impulsowej – jego metalowa wkładka wraz z niewielkim radiatorem wystarczą do odprowadzania ciepła z jego struktury. Podniesienie napięcia o 0,3 V względem wartości nominalnej jest zrealizowane poprzez włączenie diody D4 w linię GND stabilizatora, co powoduje podniesienie potencjału widzianej przez niego masy układu. Rezystor R33 polaryzuje tę diodę prądem o natężeniu kilku miliamperów, aby spadek napięcia na niej nie był zbyt niski.

Po co w ogóle takie zabiegi? Za stabilizatorem US3 znajduje się diodowy selektor napięć. W warunkach normalnej pracy cały układ jest zasilany poprzez diodę D5, na której występuje spadek napięcia około 0,3 V. Podłączając do jej anody potencjał +5,3 V ze stabilizatora, na katodzie uzyskamy niemal równe 5 V. Ewentualna różnica rzędu kilkudziesięciu miliwoltów, wynikająca z niejednakowych napięć przewodzenia diod D4 i D5, nie ma tutaj znaczenia. Przy okazji napięcie odkładające się na rezystorze R32 zostanie przez mikrokontroler zinterpretowane jako wysoki stan logiczny, ponieważ układ może być zasilany napięciem 9 V lub wyższym – po podzieleniu przez dzielnik R31+R32 da to potencjał 4,5 V lub wyższy, który zostanie ograniczony przez diodę zabezpieczającą wejście mikrokontrolera.

W momencie zaniku zasilania sieciowego dioda D5 ulega zatkaniu, zaś otwiera się D6, do której może być podłączony komplet trzech baterii AA lub AAA o sumarycznym napięciu 4,5 V. Na mikrokontroler trafia wówczas napięcie o wartości około 4,2 V, co jest całkowicie wystarczające do podtrzymania jego pracy. Dzielnik rezystorowy R31+R32 nie jest wtedy zasilany, co mikrokontroler interpretuje jako niski stan logiczny, więc wyłącza wyświetlacze i blokuje pozostałe funkcjonalności. Sam rdzeń nie jest usypiany, ponieważ przyjęto założenie, że przerwy w dostawie zasilania nie będą bardzo długie – rzędu kilku godzin – więc energooszczędność nie jest tutaj priorytetem. Czas przełączenia między źródłami zasilającymi jest na tyle krótki (proces ten realizują wyłącznie diody Schottky'ego), że zawarte na płytce kondensatory odsprzęgające o zróżnicowanej pojemności w zupełni wystarczą do podtrzymania ciągłości zasilania mikrokontrolera.

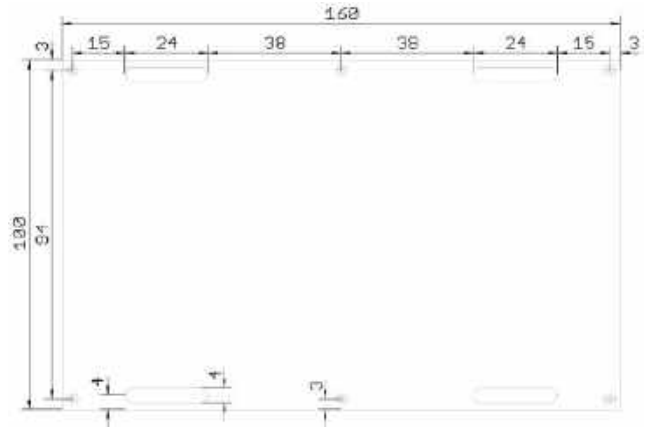
Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 160 mm × 100 mm. Jej wzór ścieżek oraz schemat montażowy pokazuje **rysunek 2**. Montaż proponuję rozpocząć

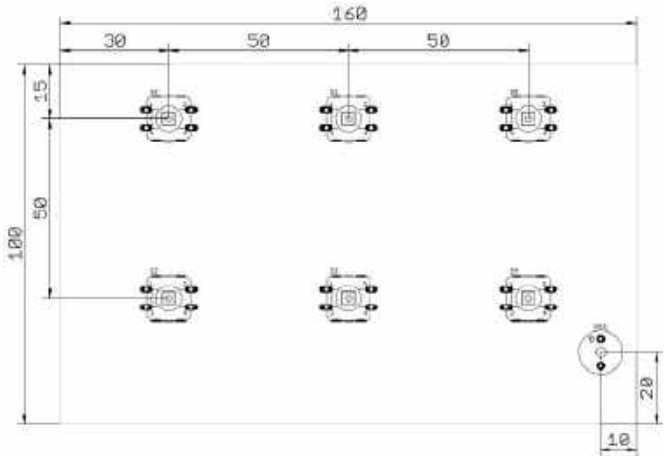


Rysunek 3. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

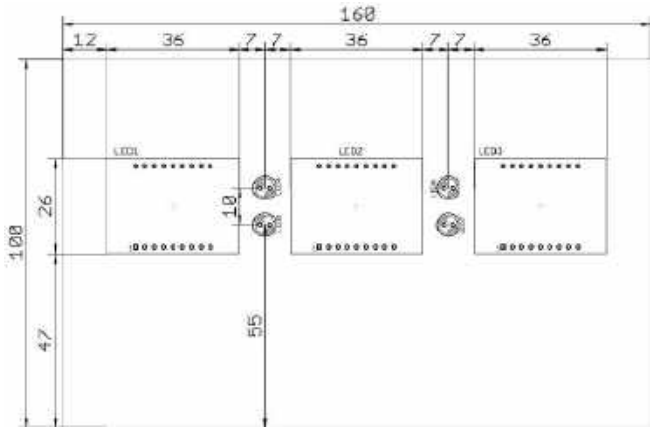
eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 4. Rozmieszczenie otworów montażowych na powierzchni płytki drukowanej



Rysunek 5. Rozmieszczenie przycisków i sygnalizatora dźwiękowego na powierzchni płytki drukowanej



Rysunek 6. Rozmieszczenie wyświetlaczy i diod LED na powierzchni płytki drukowanej

od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod, które znajdują się na spodniej (Bottom) stronie płytki. Pozostałe elementy, które są umieszczone na tej samej stronie laminatu, można montować według wysokości ich obudowy. Pod układy scalone US1 i US2 proponuję zastosować podstawki, aby ułatwić ich wymianę w razie uszkodzenia. Stabilizator US3 powinien zostać przykręcony do odpowiedniego radiatora, gdyż moc strat w nim może sięgać 1,5 W.

Po wlutowaniu tych elementów, skontrolowaniu poprawności montażu i starannym przycięciu wystających końcówek należy wlutować podzespoły na wierzchniej stronie płytki (Top). Są to: wyświetlacze, diody LED, przyciski i sygnalizator dźwiękowy. Część pól lutowniczych, które zostały już obsadzone elementami, zostanie przykryta przez wyświetlacze, stąd konieczność zachowania takiej kolejności montażu. W przeciwnym razie byłoby to zadanie znacznie utrudnione. Zmontowany układ od strony wierzchniej widać na **fotografii tytułowej**, z kolei tę samą płytkę od strony spodniej można zobaczyć na **fotografii 1**.

Na etapie uruchamiania konieczne jest zaprogramowanie pamięci Flash mikrokontrolera dostarczonym wsadem oraz zmiana ustawień fusebitów. Oto ich nowe wartości:

```
Low Fuse = 0xA4
High Fuse = 0xD9
```

Szczegóły są widoczne na **rysunku 3**, który zawiera widok okna konfiguracji tychże bitów w programie BitBurner. W ten sposób zostanie uruchomiony wbudowany generator RC o częstotliwości oscylacji około 8 MHz oraz Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej 2,7 V. To znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się mikrokontrolera podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po podłączeniu zasilania do zacisków złącza J4 lub J5. Powinno to być napięcie stałe, dobrze filtrowane, najlepiej stabilizowane. Może pochodzić na przykład z zasilacza wtyczkowego z typowym wtykiem DC 2,1/5,5. Jego wartość powinna wynosić nie mniej niż 9 V (z uwagi na dropout stabilizatora) oraz nie więcej niż 15 V (z powodu wydzielanego w tymże stabilizatorze ciepła). Pobór prądu z tego źródła nie przekracza 150 mA i jest zależny od jasności wyświetlaczy – maksymalnie ściemniony układ pobiera tylko około 20 mA. Podtrzymanie odliczania po zaniku zasilania jest możliwe po podłączeniu źródła napięcia 4,5 V do zacisków złącza J6. Może to być zestaw trzech baterii AA lub AAA w niewielkim koszyku. Pobór prądu z nich w czasie normalnej pracy jest równy zero, z kolei podczas podtrzymywania wynosi około 6,5 mA. Nawet tanie baterie AAA pozwolą na kilka dni pracy układu w tym stanie. Jeżeli zależy nam na pomiarze temperatury przez układ, do złącza J2 należy podłączyć cyfrowy czujnik typu DS18B20. Może to być gotowy moduł z hermetycznie zaizolowanym czujnikiem i przewodem w podwójnej izolacji.

Rysunek 4 zawiera szczegółowe informacje dotyczące rozmieszczenia otworów montażowych na powierzchni płytki. Wśród nich jest sześć otworów okrągłych o średnicy 3,2 mm, które znajdują się w rogach płytki oraz na środkach jej dłuższych krawędzi. Poza tym na PCB zostały umieszczone cztery podłużne otwory z zaokrąglonymi rogami, które można wykorzystać do przyczepienia płytki parcianymi lub skórzanymi pasami do imitacji ładunku wybuchowego. Nic też nie stoi na przeszkodzie, by skorzystać z nich jako klasycznych otworów montażowych pod śruby M4.

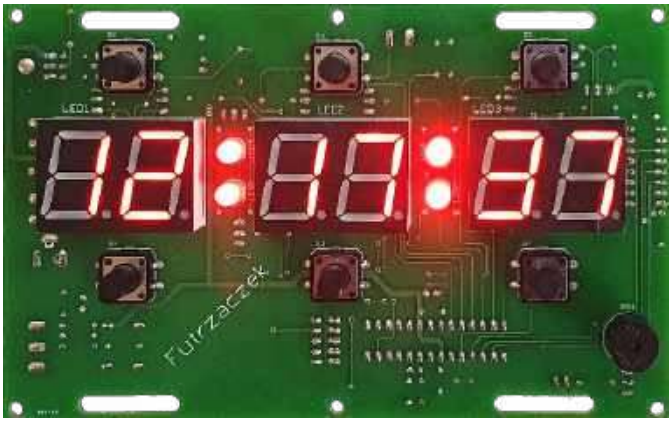
Na **rysunku 5** znajduje się rozmieszczenie sześciu przycisków monostabilnych i sygnalizatora akustycznego. Z kolei **rysunek 6** zawiera położenie wyświetlaczy LED oraz diod elektroluminescencyjnych, które pełnią funkcję dwukropków. Dzięki tym rysunkom można precyzyjnie wyciąć otwory pod poszczególne elementy oraz ulokować półprzezroczysty filtr dla podzespołów optoelektronicznych na przedniej ściance obudowy.

Eksploatacja

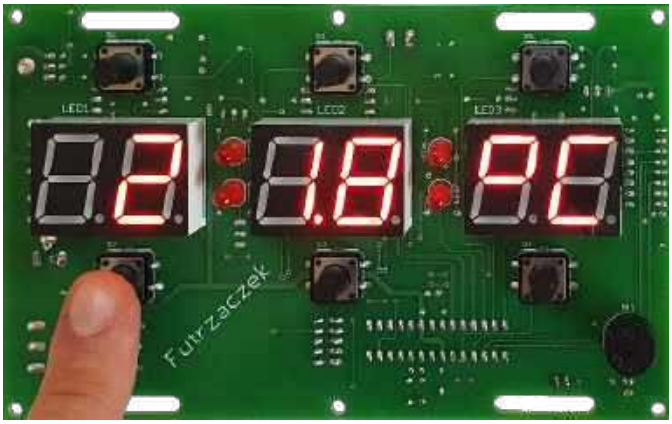
Po włączeniu zasilania układ pokaże na matrycach aktualny czas w formacie hh:mm:ss – **fotografia 2**. Dwukropki będą stale świeciły. Jeżeli nie było bateryjnego podtrzymania zasilania, odliczanie rozpocznie się od wartości 00:00:00. Zegar zacznie odliczać sekunda po sekundzie. W tym stanie można wykonać kilka czynności.

Najważniejszą funkcją w tym czasie jest możliwość ustawienia aktualnego czasu. To zadanie jest możliwe, kiedy przez cały czas trzyma się przycisk S4 (CLOCK) oraz jeden z przycisków S2 (HOUR) lub S3 (MIN), które inkrementują, odpowiednio, liczbę

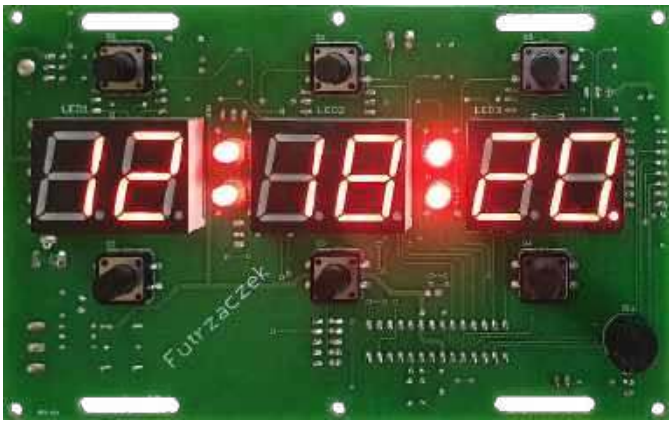
eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 2. Widok pola odczytowego podczas normalnej pracy



Fotografia 3. Odczyt temperatury



Fotografia 4. Sygnalizacja załączenia budzika

godzin lub minut. Przy każdej inkrementacji zerowany jest sekundnik. Zarówno godziny, jak i minuty są przewijane „w kółko" niezależnie od siebie, czyli przeskoczenie liczby minut z wartości 59 na 00 nie powoduje zmiany liczby godzin. Po zwolnieniu przycisku S4 (CLOCK) układ wraca do normalnej pracy. Takie proste zabezpieczenie chroni przed przypadkową zmianą czasu.

Jeżeli zostanie wciśnięty przycisk S2 (HOUR) lub S3 (MIN), na wyświetlaczach od razu pokaże się aktualna temperatura zmierzona czujnikiem – **fotografia 3**. Dwukropki gasną. Rozdzielczość pomiaru wynosi 0,1°C w przedziale –55…+99,9°C oraz 1°C dla temperatury 100°C lub wyższej. Wynik pomiaru zawsze jest prezentowany w stopniach Celsjusza. Odświeżanie tej wartości następuje co 1 s. W przypadku błędnego podłączenia czujnika bądź jego uszkodzenia zamiast cyfr pokażą się poziome kreski. Taka sama sytuacja wystąpi przez kilka sekund po włączeniu zasilania, kiedy układ testuje komunikację z czujnikiem. Po zwolnieniu trzymanego przycisku układ wraca do wyświetlania czasu.

W tym stanie możliwe jest wykonanie prostej, acz przydatnej regulacji. Wystarczy wcisnąć i przez chwilę (ok. 150 ms) przytrzymać przycisk S1 (ON/OFF). Zarówno wyświetlacze, jak i dwukropki ulegną ściemnieniu. Po zwolnieniu tego przycisku można wcisnąć go ponownie, by jeszcze bardziej zredukować jasność. Kroków regulacji jest pięć – po ostatnim, najciemniejszym wyświetlacze przejdą do pełnej jasności i cykl ten będzie można zacząć od nowa. W ten sposób można zarówno zredukować pobór mocy przez układ, jak i zmniejszyć naświetlenie pomieszczenia, w którym się owa „bomba" znajduje.

Po wciśnięciu i przytrzymaniu przycisku S6 (ALARM) układ przechodzi do regulacji pory załączenia budzika. Dwukropki gasną, a na wyświetlaczach pokazywana jest godzina oraz minuta załączenia się budzika. Podobnie jak w przypadku aktualnego czasu, tak i tutaj jeden z przycisków S2 (HOUR) lub S3 (MIN) inkrementuje, odpowiednio, liczbę godzin lub minut. Ale samo ustawienie pory budzenia to nie wszystko, gdyż trzeba taki budzik włączyć. Odbywa się to poprzez wciśnięcie w tym stanie przycisku S1 (ON/OFF), cały czas trzymając S6 – układ uruchomi budzenie wtedy, kiedy liczba godzin i minut zrówna się z tymi, które aktualnie odmierza zegar. Po zwolnieniu wszystkich przycisków na wyświetlaczach pokazujących czas pozostanie informacja o czuwającym budziku w postaci załączonej ostatniej kropki – **fotografia 4**.

Kiedy nadejdzie pora budzenia, układ będzie to sygnalizował przerywanym dźwiękiem oraz migającymi wyświetlaczami i dwukropkami, które osiągną na tę chwilę pełną jasność. Na wyświetlaczach zostanie pokazana pora budzenia, a nie aktualny czas. Żadne inne operacje, jak podgląd temperatury czy ustawianie czasu, nie są w tym stanie możliwe. Urządzenie może pozostawać w tym trybie dowolnie długo, dopóki użytkownik nie wciśnie na chwilę przycisku S1 (ON/OFF). Wtedy budzik wyłączy się, zakończy się również jego czuwanie (kropka z fotografii 4 zgaśnie), zaś sam układ powróci do wyświetlania aktualnego czasu z uprzednio zadaną jasnością wyświetlaczy.

Ostatnia funkcjonalność prezentowanego układu to timer. Ustawia się go poprzez przytrzymanie przycisku S5 (TIMER) oraz wciskanie jednego z przycisków S2 (HOUR) lub S3 (MIN), które inkrementują, jak poprzednio, liczbę godzin lub minut. Na wyświetlaczach będzie ustawiona liczba godzin i minut, a liczba sekund zawsze będzie zerem. Uruchomienie odliczania czasu w dół odbywa się tak samo, jak włączenie budzika, czyli po krótkim wciśnięciu przycisku S1 (ON/OFF) podczas trzymania wciśniętego S5 (TIMER). Czas będzie liczony w dół sekunda po sekundzie, co będą również sygnalizowały migające dwukropki. Kiedy układ dojdzie do stanu 00:00:00, włączy ciągły dźwięk sygnalizatora – można to przyrównać do „wybuchu" bomby. Wcześniejsze anulowanie odliczania też jest możliwe, wystarczy wcisnąć na chwilę S1 (ON/OFF). Podobnie dzieje się z powrotem do normalnej pracy po zakończeniu odliczania.

Możliwa jest taka sytuacja, kiedy podczas ustawionego budzika zostanie włączony timer i skończy on odliczanie tuż przed nadejściem alarmu z budzika lub odwrotnie – włączy się budzik, timer będzie liczył dalej i dotrze do zera. Wówczas dźwięk sygnalizatora będzie nieco inny, ale żaden z tych alarmów nie zostanie pominięty. Wyjście z nich będzie możliwe po dwukrotnym wciśnięciu przycisku S1 (ON/OFF). Układ najpierw wyjdzie z jednego alarmu, potem z drugiego.

Nastawy układu, czyli jasność oraz pora budzenia i czas do odliczenia timerem, są zapamiętywane w nieulotnej pamięci EEPROM. Nawet po całkowitym wyłączeniu zasilania zostaną one przywrócone. Bateryjnie podtrzymywane jest odliczanie bieżącego czasu oraz informacja o aktywacji budzika – gdyby w nocy przez chwilę zabrakło zasilania sieciowego, rano układ wywiąże się z powierzonego mu zadania.

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl 72d35c54c0

W ofercie AVT*

AVT6084

Najważniejsze parametry:
- Pięć uniwersalnych modułów cyfrowego audio:
  - AD_PCM1809: przetwornik A/D audio,
  - AD_TAA5242: przetwornik A/D audio,
  - DA_PCM5100: przetwornik D/A,
  - DA_TAD5142: przetwornik D/A,
  - CODEC_TAC5142: zintegrowany kodek z przetwornikami A/D i D/A.
- zasilanie: 5 VDC,
- rozdzielczość: 24 bity,
- częstotliwość próbkowania 8...192 kHz (zależnie od układu),
- interfejs cyfrowy: I²S slave,
- standard napięciowy I²S: 3,3 V,
- kompatybilność z płytką do kursu Sigma DSP oraz z innymi zestawami, ewaluacyjnymi wyposażonymi w intefejs PMOD.

Projekty pokrewne na stronie www.ep.com.pl

(aktywne linki do artykułów):
- Miniklawiatura z podświetlaniem
- Sterownik 12×LED z interfejsem I²C
- Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C
- Minimoduł z transceiverem CAN
- Minimoduł precyzyjnego generatora częstotliwości zegarkowych
- Minimoduł z procesorem NXP LPC865
- Przedłużacz magistrali I²C
- Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C
- Odbiornik optyczny Toslink – minimoduł cyfrowego audio
- Minimoduł z mikroprocesorem LPC802
- Expander wyjść z interfejsem I²C

* **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**

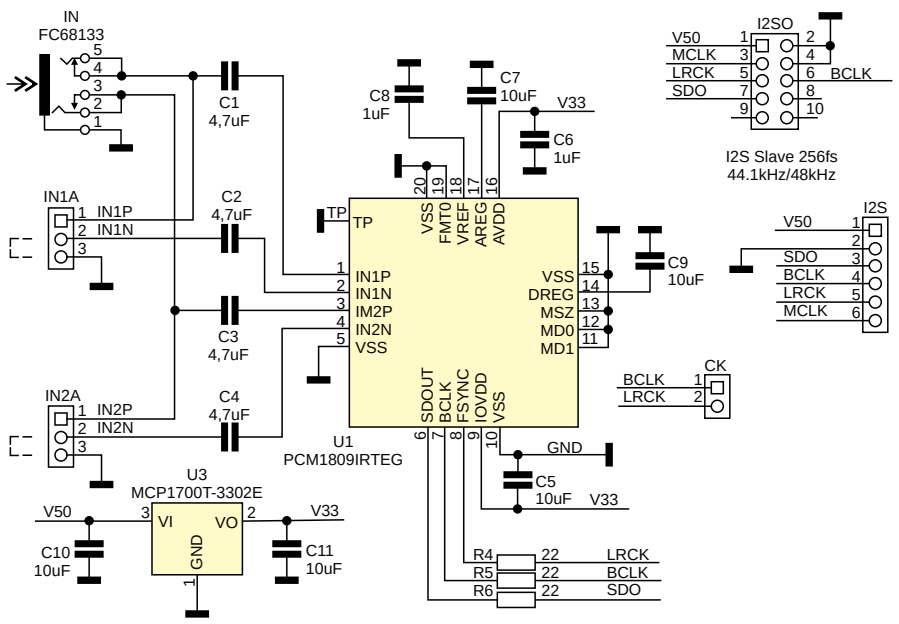
Minimoduły cyfrowego audio – przetworniki A/D i D/A (1)

W artykule opisano minimoduły zawierające przetworniki A/D, D/A oraz kodek cyfrowego audio, przydatne podczas uruchamiania aplikacji DIY. Wszystkie moduły są dwukanałowe (stereo) i komunikują się przez popularny interfejs I²S. Ich niewielkie rozmiary oraz zasilanie 5 V pozwalają na zastosowanie z minikomputerami i płytkami SBC, STM32, Arduino, mogą być też przydatne przy rozbudowie płytki z ADAU1701 do kursu Sigma DSP. W zależności od zastosowanego złącza I²S współpracują bezpośrednio z płytką „kursową" lub z innymi płytkami wyposażonymi w interfejs Pmod.



AD_PCM1809: przetwornik A/D audio

Schemat układu pokazano na **rysunku 1**. Za przetwarzanie sygnału A/D odpowiedzialny jest przetwornik U1 typu PCM1809 obsługujący częstotliwości próbkowania 8...192 kHz przy rozdzielczości 24 bitów (SN > 100 dB). Przetwornik ma wejścia różnicowe (2 Vrms) wyprowadzone na złącza IN1,2A. Jeżeli nie mamy dostępu do sygnału różnicowego, możemy do wprowadzenia sygnału audio wykorzystać wejście IN, zakładając zwory pomiędzy piny 2,3 złączy IN1A, IN2A (czułość wejść wzrośnie dwukrotnie). Sygnał analogowy doprowadzany jest do przetwornika U1 poprzez kondensatory separujące C1...4. Sygnał wyjściowy w standardzie I²S, wraz z zasilaniem 5 V, wyprowadzono na złącza: I²S (zgodne z płytkami z kursu DSP) oraz I²SO (SIP6, zgodne z PMOD). Lutowane jest jedno ze złączy, w zależności od współpracujących modułów nadrzędnych. Przetwornik jest urządzeniem slave magistrali I²S (standard napięciowy 3,3 V),

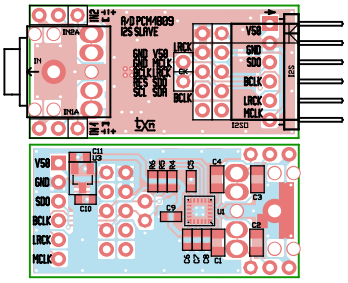


Rysunek 1. Schemat ideowy płytki przetwornika AD_PCM1809

eprasa.pl 72d35c54c0

a)

b)



Rysunek 2. Schemat montażowy płytki przetwornika AD_PCM1809 (a – strona TOP, b – strona BOTTOM)

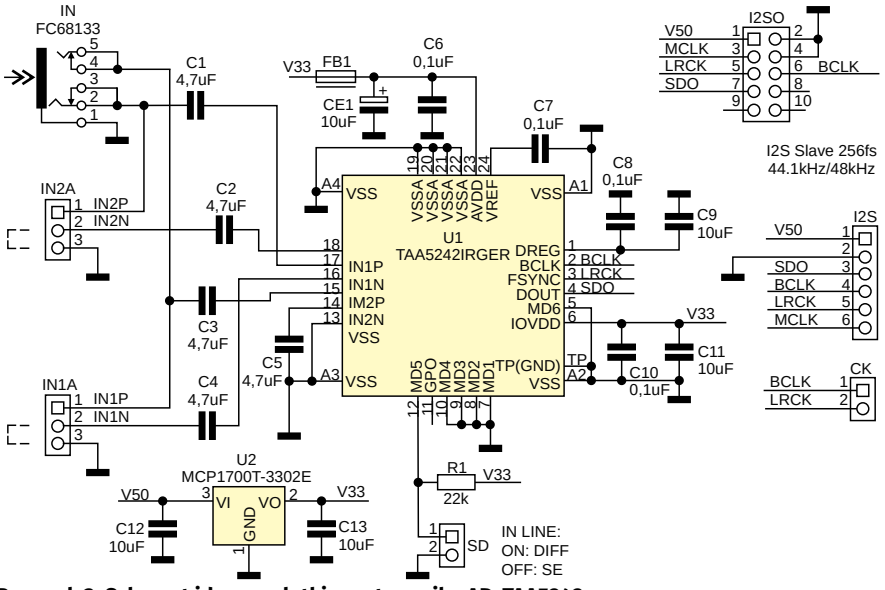
więc dla poprawnego działania sygnały LRCK, BLCK muszą być generowane w układzie nadrzędnym. Stabilizator LDO U3 dostarcza napięcie 3,3 V do przetwornika A/D.

Schemat montażowy modułu pokazano na **rysunku 2**.

AD_TAA5242: przetwornik A/D audio

Schemat układu pokazano na **rysunku 3**. Za przetwarzanie sygnału A/D odpowiedzialny jest przetwornik U1 typu TAA5242 z najnowszej rodziny przetworników A/D i D/A firmy Texas Instruments. Podobnie jak PCM1809, obsługuje częstotliwości próbkowania 8...192 kHz przy 24 bitach rozdzielczości (SN > 100 dB). Przetwornik ma wejścia różnicowe (2 Vrms) wyprowadzone na złącza IN1,2A, zwartą zworą SD konfigurujemy tryb różnicowy wejść. Jeżeli nie mamy dostępu do sygnału różnicowego, możemy do wprowadzenia sygnału audio zastosować wejście IN, zakładając zwory pomiędzy wyprowadzenie 2,3 złączy IN1A, IN2A (czułość 1 Vrms). Zdejmując zworę SD ustalamy tryb unipolarny z sygnałem odniesionym do masy układu (wejście niesymetryczne).

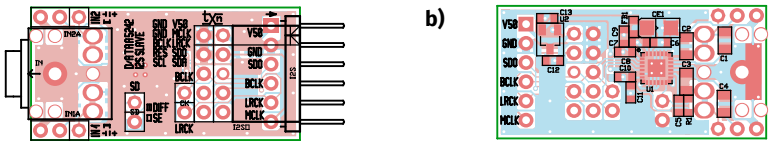
Sygnał analogowy doprowadzony jest do przetwornika U1 poprzez kondensatory separujące C1...4. Dane wyjściowe w standardzie I²S (standard napięciowy 3,3 V), wraz z zasilaniem 5 V, wyprowadzono na złącza I²SO (zgodne z płytkami z kursu



Rysunek 3. Schemat ideowy płytki przetwornika AD_TAA5242

a)

b)



Rysunek 4. Schemat montażowy płytki przetwornika AD_TAA5242 (a – strona TOP, b – strona BOTTOM)

DSP) oraz na złącze I²SO (PMOD). Lutowane jest jedno ze złączy, w zależności od współpracujących modułów nadrzędnych. Przetwornik to urządzenie slave magistrali I²S. Sygnały BCLK, LRCK dodatkowo wyprowadzono na złącze CK, co przydaje się do rozdzielenia sygnałów sterujących przy współpracy z AudioDSP ADAU1701. Stabilizator LDO U2 dostarcza napięcie 3,3 V do zasilania przetwornika.

Schemat montażowy modułu pokazano na **rysunku 4**.

Wszystkie moduły (również te, które zostaną opublikowane w kolejnej części) mają identyczne rozmiary 36×18 mm oraz rozmieszczenie złączy. Moduły zmontowane są na dwustronnych płytkach drukowanych, przy czym sam proces montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu. Rodzaj wlutowanego złącza I²S zależy od współpracującego zestawu uruchomieniowego: w przypadku AudioDSP należy wlutować ZL263-10DG, zaś do współpracy z Pmod konieczna będzie listwa kątowa SIP6 2,54 mm. Wyjątkiem jest moduł kodeka, który wyposażono tylko w złącze zgodne z AudioDSP.

Gotowe moduły pokazano na fotografii tytułowej. Płytki zmontowane ze sprawnych elementów nie wymagają uruchamiania.

W przyszłym miesiącu opiszemy pozostałe moduły: DA_PCM5100 (przetwornik D/A), DA_TAD5142 (przetwornik D/A), CODEC_TAC5142 (zintegrowany kodek z przetwornikami A/D i D/A).

Adam Tatuś, EP

Wykaz elementów:

ADC_PCM1809

Rezystory:
R4...R6: 22 Ω (SMD 0603, 1%)

Kondensatory: (X7R, 10 V)
C1...C4: 4,7 µF (SMD 0805)
C5, C7, C9...C11: 10 µF (SMD 0603)
C6, C8: 1 µF (SMD 0603)

Półprzewodniki:
U1: PCM1809IRTEG (WQFN20_4x4P0.5)
U3: MCP1700T-3302E (SOT-23)

Pozostałe:
CK: złącze SIP 1 × 2 pin., proste 2,54 mm
I²S: złącze SIP 1 × 6 pin., kątowe 2,54 mm
I²SO: gniazdo 2 × 5 pin., kątowe 2,54 mm (typ ZL263-10DG)
IN: złącze Jack 3,5 mm stereo (typ FC68133)
IN1A, IN2A: złącze SIP 1 × 3 pin., proste 2,54 mm

ADC_TAA5242

Rezystory:
R1: 22 kΩ (SMD 0603, 1%)

Kondensatory: (X7R, 10 V)
C1...C4: 4,7 µF (SMD 0805, X7R, 10 V)
C5: 1 µF (SMD 0603, X7R, 10 V)
C6...C8, C10: 100 nF (SMD 0603, X7R, 10 V)
C9, C11...C13: 10 µF (SMD 0603, X7R, 10 V)
CE1: tantalowy 10 µF (SMD A, 3216, 10 V)

Półprzewodniki:
U1: TAA5242IRGER (VQFN24_050RGE)
U2: MCP1700T-3302E (SOT-23)

Pozostałe:
CK, SD: złącze SIP 1 × 2 pin., proste 2,54 mm
FB1: dławik ferrytowy SMD 0603 (typ BLM18AG121SN1D)
I²S: złącze SIP 1 × 6 pin., kątowe 2,54 mm
I²SO: gniazdo 2 × 5 pin., kątowe 2,54 mm (typ ZL263-10DG)
IN: złącze Jack 3,5 mm stereo (typ FC68133)
IN1A, IN2A: złącze SIP 1 × 3 pin., proste 2,54 mm

REKLAMA

LASEROWE
SZABLONY
DO MONTAŻU SMT

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

LASTENIC
LASER STENCILS

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

eprasa.pl 72d35c54c0



Przewody i złącza spełniające najwyższe standardy jakości

Okablowanie urządzeń i systemów elektronicznych – wraz ze współpracującymi z nim złączami – stanowi jeden z najważniejszych elementów infrastruktury, stanowiących o jej niezawodności i użyteczności. Ma to związek głównie z licznymi narażeniami mechanicznymi, chemicznymi lub termicznymi, na jakie są wystawione przewody oraz złącza podczas eksploatacji. W aplikacjach przemysłowych, kosmicznych, lotniczych czy medycznych jakość okablowania nabiera więc szczególnego znaczenia.

Więcej informacji:
Dystrybutorem produktów opisanych w artykule jest firma **Semicon Sp. z o.o.**
04-761 Warszawa, ul. Zwoleńska 43/43A
tel. +48 22 615 83 40 e-mail: info@semicon.com.pl
www.semicon.com.pl

Wśród dostawców współpracujących z firmą Semicon znajduje się kilku interesujących producentów oferujących wysokiej klasy przewody i złącza do przewodów. Wybrane przykłady – przeznaczone do pracy w różnych segmentach rynku – prezentujemy poniżej.

LEMO

Szwajcarska firma LEMO – znana przede wszystkim z produkcji najwyższej jakości złączy typu push-pull – ma również w swoim asortymencie kompatybilne przewody. Oferta jest bardzo szeroka i zróżnicowana, doskonale dopasowana do produkowanych przez firmę gniazd i wtyków.

- **Przewody koncentryczne.**
  - typu RG o standardowej specyfikacji oraz w wersjach do urządzeń pomiarowych,
  - ultracienkie (średnica ok. 1 mm) przewody o impedancji falowej 50 Ω i 75 Ω,
  - przewody podwójnie ekranowane (triaxial).
- **Przewody wysokonapięciowe.**
- **Przewody hybrydowe** łączące ze sobą – w ramach wspólnego płaszcza – przewody wielożyłowe z koncentrycznymi i światłowodowymi.
- **Przewody spiralne**.
- **Przewody o podwyższonej giętkości.**

Northwire

Firma Northwire to uznany, amerykański producent przewodów należący do grupy LEMO. W ofercie marki można znaleźć przewody wielożyłowe ekranowane i nieekranowane, dedykowane przede wszystkim do współpracy ze złączami wielotorowymi LEMO. Na szczególną uwagę zasługują tutaj przewody w powłoce z termoplastycznego, biokompatybilnego tworzywa Biocompatic, które – wraz ze złączami z serii LEMO REDEL – tworzą komplementarną ofertę dla producentów nowoczesnych urządzeń medycznych.



Fotografia 1. Przykładowe złącze marki LEMO oraz przekrój przewodu wielożyłowego



Fotografia 2. Przewód marki Northwire konfekcjonowany przykładowym złączem LEMO

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 3. Wiązka spiralna oparta na rozwiązaniach marki Northwire



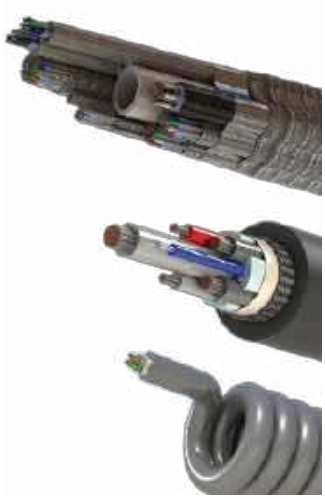
Fotografia 7. Rozbudowana struktura przewodu wielożyłowego marki NEWT



Fotografia 8. Przewód hybrydowy marki NEWT

New England Wire Technologies (NEWT)

Kolejny amerykański producent przewodów, którego głównym dystrybutorem w Polsce jest firma Semicon. Firma NEWT oferuje różnorakie przewody wielożyłowe, koncentryczne, nawojowe i hybrydowe, a portfolio uzupełnia szeroka gama rurek ekstrudowanych. New England Wire Technologies produkuje również niestandardowe przewody na zamówienie, opracowane ściśle według specyfikacji klienta.



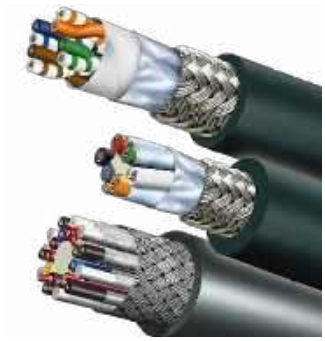
Fotografia 4. Przewody hybrydowe marki Northwire

3M

Firma Semicon – będąc autoryzowanym dystrybutorem marki 3M – oferuje zarówno przewody taśmowe tego producenta, jak i rozmaite akcesoria pomocne w tworzeniu wiązek kablowych, takie jak taśmy do owijania i ekranowania przewodów oraz rurki termokurczliwe.

Hivolt

Specjalnością firmy Hivolt są przewody wysokonapięciowe o różnej budowie, przeznaczone do pracy w różnych warunkach środowiskowych, w zakresie napięć dochodzącym nawet do kilkuset kilowoltów. Przewody marki Hivolt spełniają rygorystyczne normy jakościowe, czego dowodem są uzyskane przez producenta certyfikaty UL.



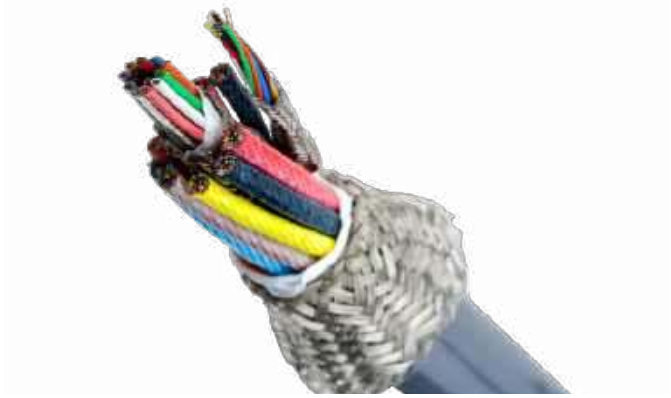
Fotografia 5. Przykładowe konstrukcje ekranowanych przewodów marki Northwire

Oploty i osłony kablowe: Techflex, Zipper Technik

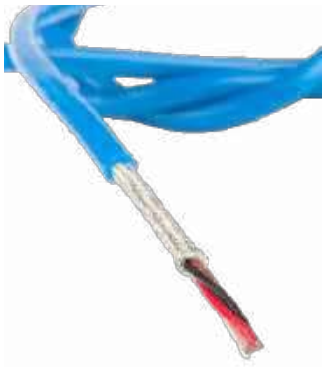
Semicon współpracuje również z producentami takimi jak Techflex czy Zipper Technik, oferując oploty oraz osłony służące do ekranowania, akcesoria do ochrony przewodów przed uszkodzeniami mechanicznymi i czynnikami zewnętrznymi, a także wyposażenie niezbędne do sprawnej produkcji wiązek kablowych.



Fotografia 6. Przewód audio marki NEWT



Fotografia 9. Przewód o wielopoziomowej strukturze grupowej marki NEWT



Fotografia 10. Przykładowy przewód sterowniczy marki NEWT



Fotografia 11. Oplot kablowy marki NEWT

Narzędzia

W ofercie Semicon znalazł się bogaty wybór narzędzi do obróbki kabli i przewodów, w tym wysokiej klasy ściągacze izolacji czy zaciskarki tulejek, produkowane przez renomowane marki o światowym zasięgu – w tym Knipex czy Rennsteig Werkzeuge GmbH.

Usługi

Oprócz dystrybucji gotowych wyrobów i materiałów, specjaliści Semicon służą także pomocą w optymalnym doborze przewodów, złączy, akcesoriów i narzędzi. Działalność firmy obejmuje ponadto montaż gotowych przewodów wraz ze złączami.

Osoby zainteresowane współpracą zapraszamy do kontaktu z Janem Szyszko: jszyszko@semicon.com.pl

eprasa.pl 72d35c54c0

Kable i przewody w urządzeniach elektronicznych

Choć we współczesnej elektronice coraz większą rolę odgrywają rozwiązania bezprzewodowe i miniaturyzacja (a więc także postępująca integracja całych systemów w ramach układów scalonych czy niewielkich modułów), wciąż nie sposób przecenić roli klasycznych połączeń kablowych. Przewody i kable to nie tylko podstawowy sposób na fizyczne łączenie modułów i urządzeń, ale też newralgiczny punkt konstrukcji wpływający na niezawodność, bezpieczeństwo i odporność zakłóceniową urządzenia. W artykule przyglądamy się wybranym typom przewodów stosowanych w elektronice – zarówno w urządzeniach konsumenckich, jak i przemysłowych czy medycznych. Omawiamy ich konstrukcję, zastosowania, właściwości elektryczne i mechaniczne, a także kryteria doboru kabli do konkretnych zastosowań. Omawiając konkretne obszary aplikacyjne podamy także wybrane informacje o złączach, które stanowią – wraz z przewodami – integralną całość pod względem technicznym i funkcjonalnym.

Kable i przewody dostępne na rynku występują w niezliczonych odmianach, różniąc się konstrukcją i materiałami, skrupulatnie wybieranymi przez producentów w zależności od przeznaczenia. Diametralnie inaczej zbudowane są przewody zasilające, sygnałowe, czy też koncentryczne, zdolne do pracy w zakresie w.cz. Te ostatnie wymagają kontroli impedancji – podobnie, jak niektóre rodzaje skrętek (tzw. *twisted pair*), a nawet pary koncentryczne typu twinax (**fotografia 1**), przeznaczone do transmisji różnicowych, np. w szybkich systemach cyfrowych.

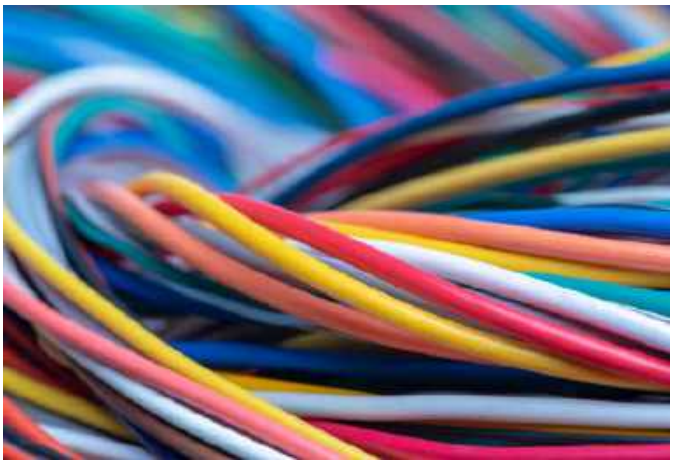
Wreszcie, w niektórych zastosowaniach, zamiast sygnałów elektrycznych przesyła się informacje drogą optyczną, czyli światłowodem – zapewnia to olbrzymią przepustowość i całkowitą odporność na zakłócenia elektromagnetyczne, co znajduje zastosowanie zarówno w klasycznej telekomunikacji i teleinformatyce, jak i w niektórych specyficznych zastosowaniach naukowych (np. w systemach medycznych pracujących w warunkach bardzo silnych pól magnetycznych, generowanych przez skanery MRI). Tematem światłowodów zajmiemy się bliżej w przyszłości, teraz natomiast skupmy się na tradycyjnym okablowaniu.

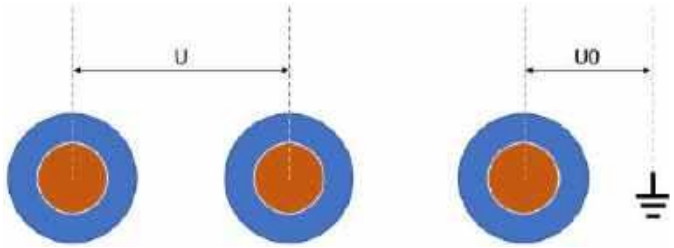
Konstrukcja i kluczowe parametry przewodów

Maksymalne napięcie pracy jest ograniczone wytrzymałością izolacji przewodu, zależną od jej materiału i grubości. Przykładowo w przypadku kabli sieci zasilającej podaje się je według norm (DIN VDE 0298, IEC 183) jako parę wartości U0/U (napięcie między żyłą a otoczeniem, np. ziemią/napięcie między żyłami – **rysunek 1**). Zalecane szczytowe napięcie pracy jest dużo niższe od napięcia testowego izolacji.



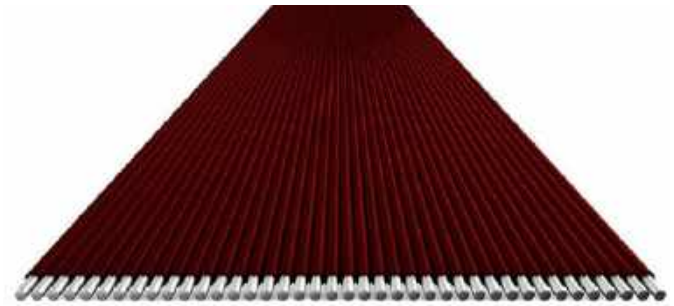
Fotografia 1. Przykładowe złącze współpracujące z kablem typu twinax (https://t.ly/MCshC)





Rysunek 1. Schematyczne przedstawienie parametrów U0/U (U0/U) w odniesieniu do kabli wielożyłowych (https://t.ly/QppXX)

Maksymalny prąd i przekrój żył są ze sobą powiązane – grubszy przewód przenosi większy prąd ciągły bez nadmiernego nagrzewania, co wynika rzecz jasna ze znacznie mniejszej rezystancji przewodników, przeliczanej zwykle w Ω/km. W specyfikacjach okablowania podaje się dopuszczalny przekrój lub średnicę żyły, w jednostkach metrycznych (mm²) albo znormalizowanej skali AWG (**tabela 1**). W większości przypadków producenci nie podają natomiast wartości maksymalnego prądu, jaki może przenieść dany rodzaj przewodu – wynika to przede wszystkim z prostego faktu: rezystancja żył zależy od temperatury otoczenia, a ponadto dopuszczalne warunki termiczne obciążonego przewodu będą się różniły w zależności od sposobu montażu (np. przewód na wolnym powietrzu, kilka przewodów w korytku lub peszlu, etc.). W niektórych notach katalogowych można jednak znaleźć informację o dopuszczalnym amperażu podaną wprost – dotyczy to głównie przewodów sygnałowych (np. taśmowych, czyli tzw. przewodów płaskich – **fotografia 2**, **rysunek 2**) oraz gotowych, konfekcjonowanych kabli (np. USB



Fotografia 2. Przykładowy przewód płaski marki Molex (1000570203) – https://t.ly/mqNjt

eprasa.pl 72d35c54c0

– **fotografia 3**). W przypadku tych ostatnich ograniczenie prądu wynika zresztą nie tylko z samego przewodu, ale także możliwości oferowanych przez zastosowane złącza.

Minimalny promień gięcia określa, przy jakim zagięciu kabel może pracować bez uszkodzeń – wartości te często są podawane osobno dla instalacji *statycznej* (przewód ułożony na stałe) i *dynamicznej* (przewód w ruchu, np. w systemach mechatronicznych). W warunkach pracy dynamicznej dopuszcza się zwykle większe promienie (czyli słabsze ugięcie), a skrajne temperatury otoczenia dodatkowo ograniczają dopuszczalną ruchomość, głównie z uwagi na efekty starzenia się izolacji i zmęczenie materiału. Równie

Tabela 1. Przekroje żył przewodów wyrażone w skali amerykańskiej (AWG) i metrycznej (mm). Źródło: https://t.ly/WEwsD

AWG (American Wire Gauge)	Powierzchnia			Przekrój	
	mm²	in²	CMA	mm ∅	in ∅
0000 (4/0)	107,2193	0,16619	211600	11,6840	0,4600
000 (3/0)	85,0288	0,13179	167806	10,4049	0,4096
00 (2/0)	67,4309	0,10452	133077	9,2658	0,3648
0 (1/0)	53,4751	0,08289	105534	8,2515	0,3249
1	42,4077	0,06573	83693	7,3481	0,2893
2	33,6308	0,05213	66371	6,5437	0,2576
3	26,6705	0,04134	52635	5,8273	0,2294
4	21,1506	0,03278	41741	5,1894	0,2043
5	16,7732	0,02600	33102	4,6213	0,1819
6	13,3018	0,02062	26251	4,1154	0,1620
7	10,5488	0,01635	20818	3,6649	0,1443
8	8,3656	0,01297	16510	3,2636	0,1285
9	6,6342	0,01028	13093	2,9064	0,1144
10	5,2612	0,00815	10383	2,5882	0,1019
11	4,1723	0,00647	8234	2,3048	0,0907
12	3,3088	0,00513	6530	2,0525	0,0808
13	2,6240	0,00407	5178	1,8278	0,0720
14	2,0809	0,00323	4107	1,6277	0,0641
15	1,6502	0,00256	3257	1,4495	0,0571
16	1,3087	0,00203	2583	1,2908	0,0508
17	1,0378	0,00161	2048	1,1495	0,0453
18	0,8230	0,00128	1624	1,0237	0,0403
19	0,6527	0,00101	1288	0,9116	0,0359
20	0,5176	0,00080	1022	0,8118	0,0320
21	0,4105	0,00064	810	0,7229	0,0285
22	0,3255	0,00050	642	0,6438	0,0253
23	0,2582	0,00040	509	0,5733	0,0226
24	0,2047	0,00032	404	0,5106	0,0201
25	0,1624	0,00025	320	0,4547	0,0179
26	0,1288	0,00020	254	0,4049	0,0159
27	0,1021	0,00016	202	0,3606	0,0142
28	0,0810	0,00013	160	0,3211	0,0126
29	0,0642	0,00010	127	0,2859	0,0113
30	0,0509	0,00008	101	0,2546	0,0100
31	0,0404	0,00006	80	0,2268	0,0089
32	0,0320	0,00005	63	0,2019	0,0080
33	0,0254	0,00004	50	0,1798	0,0071
34	0,0201	0,00003	40	0,1601	0,0063
35	0,0160	0,00002	32	0,1426	0,0056
36	0,0127	0,00002	25	0,1270	0,0050
37	0,0100	0,00002	20	0,1131	0,0045
38	0,0080	0,00001	16	0,1007	0,0040
39	0,0063	0,00001	12	0,0897	0,0035
40	0,0050	0,00001	10	0,0799	0,0031

Electrical

Current - Maximum per Contact	1.5A
Voltage - Maximum	300V AC

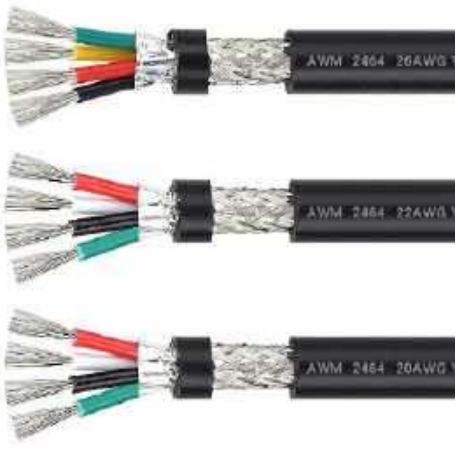
Rysunek 2. Fragment dokumentacji przewodu Molex 1000570203 z maksymalnym amperażem podanym explicite (https://t.ly/mqNjt)

istotne jest **ekranowanie** przewodu – zastosowanie oplotu lub folii metalowej chroni linie przed zakłóceniami emitowanymi i odbieranymi z otoczenia, ale zwiększa promień gięcia w stosunku do przewodów o tej samej liczbie i przekroju żył, ale pozbawionych ekranowania (**fotografia 4**). Mało tego – ekran może obejmować cały kabel lub poszczególne pary w kablu wielożyłowym, a właściwe rozdzielenie poszczególnych sekcji jest realizowane za pomocą dodatkowych rdzeni, również wpływających na wypadkową giętkość przewodu. Warto dodać, że aspekty zmęczeniowe i elastyczność przewodów są niebywale istotne zwłaszcza w branży medycznej – nietrudno się bowiem domyślić, że kable EKG (**fotografia 5**) czy też przewody biegnące od czujników SpO_2 (por. **fotografie 6** i **7**) są w czasie eksploatacji narażane na wielokrotne przeciążenia mechaniczne, związane czy to z ruchem samego pacjenta, czy też (czasem dość niedelikatnym) traktowaniem ich przez personel medyczny, zwłaszcza jeżeli wykonywane procedury są bardzo dynamiczne (np. reanimacja czy też szybkie przenoszenie podłączonego do aparatury pacjenta z noszy na łóżko szpitalne).

Skoro jesteśmy przy temacie **odporności mechanicznej i środowiskowej** przewodów, to warto zwrócić uwagę także na inne branże. Przykładowo kable przeznaczone do pracy na zewnątrz budynków, w obecności wilgoci, substancji chemicznych czy wysokich temperatur muszą być wykonane z odpowiednich materiałów izolacyjnych. Promieniowanie UV, ozon, oleje, smary, agresywne



Fotografia 3. Przekrój nowoczesnego kabla USB C z widocznymi sekcjami koncentrycznymi (sygnałowymi) oraz żyłami zasilającymi o relatywnie dużym przekroju (https://t.ly/gAGA)



Fotografia 4. Zastosowanie pojedynczego lub podwójnego ekranowania zwykle w istotny sposób wpływa na sztywność przewodu (https://t.ly/84XT0)

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 5. Przykładowy kabel EKG (https://t.ly/-rkaD)



Fotografia 10. 8,5-gigahercowy analizator wektorowy wyposażony w gniazda typu N (https://t.ly/-auw9)

chemikalia – to tylko część czynników degradujących, na które narażone są przewody w trudnych warunkach przemysłowych, motoryzacyjnych czy instalacjach dachowych (np. fotowoltaicznych). Dlatego opracowano specjalne serie kabli spełniających jednocześnie wiele wymagań (odporność na skręcanie, na oleje, na płomień, samogasnące itp.). Przykładem jest rozbudowana rodzina przewodów sterowniczych ÖLFLEX firmy LAPP (**fotografia 8**), oferująca produkty odporne m.in. na ciągły kontakt z olejami.

Przewody i złącza w aparaturze pomiarowej

Kable stosowane w sprzęcie testującym i pomiarowym mają krytyczny wpływ na dokładność i wiarygodność wyników. Klasycznym przykładem jest tu kabel koncentryczny zakończony złączem BNC, powszechnie stosowanym w oscyloskopach, generatorach funkcyjnych, a także (pomocniczo) w analizatorach widma i innej aparaturze laboratoryjnej – zwykle tej pracującej w zakresie wysokich częstotliwości. Standardowe złącze BNC ma impedancję 50 Ω (lub 75 Ω – w przypadku aplikacji audio-wideo) i zwykle, według specyfikacji, zachowuje dobre parametry do częstotliwości zaledwie kilku GHz. W praktyce jednak rzadko korzysta się z tego typu złączy powyżej 500 MHz. W zakresie mikrofalowym znacznie częściej spotyka się gniazda i wtyki SMA (do kilkunastu GHz, **fotografia 9**) lub N, zapewniające niższe straty i lepszą jakość sygnałów (**fotografia 10**). Jako przykład można wymienić analizatory widma oraz wektorowe analizatory sieci – tutaj, w roli złączy wejściowych (a także wyjściowych – do podłączania generatora śledzącego), stosuje się standardowo złącza typu N, ale… znów tylko do pewnego zakresu częstotliwości. W przypadku analizatorów najwyższej klasy, pracujących w paśmie rzędu kilkudziesięciu czy nawet ponad 100 GHz, używane są bowiem złącza RF w standardzie 1,0 mm (**fotografia 11**), których zakres częstotliwości pracy dochodzi do 110 GHz.



Fotografia 7. Czujnik napalcowy SpO_2 wielokrotnego użytku. Uwagę zwracają długie, elastyczne odgiętki, doskonale wyprofilowane w celu zapewnienia jak najdłuższej, bezawaryjnej pracy przy powtarzalnych naprężeniach mechanicznych (https://t.ly/H0ifR)



Fotografia 6. Klasyczny, samoprzylepny czujnik SpO_2. Krótka i sztywna odgiętka złącza nie stanowi większego problemu z uwagi jednorazowy charakter wyrobu (https://t.ly/kpKuZ)

Do pomiaru sygnałów analogowych o bardzo małych amplitudach (np. z niektórych czujników) stosuje się natomiast specjalistyczne kable o niskim poziomie szumów własnych. Najbardziej zaawansowane konstrukcyjnie, koncentryczne przewody niskoszumowe mają – oprócz centralnej żyły sygnałowej, oplotu oraz wewnętrznego i zewnętrznego izolatora – także specjalną, wewnętrzną warstwę półprzewodzącą, która redukuje do minimum poziom szumu, co ma znaczenie zwłaszcza przy pracy ze źródłami sygnałowymi o wysokiej impedancji wyjściowej. Takie kable (o specjalnej konstrukcji dielektryka, w której cienka warstwa „przewodzącego" polietylenu otacza wewnętrzny dielektryk) opracowała firma HUBER+SUHNER (**rysunek 3**).

W codziennej praktyce pomiarowej nie brakuje także bardziej prozaicznych przewodów i złączy, które jednak również zostały ulepszone na potrzeby wymagających użytkowników. Dla przykładu: popularne wtyki bananowe (o średnicy nominalnej 4 mm), stosowane powszechnie w multimetrach czy zasilaczach laboratoryjnych, doczekały się wariantów o zwiększonym poziomie ochrony przed przypadkowym porażeniem elektrycznym operatora. Są to tzw. wersje *bezpieczne*, tj. ze stykami obudowanymi tulejką tworzywową, zamocowaną na stałe (**fotografia 12**) lub wycofującą się pod naciskiem, za sprawą wewnętrznej sprężyny (**fotografia 13**). Takie proste rozwiązanie mechaniczne pozwala skutecznie chronić użytkownika przed omyłkowym dotknięciem metalowej części znajdującej



Fotografia 11. Wysokoczęstotliwościowe złącza 1,0 mm (https://t.ly/4UpdX)



Fotografia 8. Przykładowy przewód z serii ÖLFLEX® FD 90 CY marki LAPP (https://t.ly/5c3F7)



Fotografia 9. Zestaw zawierający różne rodzaje adapterów SMA (https://t.ly/PfZeY)



Rysunek 3. Budowa koncentrycznego przewodu niskoszumnego o impedancji 75 Ω z półprzewodzącą warstwą PE (https://t.ly/r8EHS)

eprasa.pl 72d35c54c0

się pod napięciem. Bezpieczne gniazda także wyposażone są w dodatkowy pierścień izolujący, co doskonale widać na **fotografii 14**.

Przewody i złącza do urządzeń medycznych

Także w aparaturze medycznej stosuje się wtyki bezpieczne, choć produkowane w innych standardach. Wprawdzie w normalnych warunkach pracy raczej trudno byłoby spodziewać się, że na przewodzie EKG czy też EEG pojawi się napięcie sieciowe, to jednak istnieje pewne niezerowe ryzyko, że przypadkowy kontakt luźno zwisającego wtyku z przewodzącą powierzchnią może doprowadzić do zagrożenia dla zdrowia (a nawet życia) pacjenta. Warto bowiem wiedzieć, że w medycynie, w pewnych specyficznych sytuacjach, niebezpieczne może być nawet doprowadzenie do kontaktu z uziemieniem. Wyobraźmy sobie chociażby sytuację, w której przewód – podłączony galwanicznie do cewnika wewnątrznaczyniowego (stosowanego np. w procedurach kardiologii inwazyjnej) – przypadkowo wejdzie w kontakt z przewodzącym obiektem znajdującym się obok pacjenta. Wtedy istnieje spore ryzyko, że przez ciało pacjenta może przepłynąć prąd upływu o wystarczającym natężeniu, by doprowadzić do migotania komór. W takim przypadku wina nie będzie leżała po stronie współpracującego z cewnikiem urządzenia, bo niebezpieczeństwo sprowadzi na pacjenta… sam, odłączony od aparatury kabel. Dlatego też konieczne okazuje się stosowanie specjalnych złączy o konstrukcji uniemożliwiającej przypadkowy kontakt styku przewodzącego z powierzchnią lub tzw. palcem probierczym, a także… włożenie do gniazda sieciowego (sic!). Choć to ostatnie wymaganie wydaje się absurdalne (kto i dlaczego miałby podłączyć przewód EKG, wpięty do elektrody na ciele pacjenta, do gniazda ściennego?), to w branży medycznej



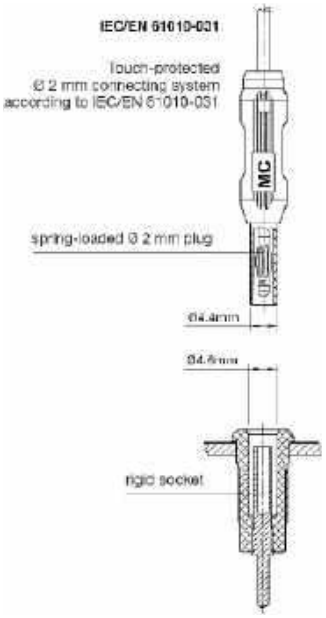
Fotografia 12. Bezpieczny wtyk bananowy ze stałą tuleją ochronną (https://t.ly/-t3ZU)



Fotografia 13. Bezpieczny wtyk bananowy z ruchomą tuleją ochronną (https://t.ly/BOM72)



Fotografia 14. Gniazda bananowe w wersji bezpiecznej (https://t.ly/SW4Hy)



Rysunek 4. Wymiary złączy bezpiecznych w rozmiarze 2 mm (https://t.ly/DAjD1)



Fotografia 15. Przykładowy wtyk bezpieczny przeznaczony do aplikacji medycznych (https://t.ly/JkTe-)



Fotografia 16. Jednorazowe złącza i przewody medyczne – choć mogą wydawać się wątpliwe pod względem ekologicznym – w niektórych aplikacjach okazują się niezbędne (https://t.ly/UEQBX)

trzeba eliminować nawet takie – pozornie nierealistyczne – zagrożenia. Przykłady złączy z omawianej grupy można zobaczyć na **rysunku 4** i **fotografii 15**.

Branża medyczna jest szczególnie wymagająca – pod względem niezawodności i bezpieczeństwa zastosowanych komponentów – także w wielu innych aspektach technologicznych. Dotyczy to również samych przewodów – elementy te muszą spełniać rygorystyczne normy dotyczące wytrzymałości izolacji i odporności materiałów na czyszczenie oraz sterylizację, a także zapewniać wysoką trwałość mechaniczną. Lista wymogów jest długa: od elektrycznych (np. podwójna izolacja spełniająca normy medyczne 2xMOPP), przez mechaniczne (odporność na tysiące cykli łączenia i wyginania), po czysto higieniczne, użytkowe czy… estetyczne. Urządzenia medyczne, zwłaszcza te mające kontakt z pacjentem, muszą minimalizować ryzyko infekcji krzyżowej – stąd niektóre elementy kablowe są jednorazowego użytku. Przykładem mogą być samoprzylepne czujniki pulsoksymetryczne (do pomiaru saturacji krwi), wykonywane jako jednorazowe naklejki z wbudowanymi diodami i fotodetektorami. Mimo że nie kontaktują się bezpośrednio z krwią lub innymi płynami ustrojowymi, nie mogą być użyte powtórnie, ponieważ warstwa klejąca i podłoże z elementami optycznymi są zintegrowane nierozerwalnie – zużywają się podczas pierwszego użycia.

W pewnych sytuacjach możliwość wykonania bardziej rozbudowanego wyrobu medycznego w postaci jednorazowej niesie ze sobą szereg zalet, zarówno dla pacjenta, jak i lekarzy – dlatego też firma LEMO wprowadziła na rynek serię jednorazowych złączy REDEL (**fotografia 16**). Jednym z głównych obszarów aplikacyjnych takich komponentów są rozmaite systemy stosowane śródoperacyjnie – jednorazowy charakter wyrobu eliminuje ryzyko przenoszenia zakażeń pomiędzy chorymi i upraszcza procedury: zamiast myć i sterylizować urządzenie, użytkownik może przekazać je po prostu do utylizacji po zakończeniu zabiegu.

Z kolei elementy przeznaczone do wielokrotnego użytku muszą nadawać się do dekontaminacji, czy nawet sterylizacji. Dotyczy to choćby przewodów do elektrod EKG, kabli do urządzeń endoskopowych czy przewodów instrumentów chirurgicznych.

A wymagania sterylizacyjne są niezwykle surowe: sterylizacja parowa w autoklawie (**fotografia 17**) wymaga temperatury 120...130°C. Taka obróbka (w dodatku pod ciśnieniem) stanowi

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 17. Wnętrze centralnej sterylizatorni w dużym szpitalu (https://t.ly/8L1Mz)

ogromne wyzwanie dla materiałów przewodów i złączy – tworzywa sztuczne mogą deformować się lub pękać, a uszczelnienia i kleje – tracić swoje właściwości. Producenci opracowują więc specjalne rozwiązania przewodów i złączy medycznych o podwyższonej odporności termicznej. Mało tego – w wielu pomieszczeniach szpitalnych do zgrubnej dezynfekcji stosowane jest promieniowanie UV, które również z łatwością degraduje wiele rodzajów polimerów. Osobny temat to sterylizacja tlenkiem etylenu czy też mycie za pomocą roztworów na bazie stężonego alkoholu – normy przewidują zresztą wymóg odporności na działanie alkoholi i wody, na które większość wyrobów (poza jednorazowymi) jest narażana wielokrotnie podczas normalnej eksploatacji.

Charakterystyczną cechą kabli medycznych jest często zastosowanie miękkich, elastycznych izolacji (np. z silikonu) dla komfortu pacjenta i personelu. Przykładowo silikonowe przewody są giętkie, przyjemne w dotyku i pozostają elastyczne nawet w niskich temperaturach, a przy tym wytrzymują sterylizację w autoklawie lepiej niż inne tworzywa. Bardzo istotnym aspektem jest także biokompatybilność. W wielu przypadkach (np. wspomniane już kable EKG, przewody czujników pulsoksymetrycznych, sond do pomiaru temperatury itp.) przewód przez długi czas pozostaje w kontakcie ze skórą pacjenta, dlatego też okablowanie będące elementem części aplikacyjnych musi spełniać rygorystyczne wymogi w tym zakresie. Jednym ze znanych producentów okablowania medycznego jest firma Northwire, będąca członkiem grupy LEMO – produkującej wysokiej klasy złącza, szeroko stosowane także w aparaturze diagnostycznej i terapeutycznej. Seria BioCompatic (**fotografia 18**) zapewnia nie



Fotografia 18. Przewody z serii BioCompatic konfekcjonowane złączami marki LEMO (https://t.ly/uUZVQ)



Fotografia 19. Panel gniazd wejściowych w kardiomonitorze. Warto zwrócić uwagę na różnice w ułożeniu otworów w gniazdach kodowanych różnymi kolorami – jest to najprostszy, mechaniczny sposób ochrony przed omyłkowym podłączeniem niewłaściwego czujnika bądź elektrod do danego portu (https://t.ly/RI4HU)

tylko biozgodność (za sprawą braku w składzie izolacji takich materiałów, jak bisfenol czy lateks – izolacja spełnia wymogi normy dot. cytotoksyczności, ISO 10993-5:2009), ale także relatywnie niski koszt (w porównaniu do przewodów silikonowych), dobrą wytrzymałość mechaniczną (odporność na ściskanie, cięcie i ścieranie) oraz chemiczną, a także sterylizowalność (do 500 cykli w temperaturze 134°C).

W istocie te same wymogi technologiczne i normalizacyjne dotyczą także złączy medycznych. Co ciekawe, brak unifikacji w tej grupie komponentów sprawia, że poszczególni producenci aparatury stosują własne rozwiązania połączeniowe. Serwisant sprzętu medycznego dobrze wie, że niemal każda linia kardiomonitorów ma inne złącza dla elektrod i czujników – różnią się one kształtem, liczbą pinów, kluczem ustalającym i kolorem, aby zapobiec pomyłkom przy podłączaniu poszczególnych części aplikacyjnych (**fotografia 19**). Na panelu monitora pacjenta widać więc całą gamę unikatowych gniazd, do których pasują tylko dedykowane przewody od danego producenta. Z jednej strony wymusza to korzystanie z oryginalnych akcesoriów, z drugiej – pozwala zoptymalizować połączenie pod konkretny sygnał (inne złącze do EKG, inne do SPO_2, inne do ciśnienia krwi itp.). Niczym zaskakującym nie jest zatem oferta wielu producentów złączy, skierowana do wytwórców wyrobów medycznych – oczywiście na zamówienie nietypowych złączy w ilościach hurtowych mogą pozwolić sobie tylko najwięksi gracze z rynku medtech. Pozostali – w tym twórcy urządzeń produkowanych raczej mało- lub co najwyżej średnioseryjnie – muszą zadowolić się typowymi złączami „z półki", a zadanie wyboru odpowiednich elementów nie jest wbrew pozorom zajęciem trywialnym. Z własnego doświadczenia autora wynika, że nawet wielu uznanych dystrybutorów komponentów elektronicznych nie do końca radzi sobie z obsługą zapytań ofertowych dotyczących właśnie gniazd i wtyków do wyrobów medycznych.

Przewody i złącza do pracy w warunkach ekstremalnych

Poza typowymi urządzeniami konsumenckimi i przemysłowymi istnieje wiele specjalistycznych obszarów, gdzie stawia się kablom



Fotografia 20. Przewód z serii NA2XSY (https://t.ly/d2B8R)

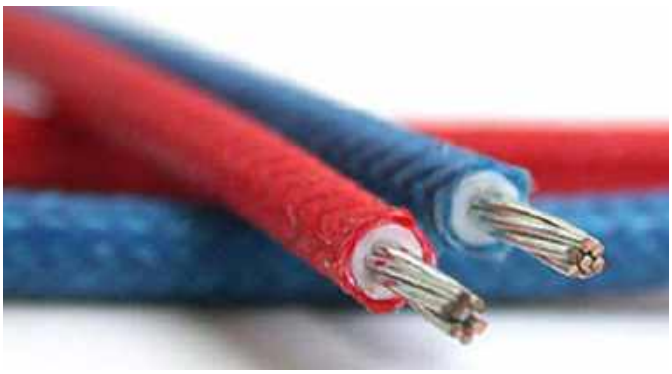
eprasa.pl 72d35c54c0

i złączom szczególne wymagania. Poniżej prezentujemy kilka przykładów takich rozwiązań.



Fotografia 21. Wysokonapięciowe, pomiarowe przewody w izolacji silikonowej (https://t.ly/fqHJF)

- **Wysokie napięcia** – aparatura naukowa, rentgenowska czy zasilacze impulsowe HV wymagają przewodów i złączy o bardzo wysokiej wytrzymałości napięciowej. Standardowe przewody sterownicze czy zasilające, a także złącza uniwersalne wytrzymują zwykle do ok. 500 V...1 kV, lecz istnieją specjalne serie produktów wysokonapięciowych na kilkanaście i więcej kV. Rzecz jasna za wysoką wytrzymałość napięciową odpowiadają nie tylko wymiary (odstępy izolacyjne w złączach czy grubości izolacji w przewodach), ale także zastosowane materiały. Dobrym przykładem kabla średniego napięcia (6/10 kV, 12/20 kV, a nawet 18/30 kV) może być NA2XSY marki Helukabel (**fotografia 20**), w którym rolę głównego izolatora (wewnętrznego) pełni usieciowany polietylen (XLPE), zaś zewnętrzny płaszcz jest wykonany (podobnie, jak w ogromnej liczbie innych przewodów) z PVC. W przewodach wysokonapięciowych, w roli głównej izolacji, stosowany jest także EPR. Co ciekawe, często centralny przewodnik w tego typu okablowaniu jest wykonywany nie z miedzi, ale... z aluminium. Wprawdzie nie jest to rozwiązanie zapewniające wybitną odporność mechaniczną, ale w przypadku grubych przewodów wysokoprądowych (pracujących wyłącznie w warunkach statycznych) nie ma to zwykle najmniejszego znaczenia. Inna sytuacja ma miejsce, jeżeli poszukujemy przewodu do celów pomiarowych, np. do wysokonapięciowego woltomierza. Tutaj – co raczej nie będzie większym zaskoczeniem – królują przewody w grubej izolacji silikonowej, czyli klasyczna, prosta konstrukcja, znana chociażby z sond stosowanych w multimetrach (**fotografia 21**).
- **Ekstremalne temperatury** – wysoka temperatura otoczenia wymaga użycia przewodów o izolacji zdolnej wytrzymać nagrzewanie bez pęknięć i stopienia. Standardowe izolacje PVC czy polietylenowe zaczynają mięknąć powyżej 70...80°C, ale na rynku dostępne są kable na izolacjach specjalnych: silikonowych (w pełni funkcjonalne do ok. 180°C w pracy ciągłej i nawet do 250...300°C w krótkotrwałym przeciążeniu termicznym), teflonowych (PTFE) czy poliimidowych. PTFE to materiał szczególnie odporny – na teflonie nie robią wrażenia ani temperatury kriogeniczne (do –200°C), ani bardzo wysokie (260°C w warunkach ciągłych, a nawet 400°C w szczycie), a przy tym jest bardzo odporny chemicznie. Przewody w izolacji PTFE są z tych względów chętnie stosowane m.in. w aparaturze wojskowej, lotniczej, w czujnikach instalowanych na silnikach i kotłach przemysłowych, a także w instalacjach próżniowych (gdzie zwykłe tworzywa wydzielałyby nieakceptowalne pary) i kriogenicznych (aparatura kosmetyczna i medyczna, instalacje do celów naukowych itd.). Niektóre wykonania specjalistyczne są w stanie pracować w temperaturach dochodzących nawet do 1200°C (**fotografia 22**).



Fotografia 22. Wysokotemperaturowe przewody z ratingiem termicznym do 1200°C (https://t.ly/nt51n)



Fotografia 23. Wytrzymały mechanicznie przewód silnikowy z serii chainflex CF35.UL marki igus (https://t.ly/mEH0w)

- **Ciągły ruch i zginanie** – w robotyce, automatyce przemysłowej czy urządzeniach pomiarowych z elementami ruchomymi (np. ramiona robotyczne, maszyny CNC, drukarki 3D, mechanizmy skanujące, automaty pick&place itp.) kluczowe jest zastosowanie kabli przystosowanych do wielokrotnego zginania i skręcania. Zwykły przewód linkowy może ulec pęknięciu żył już po kilkudziesięciu czy kilkuset cyklach ostrego zgięcia. Dlatego opracowano specjalne kable wysokoelastyczne, które cechują się zoptymalizowaną konstrukcją żył (wiele cienkich drucików, skręcanych w wiązki o specjalnym splocie) oraz wytrzymałą izolacją z tworzyw takich jak PUR czy TPE. Przykładowe przewody igus chainflex w testach wytrzymują miliony cykli zginania, przy relatywnie małym (w porównaniu do średnicy przewodu) promieniu gięcia (**fotografia 23**). Ponadto są odporne na ścieranie, oleje przemysłowe czy promieniowanie UV, a niektóre wersje także na skręcanie osiowe (co ma znaczenie w najbardziej zaawansowanych robotach, opartych na łańcuchach kinematycznych o wielu stopniach swobody).
- **Agresywne środowisko przemysłowe** – kable pracujące w kopalniach, rafineriach, hutach czy oczyszczalniach ścieków muszą sprostać obecności żrących substancji, wilgoci, pyłu, a nieraz nawet atmosferze wybuchowej. W takich warunkach stosuje się przewody o specjalnych powłokach odpornych na chemikalia czy wreszcie wyposażone w osłony metalowe (peszle, oploty ze stali nierdzewnej), chroniące przed intensywnymi narażeniami mechanicznymi. W przewodach do ekstremalnie nieprzyjaznych środowisk (branża kosmiczna, lotnictwo, wojskowość etc.) zastosowanie znajduje szeroka gama materiałów izolacyjnych: silikony, neopren, nylon, różne odmiany teflonu, CPE, PUR, EPDM, HDPE, PFA czy TPE. Do wzmacniania konstrukcji okablowania stosowany jest Kevlar oraz inne włókna z grupy aramidów. Mało tego – w niektórych przypadkach w roli przewodnika stosowana jest nie tylko miedź (cynowana lub srebrzona), ale nawet... stal nierdzewna czy specjalne stopy o wysokiej wytrzymałości.

Podsumowanie

Jak widać, świat okablowania i złączy obfituje w niezwykle interesujące, często nietuzinkowe rozwiązania, skrojone na miarę różnorodnych potrzeb wszystkich branż współczesnej techniki. Niezależnie od tego, czy mamy do czynienia z precyzyjną aparaturą pomiarową, zaawansowanymi systemami obrazowania medycznego, robotyką przemysłową, czy też 100-kilowoltowym wyposażeniem laboratoriów – każdy obszar stawia własne wymagania. Bezpośredni wpływ na konstrukcję i parametry kabli oraz złączy mają unikalne warunki środowiskowe i normy bezpieczeństwa, właściwe dla danej aplikacji. Warto zatem – chociażby z czystej, inżynierskiej ciekawości – zajrzeć co pewien czas do katalogów producentów i zapoznać się z tym, co jest aktualnie dostępne w sprzedaży. Często bowiem nie wiadomo, jakie nietypowe przewody lub złącza okażą się niezbędne w kolejnym projekcie, a orientacja w ofercie rynkowej znakomicie ułatwia i przyspiesza rozwój projektów.

inż. Przemysław Musz, EP

eprasa.pl 72d35c54c0

Więcej niż kable, czyli o znaczeniu akcesoriów do przewodów

Każda branża wymaga uwagi i indywidualnego podejścia do wymogów – zarówno tych stawianych przez samego klienta, jak i definiowanych przez docelowe warunki pracy czy… normy branżowe. Wysokiej jakości, właściwie dobrany osprzęt kablowy pozwala nie tylko spełnić określone wymagania formalne, ale także – poprzez utrzymanie odpowiednich warunków pracy oprzewodowania – znacznie zwiększyć niezawodność połączeń, nawet w niesprzyjającym środowisku.

Dobór przewodu do docelowej aplikacji to zwykle jeden z najważniejszych etapów projektowania „otoczenia" elektronicznej części projektowanego systemu. Trzeba jednak pamiętać, że na odporność urządzenia w dużej mierze wpływają także bezpośrednio współpracujące z okablowaniem akcesoria, w tym:

- dławiki kablowe (zwane też dławnicami),
- zaślepki, w tym wersje klasyczne oraz z certyfikacją ATEX,
- dodatkowe osłony kabli w postaci różnego rodzaju węży,
- prowadniki (łańcuchy) kablowe,
- połączenia wyrównawcze i masy,
- złącza kablowe (w tym wielopinowe oraz specjalistyczne, np. PV),
- końcówki kablowe,
- paski montażowe.

Przyjrzyjmy się bliżej wymienionym asortymentom.

Dławiki kablowe – najważniejsze funkcje

Dławnice pełnią wiele istotnych funkcji – wymieńmy najważniejsze z nich.

- Utrzymanie przez długi czas eksploatacji właściwego stopnia ochrony (IPxx) obudowy w miejscu wprowadzenia przewodu.
- Stabilne, mechanicznie zamocowanie kabla i częściowe zabezpieczenie przed jego wyrwaniem.
- Zabezpieczenie przed złamaniem żył przewodu dzięki zapewnieniu minimalnego promienia zgięcia (w przypadku dławnic z odgiętkami).
- Ustalenie właściwego kierunku wyjścia kabla z obudowy (dławiki proste i kątowe).
- Uzyskanie kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) poprzez zastosowanie dławnic ekranowanych, współpracujących bezpośrednio z metalową obudową urządzenia.
- Utrzymanie wymaganego poziomu zabezpieczenia przed wybuchem.
- Uszczelnienie dostosowane do wiązki złożonej z wielu przewodów okrągłych lub kabli płaskich, których nie sposób zamontować z użyciem osobnych dławnic.
- Zapewnienie określonej wytrzymałości chemicznej i termicznej całego urządzenia.
- Ułatwienie integracji systemu.
- Ochrona przewodu w miejscu przejścia przez otwór obudowy (np. przez osłonięcie od ostrej krawędzi otworu w metalowym panelu).

W przypadku dławików kablowych dwa główne zastosowania to otwory obudów (rozdzielnice i sterownice, obudowy czujników i przetworników pomiarowych itp.) oraz skrzynki zaciskowe silników elektrycznych. Dławnice powinny dać się łatwo i szybko montować (w myśl znanego powiedzenia „czas to pieniądz"). Natomiast w przypadku wersji EMC muszą dodatkowo pozwalać na niezawodne połączenie ekranu kabla z masą, a także – w czasie montażu – umożliwiać na zamocowanie ekranu bez konieczności przecinania drutów ekranu oplotowego, gdyż znacznie osłabiłoby to osiągi systemu w zakresie emisji i/lub odporności na zakłócenia promieniowane, a – co gorsza – mogłoby pozostać niezauważone na etapie produkcji.

Dławiki i ich uszczelnienia powinny być dostępne w wykonaniach z różnych materiałów – odpornych (podobnie jak same kable) na określone warunki środowiskowe. Aby można było je łatwo stosować, powinny też pozwalać na montaż w standardowych otworach (gotowe otworowanie obudów, typowe wykrojniki) oraz szczelne zabezpieczenie kabli o typowych średnicach. Poza wymiarami ważne są też tolerancje mechaniczne dławików. Niekiedy znaczenie może mieć nawet kolor tworzywa, z którego wykonany jest dławik, ponieważ może być on pomocny dla działów UR w identyfikacji obwodów czy przy doborze zamienników.



Fotografia 1. Dławnice poliamidowe typu HSK METRICA-P

Dławiki z tworzywa sztucznego

W typowych zastosowaniach maszynowych używane są często dławnice poliamidowe (**fotografia 1**). Klasa IP68 (10 bar) i IP69K zapewnia praktycznie najwyższy standard ochrony obudowy. W aplikacjach pracujących np. na zewnątrz budynków czy w niektórych halach przemysłowych bardzo istotny jest szeroki zakres temperatur pracy (w przypadku PA zwykle od –40°C do +100°C). Standardowo elementy te są wykonywane w kolorze czarnym, szarym lub niebieskim (wskazującym iskrobezpieczność zgodną z ATEX), ale istnieje możliwość uzgodnienia innego koloru. Ten typ dławika jest ponadto bezhalogenowy oraz spełnia wymagania dyrektywy RoHS.

Główne zastosowania to budowa maszyn i urządzeń, robotyka, automatyka i sterowanie, konstrukcja pojazdów, przemysł stoczniowy, kolejnictwo, instalacje elektryczne, montaż w szafach sterowniczych, eksploatacja maszyn w warunkach podwyższonej wilgotności oraz przy narażeniu na działanie silnego strumienia wody (np. w przemyśle spożywczym).



Fotografia 2. Nylonowe dławiki z serii HP

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 3. Dławiki kablowe do zastosowań maszynowych z serii HSK-B

Dławiki z tej rodziny mogą przyjmować kable o średnicach zewnętrznych od 4 do 48 mm, zarówno w obwodach zwykłych, jak i iskrobezpiecznych.

W mniej wymagających aplikacjach można stosować tańsze nylonowe dławiki (HP) – **fotografia 2**. Zakres temperatur dochodzi tu do 85°C, a szczelność do IP68. Elementy są dostępne w wersjach z gwintami PG i metrycznymi, ale do cienkich ścianek skrzynek rozdzielczych można wybrać odmiany z krótszym gwintem. Montaż jest prosty i szybki.

W przypadku gdy spodziewamy się, że kable będą się poruszać, warto zapewnić ochronę przed uszkodzeniami przez zastosowanie dławic z elastyczną, plastikową odgiętką (**fotografia 3**). Dostępne są gwinty metryczne i PG.



Fotografia 4. Dławiki kątowe z serii HSK-WI



Fotografia 5. Dławiki bezgwintowe z serii HELUFAST

Bardzo ciekawą ofertę stanowią poliamidowe dławiki kątowe (**fotografia 4**), które oddają nieocenione zasługi w sytuacji, gdy wyjście kabla pod kątem prostym w stosunku do ścianki skrzynki sterowniczej jest kłopotliwe lub niemożliwe. Przez otwarty dławik można swobodnie przeprowadzić przewód, a po zamknięciu całość zatrzaskuje się, nie pozostawiając możliwości samoczynnego lub przypadkowego otwarcia.

Zdecydowanie najszybsze w montażu są dławiki bezgwintowe (**fotografia 5**), zapewniające optymalne prowadzenie kabla dzięki specjalnemu zaciskowi centrującemu i dużej powierzchni dociskającej. Dławiki tego rodzaju zalecane są do szybkiego montażu, a także urządzeń o ograniczonym dostępie od strony kontrnakrętki.

Dławiki metalowe

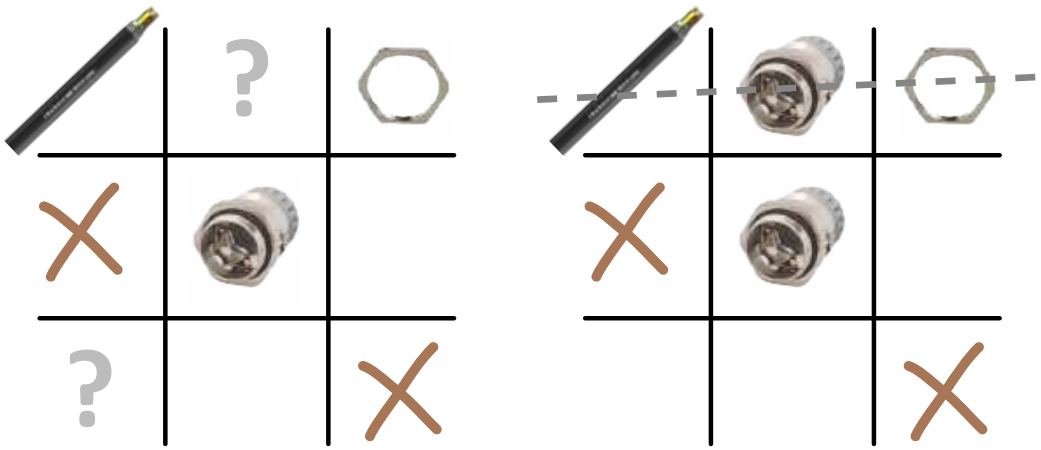
Dobrym przykładem dławików metalowych są elementy z serii HSK-MS-B (**fotografia 6**). Dławiki te są wykonane z mosiądzu i mają zintegrowaną odgiętkę w formie sprężyny ze stali nierdzewnej. Ich wytrzymałość mechaniczna jest znacznie wyższa niż w przypadku odpowiedników tworzywowych.

Do kabli płaskich stosowane są dławiki mosiężne z serii STS-F (**fotografia 7**), wyposażone w specjalne wkładki uszczelniające. Standardowa szczelność IP54 może tu być podwyższona w razie potrzeby dodatkową

REKLAMA

HELUKABEL®

ZAWSZE WYGRYWA KOMPLETNE ROZWIĄZANIE





TOPFLEX-06-EMV-UV-2XSLCHK-J HELUTOP®MS-EP4 KM-EMV

KOMPLETNE ROZWIĄZANIE

WIĘCEJ ROZWIĄZAŃ:
www.helukabel.pl

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 6. Dławiki metalowe z odgiętką (seria HSK-MS-B)



Fotografia 7. Dławik do kabli płaskich – seria STS-F

uszczelką (O-ring) do poziomu IP65. Zakres temperaturowy od –30°C do +80°C jest absolutnie wystarczający dla kabli PVC.

Ważną zaletą dławików metalowych jest możliwość sprawnego przewodzenia prądu elektrycznego w szerokim zakresie częstotliwości, co pozwala znacznie uprościć łączenie oplotów ekranujących z obudową urządzenia. Przykładem supernowoczesnych dławików zapewniających osiągnięcie doskonałej kompatybilności elektromagnetycznej (za sprawą połączenia ekranu kabla na całym obwodzie z użyciem opatentowanej konstrukcji wewnętrznej przepustu) może być seria HELUTOP MS-EP4 (**fotografia 8**). Zintegrowany element stykowy ze stali sprężystej przyspiesza montaż i w znacznym stopniu wymusza prawidłowe jego wykonanie, jednocześnie bezpiecznie i pewnie łączy ekran z obudową silnika lub skrzynki sterowniczej.

Akcesoria uzupełniające do dławików kablowych

Poniżej podajemy przykłady wybranych produktów firmy HELUKABEL, które doskonale uzupełniają asortyment akcesoriów kablowych.

HELUTOP HT – uszczelniacz wielootworowy do dławików

Do dławików HELUTOP HT są dostępne wkładki wielootworowe (**fotografia 9**) oraz kołki zaślepiające, co daje możliwość wprowadzania przez jeden dławik wielu przewodów, bez znaczącej utraty szczelności całego zespołu (IP68). Dostępne kolory to: czarny, szary i jasnoszary.

Zaślepki kablowe

Zaślepki kablowe pozwalają zabezpieczyć otwory w obudowie, które nie są wykorzystywane w danej wersji urządzenia bądź też pozostają w niej jako dodatkowy dostęp serwisowy lub port umożliwiający rozbudowę systemu w razie potrzeby. Najbardziej popularne są zwykłe, gwintowane zaślepki poliamidowe, dostępne zarówno w rozmiarach metrycznych (maksymalny gwint M63×1,5), jak i we wciąż popularnym standardzie PG (maksymalny rozmiar 48), w trzech kolorach. Alternatywę stanowią zaślepki mosiężne



Fotografia 8. Dławiki ekranujące z serii HELUTOP® MS-EP4



Fotografia 9. Wielootworowy uszczelniacz do dławików HELUTOP HT



Fotografia 10. Samouszczelniające zaślepki z serii WN z membraną z elastycznego plastiku, przeznaczone do prostych instalacji kablowych



Fotografia 11. Stopery do dławików typu HELUTOP HT zapewniające uszczelnienie i/lub zabezpieczenie niewykorzystanych dławików

– dostępne z o-ringiem (typ VS-O) lub bez (typ VS). Wykonania mosiężne są dodatkowo chronione przed korozją za pomocą warstwy niklu. Zaślepki z o-ringiem są wykonywane również w wersji stali nierdzewnej, w ramach tego samego typoszeregu.

Bardzo ciekawą konstrukcję stanowią nowoczesne, samouszczelniające zaślepki typu WN (**fotografia 10**), będące prostą alternatywą dla dławików kablowych. Prowizoryczne (bez dławnicy) przeprowadzenie kabla zapewnia stopień ochrony IP54.

Rodzinę zaślepek w ofercie HELUKABEL uzupełniają stopery uszczelniające HELUTOP (**fotografia 11**), wykonane z czarnego poliamidu i pozwalające zabezpieczyć dławiki w czasie transportu, a także odgrywające rolę dodatkowego uszczelnienia w obudowach urządzeń.

Ofertę zaślepek uzupełniają też liczne rodzaje adapterów gwintów (**fotografia 12**), również w wersjach ATEX. Szeroka gama redukcji i adapterów pozwala na zaspokojenie praktycznie wszystkich potrzeb monterów instalacji i systemów elektrycznych oraz elektronicznych.

Wszystkie produkowane przez nas akcesoria kablowe spełniają wymagania dyrektywy RoHS (III). W celu zapoznania się z pozostałymi produktami zapraszamy do odwiedzenia strony: https://t.ly/zULZi

www.helukabel.pl



Fotografia 12. Przykładowe redukcje gwintów wykonane z poliamidu

eprasa.pl 72d35c54c0



TRZECIARĘKA ZD-11P
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt z latarką, ZD11P



TRZECIARĘKA ZD-11P-1
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt z latarką i lupą, ZD11P-1



TRZECIARĘKA SN-394
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk z lupą 50 mm, przykręcany do blatu Proskit SN-394

BESTSELLERY sklepu AVT – sklep.avt.pl

Trzecia ręka

Rabat dla Czytelników EP
przy zakupie podaj kod EP2505TR
-3%

Rabat dla Prenumeratorów EP
przy zakupie podaj numer prenumeraty
-6%



TRZECIARĘKA ZD-11M-1
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – z uchwytem na szpulkę cyny, ZD11M-1



TRZECIARĘKA ZD-11M-2
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt z lupą i podświetleniem LED ZD11M-2



TRZECIARĘKA ZD-11M-3
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt z lupą i podświetleniem LED ZD-11M-3



TRZECIARĘKA ZD-11M
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt ZD11M



TRZECIARĘKA SN-392
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka” z lupą 90 mm, Proskit SN-392



TRZECIARĘKA
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka” z lupą 60 mm

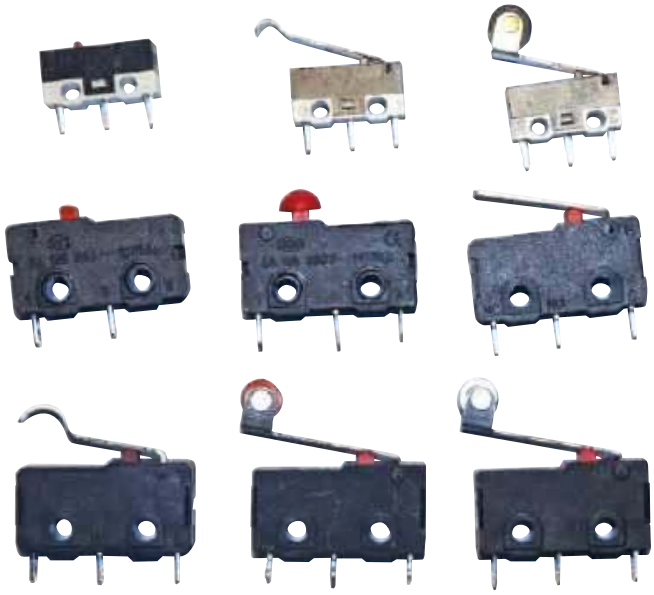
eprasa.pl 72d35c54c0

Druk 3D w służbie elektroniki (8)

W poprzedniej części naszego cyklu wydrukowaliśmy i złożyliśmy obudowę urządzenia elektronicznego, poznając przy okazji w praktyce nowy materiał: PETG. W tej części zajmiemy się zupełnie innym zagadnieniem – włącznikami i przełącznikami robionymi na miarę, to jest dopasowanymi do potrzeb konkretnego projektu i/lub obudowy. Na rynku nie brakuje elementów przełączających w najróżniejszych wariantach i stylach, więc niektórym może się wydawać, iż omawiane rozwiązania stanowią desperackie poszukiwanie nieistniejącego problemu. W życiu codziennym jednak nie brakuje elementów kontrolnych robionych pod konkretne urządzenie. Najprostszym przykładem może być deska rozdzielcza samochodu – szczególnie zaś w starszych modelach, w których ekran dotykowy nie wyparł jeszcze większości fizycznych manipulatorów. W tych wypadkach zarówno forma, jak i liczba oraz układ styków były dopasowane pod konkretne zastosowanie. Innym przykładem, bliższym elektronikowi, jest przełącznik zakresów multimetru – w tym wypadku prawie wszystkie elementy stykowe znajdują się bezpośrednio na płytce drukowanej, a samo pokrętło ma jedynie sprężyste styki zwierające wybrane pierścienie pól stykowych, podczas gdy sprężynka z kulką – dociskaną do profilu w obudowie – zapewnia pewny klik i blokowanie gałki w wybranej pozycji.



Poprzednie odcinki znajdują się pod adresem:
https://ulubionykiosk.pl/media



Fotografia 1. Różne mikroprzełączniki w dwóch rozmiarach

W zaprezentowanych w tym artykule rozwiązaniach będziemy korzystać z gotowych elementów stykowych, mikroprzełączników, zwanych czasami „krańcówkami" – co uchroni nas przed fabrykacją ich od zera, a przy tym ułatwi implementację nawet rozbudowanych układów przełączników. Jednym z przykładów będzie przełącznik obrotowy w stylu enkodera trzybitowego. Rozważymy też przełączniki dźwigniowe w stylu „retro" czy przyciski o trzech poziomach wciśnięcia zamiast typowo spotykanych dwóch. Spróbujemy też wykonać przełącznik suwakowy, który będzie trwalszy od tanich rozwiązań dostępnych na rynku.

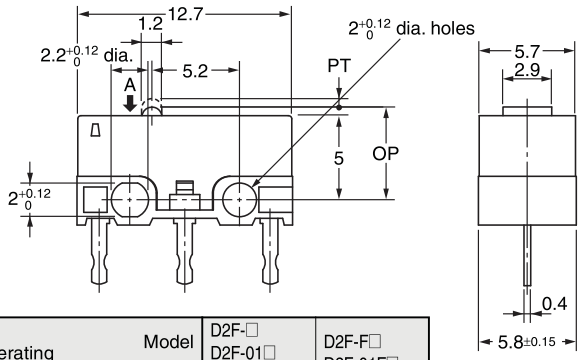
Mikroprzełączniki

Na bazę opisanych w artykule rozwiązań wybrane zostały mikroprzełączniki ze względu na szereg ich zalet. Po pierwsze, mają one z reguły standardowe wymiary, co ułatwia ich użycie. Po drugie, dobrze znoszą wielokrotne przełączanie, a sposób działania wewnętrznego mechanizmu nieco zmniejsza zużycie styków. W przeciwieństwie do przycisków typu tact tolerują większe napięcia i prądy. Bez problemu można zrealizować wielopozycyjny przełącznik sterujący napięciem sieciowym – na bazie opisywanych elementów jeszcze w latach 80. ubiegłego wieku realizowano elektromechaniczne programatory. Kolejną zaletą mikroprzełączników jest liczba wariantów konstrukcyjnych: styki proste i kątowe, do PCB i do połączeń kablowych, bez dźwigni lub z dźwignią, z dźwignią długą, wygiętą i z kółkiem do współpracy z krzywką. **Fotografia 1** pokazuje mikroprzełączniki zakupione na potrzeby artykułu. Występują one w dwóch rozmiarach różniących się maksymalnym prądem przełączania oraz tym, że większe przełączniki mają bardziej sztywny mechanizm przełączający, wymagający przyłożenia większej siły nacisku. Metalowe dźwignie niwelują ten efekt, a w niektórych sytuacjach pomagają też chronić przełącznik przed uszkodzeniem – zwłaszcza w jego typowym zastosowaniu w roli przełącznika krańcowego.

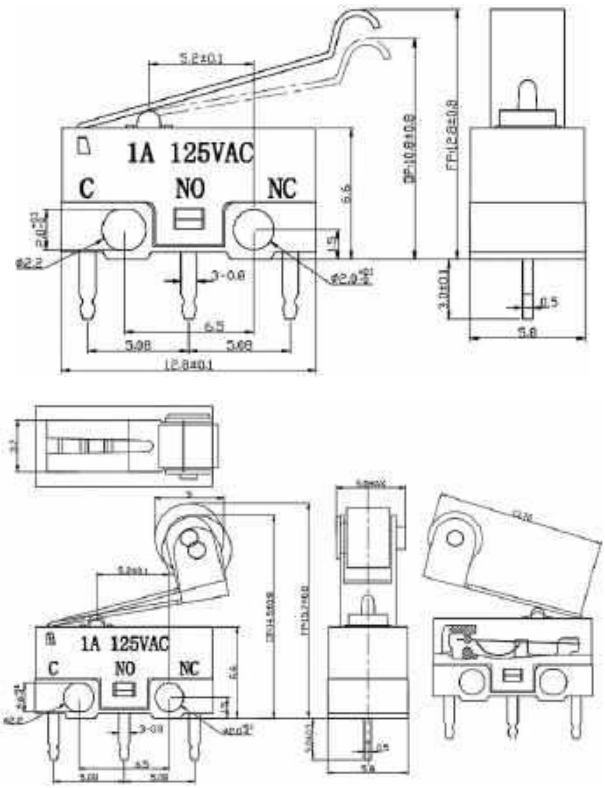
Wszystkie przełączniki mają standardowe wymiary i są wyposażone w dwa otwory montażowe o średnicach nieznacznie większych od standardowych wkrętów metrycznych. Wymiary mikroprzełączników pokazuje **rysunek 1**. Mniejsze przełączniki pozwalają na przełączanie do 250 VAC przy prądzie 1 A, większe pracują nawet do 10 A. Dla napięć stałych sugerowane wartości to 30 V/100 mA. Typowa żywotność wynosi 10 milionów przełączeń. Warto zwrócić uwagę na odległości/kąty oznaczane jako *Pretravel, Over Travel, Movement Differential* oraz *Operating Position*. *Pretravel* (PT) to odległość od pozycji spoczynkowej do pozycji przełączania (*Operating Position* – OP). *Movement Differential* (MD) to odległość od pozycji OP w kierunku pozycji spoczynkowej potrzebna, by przełącznik zmienił swój stan z powrotem. *Over Travel* (OT) to maksymalna odległość wciśnięcia, liczona od pozycji OP w kierunku aktywacji przełącznika, która go nie uszkodzi.

Fotografia 2 pokazuje mikroprzełącznik po usunięciu części obudowy. Plastikowy popychacz styka się z metalową blaszką wykonaną ze sprężystego materiału. Na jednym jej końcu znajduje się dwustronny styk. Fragment tej blaszki jest wycięty i wygięty w kształt zbliżony do litery C, a jego koniec łączy się z wyprowadzeniem po lewej stronie. Sposób wyprofilowania tego elementu powoduje, że wystarczy niewielki ruch, by blaszka „przeskoczyła" z pozycji NO (kontakt ze stykiem u góry) do pozycji maksymalnego naprężenia wygiętego fragmentu blaszki, z której całość będzie dążyć do drugiej pozycji stabilnej (NC), w której ruchomy styk blaszki dotyka dolnego, stałego styku. Nie jest to pozycja maksymalnie stabilna, więc po zaniku nacisku blaszka wróci szybko do pozycji pierwotnej. Duża prędkość ruchu blaszki wywołana naprężeniem

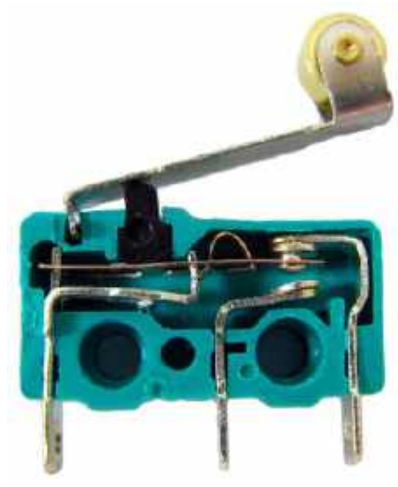
eprasa.pl 72d35c54c0



Operating Characteristics	Model	D2F-□ D2F-01□ D2F-5	D2F-F□ D2F-01F□
Operating Force Releasing Force	OF Max. RF Min.	1.47 N {150 gf} 0.20 N {20 gf}	0.74 N {75 gf} 0.05 N {5 gf}
Pretravel Overtravel Movement Differential	PT Max. OT Min. MD Max.	0.5 mm 0.25 mm 0.12 mm	0.5 mm 0.25 mm 0.12 mm
Operating Position	OP	5.5±0.3 mm	



Rysunek 1. Wymiary mikroprzełączników z fotografii 1



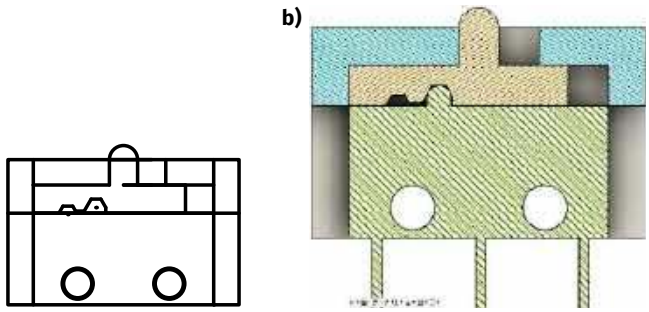
Fotografia 2. Budowa typowego mikroprzełącznika

elementu sprężystego powoduje, że przełącznik tego typu ma krótki czas przerywania kontaktu, co redukuje iskrzenie przy większych obciążeniach, a zatem też zmniejsza zużycie styków. W niektórych wykonaniach, zamiast elementu w kształcie litery C, występuje oddzielna, bardziej tradycyjna sprężyna. Warto zaznaczyć, że wystarczy niewielki skok elementu przełączającego, by zmienić stan przełącznika, ale sposób wykonania całości pozwala na to, by element przełączający został wciśnięty głębiej, niż to konieczne, bez szkody dla mechanizmu. Dźwignia spotykana w wielu przełącznikach pozwala zwielokrotnić ten niewielki skok, co może pomóc w pewnych sytuacjach. Dla przykładu w przełącznikach krańcowych wykorzystuje się ten efekt, by z większa precyzją znaleźć położenie „zero" każdej osi mechanizmu.

Projekty przełączników

Na początek stwórzmy bardzo prosty przełącznik suwakowy o dwóch pozycjach. Składa się on z trzech elementów: mikroprzełącznika, suwaka i korpusu. Najpierw w programie Autodesk Fusion przygotowany został model samego mikroprzełącznika – jego szkic posłużył za wzór dla szkiców korpusu i suwaka. Ten ostatni element jest bardzo mały i przesuwa się o zaledwie 2 mm. Używając narzędzia „Wielokąt opisany", zaznaczono dwie pozycje na suwaku, oba wielokąty to sześciokąty opisane na okręgu o promieniu 0,6 mm,

a) b)



Rysunek 2. Podstawowy przełącznik suwakowy: szkic (a) i przekrój modelu (b)



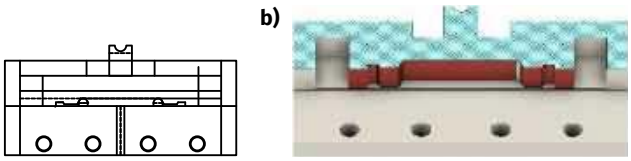
Fotografia 3. Gotowy przełącznik z rysunku 2

REKLAMA



eprasa.pl 72d35c54c0

a) b)

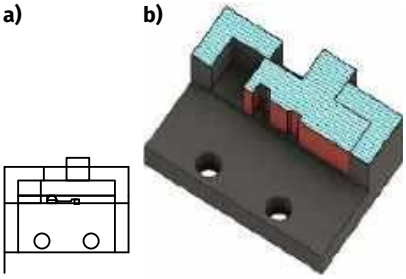


Rysunek 3. Przełącznik trzypozycyjny: szkic (a) i przekrój modelu (b)



Fotografia 4. Gotowy przełącznik z rysunku 3

a) b)

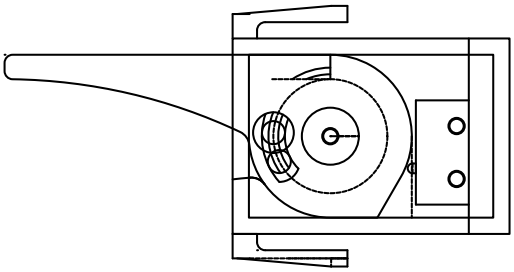


Rysunek 4. Podwójny przełącznik z dużym suwakiem: szkic (a) i przekrój modelu (b)



Fotografia 5. Gotowy przełącznik z rysunku 4

a)



b)



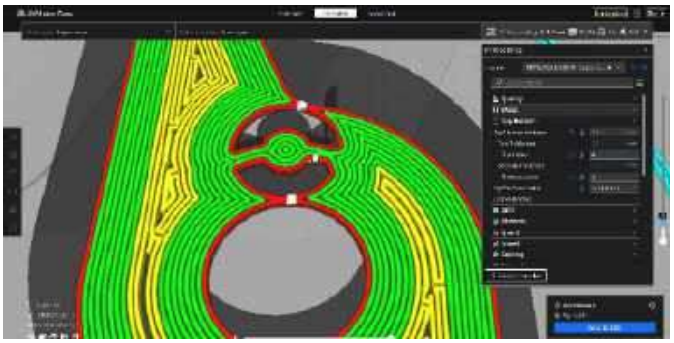
Rysunek 5. Przełącznik dźwigniowy: szkic (a) i dwa główne elementy przełącznika wraz z modelem mikroprzełącznika (b)



Fotografia 6. Gotowy przełącznik z rysunku 5

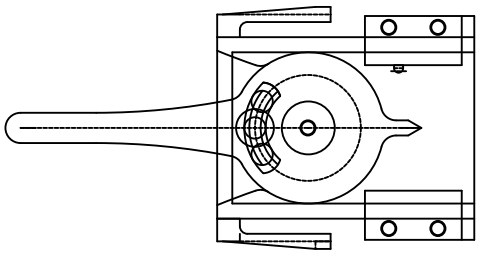
gdyż popychacz mikroprzełącznika ma zaokrąglenie o takim samym promieniu. Pozycja NO jest zagłębiona na 1 mm w suwak, pozycja NC na 0,5 mm, przejście między nimi zaś na 0,25 mm, co odpowiada kolejno pozycji normalnej mikroprzełącznika, pozycji pracy OP i maksymalnej odległości zagłębienia OT. Szkic pokazuje **rysunek 2a**, przekrój złożenia (wraz z modelem mikroprzełącznika) – **rysunek 2b**, a prototyp – **fotografia 3**. Elementy po wydrukowaniu wymagały drobnej obróbki pilnikami, ale całość pracuje sprawnie. Konstrukcję w tej wersji zaprojektowano pod wkręty M2 o minimalnej długości 10 mm. Należy pamiętać o odpowiedniej orientacji suwaka i mikroprzełącznika, gdyż ta wersja nie jest symetryczna. Bazując na zaprezentowanym projekcie, można wykonać obudowę dla kilku przełączników, w stylu DIP-switcha, gdzie liczba równolegle ułożonych mikroprzełączników zależy od długości posiadanych wkrętów M2. Używając dwóch mikroprzełączników, można wykonać przełącznik o trzech pozycjach, co pokazano na **rysunku 3** i **fotografii 4**. Tym razem suwak jest nieco większy, a skok wynosi 6 mm, po 3 mm w każdą stronę. Dodano też otwory montażowe do przykręcenia do obudowy. Trzeci wariant to przełącznik podwójny o większym skoku i dużym, wyprofilowanym suwaku (**rysunek 4** i **fotografia 5**). Wszystkie te przełączniki wykorzystują wewnętrzne mechanizmy mikroprzełączników do stabilizacji swoich pozycji. Nie zawsze jednak jest to możliwe bądź sensowne.

Następny zaprojektowany przełącznik jest nieco bardziej masywny, gdyż swoim stylem naśladuje dźwigniowe przełączniki „retro", inspirowane przełącznikami stosowanymi w kościelnych organach elektrycznych, komputerach z lat 60. i 70. ubiegłego wieku, a czasem też w sprzęcie audio. Tym razem, by zapewnić odpowiednie „kliknięcie", zastosowano prosty mechanizm składający się z kulki stalowej 4,5 mm (typowa kulka śrutu BB) i sprężynki,

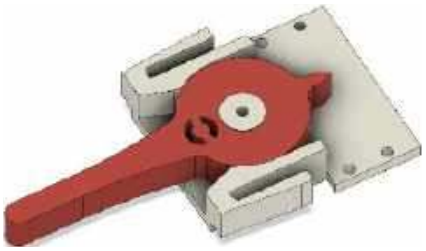


Rysunek 6. Ustawienie „Top/Bottom Pattern" na „Concentric" pozwala stworzyć sprężysty element w dźwigni

a)



b)



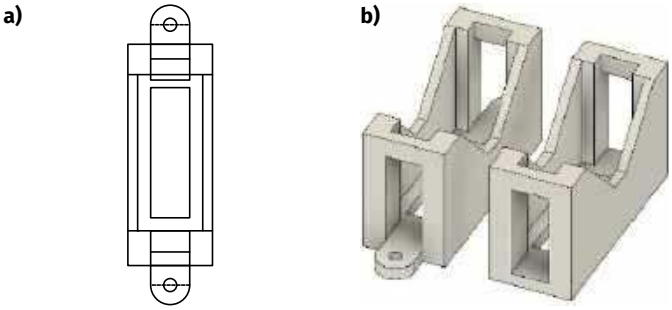
Rysunek 7. Przełącznik dźwigniowy o trzech pozycjach: szkic (a) i dwa główne elementy przełącznika (b)

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 7. Gotowy przełącznik z rysunku 7

a) b)



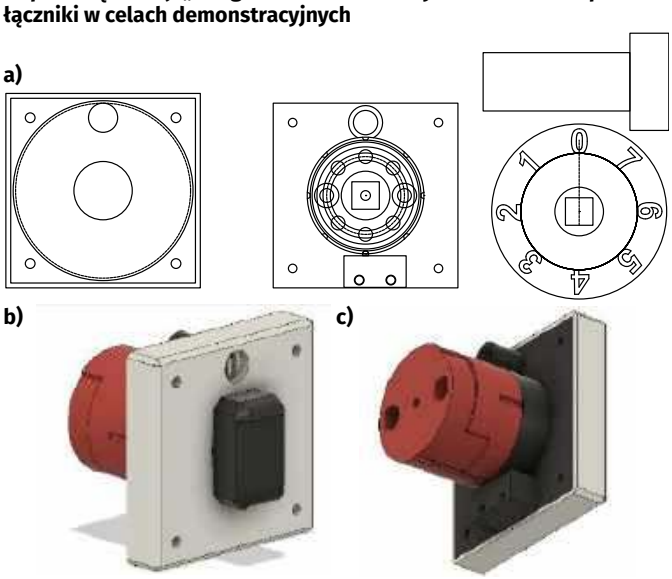
Rysunek 8. Element do montażu przełączników: szkic (a), dwa warianty stworzone z tego szkicu (b)



Fotografia 8. Gotowy uchwyt złożony z elementów w slicerze Cura za pomocą funkcji „Merge models". W uchwycie umocowano przełączniki w celach demonstracyjnych

a)

b) c)



Rysunek 9. Przełącznik obrotowy z kodowaniem binarnym wartości od 0 do 7: wyjątkowo skomplikowany szkic (a) oraz model w widoku od frontu (b) i tyłu (c)

która jest częścią dźwigni. Sam mikroprzełącznik jest tak umocowany, by dźwignia nie nadwyrężała go w trakcie pracy. W tym celu narysowano pionową linię konstrukcyjną, styczną z tyłem dźwigni, po czym użyte zostało narzędzie przesuń/kopiuj do stworzenia kopii tej linii obróconej o 30°, przy czym osią obrotu była oś obrotu dźwigni. W ten sposób utworzono płaską część dźwigni, która będzie naciskać na mikroprzełącznik w pozycji włączonej. Pozycja mikroprzełącznika została wyznaczona względem tej samej linii konstrukcyjnej oraz osi obrotu dźwigni tak, by zagwarantować jego poprawne działanie i by w pozycji górnej dźwignia w ogóle nie dotykała mikroprzełącznika. Ta sama metoda kopiowania i obrotu elementów wokół osi obrotu dźwigni była użyta, by dodać inne detale, mechanizm klikania. W górnej pokrywce przełącznika dodano wyprofilowane wgłębienie na element sprężysty dźwigni. Otwory montażowe w pokrywce mają średnicę 2 mm, a w dolnej części obudowy 1,75 mm, co pozwala skręcić całość bez stosowania wkładek wtapianych. Wkręt w osi obrotu przy okazji ją wzmacnia. W projekcie przewidziano dwa zewnętrzne elementy sprężyste, dzięki którym można wsunąć przełącznik w dedykowany uchwyt, co pozwala tworzyć zespoły przełączników. Gotowy zespół widać na **rysunku 5** i **fotografii 6**. By sprężysty element w dźwigni pracował poprawnie, należy zmienić ustawienia „Top/Bottom Pattern" na „Concentric", dzięki czemu filament będzie się układał w sposób tworzący sprężysty mostek, co pokazuje **rysunek 6**. Modyfikując ten projekt, można dodać popychacz łączący dźwignie z elektromagnesem tak, by zależnie od polaryzacji prądu w tymże zmieniać stan przełącznika. Konstrukcyjnie nie jest to skomplikowane, a koszt zależy w dużej mierze od kosztu samego elektromagnesu.

Następny wariant to przełącznik dźwigniowy o trzech pozycjach. Tym razem styl jest nieco inny, kojarzący się z „boomboxami" z lat 80. ubiegłego wieku. Tym razem mikroprzełączniki są umocowane naprzeciw siebie. Dodając sprężynę napinającą i modyfikując lub eliminując mechanizm kliku, można uzyskać przełącznik monostabilny (chwilowy) albo o dwóch pozycjach stabilnych, a trzeciej chwilowej. Przełącznik w wersji podstawowej pokazują: **rysunek 7** i **fotografia 7**.

Do mocowania tych przełączników zaprojektowano dwa elementy pokazane na **rysunku 8**, które można następnie złożyć w dowolnej konfiguracji w slicerze i wydrukować jako jeden element. W programie Cura służy do tego funkcja „Merge models". Należy pamiętać, by po jej użyciu wybrać poszczególne elementy z klawiszem [Ctrl] i ustawić je poprawnie względem siebie. Element z mocowaniami jest wycentrowany, a pozostałe są przesunięte względem niego o 13 mm i –13 mm. **Fotografia 8** pokazuje taki uchwyt

REKLAMA



eprasa.pl 72d35c54c0



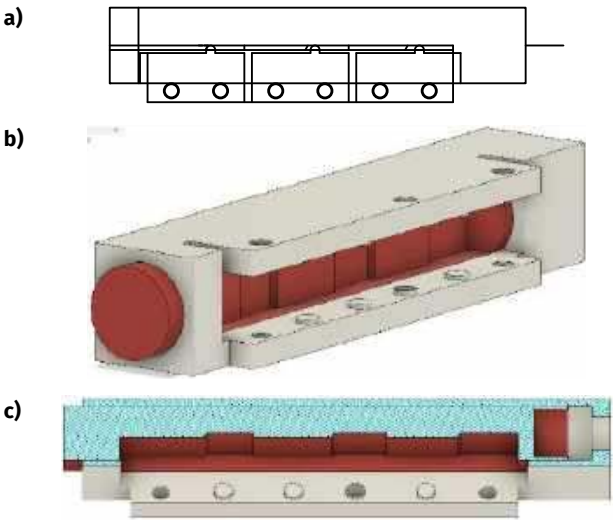
Fotografia 9. Gotowy przełącznik z diodą podświetlającą cyfrę w okienku

do przełączników, zrobiony z jednego elementu z mocowaniami na wkręty i dwóch bez mocowań.

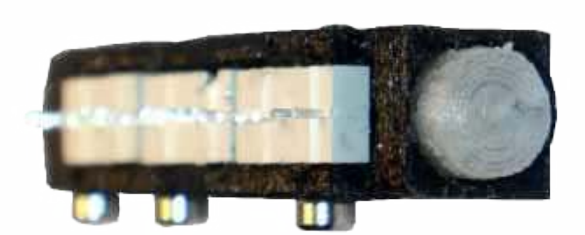
Przełącznik obrotowy jest nieco bardziej skomplikowany i składa się z pięciu elementów: głównego korpusu, panelu przedniego, tarczy z cyframi, walca kodującego wartości i pokrętła składającego wszystkie elementy razem. W głównym korpusie zamontowane jest na wcisk łożysko 608ZZ 8×22×7 mm. Korpus ma też otwór montażowy na diodę LED 5 mm. Tarcza z cyframi drukowana była czarnym filamentem do grubości 1,4 mm, po czym wydruk został wstrzymany automatycznie, a filament wymieniono na przezroczysty. W efekcie cyfry mogą być łatwo podświetlone. Przedni panel oraz korpus skręcone są ze sobą czterema wkrętami M2×10, które wystają z drugiej strony na 4 mm, co pozwala całość umocować do obudowy za pomocą nakrętek. Rozstaw wkrętów to 30×30 mm. Trzy mikroprzełączniki są umocowane do korpusu wkrętami M2×20. Rączka łączy ze sobą tarczę i wałek kodujący, przechodząc przez łożysko (w celu uzyskania gładszej pracy). W wałku znajdują się dwie sprężyny będące częścią wydruku oraz dwie kulki zapewniające klik. Całość jest skręcona kolejnym wkrętem M2×10. **Rysunek 9** pokazuje główny szkic oraz złożony model, a **fotografia 9** – gotowy przełącznik z diodą podświetlającą podłączoną do zasilania.

Przycisk trójpoziomowy ma unikalną konstrukcję: do trzymania mikroprzełączników używa trzech wkrętów zamiast sześciu i korzysta z wypustek z tworzywa (działających dzięki elastyczności PETG). Przycisk wymaga też sprężynki o średnicy między 5 a 7 mm. Użycie przezroczystego PETG lub podobnego materiału do wykonania właściwego klawisza teoretycznie pozwala na dodanie podświetlenia – w projekcie przewidziano stosowny otwór na diodę LED 5 mm. Ilość materiału oraz styl wypełnienia w pewnym stopniu ograniczają jasność i niewiele można z tym zrobić. Teoretycznie można by zostawić kilka pustych przestrzeni lub kanałów, ale spowodują one nierównomierne oświetlenie frontu. Projekt i model pokazuje **rysunek 10**, a gotowy przycisk **fotografia 10**. Jeśli skrócić całość konstrukcji do pojedynczego mikroprzełącznika, to – bazując na tym koncepcie – można bezproblemowo stworzyć dowolny, podświetlany przycisk monostabilny, a stosując metodę z zamianą filamentu w trakcie drukowania, można też wykonywać trwałe oznaczenia.

Warto też nadmienić, że pokazane tu przykłady są relatywnie proste, drukują się dość szybko i mogą być łatwo dodane do istniejącego projektu obudowy, stając się jej integralną częścią. Pewną



Rysunek 10. Przycisk monostabilny o trzech głębokościach wciśnięcia: szkic (a), model (b) oraz jego przekrój (c). Warto zwrócić uwagę na miejsce ukrycia sprężynki oraz otwór na diodę LED – ta może być diodą RGB. Warunkiem użycia podświetlenia jest wykonanie trzpienia z przezroczystego materiału



Fotografia 10. Gotowy przycisk. W tym wypadku ilość materiału, wybrany styl wypełnienia i inne parametry wydruku sprawiły, że podświetlenie przycisku nie było możliwe

Modele w formacie *.stl wszystkich elementów opisanych w artykule można znaleźć na stronach: www.ulubionykiosk.pl/media oraz ep.com.pl pod adresem: https://ep.com.pl/files/cet/13741--druk_3d_w_sluzbie_elektroniki_8.zip.

wadą użycia druku 3D do wykonywania elementów mechanicznych jest częstokroć konieczność ich obróbki pilnikiem – nawet dobrze skalibrowana drukarka nie uchroni nas przed drobnymi naddatkami materiału czy śladami po wspornikach. Mimo to zachęcamy Czytelników do zapoznania się z tymi modelami, a także podjęcia własnych prób zaprojektowania nietypowej konstrukcji przełącznika lub przycisku.

Zakończenie

W następnej części zajmiemy się rozwiązaniami elektromechanicznymi, na które pozwala drukarka 3D. Na moment wrócimy do przełączników i przycisków, ale omówione zostaną też kontrolki oraz elementy regulacyjne. Czytelnikom udostępniona zostanie również lista lektur, które można pozyskać całkowicie za darmo i legalnie, a które reprezentują najróżniejsze rozwiązania mechaniczne stosowane od XIX wieku w mechanizmach i maszynach przemysłowych.

Paweł Kowalczyk, EP

REKLAMA

pl.linkedin.com/company/elektronika-praktyczna

eprasa.pl 72d35c54c0



AT-AD269S
Mikroskop cyfrowy
z ekranem 10 cali,
powiększenie do 5000×,
5 obiektywów i endoskop
ANDONSTAR AD269S-M



AT-AD409PRO
Mikroskop do lutowania
z profesjonalnym
metalowym stojakiem,
ekran 10,1 cala,
powiększenie do 300×, HDMI
ANDONSTAR AD409Pro

BESTSELLERY sklepu AVT – sklep.avt.pl

Mikroskopy cyfrowe dla elektroników

Rabat dla Czytelników EP
przy zakupie podaj kod EP2505MC

-3%

Rabat dla Prenumeratorów EP
przy zakupie podaj numer prenumeraty

-6%



AT-AD246S-M
Mikroskop cyfrowy 7 cali
z powiększeniem:
60...240×, 18...720×,
1560...2040×
ANDONSTAR AD246S-M



AT-AD407
Mikroskop cyfrowy 7 cali,
powiększenie do 270×
ANDONSTAR AD407



AT-AD249S-M
Mikroskop cyfrowy 10 cali
z powiększeniem:
60...240×, 18...720×, 1560...2040×
ANDONSTAR AD249S-M



AT-AD210
Mikroskop cyfrowy 5...260×
z wyświetlaczem 10,1 cala
ANDONSTAR AD210

Chińska sonda różnicowa – czy da się tanio wykonywać dokładne pomiary oscyloskopowe?

Współczesne oscyloskopy cyfrowe są niezwykle dobrymi instrumentami. Jednak mają jedno ograniczenie: czułość wejść. Ograniczenie to wynika z dwóch czynników: jakości obwodów wejściowych i rozdzielczości przetwornika ADC. Jeden z lepszych pod tym względem oscyloskopów, PicoScope 6424E, oferuje czułość 100 µV/dz. Koszt przekraczający 40 tysięcy złotych czyni go nieatrakcyjną propozycją dla mniejszych firm. Ponadto nawet tak duża czułość może nie wystarczyć, gdy badany sygnał ma zbliżoną amplitudę, a my szukamy jego zniekształceń lub zakłóceń. Słabsze sygnały będą jeszcze trudniejsze do badania. Na dodatek pomiar różnicowy w DSO realizowany jest algorytmicznie, a nie (jak w oscyloskopach analogowych) na drodze elektronicznej. Oznacza to, że przy bardzo dużym napięciu wspólnym małe napięcie różnicowe nie będzie wcale widoczne. Jedynym wyjściem jest użycie sondy bądź przystawki różnicowej i to najlepiej ze wzmacniaczem sygnału różnicowego. Ceny markowych sond i wzmacniaczy do oscyloskopów zaczynają się od kilku tysięcy złotych, co może wydawać się nieprzyzwoicie wysokim kosztem przystawki, która zazwyczaj jest używana sporadycznie. Na szczęście istnieje budżetowe rozwiązanie z Chin. Pytanie brzmi: na ile jest ono dobre? Sprawdźmy.

Pierwsze wrażenia, testy i pomiary parametrów

Urządzenie przychodzi w dość gustownym pudełku. Wnętrze zabezpieczone jest gęstą pianką, w jednej sekcji znajduje się sama sonda różnicowa, w drugiej – przewód BNC. W zestawie jest też metalowa osłona na jedno z gniazd BNC, która przy okazji je zwiera, dzięki czemu urządzenie może pracować jako sonda single-ended. **Fotografia 1** pokazuje zawartość opakowania. Sama sonda



Fotografia 1. Sonda różnicowa dostarczona została w pudełku do butów. Producent zatroszczył się jednak o dobre zabezpieczenie jej przed uszkodzeniami w transporcie

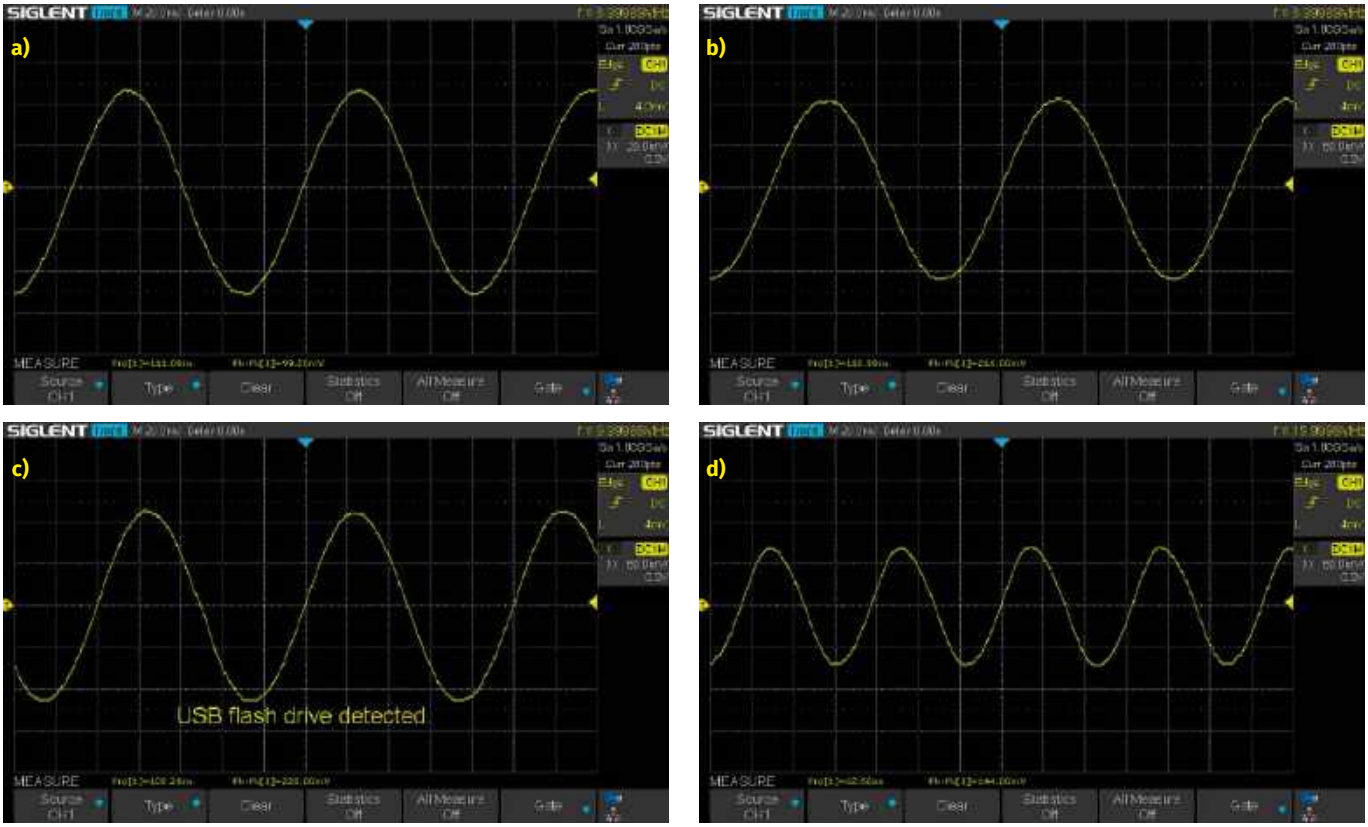


zamknięta jest w nie do końca spasowanej obudowie z aluminium. Na froncie naklejona jest etykieta ze wszystkimi oznaczeniami i parametrami. Pierwsze wrażenia zatem nie są najlepsze – wyraźnie widać, że sonda jest wykonana niskim kosztem, a szczególnie źle kojarzy się włącznik zasilania, będący najtańszym „isostatem", jaki można kupić w Chinach. Pozostaje mieć nadzieję, że nie rozleci się w trakcie użytkowania. No ale nie można oczekiwać jakości sprzętu profesjonalnego od czegoś za mniej niż 350 złotych. Kluczowe pytanie brzmi: czy i jak ta sonda działa?

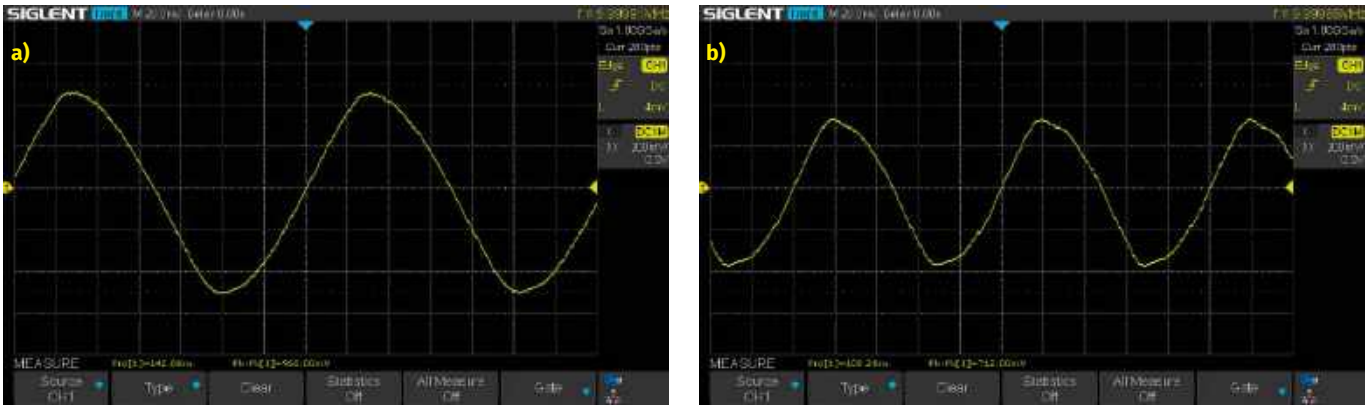
Na początek sonda w konfiguracji single-ended została podłączona do generatora funkcyjnego. Amplitudę ustawiono na 100 mVp-p, a częstotliwość na 9 MHz (**rysunek 1a**). Sygnał wyjściowy pokazuje **rysunek 1b** – warto zwrócić uwagę na amplitudę, która wynosi 216 mVp-p przy wzmocnieniu 1×. Faktyczne wzmocnienie wyniosło 2,1774, czyli 6,76 dB. Przy 10 MHz amplituda wzrosła do 228 mVp-p (**rysunek 1c**), czyli ~2,29 razy (7,22 dB), by następnie spaść do 144 mVp-p przy 16 MHz. Daje to szersze pasmo, ponad 16 MHz względem tego, co podaje specyfikacja – przynajmniej dla pomiarów single-ended.

Używając tego samego sygnału wejściowego, przełączono sondę na wzmocnienie 10×, przy 9 MHz amplituda wyjściowa wynosiła 960 mVp-p (**rysunek 2a**), czyli 9,98× lub 19,72 dB, by przy 10 MHz spaść do 712 mVp-p (**rysunek 2b**), (wzmocnienie 7,18× lub 17,12 dB). Jest to wynik bliski oczekiwanego, gdyż wg specyfikacji producenta dla tej częstotliwości wzmocnienie powinno wynosić równo 17 dB. Ciekawiej się robi, gdy przechodzimy do wzmocnienia 100×. Amplituda sygnału została zmniejszona do 10 mVp-p

eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 1. Pomiar sondy w trybie single-ended przy wzmocnieniu 1×: sygnał źródłowy (a), sygnał wyjściowy przy 9 MHz (b), 10 MHz (c) i 16 MHz (d)



Rysunek 2. Pomiar sondy w trybie single-ended przy wzmocnieniu 10× z użyciem sygnału z rysunku 1a: sygnał wyjściowy przy 9 MHz (a) i 10 MHz (b)

(**rysunek 3a**), co ujawnia limity generatora – sygnał nie jest zbyt stabilny. Na wyjściu dla 2 MHz uzyskujemy 992 mVp-p (**rysunek 3b**), a dla 8 MHz 720 mVp-p (**rysunek 3c**). Wydawać by się mogło, że sonda pozwoli nam na badanie bardzo małych sygnałów, ale nie w każdej sytuacji, na co wskazują następne pomiary.

Spójrzmy na **rysunek 4a**, na którym pokazano przebieg prostokątny 2 MHz, 51,2 mVp-p. Tym razem mierzone są też czasy narastania i opadania zboczy: odpowiednio 10 ns i 11 ns. Na **rysunku 4b** mamy ten sam sygnał po wzmocnieniu 100×, amplituda 5,2 Vp-p, czyli w rzeczywistości wzmocnienie wynosi 101,5625× albo 40,18 dB. Czasy narastania i opadania to odpowiednio 105 ns i 99 ns. Podobnie wygląda sytuacja dla sygnałów 1 MHz (**rysunek 4c**) i 500 kHz (**rysunek 4d**). Teoretycznie zatem pasmo przenoszenia wynosi 3,5 MHz, ale z praktycznego punktu widzenia sonda różnicowa w konfiguracji single-ended nie oddaje wiernie sygnału wejściowego, co nieco ogranicza jej użyteczność. W testach zauważono też, że sygnał trójkątny powyżej 500 kHz zaczyna powoli zmieniać się w sygnał sinusoidalny. W przypadku niewielkich, szybkozmiennych sygnałów sonda ta może się nie sprawdzić.

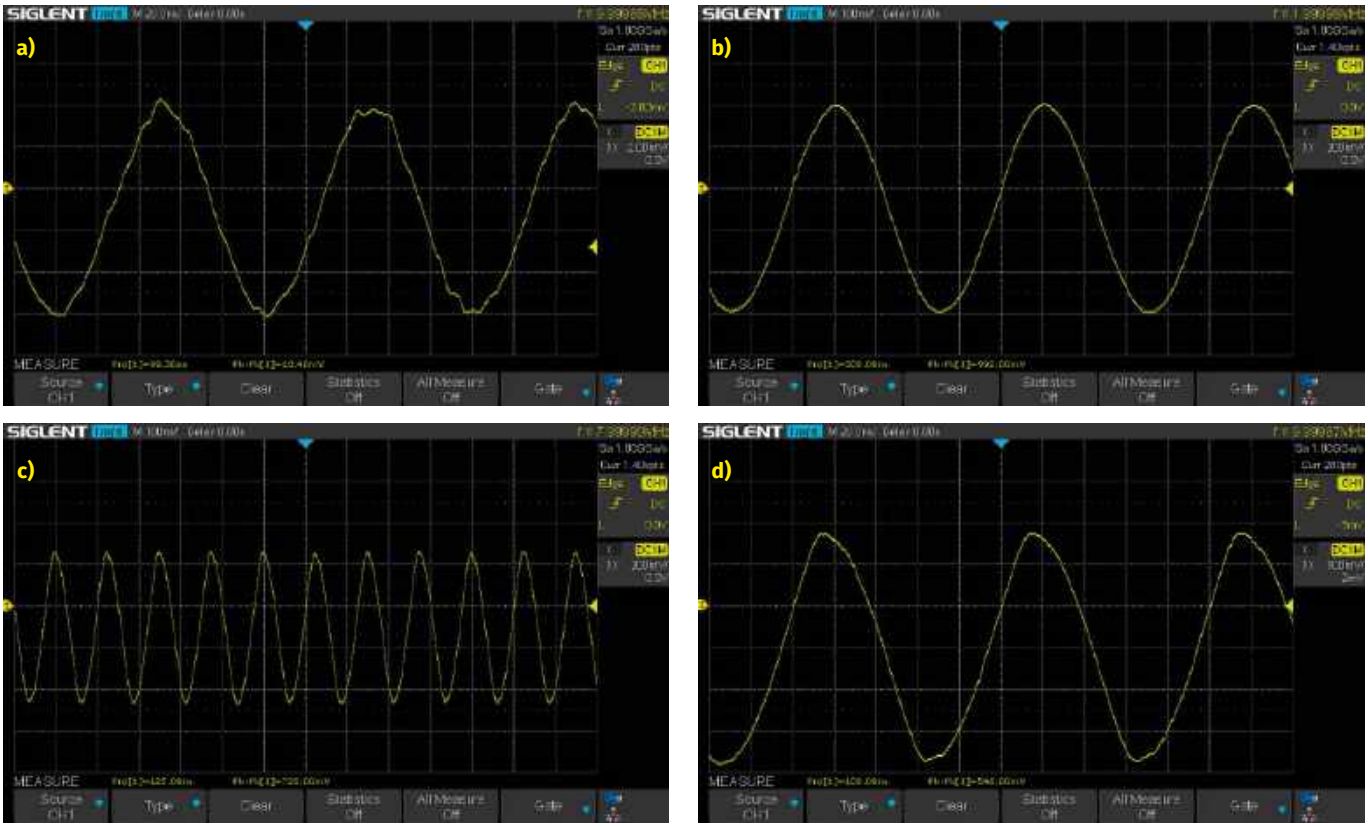
Tabela 1. Specyfikacja opisywanej sondy różnicowej

Model	T100
Maksymalne wejściowe napięcie wspólne	±10 V
Maksymalne wejściowe napięcie różnicowe	±10 V
Maksymalne napięcie wyjściowe	±10 V
Pasmo przenoszenia przy wzmocnieniu 1× i 10×	10 MHz
Pasmo przenoszenia przy wzmocnieniu 100×	2 MHz
CMRR	80 dB min.
Impedancja wejściowa single-ended	2 MΩ
Impedancja wejściowa różnicowa	4 MΩ
Szumy własne	5 nV√Hz @ 1 kHz
Czas pracy na jednym ładowaniu	ok. 5 godzin
Cena (w chwili pisania artykułu)	317...329 zł

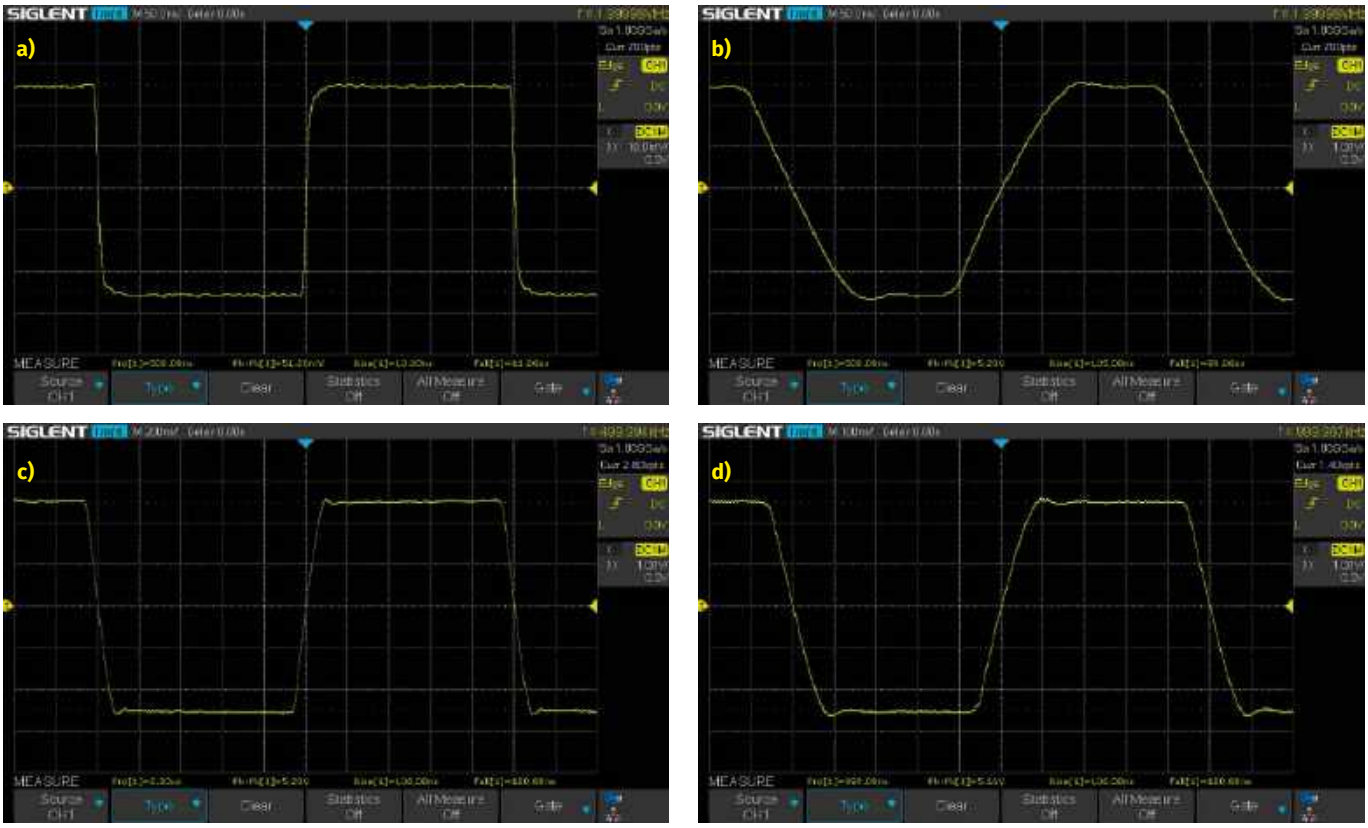
W celu sprawdzenia zachowania sondy w trybie różnicowym połączono ją z generatorem funkcyjnym za pomocą dwóch przewodów BNC-BNC. Jeden przewód dołączony był do sondy,

eprasa.pl 72d35c54c0

drugi pochodzi z zestawu dołączonego do generatora. Oba kanały generatora zostały ze sobą zsynchronizowane. Test przeprowadzono z wykorzystaniem sygnałów sinusoidalnych o częstotliwości 1 MHz i amplitudzie 50 mVp-p. Na początek wyjścia mają taką samą fazę. Teoretycznie na wyjściu sondy nie powinno być nic. Czy jest tak w rzeczywistości? Sprawdźmy. Przy wzmocnieniu 1×

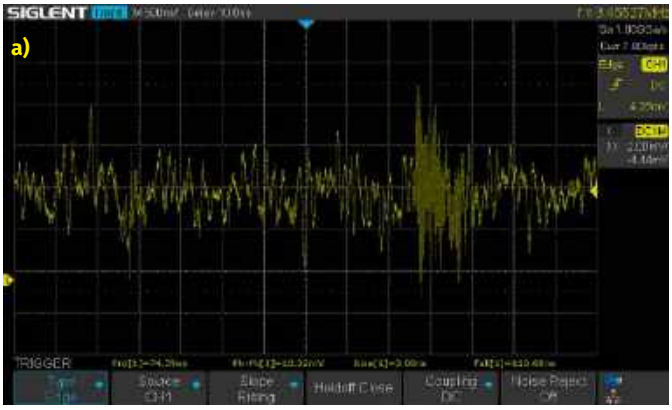


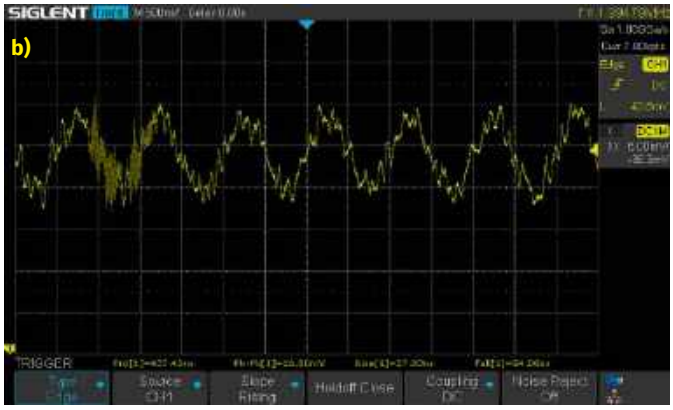
Rysunek 3. Pomiar sondy w trybie single-ended przy wzmocnieniu 100×: sygnał źródłowy o częstotliwości 10 MHz i amplitudzie 10,4 mVp-p (a), sygnał wyjściowy przy 2 MHz (b), 8 MHz (c) i 10 MHz (d)

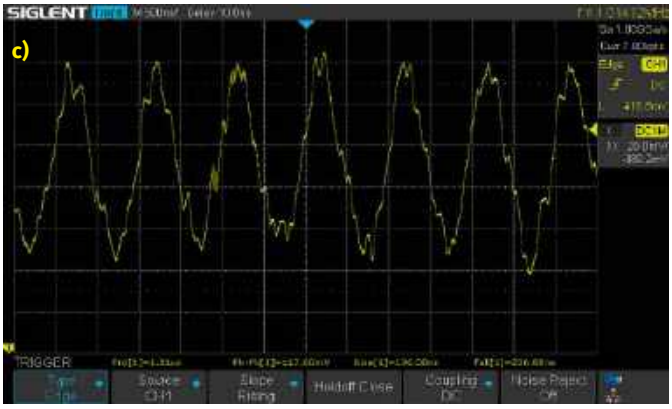


Rysunek 4. Ten sam test, co poprzednio, ale tym razem z sygnałem prostokątnym o amplitudzie 51,2 mVp-p i częstotliwości 2 MHz (a). Ten sam sygnał na wyjściu sondy (b), należy zwrócić uwagę na nachylenie zboczy, które wskazuje na ograniczenie pasma przenoszenia do około 3,5 MHz. Sygnały 1 MHz (c) oraz 500 kHz również prezentują podobne czasy narastania i opadania, co w pewnych sytuacjach może zafałszować badany sygnał

eprasa.pl 72d35c54c0







Rysunek 5. Testy sondy różnicowej przy sygnale 1 MHz 50 mVp-p o tej samej fazie, wzmocnienie 1× (a), 10× (b) oraz 100× (c). Uwagę zwraca duży poziom zakłóceń, a sam sygnał jest widoczny z powodu nierównej długości przewodów łączących sondę z generatorem – dodają one przesunięcie fazowe

na wyjściu mamy dużą ilość zakłóceń z amplitudą około 10 mVp-p (**rysunek 5a**). Przy wzmocnieniu 10× pojawia się już przebieg sinusoidalny o amplitudzie 16,8 mVp-p (**rysunek 5b**). Czyżby CMRR był niższy, niż zakłada producent? Niekoniecznie – przewody łączące sondę z generatorem mają różną długość i sygnał widoczny na wyjściu jest efektem przesunięcia fazowego między wejściami sondy, które to przesunięcie jest pochodną różnicy długości przewodów. Im wyższa częstotliwość, tym większy wpływ różnicy długości przewodów, dlatego dla sygnałów różnicowych w.cz. stosuje się równe długości ścieżek lub przewodów. Przy wzmocnieniu 100× (**rysunek 5c**) amplituda rośnie już do 117,6 mVp-p. Sygnał jest też zdeformowany przez różne zakłócenia. W drugim teście faza sygnału drugiego kanału została przesunięta o 180°. Amplituda sygnału wynosi 105,6 mVp-p, a mimo to sygnału prawie nie zniekształcają zakłócenia, jak w poprzednim teście (**rysunek 6a**). Zwiększmy wzmocnienie do 10×, amplituda rośnie do 1,02 Vp-p (**rysunek 6b**), a przy wzmocnieniu 100× do 10,24 Vp-p (**rysunek 6c**). Dla tej nastawy wzmocnienia zmierzono też amplitudę przy częstotliwości 2 MHz (**rysunek 7a**) i 3,5 MHz (**rysunek 7b**), co dało odpowiednio 8,64 Vp-p oraz 4,88 Vp-p.

Do wykonania zostały jeszcze dwa pomiary: napięcia niezrównoważenia wejść oraz CMRR. Oba pomiary zostały przeprowadzone z użyciem precyzyjnego multimetru stołowego Owon XDM3051 (recenzja w EP 03/2024). Po zwarciu obu wejść zmierzono napięcie na wyjściu. Przy wzmocnieniu 1× wyniosło ono około 275 µV, przy 10× – ok. 115 µV, a przy 100× – ok. –1,53 mV. Do obliczeń CMRR użyta została metoda opisana w nocie aplikacyjnej Renesas R13AN0013EU0100, zakładająca użycie wzoru:

$$CMRR = 20log10\left(G \times \frac{Vcm1-Vcm2}{Vout1-Vout2}\right)$$

gdzie G to wzmocnienie, Vcm1 i Vcm2 to wartości napięcia wspólnego na wejściach przy dwóch pomiarach, a Vout1 i Vout2 to odpowiadające im wartości napięcia na wyjściach. Uwzględniając błąd niezrównoważenia, obliczono CMRR dla napięcia stałego. Dla wzmocnienia 1× wynosi ~98,7 dB, dla 10× ~117,1 dB, dla 100× aż ~120,2 dB. Należy zaznaczyć, że wyniki te są obarczone błędem pomiarowym wynikającym z dryftu termicznego i niestabilności zarówno sondy, jak i generatora dostarczającego napięcie stałe. Podane wartości uwzględniają błąd niezrównoważenia.

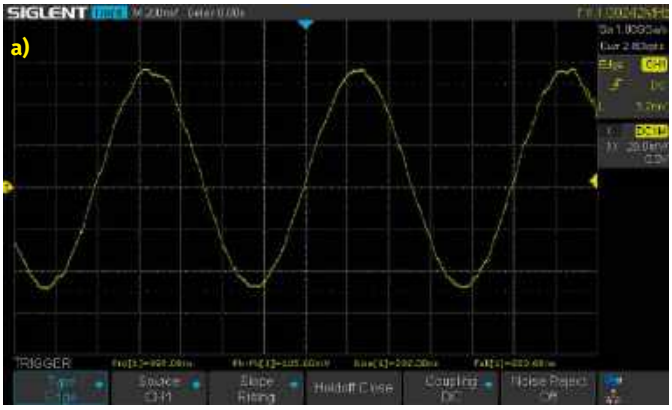
Co kryje wnętrze?

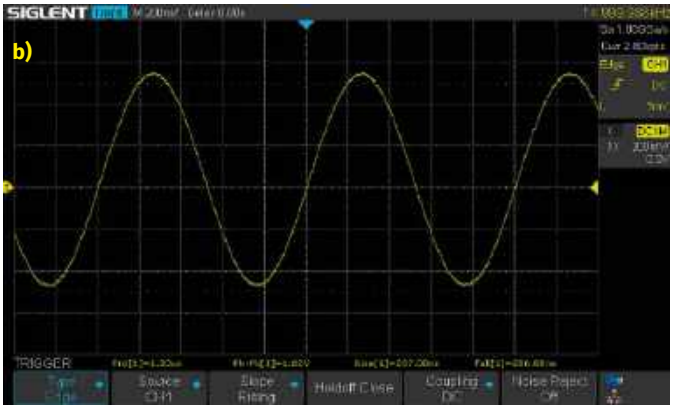
Otwarcie sondy jest dość proste: górna i dolna połówka obudowy są przykręcone do przedniej i tylnej ścianki sondy czterema parami wkrętów. Najpierw została zdjęta górna połowa obudowy. Wnętrze pokazuje **fotografia 2**. Do płytki przyklejony jest niewielki akumulator litowo-jonowy, typowy dla chińskich produktów. Przy gnieździe wyjściowym znajduje się układ scalony LMC7660 firmy Texas Instruments, który – używając dwóch kondensatorów – generuje symetryczne napięcia zasilania dla pozostałych układów scalonych. Poza tymi układami na płytce znajdują się jeszcze MAX860 i SGM3209 – dwie przetwornice typu pompa ładunkowa. SGM3209 odwraca napięcie wejściowe, a MAX849 może napięcie wejściowe podwoić lub odwrócić, zapewniając dość wysoką wydajność prądową.

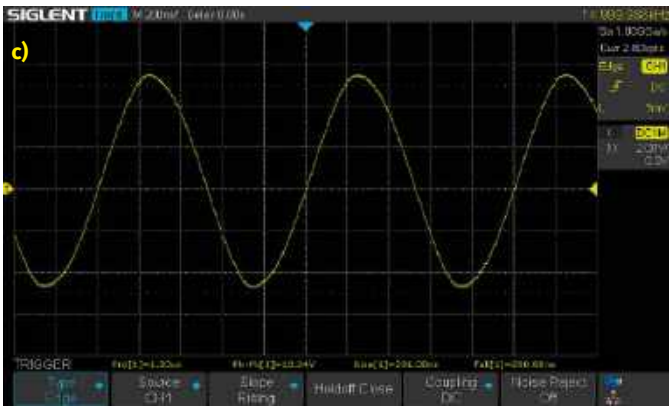
REKLAMA



eprasa.pl 72d35c54c0







Rysunek 6. Ten sam test, ale tym razem sygnały są w przeciwfazie, wzmocnienie 1× (a), 10× (b) oraz 100× (c). Sonda pracuje poprawnie, a zakłócenia, które – wydawałoby się – powinny zdominować sygnał, niemal kompletnie zniknęły



Fotografia 2. Wnętrze sondy, wyjątkowo skomplikowane, biorąc pod uwagę, że za realizację funkcji wzmacniacza różnicowego odpowiada w istocie jeden układ scalony (INA849)

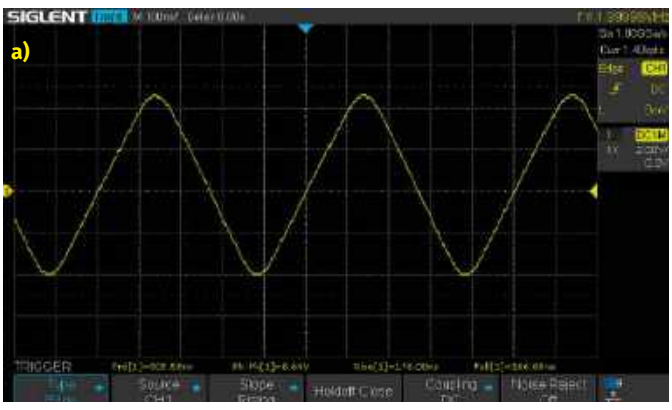
Stopień wejściowy zbudowany jest wokół układu INA849 – ultraniskoszumnego, precyzyjnego wzmacniacza instrumentalnego. Teoretycznie układ ten zapewnia pasmo przenoszenia 28 MHz przy wzmocnieniu 1× i 8 MHz przy wzmocnieniu 100×, jednak producent zdecydował się je ograniczyć. CMMR dla maksymalnego wzmocnienia wynosi 120 dB wg noty. Układ jest relatywnie tani, kosztuje około 60 zł. Obok tego układu znajduje się klasyczny stabilizator napięcia ujemnego – LM337 w obudowie SOIC-8. Obok INA884 znajduje się też niezidentyfikowany układ w obudowie SOT23-5 o oznaczeniu LPB#QX. Dalszy demontaż obudowy nie był możliwy, gdyż wygląda na to, że tylna ścianka jest przyklejona do płytki, podobnie jak akumulator – autor nie chciał ryzykować uszkodzenia.

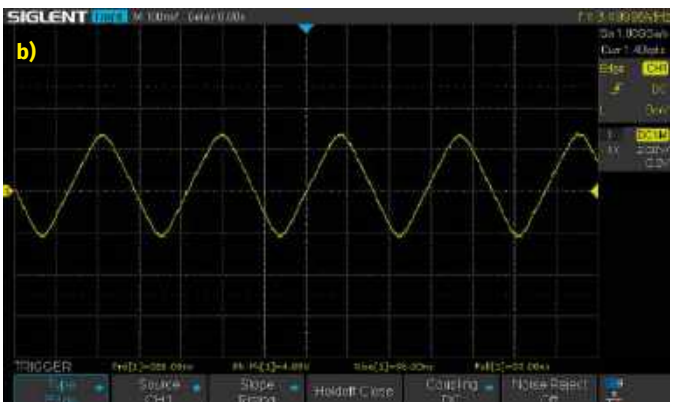
Generalnie sonda ta wydaje się bardziej skomplikowana niż to konieczne, biorąc pod uwagę, że jej parametry są gorsze niż parametry głównego układu odpowiedzialnego za wzmocnienie sygnałów różnicowych. Dokładniejsza analiza wymagałaby odtworzenia lub zdobycia schematu ideowego, co zdaniem autora wykracza daleko poza tematykę tego artykułu.

Podsumowanie: czy warto?

Biorąc pod uwagę relatywnie niską cenę tej sondy oraz parametry przeważnie zgodne ze specyfikacją producenta, należy stwierdzić, że jest to dobry zakup, ale raczej nie do naprawdę dokładnych pomiarów szybkozmiennych sygnałów. Autor oczekiwałby też dołączenia jakichś przewodów pomiarowych, nawet tanich „krokodylków" równej długości. Czy ta prosta sonda różnicowa jest w stanie zastąpić narzędzia od bardziej uznanych producentów? Niestety, nie do końca. Brakuje choćby możliwości ręcznej korekcji napięcia niezrównoważenia. Rażą też pojawiające się zniekształcenia sygnału, prawdopodobnie pochodzące od pomp ładunkowych, którymi płytka sondy jest hojnie obdarzona. Dla zaawansowanego hobbysty jest to dobra sonda, ale w przypadku profesjonalisty pozostawia nieco do życzenia i spełni się co najwyżej w roli sondy dodatkowej, której uszkodzenie w razie awarii badanego układu nie zaboli użytkownika tak bardzo pod względem finansowym.

Paweł Kowalczyk, EP





Rysunek 7. Test pasma przenoszenia: sygnał z generatora ma częstotliwość 2 MHz (a) i 3,5 MHz (b). Rzeczywiste pasmo przenoszenia osiąga wartość nieznacznie powyżej 2 MHz

eprasa.pl 72d35c54c0

Bezodpadowe technologie wytwarzania elementów metalowych lub pokrytych metalem

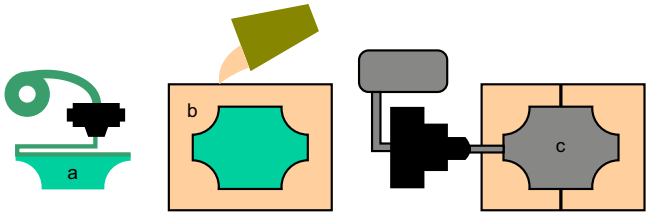
W budowaniu urządzeń, zwłaszcza w fazie miniaturyzacji prototypu, często zachodzi potrzeba uzyskania elementów sztywnych lub wytrzymałych mechanicznie. Tych cech nie mają jednak standardowe wydruki z tworzyw termoplastycznych (wytworzone w technologii FDM) lub żywicznych. Opisane w artykule technologie i metody uzyskiwania wytrzymałych części z metalu lub pokrytych metalem wiążą się z różnymi progami wejścia, zarówno pod względem kosztów, jak też złożoności procesu. W niniejszym opracowaniu chcemy zaprezentować najważniejsze informacje na temat relatywnie dostępnych technologii, w szczególności korzystających z budżetowych metod addytywnych, a także obecnego w handlu sprzętu używanego. Część technologii pominiemy ze względu na wysoką cenę lub małą dokładność wytwarzanych elementów.

1. Odlewanie metodą wosku traconego (ang. Lost Wax Casting, LWC) lub w drukowanych formach piaskowych

Metody te przypominają tradycyjne odlewanie metalu, jednak korzystają z nowszych metod przygotowania formy. Metoda wosku traconego polega na wykonaniu najpierw modelu obiektu docelowego (metodą druku 3D lub metodą wtryskową) – zalecane są materiały o niskich temperaturach topnienia, takie jak PLA. Alternatywami dla PLA mogą być także takie materiały, jak PVA czy HIPS, ponieważ można je rozpuszczać w cieczach (woda, d-limonen). Następnie model jest zalewany masą odlewniczą lub gipsem i tworzona jest forma, z której usuwa się model poprzez wytopienie lub rozpuszczenie tworzywa modelu. Przy korzystaniu z wysokiej jakości mas odlewniczych jakość odlewu może być bardzo dobra, z dokładnym odwzorowaniem najmniejszych detali modelu.



Fotografia 1. Detal wytworzony metodą odlewania z wosku traconego (https://t.ly/hOj0X)



Rysunek 1. Etapy wytwarzania metodą odlewania z wosku traconego: druk modelu (a), odlewanie formy (b), odlewanie elementu (c)

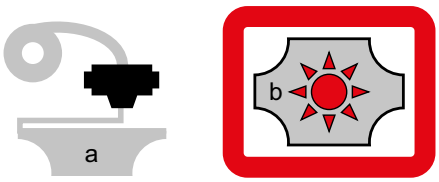
Metoda bazująca na drukowanych formach piaskowych korzysta z piasku kwarcowego lub syntetycznego i techniki druku 3D, znanej jako natryskiwanie spoiwa (ang. binder jetting). Spoiwem mogą być: furan, fenol lub szkło wodne. W formie, przygotowanej jedną z wymienionych wyżej technik, odlewany jest metalowy element. Po zastygnięciu detalu musimy usunąć formę przez jej rozbicie lub rozpuszczenie. Choć opisane procesy wydają się dość skomplikowane, to w praktyce nie muszą być kosztowne. Wpływ na wynikową cenę będzie między innymi miało to, z jakiego metalu zamierzamy wykonać część. Jeśli planujemy użyć metali takich, jak aluminium czy brąz, sprawa jest w miarę prosta. Jednak w przypadku stali nierdzewnej czy tytanu cały proces się komplikuje – wymaga bowiem użycia droższych mas odlewniczych, specjalistycznych pieców i narzędzi.

Zakładając, że posiadamy drukarkę 3D, można przyjąć, że zakup materiałów do metody LWC to minimalnie około 1 tys. zł (piec, metal, masa odlewnicza). Technologia nie jest jednak łatwa i wymaga sporej wiedzy technicznej oraz doświadczenia.

2. Drukowanie z topionego włókna (ang. Fused Filament Fabrication, FFF)

Technologia FFF jest jedną z najnowszych i najprostszych. Opiera się na dopracowanej metodzie stosowanej w technologii FDM , a drukować z jej użyciem można na niemal każdej drukarce 3D – pod warunkiem posiadania stalowego ekstrudera i dyszy. Polega na wydrukowaniu kształtki przy zastosowaniu specjalnych filamentów, które składają się z ok. 90% z proszku metalowego i – w pozostałych ok. 10% – specjalnego spoiwa.

Odpowiednio podgrzany filament jest ekstrudowany i nakładany w kolejnych warstwach identycznie, jak w popularnej technologii FDM. W celu uzyskania dobrej adhezji należy nakleić taśmę kaptonową na stół drukarki 3D. Następnie wydrukowana kształtka



Rysunek 2. Etapy wytwarzania metodą drukowania z topionego włókna: druk filamentowy kształtki (a), spiekanie kształtki (b)

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 2. Detal wytworzony metodą drukowania z topionego włókna (https://t.ly/wkFQT)

jest poddawana procesom spiekania i czyszczenia. Podczas spiekania wytapiane jest spoiwo i następuje łączenie ziaren metalu. Etap ten może być prowadzony w piecu, w odpowiedniej dla danego metalu temperaturze. Warto pamiętać, że części po spiekaniu zmniejszają wymiary o około 20% w osiach XY i 26% w osi Z.

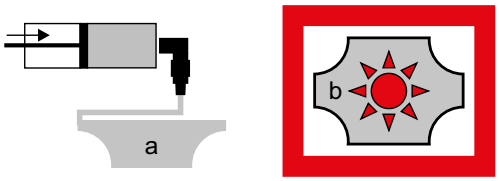
Co ciekawe, w przypadku zakupu niektórych filamentów dostajemy także kupon na darmowe spiekanie i czyszczenie wydruków przez producenta. Cena takiego filamentu wynosi około 650 zł za kilogram, a poza nim – jeśli dysponujemy drukarką FDM – nie ma żadnych dodatkowych kosztów. Technologia jest stosunkowo prosta, jedyny problem mogą stanowić wydruki z zaawansowanymi podporami. Wtedy używamy specjalnego filamentu podporowego przeznaczonego do technologii FFF, musimy także zaopatrzyć się w drukarkę zdolną drukować dwoma filamentami naraz.

3. Warstwowy nadruk płynnego materiału (ang. Direct Ink Writing, DIW)

Do najprostszych technologii należy też dwuetapowa metoda DIW, określana mianem robocasting. W pierwszym etapie wytworzona jest kształtka poprzez warstwowe nanoszenie z dyszy płynnej pasty cząstek metalu z lepiszczem, wyciskanej np. ze strzykawki



Fotografia 3. Detale wytworzone metodą nadruku z płynnego materiału (https://t.ly/DUi9N)



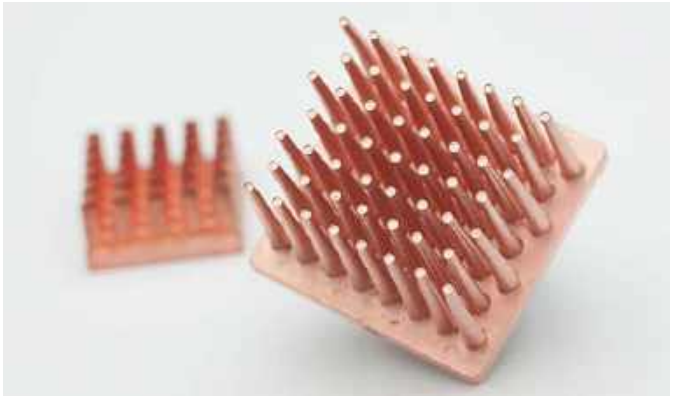
Rysunek 3. Etapy wytwarzania metodą nadruku z płynnego materiału: druk kształtki z pasty metalowej (a), spiekanie kształtki (b)

pod ciśnieniem, w temperaturze pokojowej. Kolejne warstwy pasty zastygają w powietrzu, tworząc trójwymiarowe ciało niezmieniające kształtu. Duże znaczenie w uzyskaniu dobrej jakości kształtki mają odpowiednie właściwości pasty, w szczególności jej lepkość, szybkość wiązania oraz wielkość sił wiążących. Zaletą procesu drukowania kształtki metodą DIW jest to, że nie wymaga on stosowania wysokiej temperatury.

Po zastygnięciu kształtka jest poddawana procesowi spiekania, podczas którego wytapiane jest spoiwo i następuje łączenie ziaren metalu. Podobnie jak w technologii FFF, także tutaj zachodzi zmniejszenie wymiarów, zależne od specyfikacji proszku. Stosując technologię DIW, musimy dokonać wyboru pomiędzy jakością a czasem druku, ponieważ ruchy w tej technologii odbywają się dosyć wolno (ze względu na ograniczenia pasty metalowej). Gdy decydujemy się na wyższą jakość, musimy wybrać dysze o mniejszej średnicy, lecz druk będzie wolniejszy. Niestety, opisywana technologia jest obecnie w fazie rozwoju, przez co trudno znaleźć na jej temat szczegółowe informacje w Internecie. Niemniej kilku hobbystów i firm sprawdziło ją w praktyce. Cena tej technologii na chwilę obecną wynosi od 2 tys. złotych (w przypadku kupna drukarki DIW do ceramiki, która też powinna się nadawać do wytwarzania detali metalowych), do nawet 30...40 tys. złotych (gdy drukarka jest wyższej jakości).

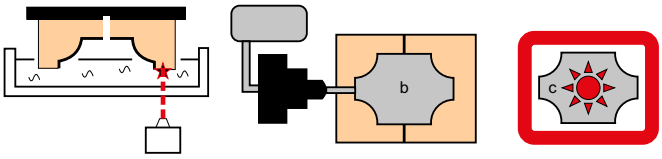
4. Formowanie wtryskowe metali (ang. Metal Injection Molding, MIM)

Inny sposób przygotowania kształtki oferuje metoda MIM (Metal Injection Molding). Pierwszym z trzech etapów procesu jest druk formy wtryskowej, którą można przygotować metodą obróbki skrawaniem, ale tańszym sposobem jest skorzystanie z przyrostowej techniki bezodpadowej, np. żywicznej. Przed drukiem formy warto się zaopatrzyć w wysokotemperaturowe żywice, które wytrzymują do ok. 300°C, z uwagi na wysokie ciśnienie i temperaturę topnienia spoiwa. Warto też pamiętać o objętości naszej wtryskarki podczas projektowania średnich i dużych elementów. Do gotowej formy wtryskuje się płynną masę proszku metalowego ze spoiwem (najczęściej PVA). Następnie należy przeprowadzić spiekanie w temperaturze lekko poniżej temperatury topnienia metalu. W trakcie tego procesu następuje jednocześnie wytapianie spoiwa. Proces spiekania trwa około 2 godzin.



Fotografia 4. Detale wytworzone metodą formowania wtryskowego (https://t.ly/bzItG)

eprasa.pl 72d35c54c0

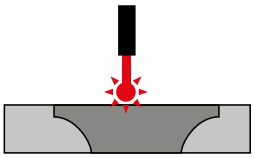


Rysunek 4. Etapy wytwarzania metodą formowania wtryskowego: druk formy (a), odlewanie kształtki (b) i jej spiekanie (c)

Koszt technologii MIM w przypadku materiałów na bazie miedzi lub brązu to około 10 tys. zł. Technologia MIM jest jedną z najszybszych z rozważanych w niniejszym opracowaniu, natomiast wierność odtworzenia wymiarów docelowego elementu jest głównie ograniczona dokładnością wykonania formy.

5. Selektywne spiekanie laserowe (ang. Selective Laser Melting, SLM)

Technologia ta opiera się na laserowym spiekaniu proszków w atmosferze obojętnej. Ceny drukarek są dość wysokie jak na odbiorców indywidualnych lub małe firmy, lecz istnieją usługodawcy wykonujący takie elementy względnie tanio na zamówienie. Istnieją także projekty open source takich drukarek, np. reAM250. SLM oferuje dokładność od 0,02 mm do 0,1 mm, co jest satysfakcjonującym wynikiem dla większości użytkowników. Zaletą SLM jest brak podpór podczas druku oraz minimalny postprocessing.



Rysunek 5. Wytwarzanie metodą selektywnego stapiania laserowego

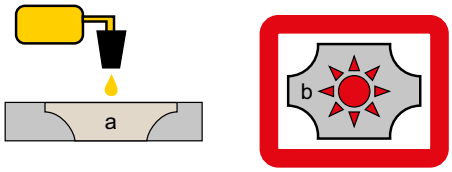
Koszty takich technologii zaczynają się od około 70 tys. złotych za drukarkę i około 1 tys. złotych za każdy kilogram wydrukowanego materiału (bardzo drogie jest utrzymanie – najczęściej argonowej – atmosfery obojętnej). Ze względu na wysoki koszt, druk technologią SLM najczęściej stosuje się do średnich lub małych elementów.



Fotografia 5. Detale wytworzone metodą selektywnego stapiania laserowego (https://t.ly/i2Fon)

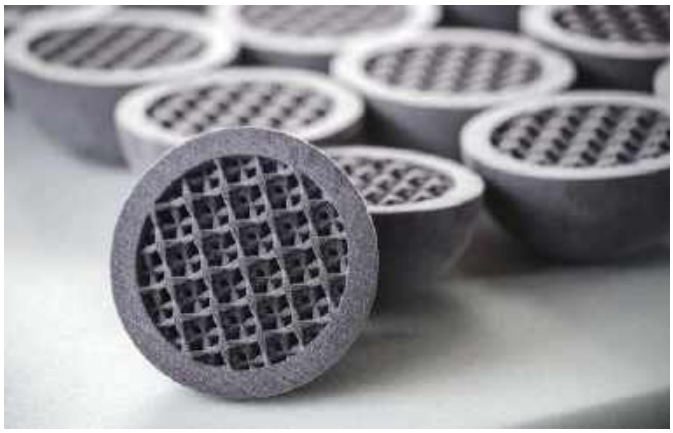
6. Natryskiwanie spoiwa (ang. Binder Jetting, BJ)

Technologię Binder Jetting, podobnie jak SLM, może realizować wydruk z proszku metalowego, a oprócz niego może także drukować inne materiały, takie jak ceramikę, szkło, gips, piasek itp. – często w wielu kolorach naraz. Wykonanie elementów jest dwuetapowe. Najpierw kształtkę uzyskuje się poprzez klejenie proszku za pomocą głowicy inkjet (niektóre modele drukarek BJ używają tych samych głowic, co drukarki atramentowe). Po sklejaniu proszku w kształtce



Rysunek 6. Etapy wytwarzania metodą natryskiwania spoiwa i spiekania: wytworzenie kształtki (a), spiekanie kształtki (b)

musi być ona oczyszczona z pozostałości proszku i trafia do pieca na spiekanie w temperaturze nieco poniżej temperatury topnienia materiału.

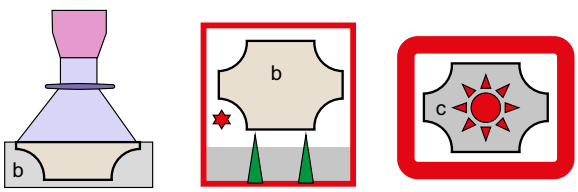


Fotografia 6. Detale wytworzone metodą natryskiwania spoiwa i spiekania (https://t.ly/JenJ4)

Technologia BJ zapewnia doskonałe wyniki jakościowe i jest jedną z najszybszych technologii druku 3D. Koszty takiej technologii zaczynają się od około 40 tys. zł, a cena pieca do ceramiki wynosi od około 1 tys. zł. Próg wejścia do tej technologii jest droższy niż w przypadku SLM, lecz ceny samego druku są już dużo niższe.

7. Wytwarzanie z metalu metodą litografii (ang. Lithography-based Metal Manufacturing, LMM)

Materiałem wyjściowym metody wykorzystującej fotolitografię (LMM) jest mieszanina proszku metalowego i fotoreaktywnego spoiwa (żywicy) z dodatkami. W pierwszym etapie technologii LMM, w drukarce działającej podobnie jak drukarki żywiczne, poprzez nakładanie warstw takiego tworzywa (utwardzanych światłem UV) powstaje kształtka otoczona lekko związaną (leżącą poza wiązką UV) masą. W drugim etapie ta masa otaczająca kształtkę zostaje wytopiona lub usunięta chemicznie. Następnie kształtka podlega wysokotemperaturowemu spiekaniu.



Rysunek 7. Etapy wytwarzania metodą litografii: wytworzenie kształtki z otaczającą masą (a), wytopienie nieutwardzonej masy i pozyskanie kształtki (b), spiekanie kształtki (c)

Technologia LMM jest szybka, daje możliwość precyzyjnego wy-twarzania elementów o wysokiej jakości powierzchni i dokładności wymiarowej. Koszty profesjonalnych drukarek korzystających z metody LMM rozpoczynają się od kilkuset tysięcy złotych i brakuje informacji o takich drukarkach w wersji budżetowej.

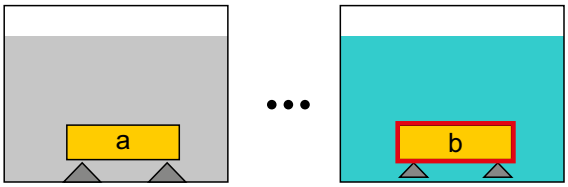
eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 7. Detale wytworzone metodą litografii (https://t.ly/mE1no)

8. Galwanizacja bezprądowa (ang. Electroless plating)

Jedną z najpowszechniej stosowanych metod pokrywania metalem elementów z tworzyw sztucznych jest galwanizacja bezprądowa. Polega ona na kilkuetapowym zanurzaniu obrabianego elementu w roztworach mających za zadanie przygotowanie powierzchni (odtłuszczenie, trawienie, uczulenie, aktywacja), a następnie nałożenie powłoki metalowej w wyniku reakcji chemicznej w roztworze jonów metalu. Metoda nie jest kosztowna, nie wymaga złożonego sprzętu, można pokrywać metalem elementy o złożonym kształcie, a powłoka jest wysokiej jakości. Wadą metody jest krótka trwałość roztworów, niestabilność procesu i stosunkowo długi czas galwanizacji.



Rysunek 8. Galwanizacja bezprądowa: kilkuetapowe przygotowanie elementu (a) i nałożenie powłoki metalowej (b)

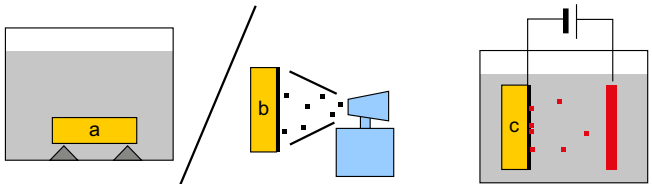
Do materiałów polimerowych, które dobrze nadają się do galwanizacji bezprądowej, należą m.in. ABS, teflon, polipropylen. Można je pokrywać miedzią, cynkiem, niklem, chromem, srebrem lub złotem.



Fotografia 8. Detale galwanizowane bezprądowo (https://t.ly/SYftO)

9. Galwanizacja (ang. electroplating)

Galwanizacja polega na nakładaniu jonów metalu na powierzchnię przewodzącą w kąpieli elektrolitu. Tradycyjnie metoda galwanizacji była stosowana do pokrywania elementów metalowych innym metalem. Obecnie można także pokrywać metalem tworzywa, w szczególności ABS, PP, PTFE, PC i inne. Metoda sprawdza się zarówno, gdy chcemy dodać estetyki naszemu projektowi, jak i w przypadku potrzeby wzbogacenia elementów o specjalne właściwości, jak przewodność elektryczna (np. przy produkcji elektrod lub ekranowaniu obudów), a także w celu modyfikacji wagi elementu lub jego wytrzymałości. Gdy element z tworzywa będzie wykonany z wysokotemperaturowej żywicy lub odpowiedniego filamentu (230...240°C), to po pokryciu metalem będzie można go nawet lutować. Elementy pokryte srebrem zyskują ponadto właściwości antybakteryjne.



Rysunek 9. Etapy galwanizacji: przygotowanie powierzchni poprzez galwanizację bezprądową (a) lub natryskiwanie (b), elektrolityczne nakładanie warstwy metalu (c)

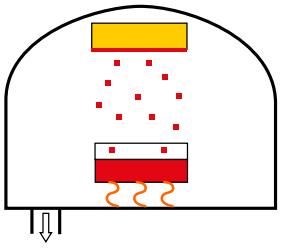
Podstawowym materiałem stosowanym w galwanizacji jest miedź. Warstwa miedzi może też być podłożem pod inne metale, np. złoto. Szczególnie prostą metodą przygotowania powierzchni do galwanizacji jest nałożenie powłoki grafitowej lub miedzianej z odpowiednim lepiszczem w formie sprayu. Następnie, mając dobrane odpowiedni elektrolit i zasilacz (zwykle o napięciu wyjściowym 1...10 V), przystępujemy do nałożenia powłoki na obiekt poprzez umieszczenie go w kąpieli elektrolitycznej. Katodę stanowi galwanizowany przedmiot, zaś anoda jest wykonana z metalu, którym pokrywany jest element. Grubość powłoki zależy od czasu galwanizacji i można ją ustalić na drodze obliczeniowej, korzystając z prawa Faradaya. Podczas procesu lekko obracamy przedmiot ręcznie lub automatycznie w celu równomiernego pokrycia obiektu. Koszt przygotowania stanowiska do galwanizacji to około 300...400 złotych plus koszty elektrolitów. Należy pamiętać, że powłoka nie jest litym metalem. W porównaniu z galwanizacją bezprądową metoda elektrolityczna daje lepszą jakość powłoki, bez naprężeń wewnętrznych i – z uwagi na intensywniejszy proces pokrywania metalem – jest szybsza.



Fotografia 9. Wydruk 3D galwanizowany elektrolitycznie (https://t.ly/rLNlC)

10. Fizyczne osadzanie z fazy gazowej (ang. Physical Vapor Deposition – PVD)

Osadzanie z fazy gazowej to szeroko stosowana w przemyśle metoda pokrywania powierzchni elementów, polegająca na osadzaniu cienkowarstwowych powłok par metalu w próżni. Pary metalu osiąga się poprzez termiczne odparowanie, rozpylanie (sputtering), działanie łuku lub lasera.



Rysunek 10. Fizyczne osadzanie z fazy gazowej

eprasa.pl 72d35c54c0



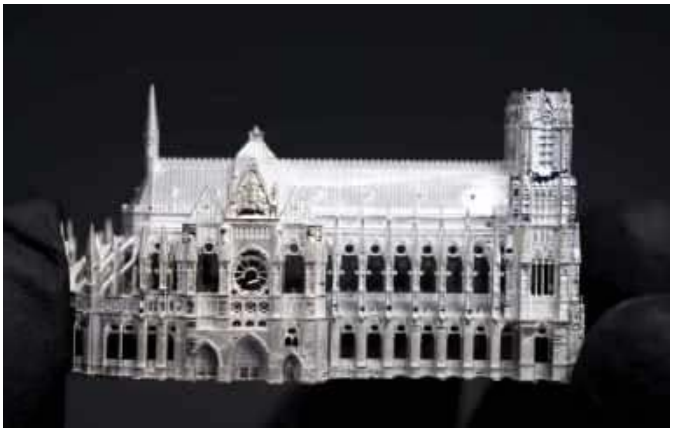
Fotografia 10. Detale metalizowane poprzez fizyczne osadzanie z fazy gazowej (https://www.calicocoatings.com/img/coatings/CertessNitroTi.jpg)

Proces obejmuje przygotowanie podłoża oraz wybór odpowiedniej metody, dostosowanej do wymaganej grubości i rodzaju powłoki. Jeden z najłatwiej i najszybciej realizowalnych procesów osadzania bazuje na termicznym odparowaniu, polegającym na podgrzewaniu metalu do temperatury topnienia. Cena urządzeń wynosi wówczas od 50 tys. do nawet 200 tys. złotych, a koszt procesu to około 30...100 zł za m². Jakość powłok uzyskanych tą metodą może być wysoka. Powłoki charakteryzuje dobra przewodność elektryczna, odporność na ścieranie i lustrzana gładkość.

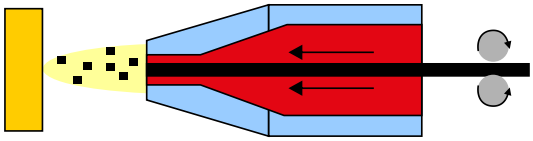
11. Natryskiwanie metalu (ang. metal spraying)

Natryskiwanie metalu na powierzchnie innych materiałów pozwala na pokrywanie powierzchni cząstkami stopionego metalu, dostarczanego w postaci proszku lub drutu. Technologia obejmuje kilka różnych mechanizmów natryskiwania: płomieniowego, łukowego, plazmowego i innych. Metody te pozwalają uzyskać wysokiej jakości powłoki metalowe, poprawiające właściwości mechaniczne, estetykę oraz odporność na ścieranie elementów.

Proces natryskiwania wymaga odpowiedniej odporności termicznej pokrywanego materiału oraz wstępnego przygotowania powierzchni (oczyszczenia). W przypadku dającego bardzo dobrą jakość metalizacji



Fotografia 11. Detale metalizowane metodą natryskiwania (https://www.youtube.com/watch?v=aljbjJbfghs)



Rysunek 11. Natryskiwanie metalu na powierzchnię elementu

natryskiwania plazmowego, generowanie plazmy zachodzi w komorze roboczej z zastosowaniem gazów, takich jak argon czy azot, podgrzewanych do wysokich temperatur (rzędu 500°C). Średnia cena urządzeń do natryskiwania plazmowego zaczyna się od 4 tys. zł. Koszt procesu jest niewielki, jednak zależny od materiału i grubości powłoki. Natryskiwaniem metalu możemy uzyskać bardzo cienkie powłoki na elementach z szerokiej gamy materiałów i na skomplikowanych geometrycznie powierzchniach, które nie mogą być pokryte tradycyjnymi metodami galwanizacji. Uzyskane powłoki charakteryzują się wysoką odpornością na korozję, regulowaną grubością warstwy oraz dużą twardością.

Zakończenie

Mając na uwadze przede wszystkim hobbystów oraz konstruktorów lub wytwórców sprzętu rozpoczynających działalność, w zaprezentowanym przeglądzie technologii bezodpadowych wytwarzania z metali pominięto – dające niską jakość wyrobów – metody odlewnicze oraz wysokiej jakości, ale bardziej kosztowne metody druku 3D (np. metoda stapiania wiązką elektronową EBM lub metoda ukierunkowanego stapiania dostarczonego materiału DED). Podobnie w przypadku metod pokrywania metalami elementów z tworzyw sztucznych nie omówiono bardziej złożonych technik, np. Chemical Vapor Deposition – CVD. W szacowaniu kosztów technologii proszkowych wymagających spiekania nie uwzględniono kosztu zakupu pieca próżniowego lub z atmosferą ochronną. Koszt takich pieców waha się od 2 do 20 tys. złotych. Możliwe jest jednak zlecanie takich usług.

Warto podkreślić, że z punktu widzenia dobrych właściwości mechanicznych, alternatywami wytwarzania elementów metalowych są wydruki z wysoko wytrzymałych materiałów kompozytowych, takich jak nylon czy PETG, ze wzmacniającymi dodatkami (włókno szklane czy węglowe), które oferują wytrzymałość porównywalną do aluminium. Podobnie rzecz wygląda w przypadku materiałów, od których wymagamy dobrego przewodnictwa elektrycznego czy cieplnego, a nawet pewnych właściwości ferromagnetycznych czy piezoelektrycznych. Oferowane są gotowe kompozyty o wspomnianych właściwościach w formie filamentów. Pojawiają się także nowe możliwości techniczne wytwarzania kompozytów w formie filamentów lub druk wielofilamentowy. Nieopisaną w tym artykule alternatywą jest także wszelkiego rodzaju obróbka maszynami CNC, a także grawerowaniem.

Wśród metali, z których wytwarza się elementy techniką bezodpadową, są najczęściej: stal nierdzewna (np. 304, 316) lub narzędziowa (np. D2, A2), aluminium (np. 7075, 4047), tytan i jego stopy (Ti64), stopy niklu (Inconel 718, 625), srebro, złoto, niob (i jego stopy), stop kobalt-chrom, tantal, wolfram wraz z jego stopami. Wybór metalu i odpowiedniej technologii zależy od specyficznych potrzeb projektu, dostępnych zasobów oraz wiedzy i umiejętności operatora. Kluczowe jest też zrozumienie, że każda z omawianych technologii ma swoją specyfikę, zalety i wady. Dodając fakt, że techniki przyrostowe można łączyć z innymi metodami wytwarzania, stosując kleje lub lakiery o pożądanych właściwościach (np. przewodzące, pochłaniające promieniowanie), a także różne metody obróbki, granice możliwości tworzenia nowych rozwiązań stale się przesuwają.

Stanisław Kaczmarek
prof. Mariusz Kaczmarek[1]
[1] Wydział Mechatroniki UKW w Bydgoszczy

eprasa.pl 72d35c54c0

Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych (19)

Wykrywanie dymu



Poprzednie odcinki znajdują się pod adresem:
https://ulubionykiosk.pl/media

Czujniki poziomu pyłu zawieszonego oferują dokładną pracę przy stosunkowo małych wymaganiach pod względem implementacji. Przy dosyć prostym sposobie ich użycia można je łatwo dołączyć do układu mikroprocesorowego. Zachęca to do sprawdzenia, jak taki czujnik nadaje się do wykrywania dymu innego rodzaju niż dym papierosowy, a także do porównania jego osiągów z czujnikami dymu pracującymi na innych zasadach.



Czujniki dymu to urządzenia elektroniczne, które wykrywają obecność cząstek dymu w powietrzu. Obok czujników jakości powietrza (VOC), które także są w stanie reagować na dym, na rynku są dostępne również specjalizowane moduły przeznaczone do tego celu.

Czujnik pyłu GP2Y1010AU0F

Czujnik zanieczyszczeń powietrza GP2Y1010AU0F firmy Sharp [1] wykrywa cząsteczki o średnicy powyżej 0,8 µm. Składa się z diody emitującej podczerwień (IRED) i fototranzystora, który wykrywa światło odbite od pyłu. Moduł szczególnie skutecznie wykrywa bardzo drobne cząstki, takie jak dym papierosowy. Czujnik charakteryzuje się relatywnie niskim poborem prądu, a napięcie na jego wyjściu jest liniowo skorelowane z wykrytym poziomem zanieczyszczeń. GP2Y1010AU0F znajduje zastosowanie w takich obszarach, jak systemy klimatyzacji oraz domowe stacje monitorujące jakość powietrza.

Parametry czujnika GP2Y1010AU0F [3]:

- wyjście analogowe o napięciu proporcjonalnym do zmierzonej gęstości pyłu,
- rozmiar wykrywanego pyłu: >0,8 µm,
- czułość: 0,5±0,15 V/(100 µg/m³),
- zakres pomiaru: 500 µg/m³,
- napięcie wyjściowe bez pyłu (Voc): 0/0,9/1,5 (min./typ./maks.),
- zakres napięcia wyjściowego (RL=4,7 kΩ): 3,4 V (min.),
- temperatura pracy: od –10 do 65°C,
- gotowość po włączeniu zasilania: <1 s,
- czas impulsu pomiarowego (diody LED) Pw: 0,32±0,02 ms,
- odstęp powtarzania impulsu T: 10±1 ms,
- prąd kluczowania diody LED: 10/20 mA (typ./maks.),
- pomiar po włączeniu diody LED Tp: 0,28 ms,
- napięcie zasilania: 5±0,5 V,
- pobór prądu: 11/20 mA (typ./maks.),
- czas życia: 5 lat (przy 50% spadku sygnału wyjściowego).

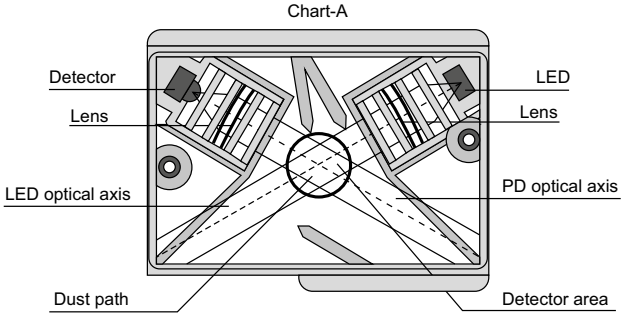
Światło z emitera (diody elektroluminescencyjnej) jest skupiane przez soczewkę i ograniczane za pomocą szczeliny (**rysunek 1**). Układ soczewki i szczeliny jest także umieszczony przed detektorem światła (fotodiodą), aby odciąć światło zakłócające i wykryć skutecznie tylko odbicie światła od kurzu. Obszar, w którym te dwie osie optyczne się przecinają, jest obszarem detekcji czujnika. Napięcie wyjściowe – przy braku kurzu – jest określone w specyfikacji jako Voc. Dzieje się tak, ponieważ światło emitowane przez diodę LED odbija się od obudowy urządzenia, a część z niego dociera do detektora. Gdy we wnętrzu czujnika znajduje się kurz i/lub dym papierosowy, to detektor wykrywa światło odbite od cząstek. Prąd, proporcjonalny do ilości światła wykrytego przez detektor, jest wzmacniany i urządzenie generuje analogowy sygnał napięciowy na wyjściu impulsowym.

Potencjometr Rs do regulacji czułości jest ustawiany zgodnie ze specyfikacją przed firmę Sharp (**rysunek 2**). Dlatego nie należy zmieniać jego ustawienia, ponieważ może ono być niezgodne ze specyfikacją.

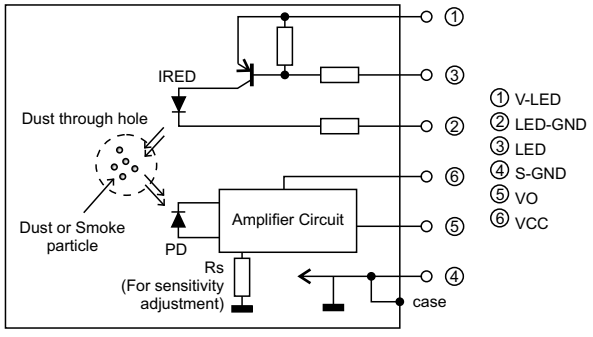
Do wejścia zasilania V-LED należy dołączyć rezystor R1=150 Ω i za nim kondensator C1=220 µF. Są one wymagane do sterowania impulsowego diody LED. W sprzedaży dostępny jest adapter z tymi elementami i potrzebnymi złączami [4].

Czujnik wymaga impulsowego sterowania diodą LED. W dokumentacji do kluczowania zalecany jest tranzystor MOS [2]. Impulsy sterowania Pw = 0,32 s są powtarzane co T=10 ms. Pomiar napięcia wyjściowego powinien być wykonywany w czasie 0,28 ms po włączeniu diody LED (**rysunek 3**).

Dostępny jest także moduł firmy Waveshare [5] z czujnikiem GP2Y1010AU0F oraz z wszystkimi potrzebnymi elementami

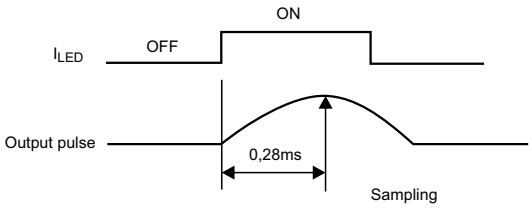


Rysunek 1. Budowa czujnika GP2Y1010AU0F [1]



Rysunek 2. Schemat wewnętrzny czujnika GP2Y1010AU0F [2]

eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 3. Sposób pomiaru sygnału z czujnika [2]

zewnętrznymi. Do kluczowania zastosowano tranzystor NPN (100 MHz). Do zasilania czujnika wybrano przetwornicę podwyższającą DC/DC.

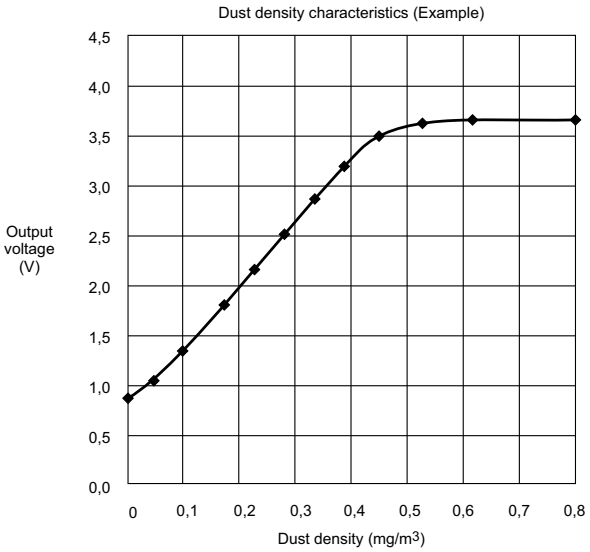
Czujnik GP2Y1010AU0F, przeznaczony jest do kontrolowania czystości powietrza i odznacza się bardzo dobrymi własnościami pod względem dokładności pomiaru, to w mocno zapylonym środowisku powstaje ryzyko zafałszowania pomiaru wskutek przylegania kurzu do powierzchni detekcyjnej czujnika. Jeśli na powierzchni pojawi się nadmiar kurzu, wówczas czujnik należy wyczyścić sprężonym powietrzem. Ponadto należy zadbać, aby czujnik nie został zabrudzony substancjami o lepkiej i oleistej konsystencji [1].

Odpowiedź czujnika może zostać zakłócona, gdy światło zewnętrzne przedostanie się przez otwór na kurz po stronie z napisami (tworzywowa część obudowy). Aby uniknąć wpływu światła zewnętrznego, trzeba umieścić tę stronę czujnika skierowaną do wnętrza urządzenia. Aby uniknąć wpływu przywierania kurzu do wnętrza modułu, należy zamontować czujnik w urządzeniu tak, aby wyjście złącza na czujniku było skierowane w dół. Instalacja filtra o grubych oczkach przed otworem na kurz jest skuteczna w wychwytywaniu dużych fragmentów kurzu.

Napięcie wyjściowe Vo czujnika jest sumą napięcia wyjściowego przy braku pyłu (Voc) i przyrostu napięcia proporcjonalnego do gęstości pyłu (ΔV). Przykładowa zależność napięcia wyjściowego od gęstości pyłu jest pokazana na **rysunku 4**.

Do prób został zastosowany czujnik GP2Y1010AU0F z dołączonym rezystorem 150 Ω i kondensatorem 220 µF. Do kluczowania wybrano tranzystor NMOS typu NDS355AN (1,7 A, 10 ns).

Trudnym problemem jest zrealizowanie stabilnego i czystego zasilania 5 V dla czujnika. Szczególnie jeśli jest dołączany do systemu 3,3 V z zasilaniem akumulatorowym. Wtedy do uzyskania napięcia 5 V z zasilania 3,5…4,2 V trzeba zastosować przetwornicę podwyższającą. Niestety zakłócenia szpilkowe napięcia wyjściowego, spowodowane przełączaniem wewnętrznym przetwornicy, mogą być bardzo trudne do usunięcia. Zastosowanie tanich, popularnych płytek przetwornic (chińskich) daje typowo duże zakłócenia wyjściowe (nawet 0,5...1,5 V) oraz duże, wsteczne zakłócenia,



Rysunek 4. Zależność napięcia wyjściowego od gęstości pyłu [1]

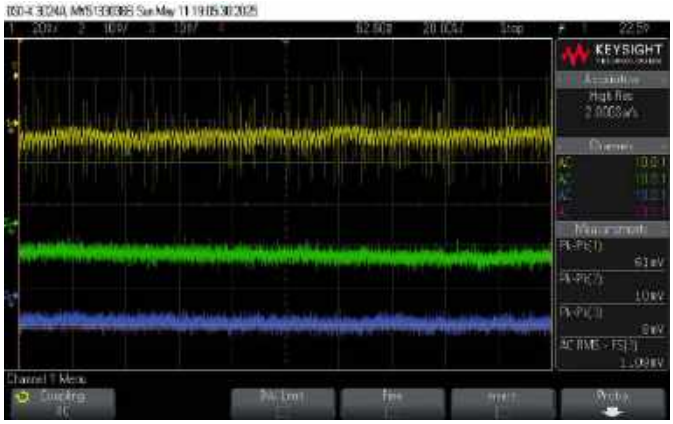
wnoszone do źródła zasilania. Dodatkowym istotnym problemem jest często bardzo duży prąd rozruchowy (po włączeniu zasilania), nawet powyżej 1 A (bez obciążenia).

Zastosowanie droższych płytek dobrych producentów poprawia sytuację. Jednak dalej trzeba usuwać szpilki. Rozwiązaniem jest zastosowanie na wyjściu układu LDO o dużym współczynniku tłumienia PSRR w szerokim paśmie. Do badań został zastosowany układ LT3045 firmy Analog Devices (PSRR 76 dB przy 1 MHz). Dodatkowo na wyjściu umieszczono filtr zasilania BNX029-01 firmy Murata (tłumienie min. 35 dB w paśmie od 15 kHz do 1 GHz).

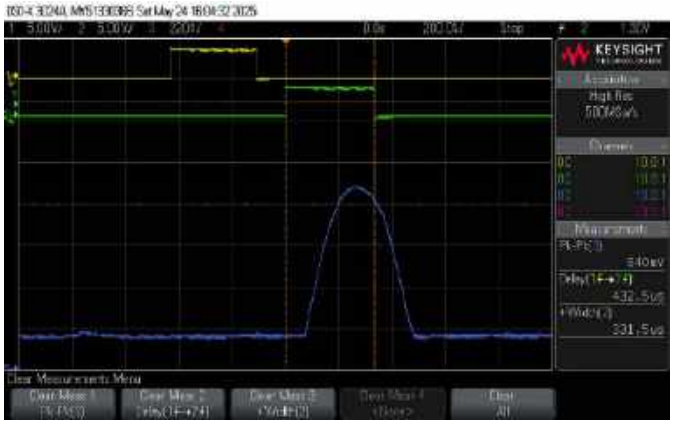
Do prób wybrano płytkę z przetwornicą MP3424A firmy Monolithic Power Systems (580 kHz, 3,1 A) z dołączoną na wyjściu płytką LT3045 (LDO 5 V) i następnie z filtrem BNX029. Przykład pomiaru takiego toru zasilania jest pokazany na **rysunku 5**. Tor jest zasilany z zasilacza laboratoryjnego (3,7 V, 473 mA). Takie same rezultaty zostały uzyskane przy zasilaniu z jednego ogniwa LiPo (3,7 V). Kanał 1 to wyjście MP3424 (5,63 V), kanał 2 – wyjście BNX029 (4,97 V, obciążenie ok. 320 mA), kanał 3 – wyjście analogowe czujnika. Zakłócenia szpilkowe zniknęły i pozostał szum biały (łatwy do odfiltrowania z zastosowaniem uśredniania). Pomiary zostały wykonane oscyloskopem DSO-X 3024A o paśmie 350 MHz, współpracującym z sondami 700 MHz [9].

Odpowiedź napięciowa czujnika GP2Y1010AU0F w czystym powietrzu została pokazana na **rysunku 6**. W kanale CH2 widać sygnał sterowania diody LED czujnika (320 µs). W kanale CH3 mierzona jest natomiast odpowiedź napięciowa czujnika. Jest ona prawie zgodna z katalogową.

Na **rysunku 7** pokazano odpowiedź czujnika na serię pomiarów (co 10 ms), wykonywaną w odstępie co 2,14 s. Pierwsza wartość jest wyraźnie większa. Następne odczyty maleją do relatywnie stabilnego poziomu. Dlatego wykonywanych jest dziesięć pierwszych, dodatkowych pomiarów. A dopiero następnych dziesięć jest uwzględnianych we właściwym odczycie i uśrednianych.

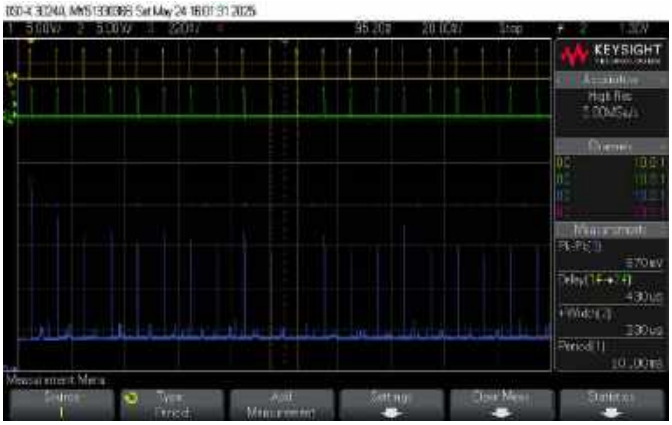


Rysunek 5. Oscylogram zarejestrowany z toru zasilania 5 V



Rysunek 6. Odpowiedź czujnika w czystym powietrzu

eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 7. Odpowiedz czujnika na serię pomiarów

Do odczytu wyjściowego sygnału analogowego został zastosowany moduł z przetwornikiem ADC typu ADS1115 [6]. Jest to przetwornik sigma-delta z najkrótszym czasem przetwarzania na poziomie 1,25 ms, co jest czasem zbyt długim do spełnienia wymagań producenta czujnika. Jednak poziom sygnału wyjściowego czujnika pomiędzy impulsami pomiarowymi jest bardzo niski. Dlatego wartość średnia napięcia wyjściowego w tak długim czasie jest stabilna i dokładnie proporcjonalna do pomiaru zgodnego ze specyfikacją fabryczną. Oczywiście uzyskany pomiar to część wartości (ok. 15%) pomiaru punktowego. Jednak przy 16-bitowej rozdzielczości przetwornika i możliwości dobrego skalowania zakresu pomiarowego wykonywany pomiar jest dokładny i stabilny.

Czujnik BME688

Czujnik gazu układu BME688 firmy Bosch jest wytwarzany w technologii MOX. Gazy, które mogą być wykrywane przez BME688, obejmują (niemal wszystkie) lotne związki organiczne, lotne związki siarki oraz inne gazy, jak tlenek węgla (CO) i wodór (H_2) w zakresie na poziomie ppb (parts per billion). Czujnik ma w obudowie otwór o średnicy mniejszej niż 1 mm. Dyfuzja gazu do środka i na zewnątrz obudowy trwa kilka sekund. Nie ma potrzeby stosowania wymuszonego przepływu gazu [11].

Moduł BME688 Breakout Board firmy pi3g zawiera układ BME688 firmy Bosch skonfigurowany do pracy z szyną I²C [8]. Układ scalony BME688 jest zamontowany daleko od złączy płytki, co pozwala na poprawną pracę czujnika z dala od źródeł ciepła. Moduł pobiera maksymalnie 50 mA prądu. Złącze X1 ma wyprowadzone sygnały SCL, SDA oraz masę i zasilanie 3,3 V w sposób kompatybilny ze złączem GPIO płytki Raspberry Pi Pico 2. W celu połączenia modułów wystarczy wyrównać piny 3,3 V na obydwu złączach. Raspberry Pi ma dwa wyprowadzenia I²C na GPIO 2 (SDA) i GPIO 3 (SCL) interfejsu I2C0 (master) – piny układu scalonego o numerach 27 i 28.

Aby uzyskać stabilny odczyt rezystancji czujnika, konieczne jest zapewnienie czystego napięcia zasilania. Nie nadaje się do tego napięcie 3V3 dostarczane przez płytkę Pico 2, gdyż zawiera ono silne tętnienia. Dobrym sposobem jest pobranie zasilania 3,3 V ze zmodyfikowanej płytki przetwornika ADS1115 (opis w [7]).

Czujnik MQ-2

MQ-2 jest jednym z powszechnie używanych czujników gazu z serii MQ. Jest to sensor typu Metal Oxide Semiconductor (MOS). Czujnik gazu MQ-2 wymaga zasilania 5 V±0,1 V prądu stałego i zużywa około 800 mW mocy. Wykrywa kilka rodzajów gazów, w tym LPG (gaz płynny), dym, alkohol, propan, wodór, metan i tlenek węgla. Został już dokładnie omówiony w artykule „Czujniki gazu i dymu” [7].

Czujnik SEN0570

Czujnik MEMS Smoke Gas Detection Sensor (SEN0570) firmy DFRobot z układem GM-202B firmy Winsen bazuje na technologii MEMS (omówiliśmy go już w [7]). Czujnik służy do wykrywania dymu i alkoholu. Wymaga czystego zasilania 3,3…5 V przy poborze prądu 17 mA.

Czujnik podczerwieni

Do detekcji podczerwieni został zastosowany „czujnik płomieni” firmy Waveshare służący do wykrywania ognia [10]. Zasilany jest napięciem od 3,3 V do 5,3 V. Na płytce został zastosowany fototranzystor YG1006 firmy Sunrom Electronics. Zakres wykrywanej fali: od 760 nm do 1100 nm (940 nm w punkcie maksymalnej czułości). Wyjściem jest napięcie analogowe zmieniające się w szerokim zakresie. Podobnie jak inne sensory analogowe, element wymaga czystego napięcia zasilania.

Płytka RPi Pico2 firmy Raspberry Pi

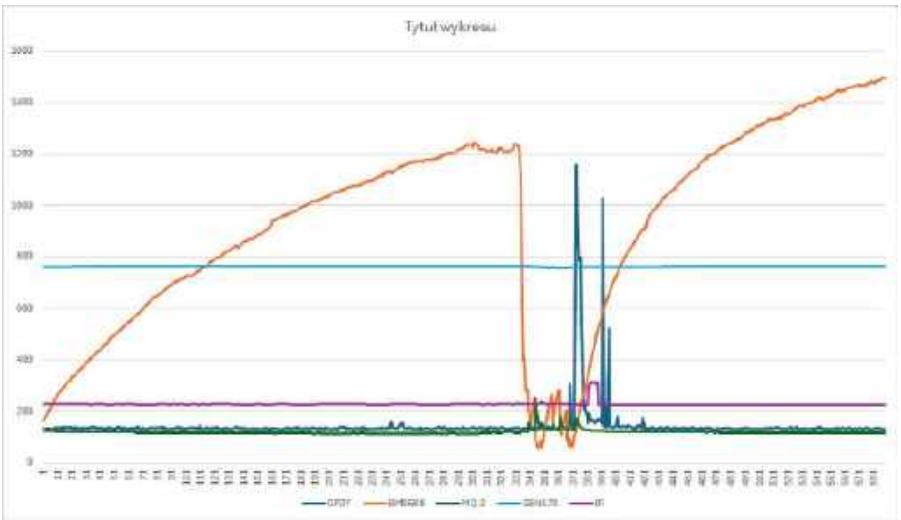
Mikrokontroler RP2350 zawiera dwa rdzenie Arm Cortex-M33, 150 MHz z obsługą obliczeń zmiennoprzecinkowych i DSP oraz dwa rdzenie RISC-V Hazard 3, 150 MHz. Nowe płytki Pico 2 i Pico 2W firmy Raspberry Pi z procesorem RP2350A są zgodne elektrycznie z płytkami Pico z pierwszej serii (Pico/Pico W). Dokładny opis jest zamieszczony w artykule „Płytka Raspberry Pi Pico 2/2W z procesorem RP2350” [13].

Pico 2 zawiera przetwornicę buck-boost, która dostarcza 3,3 V (do zasilania RP2350 i obwodów zewnętrznych) z szerokiego zakresu napięć wejściowych (od 1,8 do 5,5 V). Umożliwia to znaczną elastyczność w zasilaniu urządzenia z różnych źródeł, takich jak pojedyncze ogniwo litowo-jonowe lub 3 ogniwa AA połączone szeregowo. Najprostszym sposobem zasilania Pico 2 jest podłączenie kabla do gniazdka microUSB. W dokumentacji Pico 2/2W jest pokazane, jak poprzez dodanie tranzystora MOS można zrealizować podtrzymanie bateryjne zasilania płytki.

Wykrywanie dymu

Układ prototypowy został skompletowany z płytki Raspberry Pi Pico 2, modułu ADS1115, ekspandera szyny Pico Omnibus, wyświetlacza e-Paper typu Pico Inky Pack, toru zasilania 5 V (opisanego powyżej) oraz dołączonych czujników.

Płytka Pico 2 była obsługiwana w środowisku Thonny. Zastosowany w niej został najnowszy interpreter MicroPythona ze strony

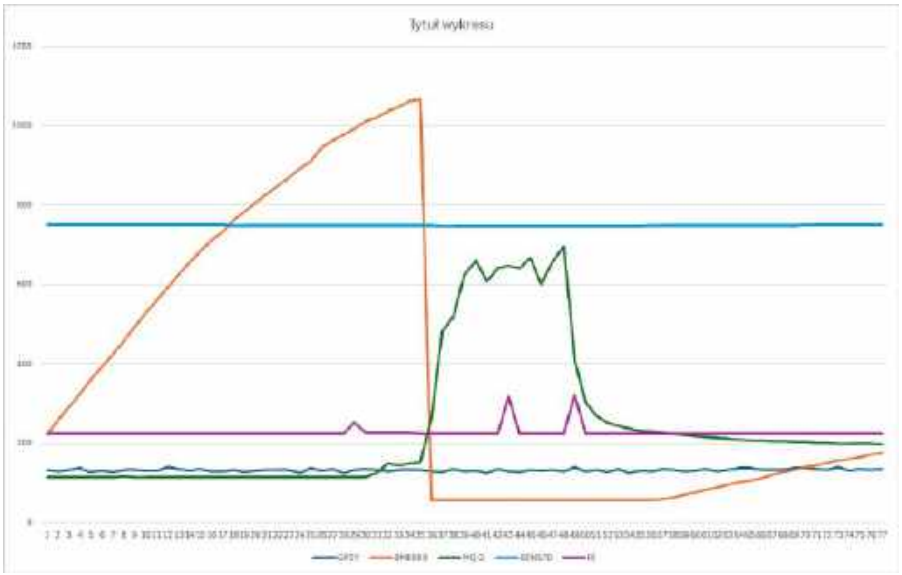


Rysunek 8. Pierwsza próba wykrywania dymu

eprasa.pl 72d35c54c0

firmy Pimoroni. Interpreter MicroPython firmy Pimoroni dla Pico 2 zawiera dodatkowo sterowniki wielu czujników (w tym BME688) oraz wyświetlaczy. Do pracy z układem ADS115 została zastosowana biblioteka języka MicroPython opracowana przez Wolfganga (Wolle) Ewalda w języku Python. Całość była już dokładnie omówiona w artykule „Czujniki gazu i dymu" [7] oraz „Detekcja pożaru z płytką Raspberry Pi Pico 2 w języku Python" [12]. Załączone tam oprogramowanie można (prawie) bezpośrednio zastosować do pracy z obecną konfiguracją sprzętową.

W ramach testów została przeprowadzona próba wykrywania dymu. Pomiary były wykonywane jednocześnie z czujnikiem GP2Y1010AU0F (w skrócie GP2Y) oraz z czujnikami: SEN-570 (dym), BME688 (gaz), IR (podczerwień) i sensorem MQ-2 (dym), opisanymi dokładnie w artykule [7]. Wszystkie czujniki zostały wcześniej wstępnie wygrzane przez kilka godzin. Jest to konieczne do wykonania wiarygodnych pomiarów (zobacz [7]). Do wytwarzania dymu została zastosowana trociczka zapachowa. Dym był niestabilny.



Rysunek 9. Druga próba wykrywania dymu

Wynik pierwszego badania pokazano na **rysunku 8** (skala pionowa mV, podzielone wartości wyników: dla BME688: /100, dla IR: /10). Dla czujnika GP2Y było wykonywanych 10 kolejnych pomiarów z uśrednianiem wyniku (według opisu powyżej). Pozostałe kanały odczytywano jednokrotnie z czasem przetwarzania 125 ms. Odczyty były powtarzane co 2,149 s. Po włączeniu zasilania czujnik BME688 wymaga dosyć długiego czasu (ok. 11 min) na ustabilizowanie wartości odczytu. W trakcie długotrwałej pracy (godziny, dni) ten poziom się stabilizuje i wzrasta powoli. Czujnik za to szybko i bardzo mocno zareagował na dym. Powrót do poziomu stabilnego trwał dosyć długo (ok. 7 min). Czujnik SEN-570 nie zareagował praktycznie wcale. Moduł GP2Y1010AU0F zareagował bardzo dobrze, dając w odpowiedzi duże szpilki sygnału wyjściowego. Czujnik MQ-2 także zareagował, ale słabo – dobrze wykrywał natomiast obecność tlenku węgla CO [7]. Czujnik IR był podczas próby częściowo przesłonięty. Należy podkreślić, że dym był bardzo niestabilny.

Dla sprawdzenia słabej odpowiedzi czujnika SEN570 została wykonana druga próba (**rysunek 9**). Zastosowano dosyć spory dym, generowany blisko czujników poprzez trzykrotne zapalenie zapalniczki, co dosyć wyraźnie pokazuje sygnał czujnika IR. Tym razem widać szybką odpowiedź czujnika BME688 oraz MQ-2. Czujnik BME688 dosyć wolno wraca do wartości początkowych (minuty). Brak jest odpowiedzi czujnika SEN-570. Odsunięcie otworu pomiarowego czujnika GP2Y1010AU0F od smugi dymu spowodowało brak jego reakcji. Czujnik reaguje tylko na dym przez niego przepływający. Jest to spory problem, sugerujący konieczność stosowania wymuszonego przepływu powietrza w celu uzyskania wiarygodnych pomiarów otoczenia.

Podsumowanie

Podłączenie analogowych czujników dymu SEN570 i MQ-2, czujnika pyłów GP2Y1010AU0F, czujnika podczerwieni oraz cyfrowego czujnika gazu BME688 do płytki Pico 2 okazało się dosyć proste (z wyjątkiem wytworzenia czystego napięcia zasilania 5 V, co okazało się nieco bardziej skomplikowane).

Przeprowadzone pierwsze próby zakończyły się pomyślnie. Największą czułość na dym wykazał czujnik BME688 (przy długim czasie powrotu do stanu początkowego) oraz czujnik GP2Y1010AU0F (pomijając problem ze słabym przepływem powietrza). Czujnik MQ-2 wykazał szybką i wyraźną odpowiedź, ale dopiero na dosyć wysoki poziom dymu. Brak reakcji czujnika SEN570 wymaga dodatkowych badań. Czujnik IR został dołączony dodatkowo i zachęca do zajęcia się zagadnieniem wykrywania płomienia.

Czujnik GP2Y1010AU0F jest ciekawą i tanią propozycją rozwiązania przydatnego do wykrywania pyłów (w tym dymu), lecz wiarygodne porównywanie jego działania do czujników innych firm (np. SEN55) można wykonywać tylko w warunkach laboratoryjnych. Szczególnie że próby z trzema egzemplarzami czujnika pokazały różną czułość poszczególnych egzemplarzy.

W dokumentacji [2] producent czujnika GP2Y1010AU0F ostrzega, aby nie stosować go do instalacji wykrywania pożaru.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

Literatura

[1] Application note of Sharp dust sensor GP2Y1010AU0F, Sharp Global, https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au_appl_e.pdf
[2] GP2Y1010AU0F Compact Optical Dust Sensor, Data Sheet, Sharp https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au_e.pdf
[3] Sharp GP2Y1010AU0F Compact optical Dust Sensor – optyczny czujnik pyłu, Kamami, https://kamami.pl/czujniki-jakosci-powietrza/581671-sharp-gp2y1010au0f-compact-optical-dust-sensor-optyczny-czujnik-pylu-sen0144-5906623406685.html
[4] Gravity: Dust Sensor Adapter, DfRobot, https://www.dfrobot.com/product-1063.html
[5] Dust Sensor, SKU:10500, Waveshare, https://www.waveshare.com/dust-sensor.htm
[6] Gravity: I²C ADS1115 16-Bit ADC Module, DFR0553, DFRobot, https://www.dfrobot.com/product-1730.html
[7] Czujniki gazu i dymu, EP 6/2025, https://ep.com.pl/projekty/moduly-w-aplikacjach/16536-internet-rzeczy-w-pomiarach-srodowiskowych-18-czujniki-gazu-i-dymu
[8] Systemy dla Internetu Rzeczy (54): Czujnik gazu Bosch BME688 ze sztuczną inteligencją, EP 11/2021, https://ep.com.pl/kursy/15078-systemy-dla-internetu-rzeczy-54-bosch-bme688-czujnik-gazu-ze-sztuczna-inteligencja
[9] DSOX3024A Oscilloscope: 200 MHz, 4 Channels, https://www.keysight.com/zz/en/product/DSOX3024A/oscilloscope-200-mhz-4-channels.html
[10] Flame Sensor, Waveshare, https://www.waveshare.com/product/Flame-Sensor.htm
[11] Czujnik gazu Bosch BME688 ze sztuczną inteligencją, EP 11/2021, https://ep.com.pl/kursy/15078-systemy-dla-internetu-rzeczy-54-bosch-bme688-czujnik-gazu-ze-sztuczna-inteligencja
[12] Detekcja pożaru z płytką Raspberry Pi Pico 2 w języku Python, EP 04/2025, https://ep.com.pl/projekty/moduly-w-aplikacjach/16496-internet-rzeczy-w-pomiarach-srodowiskowych-16-detekcja-pozaru-z-plytka-raspberry-pi-pico-2-w-jezyku-python
[13] Płytka Raspberry Pi Pico 2/2W z procesorem RP2350, EP0 3/2025, https://ep.com.pl/projekty/moduly-w-aplikacjach/16453-internet-rzeczy-w-pomiarach-srodowiskowych-15-plytka-raspberry-pi-pico-2-2w-z-procesorem-rp2350

eprasa.pl 72d35c54c0

Przekaźniki w torze sygnałowym

Sygnał analogowy trzeba często przełączać, odłączać lub zwierać. Niekoniecznie nam się to podoba – zwłaszcza użytkownikom systemów audio mającym wysokie oczekiwania co do brzmienia – lecz nie ma innej możliwości. W tym artykule postaram się przybliżyć kilka faktów, niekiedy mało oczywistych, związanych z zastosowaniem do tego celu przekaźników.



Fotografia 1. Przekaźnik sygnałowy bez wymaganej minimalnej mocy przełączanej [2]

Analogowy sygnał napięciowy jest podatny na zakłócenia i z tym się (na ogół) nikt nie kłóci. Nie lubi on sąsiedztwa urządzeń cyfrowych, transformatorów sieciowych, silnych źródeł pola elektromagnetycznego oraz... przerywania mu drogi przepływu prądu. O ile na wiele rzeczy mamy wpływ na etapie projektowania układu (ponieważ możemy umieścić cyfrowe sterowanie czy zasilacze odpowiednio daleko), o tyle samego przełączania już nie unikniemy. Wybór źródeł sygnału, wyciszanie czy pasywna regulacja głośności – w tych miejscach układu dokonujemy bezpośredniej ingerencji w sygnał.

Istnieją dedykowane do tego celu, analogowe klucze scalone, które mają w swojej strukturze odpowiednio sterowanie tranzystory polowe, lecz w sprzęcie audio z wysokiej półki są one niemal niespotykane. Wysoka rezystancja w stanie przewodzenia, relatywnie słaba izolacja po rozłączeniu, zniekształcenia – z tych względów klucze analogowe nie są podzespołami mile widzianymi. Znacznie częściej spotyka się elementy stykowe, jak chociażby przekaźniki. Niska rezystancja przewodzenia, bardzo wysoka rezystancja po rozwarciu, dobra separacja kanałów, znikomy wpływ sterowania na przewodzony sygnał – sporo zalet! Warto jednak pamiętać o kilku praktycznych zasadach aplikacyjnych.

Pierwszą z nich, której (przyznaję) sam się nie trzymałem w początkach swojej elektronicznej działalności, jest stosowanie przekaźników sygnałowych w torze sygnałowym. Typowe przekaźniki elektromagnetyczne, dostępne za symboliczne „2 złote", mają określony minimalny prąd przewodzenia i/lub napięcie między stykami – **rysunek 1**. Chodzi o to, by powstające iskrzenie cyklicznie usuwało warstwę osadzających się tlenków, siarczków i innych trudno przewodzących zanieczyszczeń. Jeżeli parametry te nie są spełnione – czyli przekaźnik nie operuje odpowiednio wysoką mocą przełączaną – jakość styku się pogarsza: rośnie rezystancja i pojawiają się trzaski. Dotyczy to zwłaszcza przekaźników o otwartej, nieuszczelnionej obudowie. Miałem taką sytuację lata temu, więc nie polecam opisywanego rozwiązania.


RM85
miniature relays

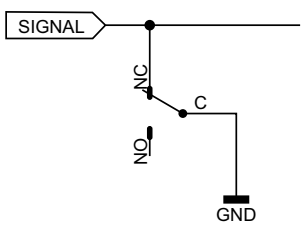
Contact data

Number and type of contacts		1 CO, 1 NO
Contact material		AgNi, AgNi/Au hard gold plating, AgSnO2
Rated / max. switching voltage	AC	250 V / 400 V
Min. switching voltage		5 V AgNi, 3 V AgNi/Au hard gold plating, 10 V AgSnO2
Rated load (capacity)	AC1	16 A / 250 V AC
	AC15	3 A / 120 V, 1,5 A / 240 V (B300)
	DC1	16 A / 24 V DC (see Fig. 3)
	DC13	0,22 A / 120 V, 0,1 A / 250 V (R300)
Motor load	acc. to UL 508	1/2 HP 240 V AC, 4,9 FLA, single-phase motor
	AC3 acc. to IEC 60947-4-1	0,8 kW 240 V AC, single-phase motor
Min. switching current		5 mA AgNi, 2 mA AgNi/Au hard gold plating, 10 mA AgSnO2
Max. make current		30 A AgSnO2
Rated current		16 A
Max. breaking capacity	AC1	4 000 VA
Min. breaking capacity		0,3 W AgNi, 0,05 W AgNi/Au hard gold plating, 1 W AgSnO2
Contact resistance		≤ 100 mΩ
Max. operating frequency	• at rated load AC1	600 cycles/hour
	• no load	72 000 cycles/hour

Rysunek 1. Wymagania dotyczące minimalnego prądu, napięcia i mocy styków przekaźnika RM85 [1]

Z tego powodu przekaźniki sygnałowe mają styki z innego materiału (nie śniedzieją same z siebie, za to łatwiej jest je uszkodzić przy załączaniu obciążeń o wysokiej pojemności) oraz hermetycznie zamknięte obudowy, jak na **fotografii 1**. Często nie mają określonego minimalnego prądu czy napięcia – to jest bardzo dobra wiadomość. Z kolei ich parametry maksymalne są na tyle wysokie, że w torze sygnałowym można nie zwracać na nie większej uwagi, choć nie jest to także uniwersalna reguła. Przykładowo załączanie dodatkowych rezystorów anodowych (wysokie napięcia) czy katodowych (wysokie prądy udarowe z powodu ładowania pojemności kondensatorów katodowych) potrafią dać się we znaki.

Użycie przekaźnika elektromagnetycznego do zwierania sygnału z masą, czyli do realizacji funkcji wyciszania (mute), jest bardzo często spotykane – **rysunek 2**. Niska rezystancja takiego zwarcia daje zadowalający efekt w postaci stłumienia sygnału poniżej poziomu szumu. Jednak są sytuacje, w których impedancja wyjściowa stopnia „wyciszanego" jest bardzo niska. Tak dzieje się, na przykład, kiedy źródłem jest transformator lub wzmacniacz operacyjny. Wtedy rezystancja rzędu 100 mΩ, a w praktyce nieco więcej, z uwagi na połączenia, staje się już niewystarczająca do uzyskania dzielnika o zadowalającym stopniu podziału. Dodatkowo jeżeli taki przekaźnik jest włączony w konfiguracji COM-NC, zyskujemy „gratis" blokadę wszystkich niepożądanych stanów przejściowych, które mają miejsce podczas uruchamiania urządzenia.



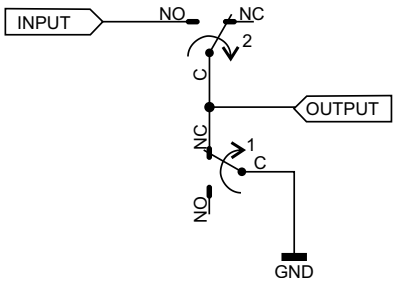
Rysunek 2. Zwieranie sygnału przekaźnikiem do masy – funkcja „mute"

W takich sytuacjach proponuję nie kopać się z koniem, czyli nie łączyć po 2, 3 lub więcej par styków równolegle, bo nie ma to najmniejszego sensu – ich powolne zużywanie się będzie pogarszało

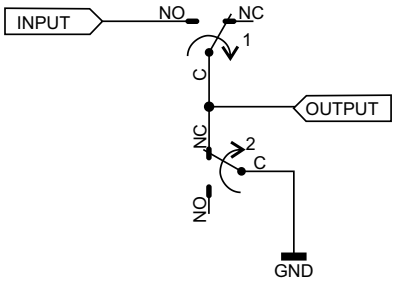
eprasa.pl 72d35c54c0

jakość tłumienia. Lepiej wtedy najpierw zewrzeć wyjście do masy, a dopiero potem odłączyć je od źródła sygnału, zgodnie z **rysunkiem 3**. Mamy wtedy chwilę, w trakcie której sygnał przenika, choć mocno ściszony, lecz potem zostaje on odłączony od źródła, na dodatek bez stuknięcia w głośnikach (spowodowanego przerwaniem ciągłości obwodu).

Przy załączaniu sygnału z powrotem trzeba przyjąć kolejność odwrotną – najpierw doprowadzamy sygnał, a dopiero potem rozłączamy zwarcie z masą (**rysunek 4**), co ma również wpływ na polaryzację następnego stopnia, gdyż jego wejście ani przez chwilę nie wisi w powietrzu. Nie może też to być jeden przekaźnik, którego styk wspólny przełącza się między NO i NC, ponieważ kotwiczka w trakcie przelotu nie jest z nim połączona, co – sprawdziłem boleśnie nieraz – daje nieprzyjemne stuknięcie w głośnikach. Wiele osób projektujących osprzęt do audio zapomina o tak prostych regułach, co przekłada się potem na pogorszone walory użytkowe, gdyż w trakcie przełączania są słyszalne stuki, trzaski, brumienie, tudzież odłączony sygnał nie jest zupełnie wyciszony.



Rysunek 3. Prawidłowa sekwencja przełączania styków przy wyciszaniu sygnału ze źródła o niskiej impedancji wyjściowej...

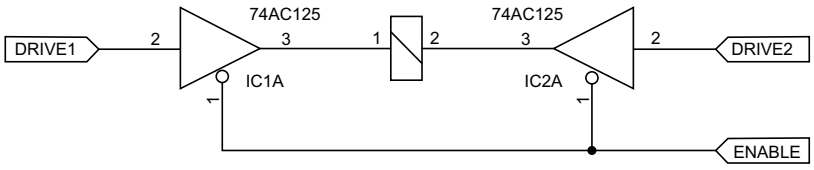


Rysunek 4. ...oraz przy jego odblokowywaniu

W technice audio – wcale nie tak rzadko – można spotkać sygnałowe przekaźniki bistabilne. Są one stosowane głównie w dwóch aplikacjach. Po pierwsze tam, gdzie regulator głośności i/lub selektor wejść pracuje zasilany z baterii lub – znacznie częściej – wbudowanego akumulatora, co ma na celu całkowite uniemożliwienie przenikania zakłóceń z sieci do sygnału. Nie wdaję się w dyskusję, na ile jest to mierzalne lub słyszalne, po prostu niektórzy melomani mają takie upodobanie. Użycie przekaźników bistabilnych wydaje się tam oczywiste z punktu widzenia energooszczędności całego urządzenia. Pojedyncze przestawienie styków, wymagające zasilenia cewki przez kilkanaście milisekund, umożliwia przekazywanie sygnału w zadanej konfiguracji przez dowolnie długi czas.

Drugim miejscem, w którym takie podzespoły występują, są urządzenia sieciowe – lecz tam dążymy do redukcji wpływu zasilania cewek na sygnał. W takiej opcji możliwe jest użycie przekaźników bistabilnych, ponieważ ich cewki mogą być odłączone od zasilania po zmianie stanu styków. Nie mówię tu o jedynie zrównaniu potencjałów wyprowadzeń cewek (co prowadzi do zaniku przepływu prądu), lecz o odłączeniu ich od zasilania. Również i w tym miejscu nie wdaję się w polemikę, na ile ma to znaczenie – niektórzy twierdzą, że ma dla brzmienia, ale z technicznego punktu widzenia nie jest to nieprawidłowe.

Stosując przekaźniki bistabilne o dostatecznie czułych cewkach, można pokusić się o sterowanie ich z wyjść układów logicznych. Przykładowo popularny przekaźnik AZ832P1-2C-5DE od firmy Zettler ma pojedynczą cewkę o rezystancji 250 Ω, przystosowaną do zasilania napięciem 5 V. W celu dokonania przełączenia trzeba zmienić biegunowość jej zasilania. Taka rezystancja oznacza, że przez cewkę popłynie prąd o natężeniu 20 mA. Jeszcze lepiej sprawa wygląda z AZ832P1-2C-5DSE, który jest czulszą wersją pierwowzoru – ma cewkę o rezystancji aż 330 Ω, co przekłada się na pobór prądu wynoszący jedynie 15 mA.



Rysunek 5. Proste sterowanie przekaźnika bistabilnego

Takimi elementami można sterować wprost z wyprowadzeń bufora trójstanowego, na przykład popularnego 74AC125. Jego wydajność prądowa wynosi aż 24 mA, a ponadto układ ma wbudowane diody zabezpieczające na swoich wyjściach, więc dodatkowe elementy nie są konieczne. Za pewną wadę można uznać niepomijalne napięcia przewodzenia (zwłaszcza w stanie wysokim), więc do zasilania polecam nieco wyższe napięcie, na przykład 5,3...5,5 V. Wtedy jeden taki układ scalony w pełni obsługuje dwa przekaźniki, dając możliwość całkowitego odłączenia cewki od zasilania. Przykładowe połączenie znajduje się na **rysunku 5**. Ale to nie wszystko, bowiem do bipolarnego sterowania przekaźnikami bistabilnymi często używam... driverów MOSFET. Mają wysoką wydajność prądową, a ponieważ pracują tylko przez chwilę, nie zdążą się jakkolwiek w tym czasie nagrzać.

Michał Kurzela, EP

Bibliografia:
[1] https://www.relpol.pl/content/download/13794/169018/file/RM85.pdf
[2] https://uk.rs-online.com/web/p/signal-relays/3650355

REKLAMA



eprasa.pl 72d35c54c0

Tętnienia w filtracji zasilania

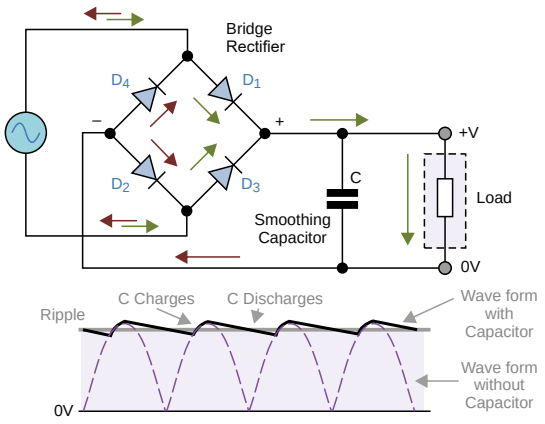
Chcemy najczęściej, aby odfiltrowane napięcie zasilające było pozbawione tętnień wynikających z działania prostownika. Wszyscy wiemy również, że bez stabilizacji nie jest to możliwe – tętnienia będą zawsze, choć można przyczynić się do tego, by były mniejsze. Niekiedy inżynierowie sami zastawiają na siebie pułapki, tworząc przedziwne układy. Jakie to układy i czemu ich nie polecam?

Całkowicie typowa sytuacja: prostownik dwupołówkowy prostuje napięcie przemienne z transformatora, za prostownikiem znajduje się kondensator obciążony rezystancją imitującą zasilany układ. Schemat takiego tworu oraz przybliżony przebieg napięcia na zaciskach tegoż kondensatora pokazano na **rysunku 1**. Najczęściej ten przykład przytacza się w nawiązaniu do prostowania napięcia sieciowego o częstotliwości 50 Hz (tudzież 60 Hz), lecz w przypadku przetwornic impulsowych te przebiegi również są podobne. Nie jest zagadką także działanie takiego filtra: kondensator zostaje doładowany impulsem prądu dostarczanym przez diody w trakcie dochodzenia napięcia do wartości maksymalnej, po czym się rozładowuje przez pozostałą część (czyli więcej niż połowę, bo napięcie na kondensatorze nie spada do zera) okresu napięcia wejściowego. Im większy jest prąd pobierany z kondensatora filtrującego, tym silniej ulegnie on rozładowaniu przed następnym ładowaniem. Warto również zauważyć, że krzywa narastania napięcia na kondensatorze w trakcie jego ładowania odtwarza dokładnie taki sam kształt, jak przebieg napięcia podanego na prostownik, z różnicą w postaci spadku napięcia na diodach prostowniczych.

Teraz pytanie: co zrobić, żeby składowa zmienna napięcia na kondensatorze miała możliwie małą amplitudę? O ile ładowanie zawsze przebiega dokładnie tak samo, o tyle wpływ mamy na część dotyczącą rozładowania. Im większa pojemność i/lub mniejszy prąd pobierany z prostownika, tym spadek napięcia wywołany rozładowaniem będzie niższy, o czym świadczy poniższy (uproszczony) wzór na wartość międzyszczytową napięcia tętnień w przypadku małej ich wartości:

$$U_{ripple} = \frac{I_{out}\,[A]}{2 \times f\,[Hz] \times C\,[F]}\ \left[V\right] \quad [1]$$

gdzie: I_{out} to prąd pobierany z kondensatora filtrującego, f to częstotliwość napięcia przemiennego wchodzącego na prostownik, zaś C to oczywiście pojemność kondensatora filtru.



Rysunek 1. Schemat prostownika dwupołówkowego z filtrem oraz przykładowy przebieg napięcia wyjściowego

Wzór ten jest bardzo rozpowszechniony w internecie, lecz zakłada on, że faza rozładowania kondensatora trwa dokładnie połowę okresu napięcia zasilającego – co oznaczałoby, że jego ładowanie jest nieskończenie szybkie, bo odbywa się wyłącznie w samym punkcie ekstremum napięcia wejściowego. Można jednak przyjąć, że wzór jest słuszny dla relatywnie niewielkiego napięcia tętnień.

Nie chcę się tutaj zagłębiać się w tajniki dotyczące współczynników tętnień, kształtu i innych, ponieważ zaciemnią one obraz, który powinien pozostać klarowny: chcemy uzyskać możliwie wysoką wartość składowej stałej na wyjściu takiego prostownika z filtrem, najlepiej równą wartości maksymalnej napięcia wejściowego. Oznaczałoby to, że wartość międzyszczytowa składowej zmiennej musiałaby wynosić zero. Z oczywistych przyczyn takie warunki nie są możliwe do spełnienia, bowiem wymagałoby to kondensatora o nieskończenie wielkiej pojemności, który byłby obciążony zerowym prądem. Brzmi mało realistycznie, więc zejdźmy na ziemię.

Można dobrać kondensator filtrujący, kierując się dopuszczalną wartością międzyszczytową napięcia tętnień – wystarczy w tym celu przekształcić wzór [1]:

$$C = \frac{I_{out}\,[A]}{2 \times f\,[Hz] \times U_{ripple}\,[V]}\ \left[F\right] \quad [2]$$

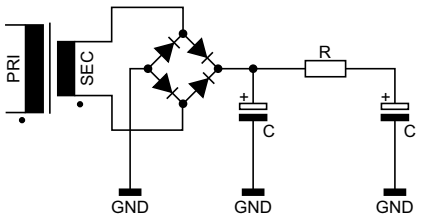
Jednak to podejście nie jest zbyt praktyczne, bowiem rzadko kiedy wiemy tak naprawdę, jakiego rzędu wartości międzyszczytowej napięcia tętnień oczekujemy – wyjątkiem są sytuacje, kiedy prostownik z filtrem zasila stabilizator o określonej wartości napięcia $V_{dropout}$, więc chwilowa wartość napięcia na jego wejściu musi przekraczać określone minimum. W swojej praktyce dnia codziennego kieruję się z reguły uproszczoną zasadą, znalezioną dawno temu w jakiejś książce bądź artykule: *na każdy jeden miliamper prądu pobieranego z prostownika zastosuj kondensator o pojemności 3…6 µF*. Proste? Proste. Sprawdza się? Owszem, dla niewielkich obciążeń (rzędu 2 A lub mniej) jak najbardziej – zwłaszcza jeżeli następnym stopniem jest stabilizator. Warto dodać, że większa pojemność filtrująca za prostownikiem powoduje podniesienie składowej stałej napięcia na niej, co przekłada się również na większą moc strat w stabilizatorze. Nie jest to powszechnie uwzględniany fakt, lecz warto mieć go na uwadze, jeżeli tej mocy do rozpraszania na stabilizatorze będzie znacząco dużo.

Można jednak zmienić podejście do filtracji, przechodząc do dziedziny częstotliwościowej. Otóż tętniące napięcie na kondensatorze wygładzającym to nic innego jak suma dwóch składowych:

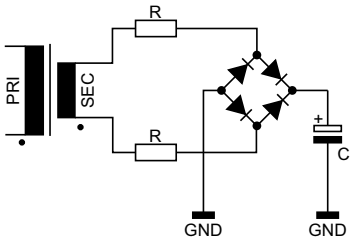
- stałej (pożądanej),
- zmiennej (niepożądanej, o wielu harmonicznych).

Potrzebujemy zatem filtru dolnoprzepustowego o możliwie niskiej częstotliwości odcięcia, bowiem interesująca jest dla nas jedynie składowa stała. Można więc zastosować filtr RC, znany pod nazwą CRC, po uwzględnieniu pierwszego kondensatora wygładzającego, który w tej roli sprawdzi się lepiej niż pojedynczy kondensator – patrz **rysunek 2**. Utrudnieniem jest fakt, że wypadkowa rezystancja takiego filtru wpływa na spadek napięcia, wobec czego napięcie wyjściowe może się okazać nieakceptowalnie niskie. Z tego powodu takie układy filtrujące, w tym wieloczłonowe, najczęściej spotyka się w urządzeniach lampowych, gdzie strata kilkunastu czy nawet kilkudziesięciu woltów nie jest bolesna dla konstruktora, a niekiedy wręcz pożądana z punktu widzenia dopasowania zasilacza do konkretnego układu. Jednak również w zasilaczach cyfrowych urządzeń półprzewodnikowych, zwłaszcza przetwarzających sygnały (przy wysokich wymaganiach co do ich jakości) również się je spotyka.

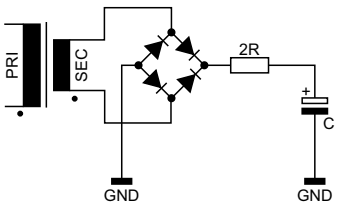
eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 2. Filtr CRC do zredukowania wartości międzyszczytowej napięcia tętnień



Rysunek 3. Rezystory dodane przed prostownikiem



Rysunek 4. (Teoretycznie) równoważna reprezentacja układu z rysunku 3

Zauważyłem już w kilku miejscach praktykę polegającą na wstawianiu rezystorów przed prostownik, jak na **rysunku 3**. Oczywiście z punktu widzenia teorii obwodów da to taki sam efekt, jak wstawienie jednego rezystora, o wartości równej sumie dwóch poprzednich, zaraz za mostkiem – **rysunek 4**. Jaki ma to wpływ na układ? Jeżeli chodzi o fazę rozładowywania kondensatora, tutaj nie zmienia się nic – prąd jest pobierany z jego okładek, diody prostownika pozostają w tym czasie zatkane, napięcie na kondensatorze spada. Natomiast dzieje się coś innego, bowiem... wydłuża się faza ładowania kondensatora. Jest tak, ponieważ rośnie rezystancja wewnętrzna źródła ładującego kondensator, więc dostarczenie do niego tej samej porcji ładunku (doładowanie go) zajmie więcej czasu. Jednak w rzeczywistym układzie nie ma więcej czasu, ponieważ okres napięcia wejściowego jest nadal taki sam. Czyli, tak naprawdę, kondensator ten nie doładowuje się do maksymalnej wartości, czyli wartości szczytowej napięcia za prostownikiem. Oznacza to, że wartość średnia takiego napięcia zmniejsza się, czyli... maleje składowa stała, na której utrzymaniu (na właściwym poziomie) tak naprawdę nam zależy.

Słyszałem argumentację polegającą na tym, że taki zabieg zmniejsza zakłócenia pochodzące od przełączania diod. Coś w tym może być, bowiem w trakcie doładowywania kondensatora wygładzającego płynie przez diody mostka prąd o relatywnie wysokim natężeniu – znacznie wyższym od tego, który jest potem pobierany z filtru. Dodanie rezystorów rozciąga ten proces, to znaczy: ładowanie przebiega dłużej, ale prądem o mniejszym natężeniu. Tyle że nadal mamy niepożądaną składową zmienną napięcia za filtrem, którą trzeba usunąć. Jednocześnie, ten prąd ładowania i tak jest ograniczony przez rezystancję statyczną diod, rezystancję uzwojenia transformatora, rezystancję połączeń i ESR kondensatora.

Osobiście wolę mieć do dyspozycji jak najwyższą wartość składowej stałej, którą potem mogę zredukować w filtrze CRC bądź dowolnym innym (np. CLC), zmniejszając również wartość międzyszczytową napięcia tętnień. Owszem – wiąże się to z pewnym wysiłkiem dla diod, jednak współczesne diody prostownicze są projektowane pod kątem pracy w takich właśnie warunkach. Z kolei niepożądane harmoniczne, wynikające z ich przełączania, można odfiltrować lub wręcz uciąć stabilizatorem liniowym.

Michał Kurzela, EP

Źródła:
[1] https://www.electronics-tutorials.ws/pl/dioda/prostowniki-pelnookresowe.html

REKLAMA



Pomiary zespołów głośnikowych (5)

W poprzedniej części naszego cyklu zamieściliśmy podstawowe zasady pomiaru w tzw. polu bliskim i zrobiliśmy pierwsze ćwiczenia na dwóch – dość prostych – przykładach dwudrożnych zespołów głośnikowych. Przypomnijmy, że pomiar w polu bliskim może być stosowany w zakresie niskich częstotliwości, a górna częstotliwość graniczna takiego pomiaru związana jest z wielkością źródła (a więc zwykle ze średnicą głośnika niskotonowego). W praktyce częstotliwość ta nie jest niższa od 300 Hz, a zwykle znacznie wyższa, więc pomiar w polu bliskim świetnie uzupełnia pomiary dokonywane metodą MLS, która z kolei nie może objąć niskich częstotliwości (o metodzie MLS pisaliśmy w drugim i trzecim odcinku cyklu). W tym numerze poddamy pomiarom w polu bliskim trzy bardziej złożone konstrukcje – dwuipółdrożne i trójdrożne.

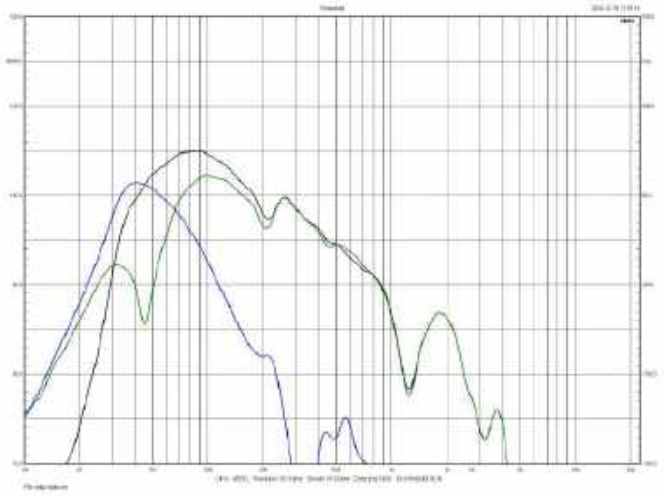


Poprzednie odcinki znajdują się pod adresem:
https://ulubionykiosk.pl/media

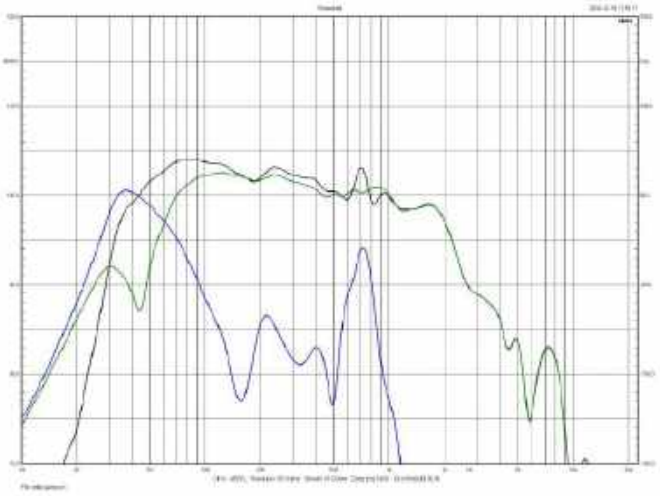
Sonoro Grand Orchestra

Sonoro Grand Orchestra to dobry przykład układu dwuipółdrożnego. Konstrukcje tego typu zdobyły dużą popularność na przełomie XX i XXI wieku wraz ze znacznym zwiększeniem możliwości głośników nisko-średniotonowych o umiarkowanych średnicach. Najczęściej stosowane są w nich głośniki 18-centymetrowe, zdolne zarówno do przetwarzania średnich, jak i niskich tonów. Jednak jeden taki głośnik nie ma dostatecznie dużej wydajności, aby zapewnić nagłośnienie większych pomieszczeń (czy też – mówiąc ściślej – aby wytworzyć wysokie poziomy ciśnienia akustycznego w zakresie niskich częstotliwości), dlatego stosowane są dwa; obydwa przetwarzają niskie tony, ale tylko jeden z nich (ten umieszczony wyżej, bliżej wysokotonowego) – średnie (przetwarzanie średnich przez obydwa pogarszałoby charakterystyki kierunkowe w tym zakresie). Jest wiele wariantów tego rodzaju układu, Grand Orchestra to dość typowa realizacja. Załóżmy jednak, że przed pomiarami nic nie wiemy o tajnikach konstrukcji, o sposobie filtrowania, o wewnętrznych



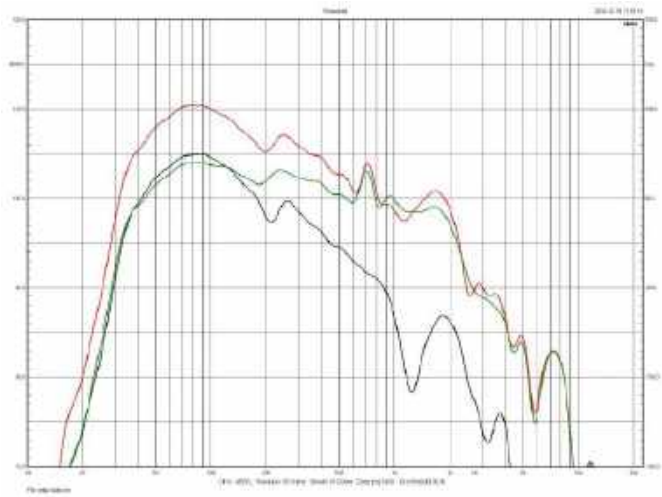


Rysunek 1. Sonoro Grand Orchestra, charakterystyki źródeł niskich częstotliwości (głośnik niskotonowy – zielona, jego tunel – fioletowa, wypadkowa – czarna)

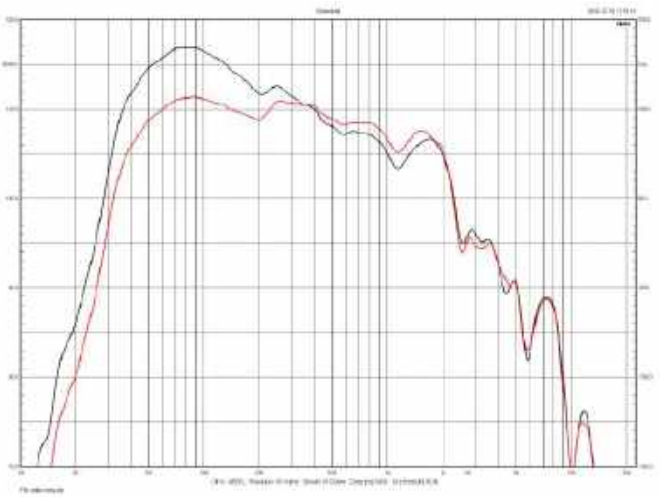


Rysunek 2. Sonoro Grand Orchestra, charakterystyki źródeł niskich częstotliwości (głośnik nisko-średniotonowy – zielona, jego tunel – fioletowa, wypadkowa – czarna)

eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 3. Sonoro Grand Orchestra, charakterystyki źródeł niskich częstotliwości (sekcja niskotonowa – czarna, sekcja nisko-średniotonowa – zielona, wypadkowa – czerwona)

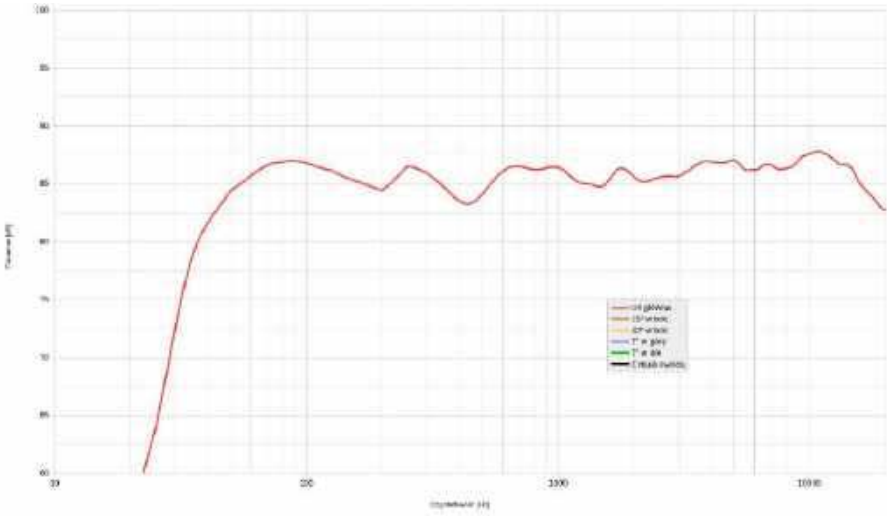


Rysunek 4. Sonoro Grand Orchestra, charakterystyka wypadkowa źródeł niskich częstotliwości, przed (czarna) i po korekcie baffle-step (czerwona)

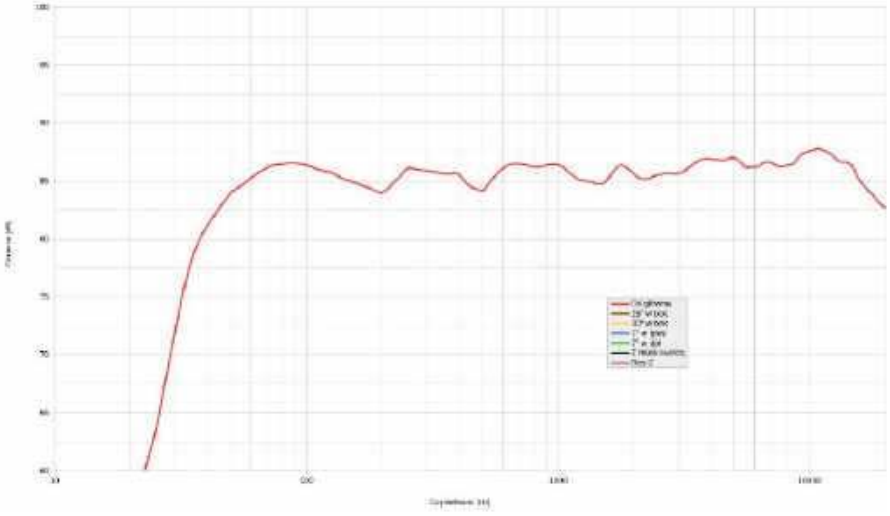
podziałach obudowy. Wiemy tylko tyle, ile widzimy. Obydwa przetworniki o średnicy 18 cm wyglądają z zewnątrz tak samo, więc najprawdopodobniej są dokładnie takie same; w układach dwuipółdrożnych zdarza się, że głośnik pełniący funkcję niskotonowego jest inny niż nisko-średniotonowy, ale wtedy różnice są widoczne (w zakresie układów drgających, a nawet wielkości). Z tyłu znajdują się dwa tunele bas-refleks, co jednak nie przesądza o tym, że każdy z głośników ma własną komorę – w układach dwuipółdrożnych często obydwa mają jedną wspólną, czasami „wentylowaną" więcej niż jednym tunelem.

Pomiary w polu bliskim wiele wyjaśnią.

Na **rysunku 1** pokazano charakterystyki dolnej 18-tki (zielona), dolnego tunelu (fioletowa) i ich charakterystykę wypadkową (czarna), na **rysunku 2** – charakterystyki górnej 18-tki, górnego tunelu i ich charakterystykę wypadkową (takimi samymi kolorami, jak na rysunku 1). Poziomy charakterystyk z tuneli zostały dopasowane do poziomów charakterystyk głośników w oparciu o metodę i założenia wyjaśnione miesiąc temu (ciśnienia na skraju mierzonego pasma przy 10 Hz, znacznie poniżej częstotliwości rezonansowej obudowy, z głośnika/głośników i tunelu/tuneli jednej izolowanej komory są takie same). Charakterystyki poszczególnych tuneli (dolnego i górnego) przypisaliśmy odpowiednim głośnikom już po zapoznaniu się z ich kształtami, które nasunęły nam wniosek, że obudowa podzielona jest na dwie komory, chociaż strojone do takiej samej częstotliwości rezonansowej (to najczęstsza praktyka) – w tym przypadku równej 45 Hz – zaznaczającej się odciążeniem na charakterystykach obydwu głośników. Ustalenie, że w obudowie są dwie komory bas-refleks, niezależnie „obsługujące"



Rysunek 5. Sonoro Grand Orchestra, charakterystyka w pełnym paśmie, uzyskana łączeniem pomiarów w polu bliskim i MLS, przy 250 Hz



Rysunek 6. Sonoro Grand Orchestra, charakterystyka w pełnym paśmie, uzyskana łączeniem pomiarów w polu bliskim i MLS, przy 500 Hz

eprasa.pl 72d35c54c0

obydwa głośniki, wynika z dużej różnicy charakterystyk tuneli w zakresie średnich częstotliwości – charakterystyka z górnego tunelu jest obciążona wyraźnymi rezonansami pasożytniczymi, które w przypadku dolnego tunelu są stłumione przez samo niższe filtrowanie głośnika, do którego ten układ rezonansowy jest podłączony.

W takiej sytuacji, chcąc wyznaczyć wypadkową charakterystykę całego zespołu w zakresie niskich częstotliwości, w następnym kroku możemy dodać do siebie charakterystyki wypadkowe tych sekcji, albo najpierw dodać do siebie charakterystyki głośników, podobnie postępując z charakterystykami z tuneli (pamiętając jednak zawsze o skorygowaniu ich poziomu względem poziomu odpowiadających im głośników) i na końcu dodając te charakterystyki wypadkowe (głośników i tuneli) – wynik będzie taki sam. Charakterystykę wypadkową zespołu (czerwoną), jako sumę charakterystyk sekcji górnej (nisko-średniotonowej – zielona) i dolnej (niskotonowej – czarna), pokazujemy na **rysunku 3**.

Teoretycznie, dla uzyskania najdokładniejszych wyników, charakterystykę każdego ze źródeł (jeszcze przed kolejnymi operacjami) powinniśmy indywidualnie poddawać korekcie baffle-step, ale byłoby to bardzo pracochłonne; z dopuszczalnym błędem można poddać korekcie charakterystykę wypadkową (definiując w systemie, że źródło promieniowania znajduje się pomiędzy obydwoma głośnikami). Charakterystykę wypadkową zespołu przed korektą (czarna) i po niej (czerwona) widzimy na **rysunku 4**.

Wreszcie dołączamy tę charakterystykę do charakterystyki w zakresie średnio-wysokotonowym, zmierzonej metodą MLS. 18-centymetrowy głośnik ma membranę o średnicy 12,5 cm, co zgodnie ze wzorem opisanym w poprzednim odcinku:

$$f_{max} = 10/d$$

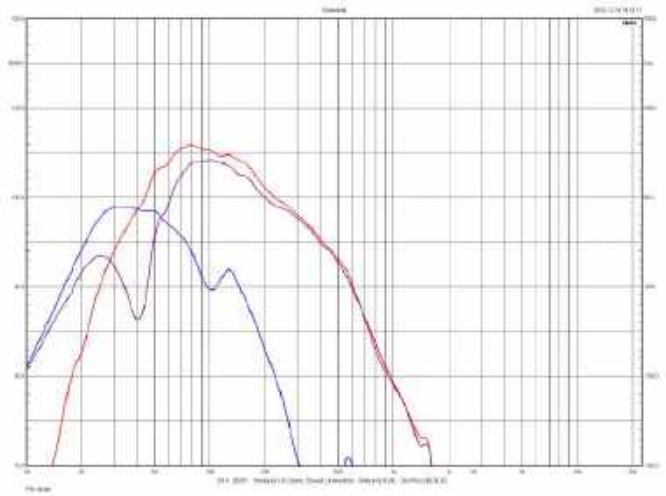
(d – średnica membrany [cm], fmax – częstotliwość [kHz])
wyznacza częstotliwość graniczną pomiaru w polu bliskim na około 800 Hz. Na **rysunku 5** łączenie ma miejsce przy 250 Hz, a na **rysunku 6** – przy 500 Hz. Obydwa łączenia dały podobne wyniki, różnica poziomów w zakresie niskich częstotliwości wynosi ok. 0,5 dB.

Zestaw Sonoro Grand Orchestra jest wyposażony w regulację charakterystyki niskich częstotliwości (za pomocą zamykania otworów, jednego lub obydwu), jednak pominęliśmy badanie tego wątku, skupiając się na ogólnych zasadach działania i pomiaru konstrukcji dwuipółdrożnej; regulacji takiej przyjrzymy się w jednym z kolejnych przykładów.

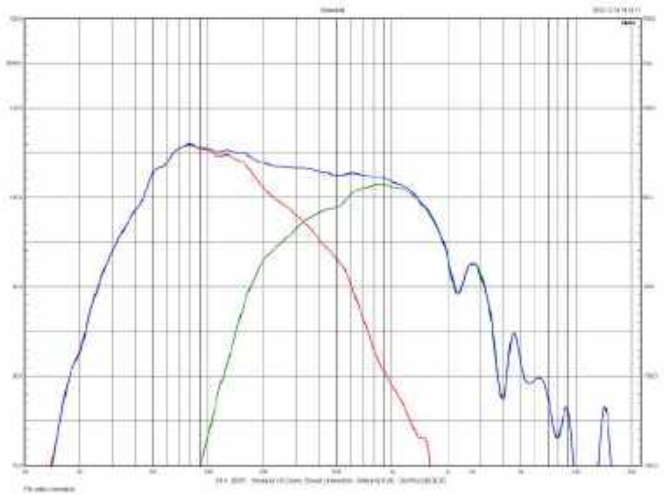


Paradigm Founder 100F

Paradigm Founder 100F to układ trójdrożny, z trzema 18-centymetrowymi przetwornikami niskotonowymi i podobnej wielkości głośnikiem średniotonowym. Wszystkie trzy niskotonowe są tak samo filtrowane i pracują w jednej komorze bas-refleks (tutaj nie ma co do tego wątpliwości, bo tunel jest jeden), stąd ich charakterystyki są na tyle do siebie podobne, że można zmierzyć jeden głośnik, a nie wszystkie trzy, aby uzyskać charakterystykę reprezentującą całą sekcję. Oczywiście kwestia właściwego poziomu pozostaje na razie otwarta – na tym etapie zajmujemy się ustalaniem kształtu charakterystyki. Pomiar charakterystyki z tunelu stawia

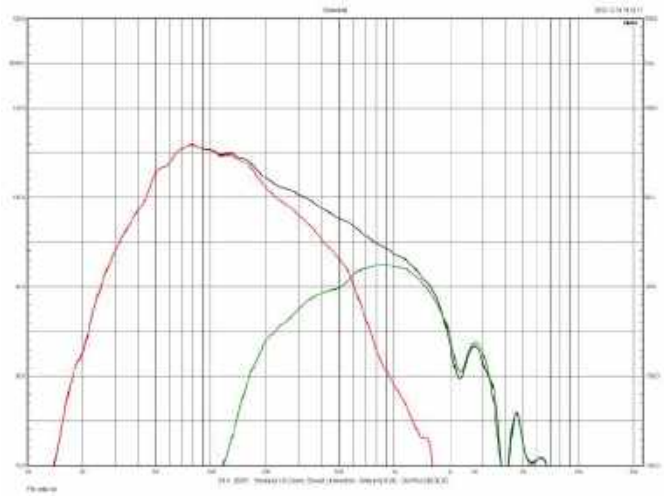


Rysunek 7. Paradigm Founder 100F, charakterystyki źródeł niskich częstotliwości (głośnik niskotonowy – fioletowa, tunel – niebieska, wypadkowa – czerwona)

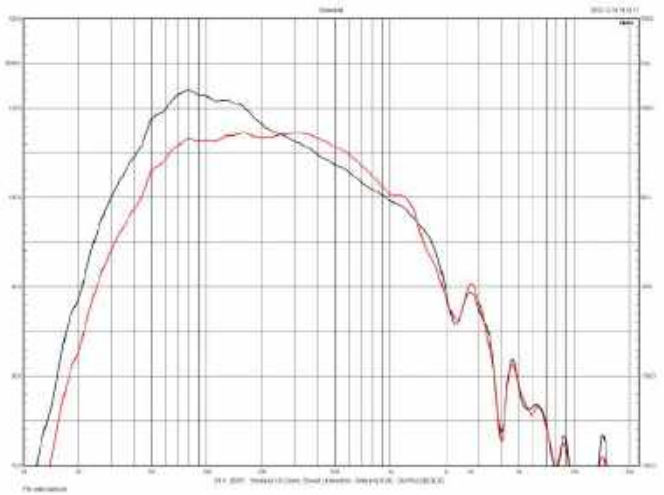


Rysunek 8. Paradigm Founder 100F, charakterystyki źródeł niskich częstotliwości (sekcja niskotonowa – czerwona, średniotonowy – zielona, wypadkowa – niebieska), bez korekty poziomów

eprasa.pl 72d35c54c0



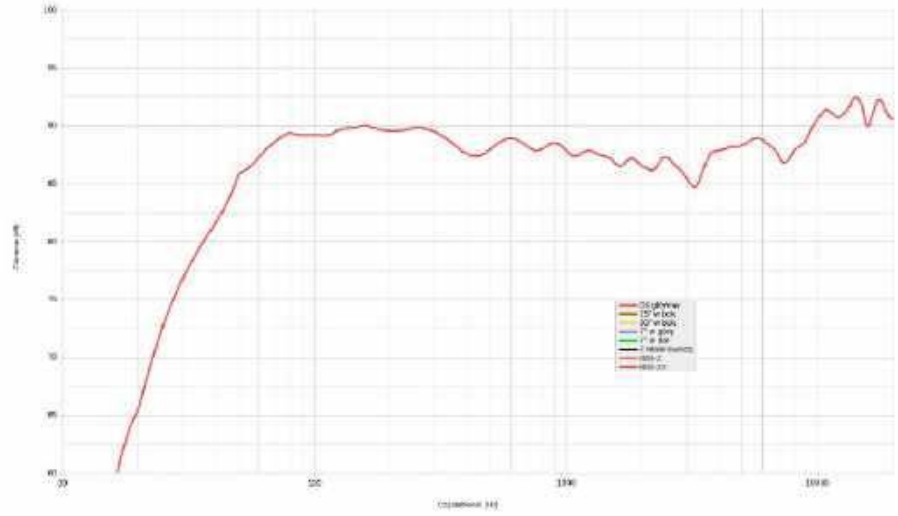
Rysunek 9. Paradigm Founder 100F, charakterystyki źródeł niskich częstotliwości (sekcja niskotonowa – czerwona, średniotonowy – zielona, wypadkowa – czarna), po korekcie poziomów



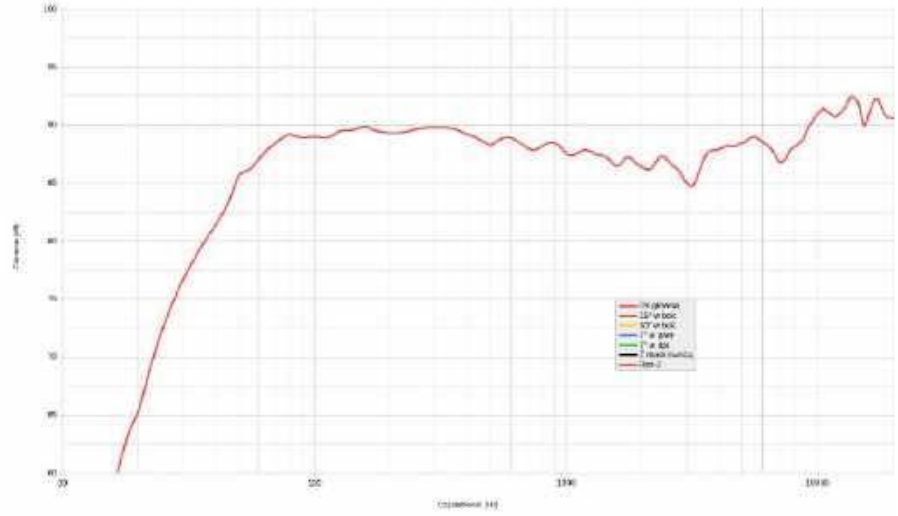
Rysunek 10. Paradigm Founder 100F, charakterystyka wypadkowa źródeł niskich częstotliwości, przed (czarna) i po korekcie baffle-step (czerwona)

jednak przed nami nowe pytanie: otwór znajduje się w dolnej ściance, ciśnienie uchodzi przez odpowiednio wysoki prześwit stworzony przez nóżki; gdzie powinniśmy przystawić mikrofon? Przede wszystkim nie powinniśmy kolumny kłaść ani pochylać, aby umieścić mikrofon w samym wylocie tunelu ani w jego wnętrzu. O ile zalecamy takie działanie w przypadku otworów znajdujących się na tylnej, a tym bardziej na przedniej ściance (aby zmniejszyć wpływ ciśnienia od głośników), o tyle w tym przypadku powietrze znajdujące się w prześwicie może być częścią masy drgającej układu rezonansowego (razem z masą powietrza w tunelu), należy więc utrzymać taką konfigurację; odchylenie obudowy odkleiłoby tę masę i zmieniło częstotliwość rezonansową układu. Możemy za to mikrofon wsunąć pod obudowę, analogicznie jak wkładamy go do tunelu w innych przypadkach – jak już sprawdziliśmy w poprzednim odcinku, charakterystyka będzie podobna bez względu na to, w jakim miejscu tunelu będzie znajdował się mikrofon; ważne, aby nie zmieniać warunków działania układu.

Pojedynczy tunel przenosi całe ciśnienie od trzech głośników niskotonowych, więc jego charakterystykę trzeba na skraju pasma dopasować do charakterystyki trzech niskotonowych (chociaż do jej ustalenia wystarczył nam pomiar jednego głośnika). To pozwoli nam ustalić charakterystykę wypadkową całej sekcji niskotonowej (**rysunek 7**). Kształty charakterystyk nie przynoszą większych niespodzianek: na charakterystyce głośnika (głośników – fioletowa) pojawia się wyraźne odciążenie przy 40 Hz, związane z podstawową częstotliwością rezonansową obudowy (bas-refleksu); charakterystyka ciśnienia z tunelu (niebieska) ma



Rysunek 11. Paradigm Founder 100F, charakterystyka w pełnym paśmie, uzyskana łączeniem pomiarów w polu bliskim i MLS, przy 250 Hz



Rysunek 12. Paradigm Founder 100F, charakterystyka w pełnym paśmie, uzyskana łączeniem pomiarów w polu bliskim i MLS, przy 500 Hz

eprasa.pl 72d35c54c0

w tym rejonie wierzchołek (chociaż leżący niżej niż wierzchołek charakterystyki głośników); na prawym zboczu, przy 130 Hz, widać ząbek – odbicie pasożytniczego rezonansu fali stojącej w wysokiej obudowie. Charakterystyka wypadkowa sekcji niskotonowej ma kolor czerwony, ale tym razem nie zabierzemy się jeszcze do wprowadzania korekty baffle-step, bowiem mamy do czynienia z układem trójdrożnym. A w układzie trójdrożnym, na charakterystykę w zakresie niskich tonów, ma również wpływ głośnik średniotonowy. W tym miejscu otwiera się nowy problem – właściwej korelacji poziomów między poszczególnymi źródłami, mierzonymi w polu bliskim i kształtującymi wypadkową charakterystykę w zakresie niskich częstotliwości. W przypadku układu dwudrożnego ręcznie dopasowujemy tylko poziom z otworu bas-refleks; dla układu dwuipółdrożnego z takimi samymi przetwornikami niskotonowymi i nisko-średniotonowymi postępujemy podobnie, tylko mamy więcej pomiarów i dodawania. Mogliśmy jednak ustawiać mikrofon nawet w nieco różnych odległościach od źródeł, bowiem i tak właściwy, wzajemny poziom ustalaliśmy metodą dopasowania. Poziom charakterystyki wypadkowej w zakresie niskich częstotliwości jest zawsze podporządkowany połączeniu z wynikami uzyskanymi metodą MLS.

Zmierzyliśmy jeden z trzech niskotonowych, dodaliśmy do niego charakterystykę z otworu i uzyskaliśmy charakterystykę sekcji niskotonowej. Następnie zmierzyliśmy charakterystykę głośnika średniotonowego z takiej samej odległości. Na **rysunku 8** charakterystyki te (odpowiednio: czerwona i zielona) zostały złożone do charakterystyki wypadkowej (niebieskiej) bez żadnych dodatkowych operacji. Wygląda ona całkiem wiarygodnie, jest jednak złożona nieprawidłowo, a swój ładny kształt zawdzięcza temu, że „zapomnieliśmy" też o korekcie baffle-step.

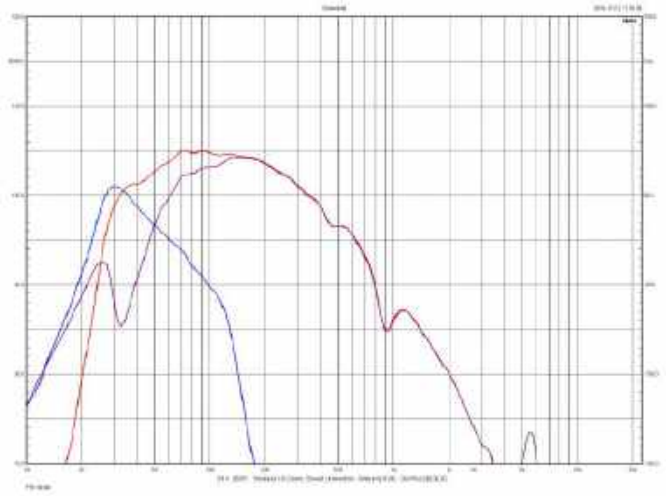
Ze względu na trzy razy mniejszą powierzchnię membrany średniotonowego względem łącznej powierzchni membran niskotonowych, charakterystykę średniotonowego powinniśmy obniżyć o 9 dB. Wtedy powstaje złożenie pokazane na **rysunku 9**. Częstotliwość podziału przesunęła się z wcześniejszych 320 Hz aż do 580 Hz (producent podaje 500 Hz), ale po przeprowadzeniu korekty baffle-step (**rysunek 10**) charakterystyka wypadkowa (czerwona) traci tendencję do wznoszenia się ku niskim częstotliwościom.

Połączenie z MLS przy 250 Hz widzimy na **rysunku 11**, a przy 500 Hz – na **rysunku 12**. Dla obydwu złożeń poziom niskich częstotliwości, a w konsekwencji ogólny profil charakterystyki w całym paśmie, jest podobny, chociaż w zakresie 250 Hz...500 Hz występują pewne różnice.

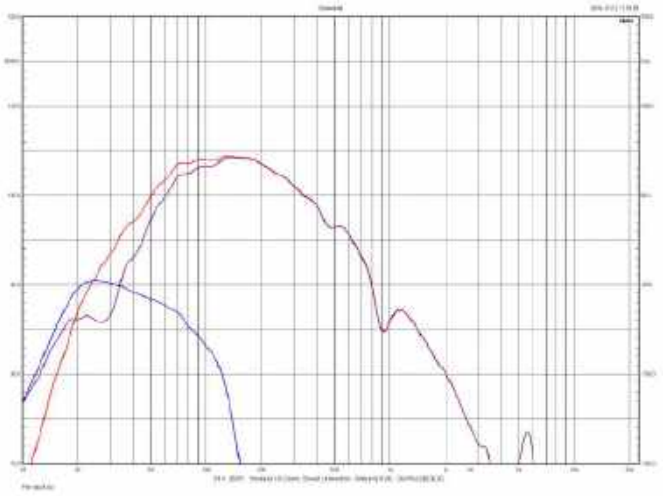


Monitor Audio Gold 300 G6

Monitor Audio Gold 300 G6 to kolejny układ trójdrożny, z dwoma 16-centymetrowymi (średnica membrany – 11 cm) przetwornikami niskotonowymi i 8-centymetrowym (średnica membrany – 6 cm) średniotonowym. Zasadniczo potraktujemy go podobnie jak Paradigm Founder F100, ale z dodatkowymi pomiarami, związanymi z dostępną dla użytkownika regulacją pracy układu rezonansowego obudowy (bas-refleks). Polega ona na zamykaniu tuneli zatyczką z gąbki; to rozwiązanie, obecnie często stosowane, wprowadza możliwość dokonywania różnych zmian, w zależności od wyjściowych parametrów układu rezonansowego i stopnia oddziaływania zatyczek. Nie będziemy tutaj analizować wszystkich opcji – skupimy się na wybranym przykładzie, ale warto podkreślić ogólne zasady.

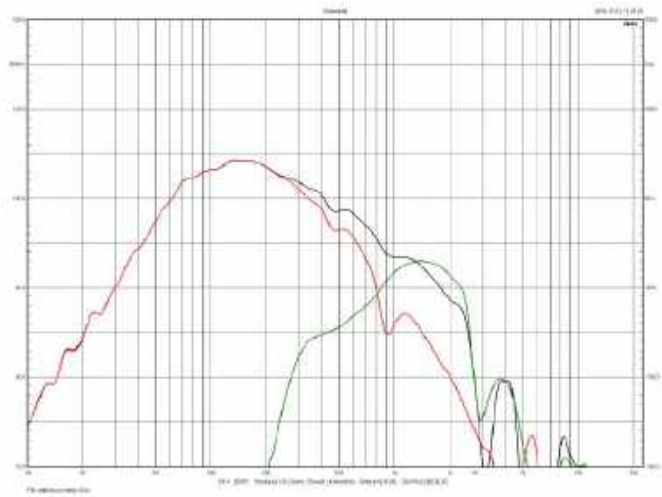


Rysunek 13. Monitor Audio Gold 300 G6, charakterystyki źródeł niskich częstotliwości (głośnik niskotonowy – fioletowa, tunel – niebieska, wypadkowa – czerwona), obydwa tunele otwarte

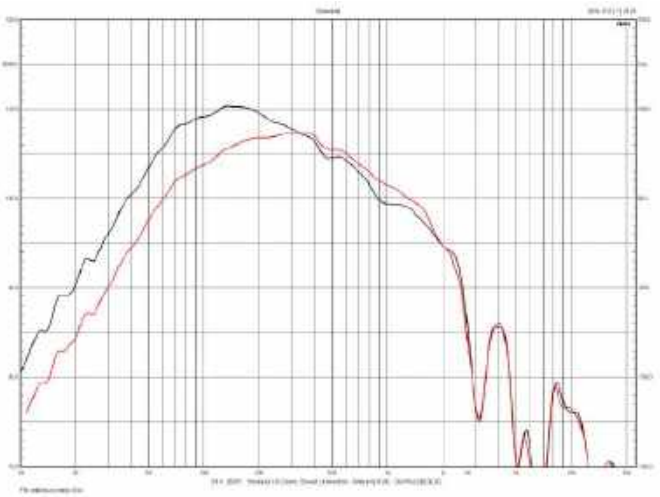


Rysunek 14. Monitor Audio Gold 300 G6, charakterystyki źródeł niskich częstotliwości (głośnik niskotonowy – fioletowa, tunel – niebieska, wypadkowa – czerwona), jeden tunel zamknięty

eprasa.pl 72d35c54c0

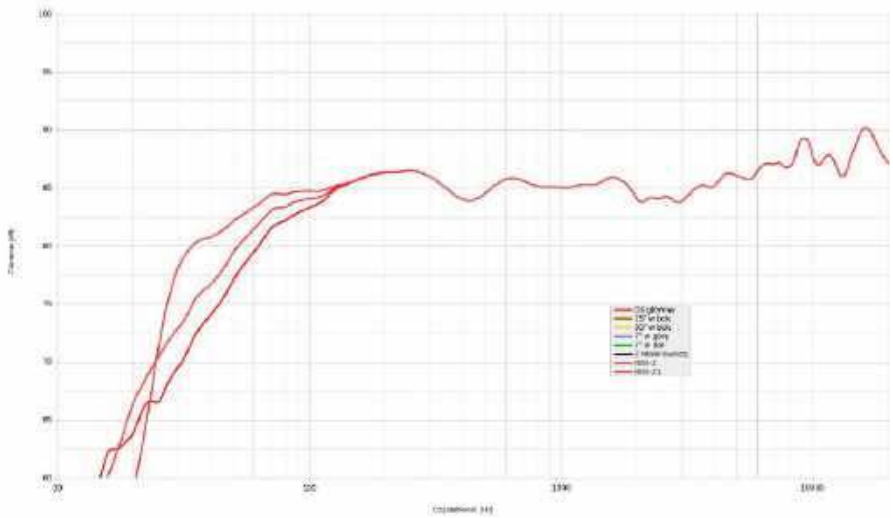


Rysunek 15. Monitor Audio Gold 300 G6, charakterystyki źródeł niskich częstotliwości (sekcja niskotonowa – czerwona, średniotonowy – zielona, wypadkowa – czarna), obydwa tunele zamknięte, po korekcie poziomów

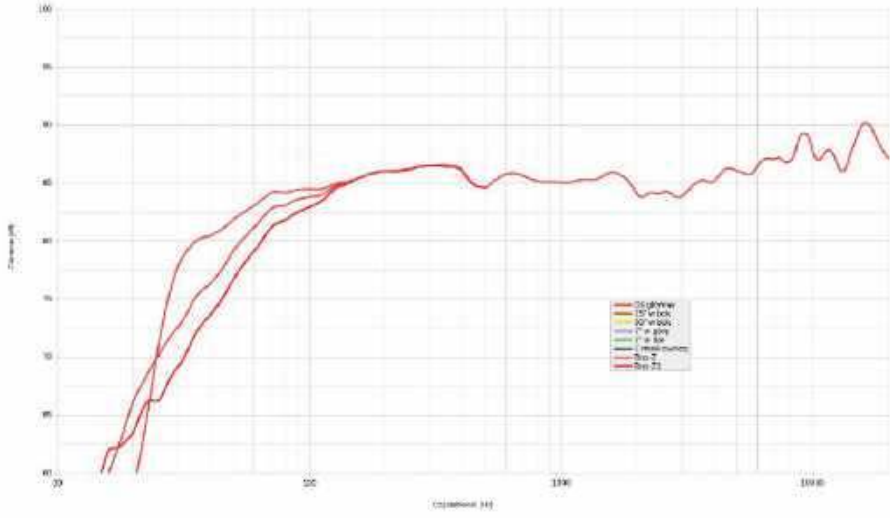


Rysunek 16. Monitor Audio Gold 300 G6, charakterystyka wypadkowa źródeł niskich częstotliwości, obydwa tunele zamknięte, przed (czarna) i po korekcie baffle-step (czerwona)

Musimy wiedzieć, z jakim głośnikiem jest związany określony otwór (układ rezonansowy): np. w Sonoro Grand Orchestra są dwie izolowane komory, niezależne dla głośnika niskotonowego i nisko-średniotonowego, zaś charakterystykę z danego tunelu należy korelować wyłącznie z odpowiednim dla niego głośnikiem. W Gold 300 G6, mimo że z tyłu też są dwa tunele, to obydwa wyprowadzone zostały z jednej komory, wspólnej dla obydwu niskotonowych – jeżeli zamkniemy jeden z nich, dowolny (dolny lub górny) – wpłynie to w taki sam sposób na pracę obydwu głośników. Ponadto tunel promieniujący przenosi całe ciśnienie od (tylnych stron membran) obydwu głośników, więc korelując poziomy głośników i tuneli, ponownie wiążemy na dolnym skraju pasma charakterystykę zmierzoną z głośnika/głośników i z tunelu. Podkreślmy: w obudowie bas-refleks z jedną komorą, czy to układu dwudrożnego, dwuipółdrożnego, trójdrożnego czy jakiegokolwiek innego, na skraju pasma suma ciśnień z głośników przetwarzających niskie częstotliwości jest w przybliżeniu równa sumie ciśnień z tuneli, bez względu na ich liczbę i miejsce wyprowadzenia. Ponadto wszystkie głośniki dostroją się do jednej częstotliwości rezonansowej obudowy (są nieliczne wyjątki od tej reguły, wynikające z dodatkowych czynników, ale tutaj je pominiemy), a wszystkie otwory będą promieniować podobną charakterystykę; pojawią się jednak różnice, wynikające z różnego oddziaływania pasożytniczych fal stojących w obudowie (a także w samych tunelach, o ile są różnej długości, co jednak w praktyce spotyka się rzadko). Jeżeli chcemy więc taką konstrukcję zmierzyć bardzo dokładnie, choćby w celu ustalenia wpływu rezonansów pasożytniczych



Rysunek 17. Monitor Audio Gold 300 G6, charakterystyka w pełnym paśmie, uzyskana łączeniem pomiarów w polu bliskim i MLS, przy 250 Hz, dla trzech wariantów strojenia obudowy



Rysunek 18. Monitor Audio Gold 300 G6, charakterystyka w pełnym paśmie, uzyskana łączeniem pomiarów w polu bliskim i MLS, przy 500 Hz, dla trzech wariantów strojenia obudowy

eprasa.pl 72d35c54c0

na poszczególne głośniki i tunele – musimy mierzyć i obserwować wszystkie oddzielnie, a potem, w celu ustalenia charakterystyki wypadkowej, w odpowiedniej kolejności dopasowywać poziomy i dodawać. W takiej sytuacji najlepiej przyjąć założenie, że w zakresie najniższych częstotliwości wszystkie jednakowe głośniki mają takie same poziomy, podobnie jak wszystkie tunele; następnie dodać do siebie charakterystyki wszystkich głośników, podobnie wszystkich tuneli, potem skorygować poziomy zsumowanych charakterystyk wszystkich głośników i wszystkich tuneli, a na koniec dodać je do siebie. Korektę baffle-step możemy zrobić na charakterystyce ostatecznie zsumowanej albo na charakterystykach poszczególnych źródeł (co będzie bardziej pracochłonne).

Jest jeszcze jeden punkt programu dla zaawansowanych. Jeżeli tunele bas-refleks są z tyłu, to fala od nich dociera do słuchacza (czy też mikrofonu znajdującego się przed kolumną w znacznej odległości, tak jak w pomiarze MLS) z pewnym opóźnieniem względem fali od głośników znajdujących się z przodu, a więc także z pewnym przesunięciem fazy (względem fazy w samym wylocie). Ponieważ jednak mamy do czynienia z bardzo niskimi częstotliwościami, więc przy typowej głębokości obudowy, rzędu 30 cm (tak jak w Gold 300 G6), przesunięcie to jest umiarkowane (dla 50 Hz wynosi ok. 30°), więc w zakresie typowej częstotliwości rezonansowej obudowy nie zmienia to poważnie sytuacji i charakterystyki wypadkowej. Jeżeli jednak obudowa jest głęboka, wpływ tego zjawiska może być już znaczny i aby go uwzględnić, należy przed dodaniem do siebie charakterystyk głośników i tuneli, do tych ostatnich dodać opóźnienie (czy do każdego oddzielnie, co znowu będzie bardziej pracochłonne, czy do ich charakterystyki zsumowanej – jeżeli wszystkie znajdują się mniej więcej w takiej samej odległości). Efektu dodania opóźnienia (czyli przesunięcia fazy) oczywiście nie zobaczymy od razu na charakterystyce amplitudowej samych tuneli, ale dopiero po dodaniu do charakterystyki głośników, na charakterystyce wypadkowej.

Warto wspomnieć, że przesunięcie to wpływa korzystnie (wzmacniająco) na charakterystykę wypadkową, bowiem zmniejsza przesunięcie fazy między promieniowaniem głośnika a promieniowaniem tunelu (w jego wylocie).

W pomiarach Gold 300 G6 robimy jednak wspomniane założenia upraszczające. Do dalszych operacji bierzemy pomiar tylko jednego głośnika niskotonowego jako dobrze reprezentującego charakterystykę obydwu, chociaż decyzję o tym podejmujemy dopiero po wstępnym pomiarze przetworników niskotonowych (sprawdzając, czy nie różnią się zbytnio); podobnie robimy w przypadku tuneli. W pierwszym podejściu obydwa promieniują (żadnego nie zamykamy) i po skorelowaniu poziomów uzyskujemy wyniki widoczne na **rysunku 13**. Obudowa (bas-refleks) dostrojona jest do 32 Hz, odciążenie na charakterystyce głośnika (fioletowa) wyraźne, szczyt charakterystyki z otworu (niebieska) też ostry i wysoki, dzięki czemu charakterystyka wypadkowa (czerwona) aż do tej częstotliwości opada łagodnie, a dopiero poniżej (gdzie fazy promieniowania głośników i otworów są niemal przeciwne) – z dużym nachyleniem. W obudowie nie powstają fale stojące, które miałyby wpływ na charakterystykę czy to głośników, czy otworów.

Następnie wykonujemy próbę, czy włożenie zatyczek zamyka obudowę, czy nie wydostaje się tunelami promieniowanie; zatyczki bywają różnego rodzaju, niektóre działają jak otwory stratne (a więc część energii tłumią, a część przepuszczają), jednak większość zamyka obudowę na tyle skutecznie, że uwzględnianie śladowego ciśnienia stąd pochodzącego nie jest konieczne; ponadto korelowanie jego poziomu z ciśnieniem z głośników byłoby trudne, jako że w opisywanej konfiguracji przestaje być spełniony warunek o równoważności ciśnień z głośników i z otworów. Działanie układu rezonansowego (i to, czy obudowa jest zamknięta) można obserwować na charakterystyce samego głośnika (czy widać na niej, na zboczu, wklęśnięcie, będące znakiem działania układu rezonansowego, czy nie).

Kiedy upewniliśmy się, że zatyczki dostatecznie skutecznie zamykają obudowę, jeden z dwóch (w tym przypadku) tuneli zamykamy i mierzymy charakterystykę z drugiego, otwartego. Wyniki tych pomiarów widzimy na **rysunku 14**. Częstotliwość rezonansowa obudowy obniżyła się do ok. 28 Hz, ale nie odznacza się już tak wyraźnie na charakterystyce głośnika (co wskazuje, że drugi, „zamknięty" otwór jednak trochę „przecieka"), ciśnienie z otworu ma znacznie niższy poziom, charakterystyka wypadkowa powoli zwiększa nachylenie, co może wiązać się z lepszą odpowiedzią impulsową.

Przy zamkniętych dwóch tunelach mierzymy tylko charakterystykę z głośnika, pokazaną na **rysunku 15** (czerwona). Poniżej 60 Hz opada ona z nachyleniem ok. 10 dB/okt., bliskim asymptocie 12 dB/okt., właściwej dla obudowy zamkniętej. Poniżej 30 Hz widać tylko delikatne nierównomierności, wynikające z marginalnych efektów rezonansowych (system nie zachowuje się jak idealnie zamknięty). Na tym samym rysunku jest też charakterystyka głośnika średniotonowego (zielona), już ze skorelowanym poziomem – trzeba było ją znacznie obniżyć, aby uzyskać prawidłowy poziom względem charakterystyki sekcji niskotonowej (powierzchnia membrany średniotonowego jest ok. 6-krotnie mniejsza). Częstotliwość podziału zgadza się z informacjami producenta (800 Hz). Charakterystyka wypadkowa (czarna) nie jest jeszcze poddana korekcji baffle-step, którą widzimy na **rysunku 16** (przed korektą – czarna, po korekcie – czerwona).

Podobnie postąpiliśmy z charakterystykami zmierzonymi dla wariantu z obydwoma otworami promieniującymi i z jednym zamkniętym – dodaliśmy do nich charakterystykę średniotonowego, a charakterystykę wypadkową poddaliśmy korekcie baffle-step. Tych operacji już nie pokazujemy, natomiast wszystkie trzy ostateczne charakterystyki wypadkowe łączymy z charakterystyką MLS, co klarownie pokazuje różnice między nimi.

Na **rysunku 17** połączenie ma miejsce przy 250 Hz, na **rysunku 18** – przy 500 Hz. Poziom niskich częstotliwości dla obydwu połączeń jest taki sam (z dokładnością do 0,5 dB), tylko dołek przy 400...500 Hz wygląda nieco inaczej.

Zwróćmy uwagę, że w tym przypadku, przy łączeniu przy 250 Hz, nie byłaby nam potrzebna charakterystyka głośnika średniotonowego, która – jak widać na rysunku 15 – poniżej tej częstotliwości nie ma już wpływu na charakterystykę wypadkową zespołu. Jednak aby to wiedzieć, trzeba ją najpierw zmierzyć. To zresztą przypadek nietypowy, o bardzo wysokiej częstotliwości podziału (800 Hz), a mimo to wpływ przetwornika średniotonowego sięga aż 250 Hz; zwykle częstotliwości podziału są znacznie niższe, a wspomniany wpływ sięga nawet poniżej 100 Hz.

Pozostała nam jeszcze do omówienia wskazówka praktyczna, związana z regulacjami za pomocą zatyczek. Po wstępnych pomiarach, ustalających sposób działania konstrukcji, dobrze jest zadbać o to, aby wszystkie pomiary określonego głośnika niskotonowego i tunelu zostały przeprowadzone bez ruszania mikrofonu – będziemy wtedy mieć dokładny obraz sytuacji, jakie zmiany wprowadza regulacja i nie pojawią się nawet najmniejsze różnice spowodowane inną pozycją czy odległością mikrofonu od membrany bądź otworu. Czyli – przykładowo – najpierw mierzymy charakterystykę z wybranego głośnika przy wszystkich trzech opcjach (przy obydwu tunelach otwartych, jednym zamkniętym i obydwu zamkniętych), następnie przenosimy mikrofon przed wybrany tunel i mierzymy charakterystykę przy obydwu otworach otwartych i jednym zamkniętym.

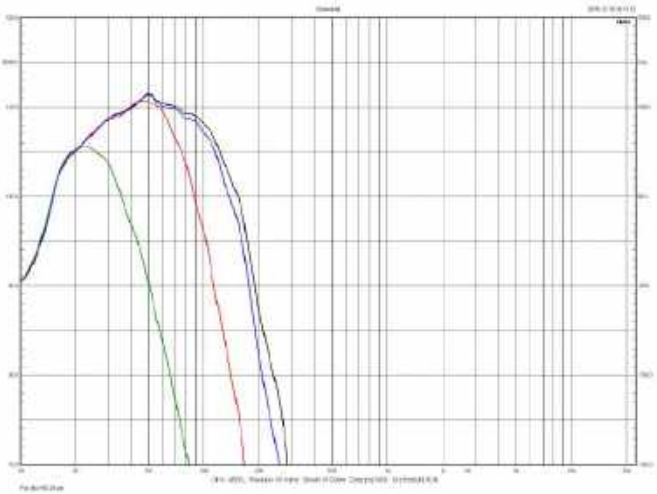
eprasa.pl 72d35c54c0



Perlisten R18s

Pomiary w polu bliskim są względnie łatwą i dokładną metodą pomiarów charakterystyk częstotliwościowych subwooferów; większość subwooferów to konstrukcje zamknięte, z jednym głośnikiem, a nawet jeżeli z dwoma, to pracującymi tak samo; subwoofer ustawiamy w wygodnym miejscu, mikrofon przy membranie (należy uważać, aby nie nazbyt blisko – membrany głośników subwooferów mogą osiągać bardzo duże amplitudy) i wykonujemy pomiary dla różnych ustawień górnej częstotliwości granicznej czy też dostępnych equalizacji.

Perlisten R18 to subwoofer z bardzo dużym, 18-cm głośnikiem w obudowie zamkniętej. Chociaż subwoofer przetwarza z założenia tylko bardzo niskie częstotliwości, to przy tak dużym głośniku (i obudowie) należy spodziewać się, że korekta baffle-step zmieni kształt charakterystyki przy niskich częstotliwościach i dlatego należy ją przeprowadzić. Jednak wyniki pomiarów sugerują, że można ją… pominąć. Na **rysunku 19** widzimy cztery charakterystyki dla trzech teoretycznych częstotliwości filtrowania – wg oznaczeń firmowych dla skrajnych 30 Hz (zielona) i 160 Hz (niebieska), pośrednich 80 Hz (czerwona) i dodatkowa 160 Hz z korekcją baffle-step (czarna); wszystkie w trybie THX, z nachyleniem filtra 24 dB/okt. W rzeczywistości spadek –6 dB (względem szczytu określonej charakterystyki) możemy przesuwać (na prawym zboczu) od 35 Hz do 120 Hz (odczyt z korektą baffle-step), a bez tej korekty odczytalibyśmy ok. 130 Hz. Różnica nie jest więc znacząca, na skutek dużego nachylenia zbocza, a mało istotna również dlatego, że w badaniu subwooferów bardziej interesuje nas dolna częstotliwość graniczna, a ustalenie górnej jest tylko orientacyjne, i tak wymagając zgrania na podstawie pomiarów całego systemu.



Rysunek 19. Perlisten R18s, charakterystyki dla różnych częstotliwości granicznych filtra dolnoprzepustowego

Podsumowanie

Pomiary w polu bliskim są praktycznym rozwiązaniem problematyki pomiaru niskich częstotliwości, zarówno w warunkach amatorskich (gdy niedostępna jest komora bezechowa, a zakres średnio-wysokotonowy mierzymy metodą MLS), jak również dla ustalenia precyzyjnego przebiegu charakterystyk w zakresie najniższych częstotliwości, całkowicie wolnego od wpływu odbić w pomieszczeniu (w dużych komorach bezechowych dolna częstotliwość graniczna dokładnego pomiaru to zwykle ok. 50 Hz, a w mniejszych – nawet 100 Hz). Teoretycznie górna częstotliwość graniczna pomiaru w polu bliskim jest na tyle wysoka (w przypadku konstrukcji z głośnikami nie większymi niż 30 cm – wyższa od 400 Hz), że połączenie z pomiarem MLS wykonanym w standardowy sposób (a więc z dolną częstotliwością graniczną nie wyższą niż 400 Hz) powinno być bezproblemowe. Różne przykłady pokazały, że metoda łączenia daje dobre wyniki, jeżeli chodzi o ogólne proporcje charakterystyki, jednak w okolicach łączenia (w zakresie 250 Hz...500 Hz) odwzorowanie nie jest bardzo dokładne, bowiem zmienia się w zależności od wybranej częstotliwości łączenia (mimo że każda spełnia wymogi formalne). Nie są to jednak niedokładności przekreślające użyteczność tej metody.

Dokładność, czy wręcz najogólniejsza poprawność pomiaru w polu bliskim, wymaga przestrzegania określonych reguł i zrozumienia zasad działania zespołów głośnikowych (a szczególnie obudów z systemami rezonansowymi) w zakresie niskich częstotliwości. W naszym opracowaniu pokazaliśmy ćwiczenia i komentarze dotyczące kilku konstrukcji bas-refleks, które są najpopularniejsze, ale różne przykłady można by mnożyć, a wraz z nimi rozwiązywać kolejne problemy. Trzeba pamiętać o ustaleniu właściwych relacji poziomów poszczególnych źródeł, ewentualnie o uwzględnieniu opóźnień, o dokonaniu korekty baffle-step… Warto zwrócić uwagę, że nawet przy wysokiej częstotliwości podziału (ok. 500 Hz) głośnik średniotonowy ma wpływ na charakterystykę wypadkową poniżej 250 Hz, więc nawet przy tak niskim punkcie połączenia pomiaru w polu bliskim z pomiarem MLS, trzeba uwzględnić charakterystykę głośnika średniotonowego; częstotliwości podziału nie można interpretować jako takiej, przy której głośniki przestają przetwarzać – ich współpraca rozciąga się w szerokim zakresie, często kilku oktaw. W przypadku zespołów wielodrożnych, w dodatku wyposażonych w regulacje działania systemów rezonansowych, trzeba przeprowadzić wiele pomiarów, a jeden błąd może bardzo wypaczyć końcowe wyniki. W przypadku pomiarów MLS nie musimy aż tak wiele wiedzieć o samej konstrukcji zestawu – ustawiamy mikrofon 1...2 metry przed kolumną i otrzymujemy wynik, z którego musimy tylko odciąć odbicie widoczne w odpowiedzi impulsowej i przyjąć do wiadomości, jaka jest wówczas jego dolna częstotliwość graniczna. To też wymaga umiejętności, ale skupionych bardziej na samej procedurze pomiarowej niż na znajomości tajników różnych konstrukcji głośnikowych.

Pomiary w komorze bezechowej, MLS, w polu bliskim, nie wyczerpują tematu pomiarów charakterystyki częstotliwościowej (nie mówiąc o pomiarach innych charakterystyk i parametrów), jednak na razie nasz cykl przerywamy, zamierzając wrócić do niego już jesienią.

Andrzej Kisiel

Miesięcznik audiofilski – polski przedstawiciel European Imaging and Sound Association

AUDIO

przeglądaj, czytaj i kup na
www.ulubionykiosk.pl

eprasa.pl 72d35c54c0

Czujniki gazu, dymu i jakości powietrza

Zagadnienia związane z jakością powietrza, bezpieczeństwem pożarowym czy detekcją gazów niebezpiecznych zyskały w ostatnich latach na znaczeniu, tak w rozwiązaniach przemysłowych, jak i – coraz częściej – domowych. Na rynku dostępna jest szeroka gama czujników, które pozwalają wykrywać obecność gazów palnych, tlenku węgla, dymu, a także mierzyć parametry takie jak stężenie pyłów zawieszonych (PM2,5/PM10), poziom lotnych związków organicznych (VOC) oraz oczywiście wilgotność i temperaturę powietrza. Szeroka gama dostępnych elementów nie ułatwia wyboru podzespołu pasującego do naszej aplikacji – w poniższym artykule prezentujemy zatem (oprócz opisu zasady ich działania) także przegląd popularnych sensorów wraz z ich kluczowymi parametrami. W dalszej części artykułu znajdą się również zalecenia co do integracji czujników oraz opis wyzwań projektowych związanych z ich użyciem w systemach elektronicznych – takich jak kalibracja, stabilność pomiarów, pobór prądu, czas reakcji czy dobór interfejsów komunikacyjnych.

Chyba największymi motorami napędowymi tego segmentu elementów elektronicznych są: rosnąca świadomość społeczna, a zarazem zaostrzające się normy środowiskowe dotyczące powietrza, którym oddychamy. Jest to szczególnie widoczne w segmencie najtańszych komponentów. Zwiększone zapotrzebowanie na czujniki gazów, dymu czy układy pozwalające na szacowanie jakości powietrza sprawiło, że na rynku pojawiło się wiele prostych w implementacji elementów tego rodzaju. Wysoki popyt na te układy, wynikający z masowości ich stosowania, sprawił z kolei, że ich ceny są obecnie naprawdę niewygórowane.

Do grupy elementów, o której traktuje poniższy artykuł, zalicza się szerokie spektrum sensorów, które łączy funkcja – badanie jakichś parametrów powietrza (czy dokładniej mówiąc – gazów oraz ich mieszanin).

VOC, o których mowa jest w tekście, to – jak podaje CIOP (Centralny Instytut Ochrony Pracy) – szeroka grupa organicznych związków chemicznych, które łatwo parują w temperaturze otoczenia (tj. których temperatura wrzenia mieści się w zakresie 50...250°C) i charakteryzują się wysoką prężnością par oraz małą rozpuszczalnością w wodzie. W warunkach domowych VOC emitowane są przede wszystkim przez materiały wykończeniowe (np. dywany, wykładziny, laminaty czy płyty meblowe) oraz farby, kleje, szpachlówki, ale również środki czyszczące, kosmetyki czy aerozole. Krótkotrwale ekspozycje na podwyższone poziomy tych związków w powietrzu mogą powodować podrażnienia dróg oddechowych, bóle głowy, nudności czy np. zaburzenia koordynacji. Długotrwała ekspozycja prowadzić może do uszkodzenia wątroby, nerek, układu nerwowego, a dodatkowo VOC mogą zwiększać ryzyko powstawania nowotworów. Wiele z tych związków reaguje dodatkowo na światło, tworząc ozon, który w zwiększonych stężeniach również ma bardzo negatywny wpływ na nasze zdrowie.

Poziomy VOC w naszym otoczeniu nie przekraczają na ogół poziomu ok. 5 ppm (części na milion, tj. 1 ppm = 0,0001%), ale typowe wartości stężenia w naszych domach mieszczą się w zakresach od 0...0,065 ppm (warunki idealne) do 0,66...2 ppm (kiepska jakość powietrza).

Inny spośród ważnych współczynników jakości powietrza opisuje tzw. pyły zawieszone. Wskaźniki PM2,5 oraz PM10 mówią o zawartości mieszaniny drobnych cząstek stałych i ciekłych unoszących się w powietrzu. Podział dotyczy rozmiaru cząstek: wskaźnik PM10 opisuje frakcję cząstek o średnicy ≤10 µm, osiadającą głównie w górnych drogach oddechowych, z kolei PM2,5 opisuje cząstki mniejsze (≤2,5 µm), które penetrują nawet oskrzeliki czy nawet przenikają do krwiobiegu – co czyni ją szczególnie niebezpiecznymi dla zdrowia. Głównym źródłem PM10 jest spalanie paliw, w tym drewna, węgla czy paliw motoryzacyjnych. Pyły PM2,5 powstają również na skutek spalania gazowych. Krótkotrwała ekspozycja na podwyższoną koncentrację pyłów może powodować podrażnienia, zaostrzenie astmy, zaburzenia pracy układu krążenia, natomiast długotrwała prowadzi do przewlekłych chorób serca, układu oddechowego czy też nowotworów (np. płuc lub krtani).

Za bezpieczne (wg europejskiej dyrektywy AAQD) uznaje się poziomy rocznej ekspozycji do 20 µg/m³ dla PM2,5 i 40 µg/m³ dla PM10. Typowe pomiary w domach mieszczą się w większości przypadków w zakresie od 0 do 1 µg/m³.

Oprócz powyższych parametrów mierzone są także wielkości bardziej oczywiste: stężenia tlenków azotu (czyli Nox, a w szczególności dwutlenku azotu – NO_2) – pochodzących z ruchu drogowego, dwutlenku siarki (SO_2) – będącego produktem procesów spalania wielu paliw (głównie węgla i biomasy), a także dwutlenku i tlenku węgla (CO_2 oraz CO). Spośród dwóch ostatnich ten pierwszy wykorzystuje się tylko jako wskaźnik jakości powietrza, zwłaszcza w pomieszczeniach, zaś drugi to znany wszystkim czad, czyli bardzo niebezpieczny gaz powstający głównie w niesprawnych piecach. Dlatego detektory czadu są bardzo ważne w miejscach, gdzie znajdują się piece węglowe czy gazowe (zwłaszcza starsze). Podwyższony poziom tego bezwonnego gazu w powietrzu może doprowadzić do ciężkiego zatrucia, a nawet zgonu, w bardzo krótkim czasie.

Rodzaje czujników i zasady ich działania

Czujniki półprzewodnikowe/oparte na tlenkach metali (MOX – Metal Oxide lub MOS – Metal Oxide Semiconductor)

Czujniki te oparte są na podobnej zasadzie działania, co tranzystory polowe (FET – Field Effect Transistor), ale zamiast sterowanej elektrycznie bramki nadają one półprzewodnikową warstwę reaktywną formującą kanał. Warstwa ta najczęściej wykonywana jest z tlenku cyny, który wykazuje właściwości półprzewodzące. Inne materiały, z jakich wykonywane są te elementy, to tlenek cynku (ZnO), czy wolframu (WO_3).

W czystym powietrzu elektrony donorowe w dwutlenku cyny są przyciągane w kierunku tlenu atmosferycznego, który jest adsorbowany na powierzchni materiału, zapobiegając przepływowi prądu elektrycznego. W obecności gazów redukujących, takich jak tlenek węgla, gęstość powierzchniowa zaadsorbowanego tlenu zmniejsza się, ponieważ reaguje on z wykrywanymi gazami. Oznacza to zwiększenie koncentracji elektronów, co umożliwia swobodny przepływ prądu przez czujnik, a tym samym zmniejszenie jego rezystancji.

Aby zwiększyć czułość i szybkość działania tych sensorów, elementy te są podgrzewane, dzięki czemu reakcja z tlenem zachodzi o wiele szybciej. Niestety przekłada się to na zmniejszenie żywotności sensora (typowo do kilku lat użytkowania) oraz zwiększenie poboru mocy.

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 1. Przykładowe sensory gazów

Sensory te stosuje się głównie do detekcji gazów palnych, tlenku węgla, alkoholu i VOC. Charakteryzują się one dosyć wysoką czułością, ale niską selektywnością (co oznacza, że wiele rodzajów gazów powoduje aktywację sensora).

Sensory MOS nie są zbyt szybkie – czas narastania sygnału jest na poziomie od pojedynczych sekund do pojedynczych minut, podobnie czas regeneracji materiału sensora (tj. czas, po jakim wskazanie spadnie do poziomu wyjściowego po eliminacji wykrywanych gazów z otoczenia). Dodatkowo, wiele z tych sensorów wymaga wygrzewania – nawet do 24 h – przed kalibracją i normalnym działaniem w systemie.

Czujniki rezystancyjne (chemorezystancyjne sensory VOC)

Sensory te są bardzo podobne do opisanych powyżej sensorów MOX, ale zostały one zoptymalizowane do detekcji organicznych substancji lotnych i gazów. Zmiana oporu sensora następuje nie w wyniku reakcji redukcji, a adsorpcji cząsteczek związków organicznych na powierzchni czułego materiału sensora (stosowane są tutaj tlenki metali, jak i wybrane materiały organiczne).

Sensory te mają podobne parametry, jak zwykłe czujniki MOX, jednak są bardziej selektywne, kosztem zmniejszonej czułości. Tego rodzaju elementy stosowane są często w miernikach jakości powietrza czy systemach smart-home.

Wśród najbardziej znanych czujników rezystancyjnych znajdują się popularne i szeroko dostępne układy:

- MQ-2 – detekcja dymu, LPG, metan, butan
- MQ-3 – metan, CNG,
- MQ-4 – LPG, gaz ziemny,
- MQ-7B – tlenek węgla (CO),
- MQ-135 – CO, amoniak, benzen, alkohole, dym.

Czujniki elektrochemiczne

Czujniki elektrochemiczne, jak wskazuje sama ich nazwa, wykrywają obecność gazów poprzez reakcje elektrochemiczne zachodzące w ich wnętrzu. Typowy czujnik składa się z trzech elektrod (roboczej, pomocniczej i odniesienia) zanurzonych w elektrolicie (najczęściej w postaci żelu lub – rzadziej – cieczy). Gdy wykrywany gaz dyfunduje przez membranę do wnętrza sensora, ulega utlenieniu lub redukcji na elektrodzie roboczej. Reakcja ta powoduje przepływ elektronów, który mierzy się jako prąd – proporcjonalny do stężenia danego gazu w powietrzu.

Zaletą tego rozwiązania jest wysoka selektywność i bardzo dobra liniowość pomiaru w szerokim zakresie stężeń, bez potrzeby podgrzewania sensora. Dzięki temu czujniki te są bardziej energooszczędne niż sensory MOX. Czasy reakcji są tego samego rzędu wielkości, co dla sensorów MOX, typowo 10...30 sekund, a czasy regeneracji nie przekraczają 1 minuty.

Czujniki fotojonizacyjne (PID – Photoionization Detector)

Sensory te bazują na zjawisku fotojonizacji. Jest to proces, w którym molekuły gazu ulegają jonizacji z użyciem wysokoenergetycznego promieniowania UV. Promieniowanie to wybija elektrony z powłok atomów znajdujących się w komorze sensora, co sprawia, że gaz zaczyna przewodzić prąd (przewodnictwo jonowe). Zjonizowane molekuły pełnią tutaj funkcję nośników ładunku i zbierane są przez elektrody. Prąd mierzony w systemie jest proporcjonalny do liczby zbieranych jonów.

Czujniki PID znajdują zastosowanie wszędzie tam, gdzie istotna jest ekstremalnie wysoka czułość (rzędu 1 ppb), np. do wykrywania śladowych ilości substancji – w przemyśle chemicznym, ochronie środowiska, ratownictwie chemicznym, jak i do inspekcji miejsc pracy. Z uwagi na szybką odpowiedź i regenerację sensora (poniżej 3 s) tego rodzaju moduły sprawdzają się również w laboratoriach czy jako osobiste detektory zagrożeń do zastosowań profesjonalnych, np. dla strażaków czy służb BHP.

Do wad tego rodzaju sensorów należy niska selektywność. Układ mierzy stężenie wszystkich gazów i par w mieszance o energii jonizacji poniżej progu wyznaczonego przez energię fotonów lampy UV. Dodatkowo sensory te są dosyć awaryjne i podatne na uszkodzenia. Nie dość, że lampa UV w systemie ulega szybkiemu zużyciu (zazwyczaj sensor wymaga wymiany po kilkuset czy kilku tysiącach godzin pracy), to czujnik może ulec uszkodzeniu na skutek zanieczyszczenia, zabrudzenia czy też zbyt wysokiej wilgotności.

Czujniki NDIR (Non-Dispersive Infrared)

Ostatnią z omawianych grup sensorów są czujniki optyczne, wykorzystujące pomiar widma absorpcji w podczerwieni przez cząsteczki gazu. Pomiar prowadzony jest w specjalnej komorze, ale droga optyczna może być dowolna – łatwo wyobrazić sobie implementację takiej metody pomiaru dla np. dużego zbiornika, jeśli tylko możliwe jest umieszczenie w linii widoczności źródła światła podczerwonego (np. dioda LED) oraz sensora z filtrem, przepuszczającym tylko jedną (typowo) długość fali promieniowania elektromagnetycznego.

Sensory NDIR działają na zasadzie absorpcji promieniowania podczerwonego przez cząsteczki gazu. Każdy materiał ma charakterystyczne pasma pochłaniania promieniowania IR, które wynikają wprost z jego budowy chemicznej (a dokładniej mówiąc, z istniejących w molekule wiązań chemicznych – ich rodzaju i tego, jakie atomy łączą – zasada ta jest stosowana w laboratoriach przy pomiarach widma rozpraszania Ramana czy w spektroskopii FTIR).

Jeśli gaz jest obecny w komorze, pochłania część promieniowania – im więcej gazu, tym więcej energii zostaje pochłonięte. Spadek intensywności światła mierzonego przez detektor jest proporcjonalny do stężenia gazu, co opisuje prawo absorpcji Lamberta-Beera.

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 2. Typowe sensory elektrochemiczne (za Nenvitech.com)

Czujniów NDIR używa się typowo do pomiaru stężenia CO_2, CH_4, H_2O czy SO_2 w systemach wentylacji czy kontroli jakości powietrza. Stosowane są również do wykrywania gazów cieplarnianych w otoczeniu, w stacjach meteorologicznych i klimatycznych, a także w urządzeniach laboratoryjnych i instalacjach przemysłowych – między innymi w systemach do fermentacji, inkubatorach, szklarniach czy przy hodowli zwierząt.

Systemy te oferują niezwykle czułe (pomiar w zakresie od 0 ppm do 10% z rozdzielczością 1...10 ppm) i stabilne pomiary. Czas reakcji wynosi typowo od 10 do 30 sekund i jest podyktowany przepływem gazu przez komórkę pomiarową, a nie fizyką pomiaru – możliwe jest istotne przyspieszenie pomiaru, jeśli dana aplikacja tego wymaga. Czas regeneracji sensora również jest na poziomie do 30 sekund. Co istotne, sensory te mogą pracować nieprzerwanie – nie ulegają szybkiemu zużyciu ani zatruciu, np. w przypadku ekspozycji na wysokie stężenia pewnych gazów.

Krytycznymi zaletami tych sensorów, które wyróżniają je na tle innych technologii, jest bardzo wysoka selektywność (z uwagi na to, że mierzą konkretne pasma IR, badają stężenie praktycznie tylko jednego związku chemicznego) oraz duża stabilność i powtarzalność pomiaru, który nie musi być kalibrowany nawet przy zmianach warunków środowiskowych. Dodatkowo, wykorzystując nowoczesne źródła IR i energooszczędne fotodetektory, układy te pobierają od 3...5 mW (w wersjach low power) do 100...300 mW (w przypadku profesjonalnych sensorów przemysłowych) mocy podczas ciągłej pracy.

Czujniki elektrooporowe wilgotności (higrometry)

Typowe, elektrooporowe czujniki wilgotności składają się z cienkiej warstwy materiału higroskopijnego (np. polimeru), którego właściwości zmieniają się pod wpływem absorpcji wilgoci.

Układy takie charakteryzują się dosyć dobrą dokładnością pomiaru (na poziomie 2...5% wilgotności względnej) i relatywnie krótkim czasem reakcji (od 5 s do 30 s). Wymagają one kompensacji temperaturowej, ale większość nowoczesnych, scalonych sensorów wilgotności wyposażona jest również w zintegrowany czujnik temperatury.

Czujniki temperatury (termistory, RTD, sensory scalone)

Na rynku dostępnych jest wiele sensorów temperatury, różniących się parametrami, zakresem mierzonych temperatur etc. W aplikacjach pomiarów środowiskowych czy do kompensacji pomiarów z opisanych powyżej sensorów, stosuje się termistory (NTC lub PTC) lub układy scalone (np. LM35, DS18B20), oparte na pomiarze spadku napięcia na złączu PN i generujące napięcie lub sygnał cyfrowy proporcjonalny do temperatury.

Na rynku istnieje bardzo wiele sensorów o zoptymalizowanych parametrach (lub cenie). Typowa dokładność pomiaru wynosi 1°C, z możliwością odczytu temperatury nawet kilka razy na sekundę (realna rozdzielczość czasowa jest oczywiście ograniczona bezwładnością cieplną, np. powietrza w pomieszczeniu).

Czujniki optyczne do pomiaru pyłów (PM)

Ostatnią z grup sensorów opisywanych w tym artykule są moduły do pomiaru stężenia pyłów. Ogromna większość sensorów tego typu opiera się na pomiarze rozproszenia światła na cząsteczkach zawieszonych w badanym powietrzu. Z uwagi na niewielkie rozmiary, nieco zbliżone do długości fali światła, cząstki pyłów rozpraszają promieniowanie zgodnie z tzw. rozpraszaniem Mie. Jest to formalizm opisu natężenia rozproszonego światła wokół sferycznych cząstek o średnicy nie mniejszej niż długość fali światła. Przy użyciu odpowiedniego aparatu matematycznego możliwe jest przybliżone określenie – na podstawie natężenia rozproszonego światła – stężenia i średnicy cząstek.

W sensorze do pomiaru stężenia pyłów stosuje się źródło światła – najczęściej laser lub diodę LED o długości fali leżącej w przedziale światła czerwonego lub podczerwonego. Pod kątem – tak, żeby światło nie świeciło bezpośrednio na niego – znajduje się detektor, mierzący natężenie rozproszonego na pyle światła. Pozwala to na prowadzenie bardzo szybkich pomiarów z częstotliwością typowo 1...2 próbek na sekundę. Stężenie pyłów PM1,0 (pyły poniżej 1 µm średnicy), PM2,5 (pyły <2,5 µm) i PM10 (pyły <10 µm) obliczane jest następnie matematycznie na podstawie natężenia rozproszonego światła. Pomiar taki nie jest zbyt dokładny – w większości zakresu pomiarowego sensory te oferują rozdzielczość 1 µg/m³ i dokładność na poziomie 10%, jednakże dokładność spada wraz ze zwiększającą się koncentracją pyłów.

Integracja czujników z mikrokontrolerami i systemami IoT

Wyjścia z sensorów możemy podzielić z grubsza na dwa rodzaje – cyfrowe oraz analogowe. Wszystkie sensory mierzą wartości analogowe, w związku z czym na pewnym etapie toru pomiarowego mamy do czynienia z wartością analogową. Moduły z wyjściami cyfrowymi mają po prostu wbudowane przetworniki analogowo-cyfrowe, na ogół wraz z procesorami, które przeliczają mierzone napięcia lub prądy na wartość fizyczną, a często również przechowują wartości kalibracyjne itp.

Czujniki z wyjściami analogowymi wymagają użycia wejścia analogowego w mikrokontrolerze lub zewnętrznego przetwornika ADC. Dotyczy to np. wielu sensorów MOX (np. MQ-2, MQ-7) oraz starszych czujników wilgotności, które zmieniają swoją rezystancję pod wpływem mierzonych czynników. Najczęściej umieszcza się je w układzie dzielnika rezystancyjnego i mierzy napięcie wyjściowe za pomocą ADC. Następnie mikrokontroler przelicza zmierzone napięcie na fizyczną wartość, zgodnie z charakterystyką danego sensora. W ten sposób system nie tylko przelicza wartość na zrozumiały format, ale może również dokonywać linearyzacji czy korzystać z wartości kalibracyjnych zapisanych w pamięci nieulotnej.

Inne czujniki – np. elektrochemiczne – wymagają z kolei bardziej złożonego toru analogowego, zwykle w układzie tzw. potencjostatu. Dopiero ten sygnał da się wygodnie wprowadzić do mikrokontrolera czy zewnętrznego ADC. Duża część sensorów elektrochemicznych wymaga też uwzględnienia np. dryftu temperaturowego. Z uwagi na to projektanci obwodów często korzystają z gotowych układów scalonych (front-endów), integrujących w sobie układy wzmacniaczy, wymagane filtry, ADC oraz układy kalibracji czy linearyzacji.

Czujniki PID i NDIR, mimo że często występują w formie z wyjściem analogowym, coraz częściej są dostępne także w wersjach

eprasa.pl 72d35c54c0

z interfejsem cyfrowym, z własnym mikrokontrolerem. Mają wbudowane funkcje autokalibracji, wykrywania błędów i detekcji przekroczeń progów, co znacznie ułatwia ich użycie w aplikacjach IoT.

Jeśli chodzi o interfejsy cyfrowe, to czujniki gazów i pyłów wyposażone są na ogół w interfejsy szeregowe. W przypadku tych sensorów mamy do dyspozycji szeroką gamę interfejsów:

- UART – bardzo powszechny w czujnikach pyłów i CO_2,
- I^2C – szczególnie popularny w czujnikach środowiskowych typu „combo" (np. sensory temperatury, wilgotności i VOC),
- SPI – rzadziej spotykany, ale występujący np. w wersjach przemysłowych,
- 1-Wire – w niektórych budżetowych rozwiązaniach.

Powyższe interfejsy pozwalają na proste dołączenie sensorów do mikrokontrolerów i komunikację z wykorzystaniem gotowych bibliotek i przykładów oprogramowania dostępnych w Internecie. Platformy takie jak Arduino IDE, PlatformIO czy MicroPython oferują obszerne wsparcie dla sensorów środowiskowych, łącznie z korekcją temperaturową, kalibracją wstępną i konwersją jednostek.

Przy implementacji tych elementów w układzie – szczególnie sensorów NDIR i optycznych modułów do pomiaru pyłów – trzeba wziąć pod uwagę znaczący pobór prądu, co należy uwzględnić przy projektowaniu zasilania, zwłaszcza w aplikacjach bateryjnych.

Kalibracja, filtracja danych i kompensacja warunków środowiskowych

Sama digitalizacja danych z sensora często nie jest wystarczająca, aby uzyskać wysokiej jakości pomiary. W przypadku wielu czujników konieczne są jeszcze dodatkowe kroki przetwarzania danych. Przyjrzyjmy się bliżej kluczowym etapom tego procesu, pozwalającego na utrzymanie wysokiej sprawności i dokładności czujników gazu czy jakości powietrza.

Kalibracja czujników – wstępna i okresowa

Większość czujników opisanych w artykule wymaga kalibracji – zarówno fabrycznej (wstępnej), jak i okresowej, wykonywanej co pewien czas w warunkach zbliżonych do docelowego środowiska pracy. Odstępstwo od okresowej kalibracji czujnika sprawić może, że jego dokładność spadnie poniżej poziomu deklarowanego przez producenta w nocie katalogowej.

Czujniki MOS cechują się dużym rozrzutem parametrów między egzemplarzami i dryftem charakterystyki w czasie. Ich poprawna eksploatacja wymaga kalibracji na punkcie odniesienia – np. ekspozycji na znane stężenie CO lub powietrze atmosferyczne o określonym poziomie CO_2. Wskazane jest również tzw. wygrzanie czujnika przez kilkanaście godzin po pierwszym uruchomieniu lub dłuższej przerwie w użytkowaniu.

Czujniki elektrochemiczne są stabilniejsze, ale również wymagają kalibracji co 6...12 miesięcy z użyciem gazów wzorcowych (np. CO, NO_2, SO_2). Część modeli wyposażona jest w złącza do kalibracji serwisowej. Wynika to z faktu, że elektrody i elektrolit zawarte w systemie zużywają się w czasie eksploatacji.

Czujniki NDIR często oferują funkcję autokalibracji (ABC – Automatic Baseline Correction), która zakłada, że w dłuższym okresie czujnik będzie wystawiany na świeże powietrze o minimalnym lub zerowym stężeniu CO_2. Jeśli urządzenie pracuje w zamkniętym pomieszczeniu bez wentylacji – funkcja ta może zaniżać odczyty i należy ją dezaktywować.

Czujniki PID i optyczne sensory pyłów (np. PMS5003, SPS30) nie wymagają częstej kalibracji, ale ich układ optyczny wymaga okresowego czyszczenia, a w modelach przemysłowych – rekalibracji z użyciem wzorców pyłu.

W systemach produkcyjnych (np. HVAC, oczyszczacze, mierniki osobiste) czujniki powinny przechodzić proces kalibracji fabrycznej lub przynajmniej kompensacji offsetu w warunkach referencyjnych. Jest to trudniejsze w systemach amatorskich; w takiej sytuacji rekomendowane jest wybieranie sensorów, które zostały już fabrycznie skalibrowane i nie wymagają tak częstej rekalibracji.

Filtracja danych pomiarowych – jak radzić sobie z szumami

Sygnały z czujników środowiskowych, zwłaszcza analogowych, podatne są na zakłócenia zewnętrzne – zarówno ze względu na szum elektromagnetyczny w otoczeniu, jak i zmienność warunków środowiskowych. Z uwagi na to często stosuje się różne metody filtracji danych, takie jak:

- średnia okienkowa (Moving Average) – proste i skuteczne dla czujników o wysokim szumie. Polega na uśrednieniu pomiarów w okienku, tj. buforze zawierającym n ostatnich pomiarów. Zwykle stosuje się okna o n = 5...20 pomiarów, jednakże stosować można większe lub mniejsze okienka, w zależności od częstotliwości próbkowania sensora oraz spodziewanych prędkości zmian mierzonej wielkości,
- filtr Kalmana – bardziej zaawansowany, adaptacyjny filtr stosowany do szacowania wartości rzeczywistych w warunkach dużych fluktuacji (szczególnie przy szybkim próbkowaniu),
- filtry medianowe – dobrze sprawdzają się w eliminowaniu skokowych zakłóceń. Są podobne do średniej okienkowej, z tym że zamiast średniej wyznacza się medianę, która jest mniej podatna na gwałtowne zakłócenia,
- filtry dolnoprzepustowe cyfrowe (np. IIR lub FIR) – cyfrowe implementacje filtrów pasmowych, skuteczne dla sygnałów powoli zmieniających się (jak wilgotność czy CO_2) lub sygnałów o wielu składowych częstotliwościowych.

Dobrze dobrany algorytm filtracji poprawia stabilność wyświetlanych danych i ułatwia ich dalsze przetwarzanie (np. progowanie, generowanie alertów, sterowanie zewnętrznymi systemami).

Kompensacja wpływu temperatury i wilgotności

Czujniki środowiskowe są często nieliniowo wrażliwe na warunki otoczenia. Elementy MOS są silnie zależne od temperatury i wilgotności otoczenia. Wymagana jest kompensacja programowa lub sprzętowa (np. poprzez uwzględnienie dodatkowego sensora do pomiaru temperatury czy wilgotności powietrza). Kompensacja realizowana jest programowo przez mikrokontroler. Z kolei sensory elektrochemiczne są mniej wrażliwe, ale nadal wymagają kompensacji, zwłaszcza przy gwałtownych zmianach wilgotności (>70% RH) lub temperatury. Powolne zmiany nie mają już tak wielkiego wpływu na pomiar.

Sensory NDIR w większości mają już wbudowane czujniki temperatury i ciśnienia, dzięki czemu samodzielnie wykonują kompensację temperaturową i ciśnieniową pomiaru. Podobnie optyczne czujniki pyłów. Są one natomiast podatne na kondensację i zmienną wilgotność, która wpływa na rozpraszanie światła (wilgotne cząstki rozpraszają inaczej niż suche). Dlatego też niektóre elementy mają wbudowane higrometry i zaimplementowaną funkcję kompensacji pomiarów.

W systemach profesjonalnych stosuje się często wielosensorowe korekcje pomiarów – np. wartości z czujnika temperatury i wilgotności służą do przeliczenia danych z sensora gazowego, zgodnie z jego charakterystyką temperaturową (np. mnożnikiem zależnym od wartości T lub RH).

Praktyczne zastosowania

Domowe detektory gazów i czadu (CO, CH_4, LPG)

W budynkach mieszkalnych powszechnie stosuje się proste detektory niebezpiecznych gazów, zwłaszcza czadu czy gazu ziemnego. Czujniki elektrochemiczne używane są do wykrywania tlenku węgla (czadu). Dzięki dużej selektywności i niskim progom detekcji

eprasa.pl 72d35c54c0

(już od 10...30 ppm) stanowią idealny wybór do domów z piecami węglowymi, gazowymi lub kominkami. Czujniki MOS stosuje się z kolei do wykrywania gazów palnych (metan, propan-butan, alkohol). Wyczuwają one ewentualne wycieki gazu itp., ale także obecność dymu np. z przypalonego jedzenia, co trochę utrudnia ich stosowanie w domu.

Takie urządzenia zazwyczaj zawierają akustyczny układ alarmowy i wskaźnik LED. Na ogół zasilane są bateryjnie, więc dobór sensorów musi również obejmować analizę poboru prądu.

Stacje monitoringu jakości powietrza

W projektach hobbystycznych lub edukacyjnych popularne są czujniki optyczne pyłów PM, często łączone z modułami ESP32, wyświetlaczami itp. W wersjach profesjonalnych (np. miejskich lub przemysłowych) stosuje się kombinacje czujników: NDIR do pomiaru ilości CO_2, optyczne do badania pyłów PM1,0/PM2,5/PM10, VOC do ogólnej oceny zanieczyszczeń organicznych oraz elektrochemiczne do badania poziomów NO_2, SO_2, O_3. Stacje te zbierają dane w czasie rzeczywistym i mogą sterować systemami wentylacji (w budynkach), sygnalizować zagrożenia lub służyć do analizy długoterminowych trendów.

Inteligentne oczyszczacze powietrza i klimatyzatory

Nowoczesne urządzenia wentylacyjne i oczyszczacze powietrza automatycznie dostosowują swoją pracę do warunków otoczenia. W tym celu integrują w sobie czujniki PM2,5 i PM10 – wykrywają stężenie aerozoli i aktywują wyższe obroty wentylatorów w warunkach pogorszonej jakości powietrza. Dodatkowo systemy te mogą zawierać sensory NDIR do pomiaru poziomu CO_2, którego stężenie stanowi wskaźnik obecności ludzi i konieczności zwiększenia wydajności wentylacji pomieszczenia. Uzupełniem są czujniki VOC, które reagują na zapachy, opary chemiczne i zanieczyszczenia z kuchni lub łazienki.

Monitoring środowiskowy w rolnictwie i szklarniach

Układy oparte na sensorach parametrów powietrza sterują systemami nawadniania, ogrzewania i wentylacji w szklarniach. Na otwartych polach pozwalają na wykrywanie konieczności nawadniania, współpracując z sensorami wilgotności gleby.

Do pomiaru wilgotności i temperatury powietrza stosowane są scalone sensory, uzupełnione o czujniki CO_2 (NDIR) – jako że właśnie gaz ten stymuluje fotosyntezę w uprawianych roślinach. Pomiar stężenia CO_2 pozwala kontrolować emisję tego gazu z generatorów. Dodatkowo mierzy się poziomy amoniaku (NH_3) i siarkowodoru (H_2S), zwłaszcza w hodowlach zwierząt; stosuje się do tego najczęściej elektrochemiczne czujniki gazów toksycznych.

Zbierane dane często przesyłane są do chmury przez np. LoRaWAN czy NB-IoT. Pozwala to agregować pomiary z dużego terenu i obrabiać oraz analizować pomiary z użyciem zaawansowanych algorytmów.

Zastosowania przemysłowe i BHP

W przemyśle chemicznym, paliwowym i produkcyjnym stosuje się:

- czujniki PID – do wykrywania śladowych ilości VOC i uwalniania np. rozpuszczalników w lakierniach czy laboratoriach,
- czujniki elektrochemiczne – do wykrywania gazów niebezpiecznych dla zdrowia (np. CO, NO_2, Cl_2, H_2S),
- czujniki CO_2 i O_2 – w pomieszczeniach zamkniętych i zbiornikach – dla zapewnienia bezpieczeństwa pracowników.

W systemach BHP stosuje się często te sensory jako część tzw. mierników osobistych, które noszą pracownicy i zawierających zestaw miniaturowych sensorów wraz z układem alarmującym (dźwiękowo, optycznie i/lub wibracyjnie) o przekroczeniu dopuszczalnych progów stężenia w otoczeniu.

Systemy wentylacji i automatyki budynkowej

W nowoczesnych budynkach z inteligentną wentylacją stosuje się czujniki CO_2 do wykrywania „zagęszczenia ludzi" i automatycznego zwiększenia wymiany powietrza, sensory VOC do oceny ogólnej jakości powietrza i czujniki wilgotności do kontroli nawiewu i zapobiegania np. powstawaniu kondensacji na ścianach.

Czujniki te komunikują się z centralami HVAC lub systemami zarządzania budynkiem (BMS). Często korzysta się z komunikacji bezprzewodowej, jednak klasyczne rozwiązania tego typu stosują sieci RS-485 lub CAN.

Podsumowanie i kierunki rozwoju

Technologia czujników używanych do pomiaru jakości powietrza czy wykrywania gazów cały czas dynamicznie się rozwija. Jakkolwiek w najbliższym czasie nie pojawią się raczej rewolucyjnie nowe rodzaje sensorów, to rozwój badań nad materiałami i technologiami produkcyjnymi sprawia, że nowe sensory są coraz czulsze, dokładniejsze i bardziej wytrzymałe. Zastosowanie nanotechnologii w sensorach pozwala maksymalizować powierzchnię aktywną sensora bez zwiększania masy czy objętości materiałów aktywnych – co pozwala na uzyskanie o wiele rzędów większej czułości tych elementów. To zaś przekłada się na dalszą miniaturyzację i optymalizację tych elementów, jak również zmniejszenie ich kosztu, dzięki czemu można stosować je na coraz większą skalę.

Wiele innych technologii wpływa jednakże na rozwój sensorów. Najważniejszą z nich jest obecnie sztuczna inteligencja. Pomiary z sensorów stosowane są często w połączeniu z algorytmami uczenia maszynowego do precyzyjniejszej analizy, przewidywania stanu czy np. wcześniejszego wykrywania skażenia bądź niezawodnego przewidywania jakości powietrza w pomieszczeniach. To zaś wpływa na lepsze sterowanie systemami wentylacji i klimatyzacji. Takie aplikacje pozwalają ponadto na oszczędzanie energii w budynkach.

Sensory gazów i inne elementy używane do monitorowania jakości powietrza stanowią szeroką i różnorodną grupę elementów elektronicznych. Na rynku dostępne są czujniki do wykrywania niemalże wszystkich gazów i par, z jakimi spotkać się można w przemyśle czy w naszym codziennym otoczeniu. Dostępne są elementy o szerokim spektrum pomiaru, jak i bardzo precyzyjne, selektywne i stabilne. Do każdej aplikacji znajdzie się odpowiedni typ czujnika – o ile tylko jego koszt pozwoli na zastosowanie w docelowym rozwiązaniu.

Nikodem Czechowski, EP

REKLAMA



eprasa.pl 72d35c54c0

Programowanie w środowisku MicroPython (3)

I²C i zegar czasu rzeczywistego



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

W tym odcinku kursu pokażemy, jak w MicroPythonie obsługuje się łącze I²C. Skorzystamy z niego, aby zsynchronizować czas systemowy z zegarem czasu rzeczywistego typu DS1307. Poznamy także metody obsługi pamięci EEPROM poprzez ten interfejs.

Czas systemowy

Aby uzyskać dostęp do różnych funkcji związanych z odmierzaniem czasu, najpierw musimy zaimportować moduł time.

```
>>> import time
```

W Pythonie istnieją dwie funkcje zwracające aktualny czas: **gmtime** oraz **localtime**. Różnica między nimi polega na tym, że **gmtime** zwraca czas uniwersalny UTC, który trzeba przekształcić na zapis odpowiadający interesującej nas strefie czasowej. Funkcja **localtime** wykonuje to zadanie, uwzględnia także czas letni lub zimowy. Jednak w MicroPythonie nie zaimplementowano obsługi stref czasowych ani czasu letniego, więc obie funkcje zwracają dokładnie ten sam czas.

Kiedy w konsoli wywołamy jedną z tych funkcji, otrzymamy następujący rezultat:

```
>>> import time
>>> time.localtime()
(2025, 2, 23, 8, 43, 20, 6, 54)
```

Obie funkcje zwracają czas w postaci *time tuple*, czyli krotki czasu. Krotka jest czymś w rodzaju tablicy z nawiasami okrągłymi, gdzie wszystkie elementy są tylko do odczytu. Można odczytywać pojedyncze elementy za pomocą operatora **[i]**, gdzie **i** to numer żądanego elementu, a liczenie zaczynamy od zera. Krotka czasu składa się z ośmiu elementów. Są to kolejno: rok, miesiąc, dzień, godzina, minuta, sekunda, dzień tygodnia (od 0 do 6, a pierwszym dniem tygodnia jest poniedziałek), numer dnia w roku.

Pewnie się zastanawiasz, skąd ESP32-S3 wie, jaka jest aktualna godzina, skoro jeszcze nigdy jej nie ustawiłeś? Program Thonny przesyła aktualną godzinę zaraz po nawiązaniu połączenia z mikrokontrolerem. Tę funkcjonalność można wyłączyć, wybierając menu Narzędzia, Opcje, Interpreter, a następnie klikamy **Synchronizuj rzeczywisty zagar urządzenia**.

W mikrokontrolerach z rodziny ESP32, podobnie jak w wielu innych, znajduje się wbudowany zegar czasu rzeczywistego (*real time clock*, RTC). Ten układ odmierza czas niezależnie od trybu pracy i może działać bez przerwy, nawet w trybie najgłębszego uśpienia. Wystarczy tylko podać mu aktualną godzinę.

Warto wiedzieć, że układ RTC w ESP32 ma możliwość wybudzania procesora z uśpienia po upływie zadanego czasu. Ponadto RTC ma wbudowaną pamięć RAM o pojemności 16 kB, a nawet własny procesor! ESP32-S3 wyposażony jest w dwa dodatkowe procesory w układzie RTC, zwane procesorami ULP (*ultra low power*). Jeden z nich to popularny RISC-V, a drugi to ULP-FSM, który jest autorskim dziełem firmy Espressif i można na niego napisać program tylko w asemblerze. Są to tematy na osobny odcinek, więc wróćmy do odmierzania czasu.

Aby uzyskać dostęp do zegara RTC, musimy utworzyć instancję klasy, która nim zarządza. Tę klasę znajdziemy w module **machine**, który należy zaimportować. Następnie w zmiennej **new_time** tworzymy krotkę czasu, podając do niej aktualną datę i godzinę.

Uwaga!!! Krotka czasu klasy RTC jest inna niż krotka czasu modułu time! Jest to dość irytujący brak konsekwencji ze strony twórców MicroPythona, przez co można łatwo popełnić błąd. Należy podać kolejno: rok, miesiąc, dzień, numer dnia tygodnia (najlepiej podać 0 i dzień tygodnia zostanie uzupełniony automatycznie), godzinę, minutę, sekundę, subsekundy (czyli najlepiej 0).

W poniższym przykładzie ustawiamy datę na 24 grudnia 2000 i godzinę na 12:34:56. Następnie tworzymy instancję klasy RTC i zapisujemy ją do zmiennej **rtc**. Kolejnym krokiem jest wywołanie metody **datetime** i podanie do niej krotki czasu.

```
>>> import machine
>>> new_time = (2000, 12, 24, 0, 12, 34, 56, 0)
>>> rtc = machine.RTC()
>>> rtc.datetime(new_time)
```

Można też krócej.

```
>>> import machine
>>> machine.RTC().datetime((2000, 12, 24, 0, 12, 34, 56, 0))
```

Pamiętaj, że krotka zawsze objęta jest nawiasami okrągłymi, a jeżeli jest ona jedynym argumentem funkcji, wówczas w zapisie stosujemy podwójne nawiasy okrągłe.

Jeżeli wywołamy metodę **datetime** bez argumentu, to zwróci ona aktualny czas, ale w formacie stosowanym w klasie RTC. Dlatego należy przyzwyczaić się do funkcji **localtime**, ponieważ jest ona zgodna z „normalnym” Pythonem używanym na komputerach PC.

```
>>> time.localtime()
(2000, 12, 24, 12, 34, 56, 6, 359)
>>> machine.RTC().datetime()
(2000, 12, 24, 6, 12, 34, 56, 287)
```

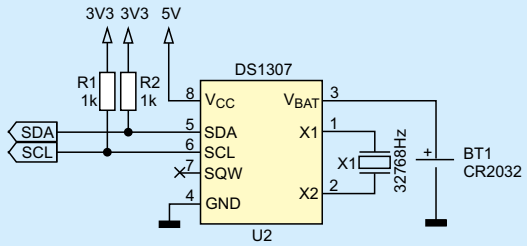
Zegar RTC typu DS1307

W dalszej części poznamy, jak w MicroPythonie obsługuje się interfejs I²C. Do ćwiczeń użyjemy popularnego układu zegarowego DS1307. Oczywiście można użyć dowolnego modułu uniwersalnego zawierającego ten układ, a zapewne jest możliwe, że już masz tego typu płytkę pod ręką i jesteś już zaznajomiony z tym układem. W takiej sytuacji przeskocz do kolejnego rozdziału.

Głównym zadaniem układu DS1307 jest wyznaczanie aktualnej godziny, niezależnie od tego, co dzieje się z resztą urządzenia. Zegar RTC ma swój własny kwarc o częstotliwości 32 768 Hz i nie wymaga

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 1. Przykładowy schemat implementacji układu DS1307

dodatkowych kondensatorów. Ma także osobny pin do zasilania z baterii litowej o napięciu 3 V lub superkondensatora. Omawiany model ma już swoje lata i z tego powodu wymaga zasilania napięciem 5 V, ale nic nie stoi na przeszkodzie, by współpracował z układami zasilanymi napięciem 3,3 V. W takiej sytuacji rezystory pull-up na liniach SDA i SCL muszą być podłączone do napięcia 3,3 V. Z pinu SQW można pobrać sygnał o określonej częstotliwości, a najczęściej korzysta się z niego podczas testów, by sprawdzić częstotliwość kwarcu. Typowy sposób podłączenia zegara DS1307 przedstawia pokazuje schemat widoczny na **rysunku 1**.

DS1307 na magistrali I²C pełni funkcję układu slave. To znaczy, że sam nigdy nie inicjuje połączenia, a jedynie oczekuje, aż master rozpocznie transmisję. Z punktu widzenia mastera zegar DS1307 jest pamięcią o pojemności 64 bajtów. Każdy z tych bajtów ma swój unikalny, 8-bitowy adres, a pierwsze osiem pozycji ma specjalne znaczenie – zobacz **rysunek 2**. Bajty o adresach 0x00...0x06 określają aktualną datę i godzinę. Zwróć uwagę, że te liczby są zapisywane w kodzie BCD, czyli po cztery bity na każdą cyfrę. Bajt pod adresem 0x07 konfiguruje pracę pinu SQW. Jeżeli bit 7 bajtu pod adresem 0x00 jest w stanie wysokim, to znaczy, że czas nie został jeszcze prawidłowo ustawiony.

Zobaczmy, jak wygląda ustawianie daty i godziny – dla przykładu ustawimy godzinę 12:34:56 w dniu 24.12.2025. Zapis sygnałów na liniach SCL i SDA pokazuje **rysunek 3**. Pierwszym bajtem przesyłanym przez mastera jest adres układu slave, który ma odebrać następującą transmisję. W tym przypadku DS1307 jest to zawsze 0x68 (zaznaczone na niebiesko). Kolejny bajt określa adres w pamięci, który ma zostać zapisany jako pierwszy. W naszym przykładzie jest to 0x00, a zgodnie z rysunkiem 2, pod tym adresem należy zapisać sekundy. Dalej kolejne bajty oznaczają wartości liczbowe: sekundy, minuty, godzinę, dzień tygodnia, dzień, miesiąc i rok zapisane w kodzie BCD.

Odczyt danych wykonuje się w dwóch etapach. Zobacz **rysunek 4**. Pierwszym etapem jest wywołanie adresu układu DS1307 w trybie zapisu. Po tym master przesyła adres bajtu, jaki zamierza odczytać jako pierwszy. Chcemy odczytać wszystko, łącznie z sekundami i dlatego przesyłamy 0x00. Gdybyśmy chcieli odczytać godzinę i minuty, pomijając sekundy, moglibyśmy tutaj przesłać 0x01. Po przesłaniu tego bajtu master kończy transmisję.

Drugi etap polega na ponownym wywołaniu adresu 0x68 w trybie odczytu. Master może odczytać tyle bajtów ile chce, a slave przesyła bajty, rozpoczynając od tego, jaki został wskazany w pierwszym etapie.

Znamy już podstawy interfejsu I²C oraz sposób obsługi zegara DS1307, więc poznajmy teraz, jakie „magiczne zaklęcia" należy wpisać, aby wykonać te operacje w MicroPythonie.

Interfejs I²C

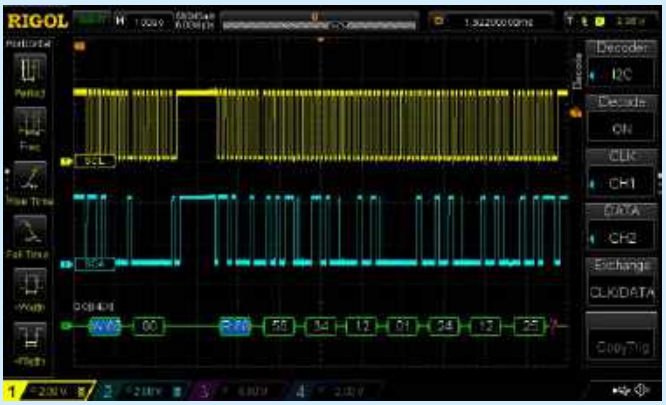
MicroPython oferuje dwa rodzaje interfejsów. Są to Soft I²C oraz Hard I²C. Ten pierwszy korzysta z całkowicie programowej implementacji I²C i może być użyty na dowolnym mikrokontrolerze i dowolnych pinach. Interfejs Hard I²C korzysta ze sprzętowego peryferium.

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00h	CH	10 Seconds			Seconds				Seconds	00–59
01h	0	10 Minutes			Minutes				Minutes	00–59
02h	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours				Hours	1–12 +AM/PM 00–23
		24	PM/AM							
03h	0	0	0	0	0	DAY			Day	01–07
04h	0	0	10 Date		Date				Date	01–31
05h	0	0	0	10 Month	Month				Month	01–12
06h	10 Year				Year				Year	00–99
07h	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08h–3Fh									RAM 56×8	00h–FFh
0 = Always reads back as 0										

Rysunek 2. Mapa rejestrów układu DS1307



Rysunek 3. Ustawienie godziny 12:34:56 i daty 24.12.2025



Rysunek 4. Odczyt aktualnej daty i godziny, wynik 12:34:56 24.12.2025

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0

W wielu mikrokontrolerach linie SDA i SCL muszą być połączone do ściśle określonych pinów, aby obsłużyć sprzętowy interfejs I²C, ale mikrokontrolerów z rodziny ESP32 to nie dotyczy. Te układy są wyposażone w matrycę połączeniową, która pozwala przekierować wyjścia SDA i SCL z transmitera na dowolne piny (poza kilkoma wyjątkami). Daje to bardzo dużą elastyczność, przez co Soft I²C traci sens, więc nie będziemy go omawiać.

Aby uzyskać dostęp do I²C, musimy zaimportować klasę **I²C** z modułu **machine**. Następnie tworzymy instancję tej klasy, przekazując do konstruktora cztery argumenty:

1. **id** – oznacza numer sprzętowego interfejsu I²C. W ESP32-S3 dostępne są dwa takie interfejsy, oznaczone numerami 0 i 1.
2. **scl** – wyjście zegarowe, należy tu podać instancję klasy Pin.
3. **sda** – wejście/wyjście danych, należy tu podać instancję klasy Pin.
4. **freq** – częstotliwość zegara na magistrali I²C, wspólna dla wszystkich slave'ów.

Argument **id** jest argumentem pozycyjnym i musi występować jako pierwszy, a argumenty **scl**, **sda** i **freq** zawsze muszą być nazwane. Argument **freq** można pominąć i wtedy interfejs będzie pracował z częstotliwością 400 kHz. Zobaczmy na przykładzie, jak utworzyć instancję klasy **I²C** i zapisać ją w zmiennej **i2c**.

```
>>> from machine import Pin, I2C
>>> i2c = I2C(0, scl=Pin(1), sda=Pin(2), freq=100000)
```

Warto wiedzieć, że tak utworzony obiekt można wydrukować na konsoli, aby zobaczyć jego konfigurację.

```
>>> print(i2c)
I2C(0, scl=1, sda=2, freq=100000)
```

Każde urządzenie na magistrali I²C musi mieć jakiś adres i odpowiedzieć na jego wywołanie. W ten sposób możemy przeskanować wszystkie adresy od 0x00 do 0x7F (czyli od 0 do 127 w zapisie dziesiętnym). Napiszmy prosty program, który wyświetli adresy wszystkich urządzeń dostępnych na szynie komunikacyjnej:

```
# Plik i2c_scan.py
from machine import Pin, I2C                          # 1

i2c = I2C(0, scl=Pin(1), sda=Pin(2), freq=100000)     # 2
devices = i2c.scan()                                  # 3

print("Znalezione urządzenia: ", end="")
for device in devices:                                # 4
    print(f"{device:02X} ", end="")                   # 5
```

Linie 1 i 2 już znamy. W linii 3 wywołujemy metodę **scan** z klasy **I²C**. Jako rezultat zwraca ona listę, którą zapisujemy do zmiennej **devices**. Moglibyśmy tę listę wyświetlić od razu za pomocą funkcji **print**, lecz wtedy zobaczyliśmy na konsoli adresy zapisane w notacji dziesiętnej. Przyjęło się, by podawać adresy w notacji szesnastkowej. Aby je przekształcić, posłużymy się prostą pętlą for (linia 4), która odczytuje po kolei każdy element z listy **devices** i zapisuje go do zmiennej **device**. Wewnątrz pętli znajduje się tylko jedna instrukcja print (linia 5), wyświetlająca f-string, w którym zawarta jest zmienna **device** w nawiasach klamrowych. Zapis **:02X** oznacza, że zmienna ma zostać wyświetlona w notacji szesnastkowej i ma składać się z dwóch znaków z zerem wiodącym (jeśli trzeba).

Aby przesłać jakieś dane do urządzenia na magistrali I²C, możemy skorzystać z metody **writeto**. Pierwszym argumentem jest adres układu slave (w przykładzie: 0x68), który ma odebrać transmisję, a drugim są dane do wysłania. Dane koniecznie muszą być w postaci obiektu typu **bytes** lub **bytearray**. Najważniejsza różnica między nimi jest taka, że bytes jest tylko do odczytu, a **bytearray** można modyfikować.

Poniżej pokazano trzy przykłady wykonania takiej operacji. Przykład z pierwszej linijki jest optymalny pod względem zapotrzebowania na pamięć. W przykładach 2 i 3, oprócz stałych, można używać także jakichś zmiennych, pod warunkiem,że są to liczby całkowite z zakresu od 0 do 255.

Po otrzymaniu każdego bajtu urządzenie slave powinno potwierdzić odbiór poprzez wysłanie sygnału ACK do mastera. Funkcja **writeto** zwraca liczbę otrzymanych potwierdzeń ACK.

```
>>> i2c.writeto(0x68, b'\x11\x22\x33\x44')                  # 1
>>> i2c.writeto(0x68, bytes([0x11, 0x22, 0x33, 0x44]))      # 2
>>> i2c.writeto(0x68, bytearray([0x11, 0x22, 0x33, 0x44]))  # 3
```

Inną opcją jest funkcja **writevto**, która umożliwia wysłanie „wektora" danych. Poprzez słowo wektor należy rozumieć listę lub krotkę, składającą się z obiektów bytes lub bytearray.

```
>>> a = b'\x20'
>>> b = b'\xAA\xBB\xCC\xDD'
>>> c = b'\x12\x34\x56\x78'
>>> vector = (a, b, c)
>>> i2c.writevto(0x68, vector)
```

W celu odczytania danych poprzez interfejs I²C możemy posłużyć się funkcją **readfrom**, której pierwszym argumentem jest adres urządzenia slave, a drugim liczba bajtów do odczytania. Jako rezultat funkcja zwraca obiekt typu **bytes** z odczytanymi bajtami. Aby odczytać 8 bajtów z urządzenia o adresie 0x68, należy wydać następujące polecenie:

```
>>> buffer = i2c.readfrom(0x68, 8)
```

Drugą opcją jest funkcja **readfrom_into**, która zapisuje odczytane bajty do istniejącego już bufora typu byte array. Funkcja odczyta tyle bajtów, ile wynosi długość podanego bufora. Poniżej przykład odczytania 8 bajtów ze slave'a o adresie 0x86.

```
>>> buffer = bytearray(8)
>>> i2c.readfrom_into(0x68, buffer)
```

Jaki jest sens tych dwóch funkcji i dlaczego nie wystarczy jedna z nich? Funkcja **readfrom** za każdym razem tworzy nowy bufor w pamięci. Ten bufor często jest później usuwany, np. w wyniku wyjścia z funkcji, która go stworzyła. Powoduje to konieczność alokowania nowej pamięci przy każdym wywołaniu **readfrom**, co oczywiście zajmuje czas, w szczególności gdy bufor ma być duży, a pamięć jest mocno pofragmentowana. Funkcja **readfrom_into** operuje na istniejącym już buforze, zatem nie alokuje pamięci. W rezultacie ta operacja działa szybciej.

MicroPython ma jeszcze dodatkowe trzy funkcje, które ułatwiają pracę z pamięciami. Jak już pisaliśmy, układ DS1307 jest de facto pamięcią, zatem funkcje te będą znakomicie się nadawały do współpracy z tym układem. Pierwszą komendą, jaką poznamy, będzie **writeto_mem**, przyjmująca cztery argumenty. Pierwszy to, jak zawsze, adres urządzenia na magistrali I²C, drugi to adres pamięci tego urządzenia, pod którym zamierzamy rozpocząć zapis danych. Trzeci to dane do zapisu, zaś czwarty – liczba bitów adresu, przy czym najczęściej spotyka się adresowanie 8, 16, 24 lub 32-bitowe. Ten argument można pominąć i wtedy domyślną wartością jest 8 bitów. Poniżej przykład pokazujący, jak

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0

zapisać bajty o wartościach AB CD EF w pamięci, zaczynając od adresu 0x30, w urządzeniu o adresie 0x68. Dwie poniższe linijki są równoważne.

```
>>> i2c.writeto(0x68, b'\x30\xAB\xCD\xEF')                    # 1
>>> i2c.writeto_mem(0x68, 0x30, b'\xAB\xCD\xEF', addrsize=8)  # 2
```

O ile w przypadku zapisu może jeszcze nie widać różnicy, o tyle w przypadku odczytu jest ona istotna. Wszak odczyt składa się najpierw z zapisania adresu do odczytu, a dopiero potem właściwego pobrania interesujących nas informacji. W poniższym przykładzie linia 2 daje taki sam efekt, jak linie 1A i 1B, ale wykonuje się szybciej.

```
>>> i2c.writeto(0x68, b'\x30')                    # 1A
>>> buffer = i2c.readfrom(0x68, 3)                # 1B
>>> buffer = i2c.readfrom_mem(0x68, 0x30, 3)      # 2
```

Funkcja **readfrom_mem** zwraca odczytany bufor, a **readfrom_mem_into** zapisuje odczytane dane do utworzonego wcześniej bufora, wskazanego w argumencie.

```
>>> buffer = bytearray(3)
>>> i2c.writeto(0x68, b'\x30')            # 1A
>>> i2c.readfrom_into(0x68, buffer)       # 1B
>>> i2c.readfrom_mem_into(0x68, 0x30, buffer, addrsize=8)
                                          # 2
```

Moduł do obsługi zegara DS1307

Skoro już wiemy, jak w MicroPythonie obsługuje się interfejs I²C, to możemy wrócić do DS1307 i napisać kilka prostych funkcji do odczytywania i ustawiania czasu. Zaprezentujemy jedną z możliwych metodologii pisania kodu w MicroPythonie. Zrobimy to bardzo prosto – bez tworzenia żadnych klas, wyjątków ani w ogóle sprawdzania, czy interfejs I²C odczytał jakieś dane. Taki kod jest prosty jak przysłowiowa budowa cepa, ale trzeba pamiętać, że także mało odporny na błędy i potencjalnie trudny w integracji z jakimś większym projektem. Przeanalizujmy kod zamieszczony na **listingu 1**.

Na początku, jak zawsze, importujemy potrzebne zależności. Są to moduł **time** oraz klasy **Pin**, **I²C** i **RTC** z modułu **machine**. W linii 1 tworzymy stałą, w której zapisujemy adres układu DS1307 na magistrali I²C. Stałe to coś, czego w zwykłym Pythonie nie ma, ale znalazły zastosowanie w MicroPythonie. Wszystko to, co utworzymy za pomocą **const()**, jest stałą i nie można jej zmieniać. Stałe w MicroPythonie można porównać do #define z C++. Przed uruchomieniem programu wartość stałej zostaje wklejona we wszystkie miejsca, w których ta stała występuje, a następnie program jest kompilowany. Dzięki temu kod zajmuje mniej pamięci RAM i wykonuje się szybciej.

W linii 2 rozpoczynamy funkcję **dump**. Jej zadaniem jest odczytać całą pamięć z DS1307 i wyświetlić ją na konsoli w postaci szesnastkowej. W ten sposób będziemy mogli podejrzeć wszystkie 64 bajty pamięci tego układu. Oto przykładowy rezultat wywołania opisywanej funkcji:

```
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
00: 44 28 09 05 07 03 25 03 00 00 48 00 80 00 14 80
10: 00 11 22 33 44 55 66 77 88 99 AA BB CC DD EE FF
20: 00 11 22 33 44 55 66 77 88 99 AA BB CC DD EE FF
30: AB CD EF 01 44 55 66 77 88 99 AA BB CC DD EE FF
```

Funkcja składa się z dwóch części. Pierwszą jest (linia 3) użycie **readfrom_mem**, aby odczytać 64 bajty – począwszy od adresu 0x00 – i zapisać je do zmiennej **buffer**. Następnie mamy pętlę for, w której wyświetlamy bufor bajt po bajcie, a po wyświetleniu 16 bajtów przechodzimy do kolejnej linii. Dodatkowo, wyświetlamy także nagłówki, aby ułatwić sobie odczytywanie tych wszystkich bajtów.

Kolejna jest funkcja **read** (linia 4), której zadanie to odczytanie aktualnej daty i godziny z DS1307, a następnie zwrócenie tych danych w postaci krotki czasu, kompatybilnej z modułem **time**. Podobnie jak w **dump**, rozpoczynamy pracę od wywołania funkcji **readfrom_mem**, ale tutaj odczytujemy tylko pierwsze 7 bajtów, zaczynając od adresu 0x00 (linia 5).

Aby dowiedzieć się, czy zegar został prawidłowo ustawiony, najpierw musimy sprawdzić najstarszy bit zerowego bajtu bufora (linia 6). Jeżeli jest on w stanie wysokim, wówczas wyświetlamy komunikat o błędzie i zwracamy **None**. Można by dodać w tym miejscu także zgłoszenie jakiegoś wyjątku.

```
# Plik ds1307.py
import time
from machine import Pin, I2C, RTC

_DS1307_ADDRESS = const(0x68)                                          # 1
i2c = I2C(0, scl=Pin(1), sda=Pin(2), freq=100000)

def dump():                                                            # 2
    buffer = i2c.readfrom_mem(_DS1307_ADDRESS, 0x00, 64)               # 3

    print("     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F")
    for i in range(64):
        if i % 16 == 0:
            print(f"{i:02X}: ", end = "")
        print(f"{buffer[i]:02X}", end="\n" if i%16 == 15 else " ")

def read():                                                            # 4
    buffer = i2c.readfrom_mem(_DS1307_ADDRESS, 0x00, 7)                # 5

    if buffer[0] & 0b10000000:                                         # 6
        print("Clock not set")
        return None

    def bcd2bin(value):                                                # 7
        tens = (value & 0xF0) >> 4
        ones = (value & 0x0F)
        return tens * 10 + ones

    s = bcd2bin(buffer[0])              # Sekundy                      # 8
    m = bcd2bin(buffer[1])              # Minuty
    h = bcd2bin(buffer[2])              # Godziny
    w = buffer[3] - 1                   # Dzień tygodnia
    D = bcd2bin(buffer[4])              # Dzień
    M = bcd2bin(buffer[5])              # Miesiąc
    Y = bcd2bin(buffer[6]) + 2000       # Rok

    print(f"{Y}.{M:02}.{D:02} {h:02}:{m:02}:{s:02}")                   # 9

    return (Y, M, D, h, m, s, w, 0)                                    # 10

def write(time_tuple):                                                 # 11

    def bin2bcd(value):                                                # 12
        tens = value // 10
        ones = value % 10
        return tens << 4 | ones

    buffer = bytes([                                                   # 13
        bin2bcd(time_tuple[5]),         # Sekundy
        bin2bcd(time_tuple[4]),         # Minuty
        bin2bcd(time_tuple[3]),         # Godziny
        time_tuple[6] + 1,              # Dzień tygodnia (1..7)
        bin2bcd(time_tuple[2]),         # Dzień
        bin2bcd(time_tuple[1]),         # Miesiąc
        bin2bcd(time_tuple[0] - 2000),  # Rok (00..99)
    ])

    i2c.writeto_mem(_DS1307_ADDRESS, 0x00, buffer)                     # 14

def copy_time_from_ds1307_to_system():                                 # 15
    Y, M, D, h, m, s, _, _ = read()                                    # 16
    new_time_tuple = (Y, M, D, 0, h, m, s, 0)                          # 17
    RTC().datetime(new_time_tuple)                                     # 18

if __name__ == "__main__":                                             # 19
    dump()
#   read()

    new_time = time.localtime()
#   new_time = (2030, 04, 27, 12, 05, 00, 0, 0)
#   new_time = (2025, 12, 24, 12, 34, 56, 0, 0)
    write(new_time)

    read()
```

Listing 1. Kod pliku ds1307.py

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0

W linii 7 tworzymy funkcję wewnątrz funkcji. Jej nazwa **bcd-2bin** zdradza, jaki jest jej cel. Dane odczytane z DS1307 są zapisane w kodzie BCD, czyli starsze 4 bity kodują cyfrę dziesiątek, a młodsze cztery bity odpowiedzialne są za cyfrę jednostek. Aby móc wykonywać jakiekolwiek operacje w MicroPythonie, musimy te dane przekształcić na format binarny.

W linii 8 i kilku następnych wywołujemy funkcję **bcd2bin**, aby przekształcić kolejne bajty z bufora. W przypadku dnia tygodnia musimy odjąć jedynkę, a do oznaczenia roku musimy dodać 2000. Na potrzeby testów możemy wyświetlić odczytany czas na konsoli (linia 9). Wynik zwracamy w linii 10, łącząc poszczególne składowe daty i czasu w krotkę.

Aby móc zapisać czas do DS1307, opracowano funkcję **write**, która rozpoczyna się w linii 11. Jako argument przyjmuje ona krotkę czasu zgodną z modułem **time**. Podobnie jak w funkcji **read**, musimy tutaj również zamieścić wewnętrzną funkcję do konwersji liczb binarnych na format BCD (linia 12).

Następnie w linii 13 tworzymy bufor typu **bytes**. Jest to tablica bajtów tylko do odczytu. Tworząc ją, zapisujemy do niej wszystkie składowe daty i godziny, uprzednio konwertując je z formatu binarnego na BCD. Ostatnią czynnością jest wywołanie funkcji **writeto_mem**, która zapisze tak utworzony bufor pod adresem 0x00 w pamięci układu DS1307.

Na końcu mamy funkcję **copy_time_from_ds1307_to_system** (linia 15), która – jak można się domyślić – odczytuje czas z DS1307 i zapisuje go w zegarze systemowym RTC w ESP32. Byłoby idealnie, gdyby moduł RTC korzystał z takiej samej krotki czasu jak wszystko inne, ale tak nie jest, więc musimy zrobić kilka przekształceń.

W linii 16 wywołujemy funkcję **read**, którą zdefiniowaliśmy wcześniej. Funkcja co prawda zwraca krotkę, ale możemy ją natychmiast rozbić na pojedyncze zmienne. Aby kod nie był za bardzo rozwlekły, poszczególne składowe daty i godziny oznaczyłem pojedynczymi literami. Są to po kolei: rok, miesiąc, dzień, godzina, minuta, sekunda. Znak _ oznacza, że odpowiadająca mu składowa krotki jest niepotrzebna. Tworzymy nową krotkę, zmieniając kolejność składowych i wpisując zera w miejsca niepotrzebne, po czym zapisujemy ją do zmiennej **new_time_tuple** (linia 17). Pozostaje już tylko wywołać funkcję **datetime** z klasy **RTC**, do której przekazujemy nową krotkę czasu (linia 18).

W dalszej części kodu (linia 19) widzimy kilka przykładów korzystania z funkcji opracowanych w niniejszym odcinku kursu, gdzie odczytujemy czas, ustawiamy go i zaglądamy do pamięci zegara DS1307.

W następnej odsłonie kursu zobaczymy, jak zapisuje i odczytuje się pliki w MicroPythonie. Już teraz mogę jednak uchylić rąbka tajemnicy – robi się to dokładnie tak samo, jak w Pythonie, na zwykłym komputerze. Zobaczymy, co zrobić, aby mieć dostęp do plików na karcie MicroSD, a także jak zainstalować dysk w pamięci EEPROM typu 24C, która korzysta z interfejsu I²C.

Dominik Bieczyński
leonow32@gmail.com

Zobacz więcej:

- Repozytorium kursu na GitHubie
  https://github.com/leonow32/micropython
- Dokumentacje modułu time
  https://docs.micropython.org/en/latest/library/time.html
- Dokumentacja klasy RTC
  https://docs.micropython.org/en/latest/library/machine.RTC.html
- Dokumentacja klasy I²C
  https://docs.micropython.org/en/latest/library/machine.I²C.html

REKLAMA



eprasa.pl 72d35c54c0

Kurs DSP Audio, czyli SigmaDSP dla każdego (5)

Cyfrowy interfejs Audio

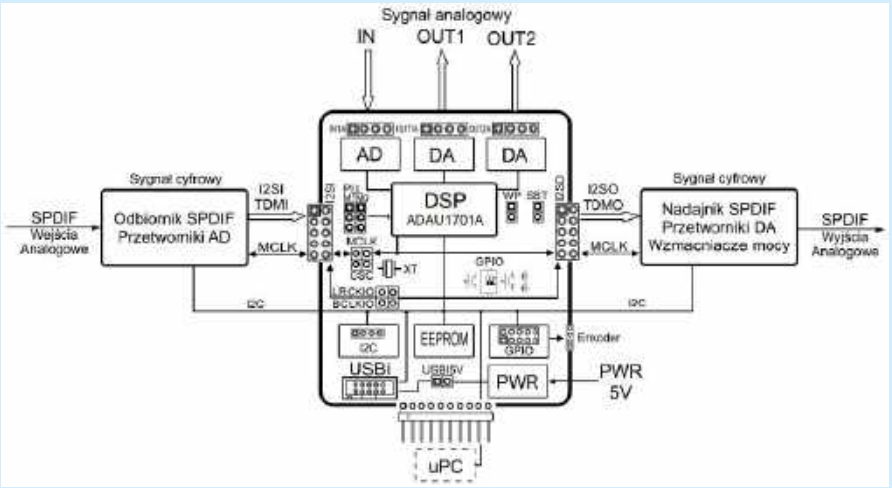


Poprzednie odcinki znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

W piątej i ostatniej części kursu, na podstawie projektów przykładowych oraz opisanych w części trzeciej modułów rozszerzeń, zaprezentowany zostanie sposób rozbudowy zestawu DSP1701A_DSP_MK2 o obsługę wejść i wyjść cyfrowych.

Do przeprowadzenia testów, oprócz zapoznania się z poprzednimi odcinkami kursu, konieczne będzie przygotowanie części sprzętowej, tj. płytki bazowej DSP1701A_DSP_MK2, modułów rozszerzeń, źródła sygnału cyfrowego i zewnętrznego przetwornika D/A. Dwa ostatnie z wymienionych urządzeń muszą być wyposażone w interfejs cyfrowy w standardzie przewodowym SPDIF lub optycznym Toslink. Niezbędne okażą się też wzmacniacz z głośnikami, okablowanie oraz oscyloskop.

Na wstępie warto przypomnieć pełną konfigurację sprzętową zestawu DSP1701A_DSP_MK2, pokazaną na **rysunku 1**. Będziemy z niej korzystać w przykładowych aplikacjach.



Rysunek 1. Schemat blokowy płytki bazowej DSP1701A_DSP_MK2

Procesor DSP ADAU1701, zastosowany w zestawie DSP1701A_DSP_MK2, oprócz wbudowanych przetworników AD/DA ma także szeregowe, cyfrowe interfejsy audio: jeden ośmiokanałowy interfejs odbiorczy (4 kanały stereo) i jeden ośmiokanałowy interfejs nadawczy (także 4 kanały stereo). Oba mogą pracować w trybie multipleksowanym czasowo, czyli TDM (maksymalnie ośmiokanałowym). Sygnały interfejsów szeregowych współdzielone są z wyprowadzeniami GPIO. W zestawie DSP1701A_DSP_MK2 sygnały „zerowego" interfejsu wejściowego, wraz z zasilaniem 5 V, wyprowadzono na złącze I2SI, a wyjściowego – na złącze I2SO, zgodnie z **tabelą 1**.

UWAGA: GPIO pracują w standardzie napięciowym 3,3 V, przekroczenie tego napięcia trwale uszkodzi procesor DSP.

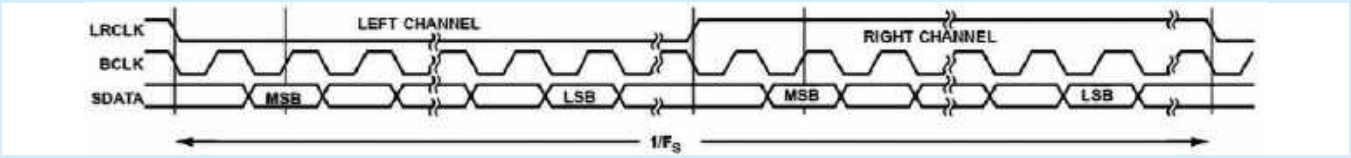
Interfejsy szeregowe służą do podłączenia zewnętrznych układów korzystających ze standardowej, 3-przewodowej magistrali audio zawierającej: linię danych SDx, linię zegara bitów BLCK i linię synchronizacji kanałów LRCK. Gdy liczba wejść/wyjść wbudowanych przetworników A/D lub D/A jest niewystarczająca, rozszerzenie o dodatkowe kanały konwerterów wymaga rozbudowy zestawu o zewnętrzne moduły przetworników, bazujących na interfejsie cyfrowym. Podobnie w przypadku konieczności obróbki sygnału

Tabela 1. Zestawienie funkcjonalności GPIO

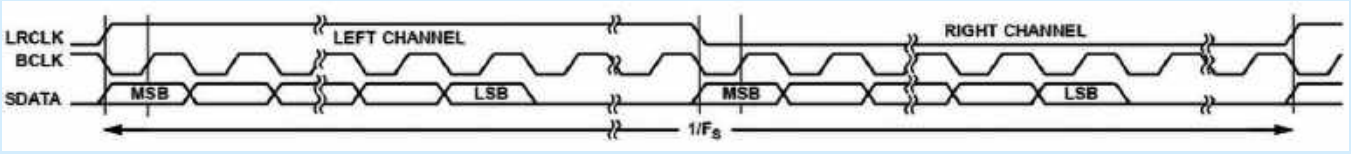
	Tryb GPIO			Złącze GPIO		Złącze I²SI		Złącze I²SO	
	ADC	Serial (I²S,LJ,RJ)	TDM	PIN	Funkcja MB	PIN	Funkcja	PIN	Funkcja
MP0		**SDATA_IN0**	**TDM_IN**			**8**	**SDI TDMI**		
MP1		SDATA_IN1		3	Led MP1				
MP2	ADC1	SDATA_IN2		8	SW2, SW P1(1-4)				
MP3	ADC2	SDATA_IN3		7	RV1, ENC A				
MP4		**INPUT_LRCLK slave**				**6**	**LRCKI**		
MP5		**INPUT_BCLK slave**				**5**	**BCLKI**		
MP6		**SDATA_OUT0**	**TDM_OUT**					**7**	**SDO TDMO**
MP7		SDATA_OUT1		7	LED MP7				
MP8	ADC3	SDATA_OUT2		6	RV2, ENC B				
MP9	ADC4	SDATA_OUT3		5	SW9, SW P2(2-3)				
MP10		**OUTPUT_LRCLK master/slave**						**5**	**LRCKO**
MP11		**OUTPUT_BCLK master/slave**						**6**	**BCLKO**

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

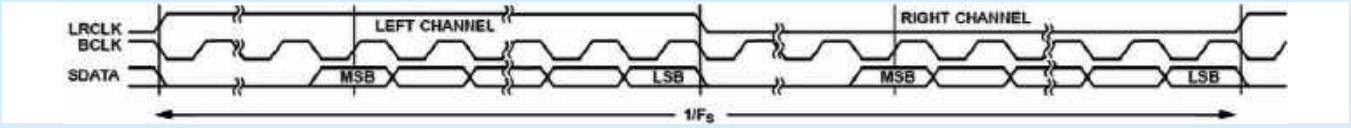
eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 2. Format I²S (za notą ADAU1701 Analog Devices)



Rysunek 3. Format LJ (za notą ADAU1701 Analog Devices)



Rysunek 4. Format RJ (za notą ADAU1701 Analog Devices)

w standardzie SPDIF/Toslink, konieczne jest dodanie modułu z odbiornikiem lub nadajnikiem konwertującym sygnał do formatu I²S/TDM, obsługiwanego przez ADAU1701 – który pozbawiony jest możliwości bezpośredniej obróbki ww. sygnałów. W przypadku projektowania własnych modułów należy zastosować interfejs TDM/I²S oraz zasilanie 5 V, zwracając uwagę na zapewnienie standardu napięciowego 3,3 V dla wyprowadzeń GPIO. Korzystając z interfejsów cyfrowych, można we własnym zakresie rozszerzyć możliwości DSP1701A_DSP_MK2 o obsługę odbiorników Bluetooth lub konwerterów USB/I²S, np. XMOS czy Amanero. Opis części sprzętowej użytych w kursie modułów rozszerzeń zaprezentowany został w EP 06/2025.

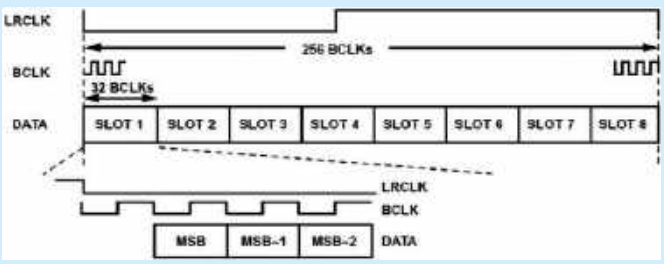
Szeregowy port wejściowy audio ADAU1701 zawsze pracuje w trybie slave, tj. sygnały zegara bitowego INPUT_BCLK i znacznika kanałów INPUT_LRCK muszą być generowane przez współpracujące z DSP urządzenie (przetwornik A/D, odbiornik SPDIF itp). Wyprowadzenia INPUT_BCLK oraz INPUT_LRCK są wejściami i nie ma możliwości zmiany ich funkcji lub trybu pracy. Sygnał danych audio musi być doprowadzony do jednego z wyprowadzeń SDATA_IN0...3. Podczas opracowywania własnych modułów rozszerzeń tryb slave portu wejściowego jest pewnym utrudnieniem, gdyż za generację sygnałów BCLKI i LRCKI musi odpowiadać moduł rozszerzeń – co wymaga stosowania dodatkowego generatora przebiegów synchronicznych z sygnałem MCLK głównego oscylatora. Pewnym sposobem obejścia tego problemu, związanym z zablokowaniem dwóch pinów GPIO, jest generowanie BCLKI i LRCKI z użyciem szeregowego interfejsu wyjściowego i wyprowadzeń BCLKO oraz LRCKO. Zestaw DSP1701A_DSP_MK2 umożliwia ich bezpośrednie połączenie zworami oznaczonymi BCLK, LRCK.

Do elastycznej konfiguracji pozostawiono natomiast format, w jakim przesyłane są dane wejściowe, co poszerza zakres współpracujących układów. Podczas konfiguracji procesora mamy możliwość wyboru formatu:

- **I²S** (Inter-IC Sound), standardowy interfejs audio zgodny ze specyfikacją magistrali opracowanej przez Philipsa. Przykładowe przebiegi pokazano na **rysunku 2**. Sygnały danych SDATA opóźnione są o jeden cykl zegara BCLK. Format I²S używany jest przez większość przetworników A/D i D/A (AD1955, TAA5xx, PCM51xx), interfejsów SPDIF (CS8416, DIT4096) i USB (Amanero, XMOS) oraz konwerterów częstotliwości próbkowania (SRC4192, AD1896).
- **LJ** (Left Justified) – sygnały danych wyrównane są do lewej strony ramki audio, bez opóźnienia charakterystycznego dla I²S. Przykładowe przebiegi widać na **rysunku 3**.
- **RJ** (Right Justified), sygnały danych wyrównane są do prawej strony ramki audio, co uwidoczniono na **rysunku 4**.
  Formaty I²S, LJ, akceptują ramki o szerokości słów równej 16/18/20/24 bitów, zaś powyżej 24 bitów sygnał zostanie ograniczony do 24 bitów. Format RJ wymaga pełnej ramki 64-bitowej i określenia rozdzielczości przy konfiguracji DSP. Ja preferuję w projektach tryb I²S, jako standardowy dla połączeń cyfrowych audio. Dodatkowo przy konfiguracji DSP można określić aktywny stan sygnału LRCK (szybka zamiana kanałów L/R) i aktywne zbocze sygnału BCLK.
- **TDM** (TDM8), format z multipleksowaniem czasowym stosowany często, gdy konieczne jest ograniczenie ilości zajmowanych przez interfejs cyfrowy wyprowadzeń GPIO. W trybie tym maksymalnie osiem kanałów przesyłanych jest jedną linią danych (sygnały zegarowe BCLK, LRCK pozostają bez zmian), każdy w osobnym slocie czasowym o długości 32×BCLK. Położenie slotu w ramce jest ściśle określone, zgodnie z **rysunkiem 5**. Dane TDM mogą być synchronizowane poziomem sygnału LRCK lub impulsem. Pinem GPIO obsługującym TDM w ADAU1701 jest linia SDATA_IN0 (MP0), wyprowadzona – wraz z LRCK/BCLK – na złącze I2SI.

Format TDM używany jest przy współpracy z wielokanałowymi przetwornikami A/D i D/A (ADAU1966, ADAU1979, PCM4104), stosowanymi w systemach 5.1, 7.1, studyjnych oraz Car Audio. TDM zastosowano także do łączenia odpowiednio skonfigurowanych, dwukanałowych przetworników A/D i D/A, np. TAA5xxx, TAC5xxx w kaskady, ułatwiające projektowanie układów wielokanałowych przy użyciu typowych, tanich przetworników stereofonicznych.

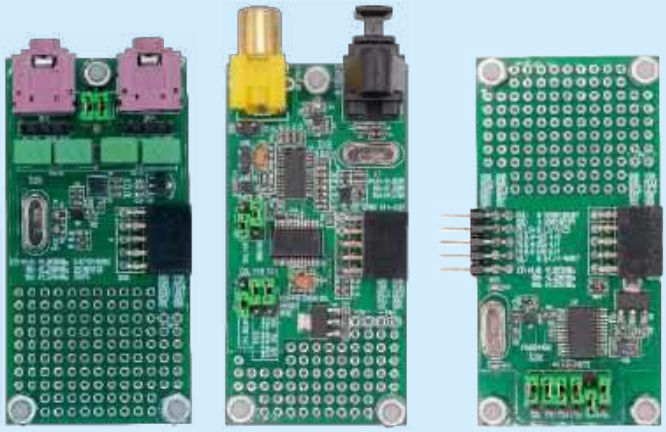
Format TDM – oprócz zmniejszenia liczby wymaganych GPIO – upraszcza zaprojektowanie płytki z mniejszą liczbą połączeń sygnałowych, co ułatwia spełnienie wymogów EMC/EMI. Zawsze to 3 zamiast n×3 linii promieniujących zakłócenia – co prawda sygnały są o wyższych częstotliwościach, ale pozostają jeszcze względnie łatwe do opanowania. W aplikacjach,



Rysunek 5. Format TDM (za notą ADAU1701 Analog Devices)

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 1. Moduły rozszerzeń szeregowego interfejsu wejściowego

w których istotny jest koszt, TDM zwalnia dodatkowo piny GPIO DSP, co może być istotną zachętą do jego stosowania. Sygnał TDM musi być doprowadzony do MP0 (SDATAIN0) i nie ma możliwości jego przemapowania.

Niestety ADAU1701 nie obsługuje bezpośrednio interfejsu cyfrowego w formacie PDM, popularnego w mikrofonach MEMS. W tym przypadku pozostaje użycie mikrofonu z interfejsem I²S lub PDM, połączonym z konwerterem PDM/I²S (ADAU7002, ADAU7118, PCMD3140, FAN3852).

Pierwszy projekt testowy z użyciem wejściowego interfejsu szeregowego, skonfigurowanego w formacie I²S, umożliwia przetestowanie następujących modułów (**fotografia 1**):

- DSP1701A_AD_PCM1809 – dwa liniowe wejścia analogowe (z lewej),
- DSP1701A_SPDIF_IN_ASRC – moduł odbiornika SPDIF (środek), Toslink z konwerterem częstotliwości próbkowania ASRC
- DSP1701A_ASRC4192 – moduł ASRC (z prawej).

Wszystkie trzy moduły z fotografii 1 pracują w trybie master, tj. generują sygnały BCLK, LRCK oraz MCLK. Przed podłączeniem do płytki bazowej należy zdjąć z niej zwory OSC, BCLK, LRCK oraz zewrzeć zworę MCLK. Generator zegarowy zostanie odłączony, a sygnał zegarowy MCLK dla DSP – przełączony na sygnał MCLK z modułu rozszerzeń. Wyprowadzenia LRCK, MCLK zostaną odłączone od wyjściowego portu szeregowego.

Do obsługi wszystkich trzech modułów opracowano jedną aplikację *ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI2SMasterIn.dspproj*, której schemat pokazano na **rysunku 6**.

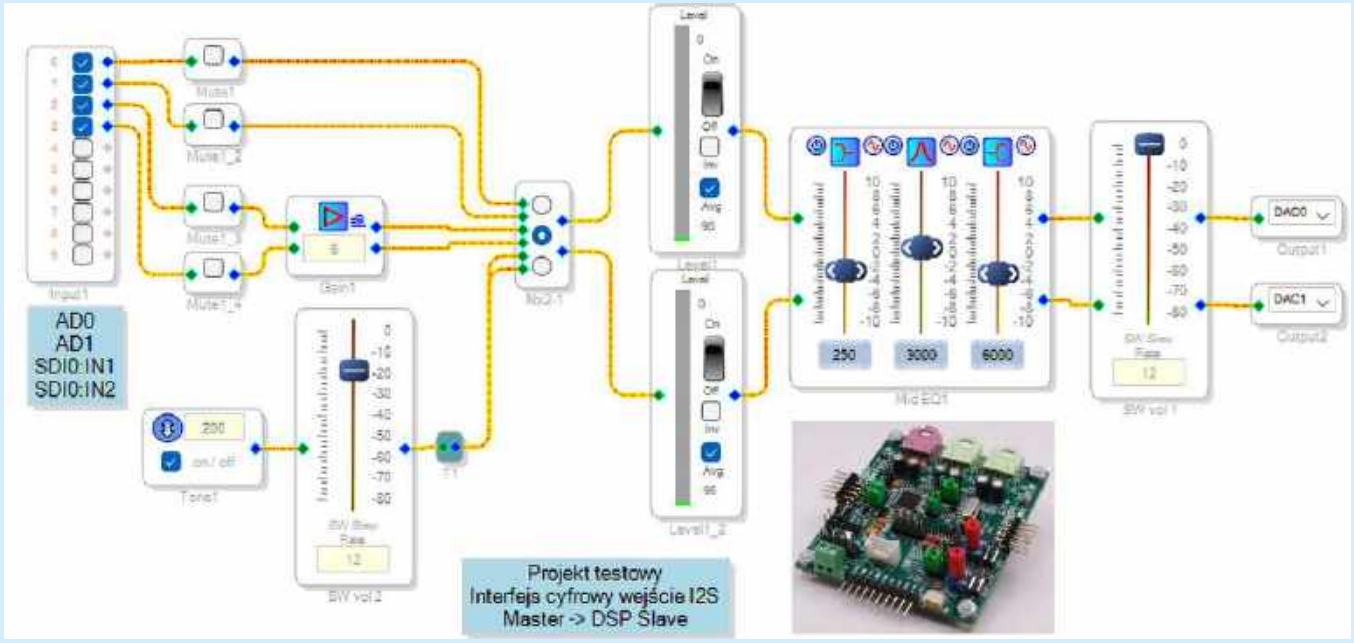
Aby użyć wejść cyfrowych należy użyć bloku *Input* z biblioteki *IO\Input*. Wejścia cyfrowe nie mają oddzielnego bloku funkcjonalnego i w celu wprowadzenia sygnału używany jest blok wejść *Input*. Dwa pierwsze wejścia – oznaczone 0,1 – służą do wprowadzania sygnału z wbudowanego przetwornika A/D, co zostało już zastosowane w dotychczasowych projektach. Wejścia oznaczone numerami 2...8 służą do wprowadzania sygnału cyfrowego z interfejsu szeregowego, w kolejności SDI0...3 (tj. interfejs SDI0 to wejścia 2, 3, SDI1 to wejścia 4, 5 itd). Moduły rozszerzeń połączono z interfejsem SDI0, więc ich sygnały dostępne są na wyprowadzeniach 2, 3.

W pierwszej kolejności przetestowany zostanie moduł z dwukanałowym przetwornikiem A/D typu PCM1809. Wejściowy, różnicowy sygnał audio należy doprowadzić do gniazd monofonicznych IN1, 2 typu jack 3,5 mm (3 pin.). Jeżeli nie dysponujemy źródłem sygnału różnicowego, należy na module założyć zwory SE1,2, konfigurując w ten sposób obwody wejściowe PCM1809 do trybu niesymetrycznego, a monofoniczne sygnały doprowadzić do złączy jack IN1, 2. Do podłączenia można także użyć listew szpilkowych IN1A, 2A.

Przed wgraniem aplikacji należy skonfigurować wyprowadzenia GPIO do obsługi interfejsu szeregowego. MP0 ustawiamy jako wejście interfejsu SDI0, MP4 jako wejście sygnału wyboru kanału LRCK, a MP5 jako wejście zegara bitowego BCLK. Trzeba też skonfigurować format interfejsu szeregowego I²S z polaryzacją sygnałów zgodną z **rysunkiem 7**.

Po uruchomieniu aplikacji możemy multiplekserem wybrać źródło sygnału wejściowego: analogowe z wbudowanego A/D, cyfrowe z modułu PCM1809 oraz sygnał generatora testowego. Po wyborze źródła możliwa jest trzypasmowa regulacja barwy dźwięku oraz regulacja głośności. Sygnał wyjściowy dostępny jest na gnieździe OUT1 i odpowiadających mu złączach szpilkowych OUT1A.

Procesor ADAU1701 nie ma wbudowanego odbiornika standardu SPDIF, a zatem by umożliwić bezpośrednią obróbkę sygnału cyfrowego, np. z odtwarzaczy CD, DVD itp. (w standardzie przewodowym SPDIF lub optycznym TOSLINK), konieczne było opracowanie modułu odbiornika. Moduł DSP1701A_SPDIF_IN_ASRC – oprócz odbiornika SPDIF/I²S opartego na układzie CS8416 – ma

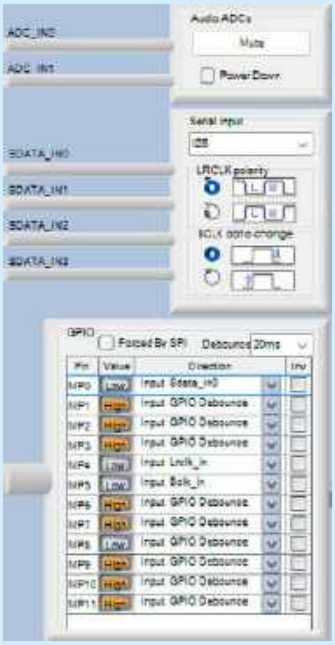


Rysunek 6. Schemat aplikacji przykładowej ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI²SMasterIn.dspproj

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

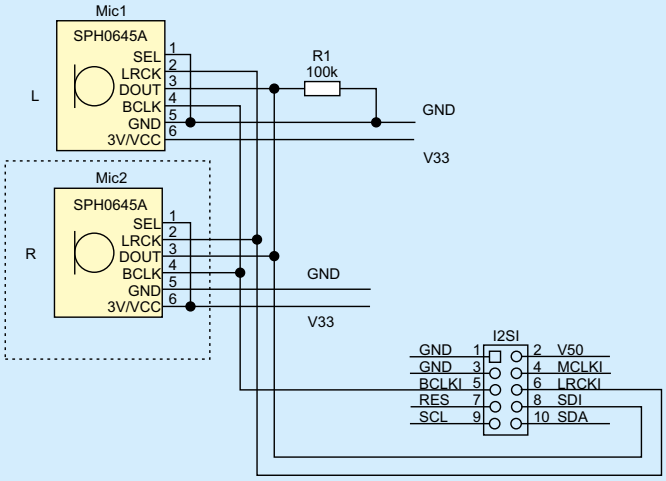
eprasa.pl 72d35c54c0

także konwerter częstotliwości próbkowania ASRC typu SRC4192. Ze względu na wymóg synchroniczności częstotliwości procesora DSP z sygnałem wejściowym, bez bloku ASRC niemożliwa byłaby obróbka sygnału cyfrowego o fs innej, niż wybrana podczas tworzenia aplikacji. Połączenie wymienionych układów zapewnia współpracę z częstotliwościami fs w zakresie 32...192 kHz, pokrywając większość typowych zastosowań. Przed podłączeniem modułu należy wybrać kwarc o częstotliwości 256×fs, czyli (kwarc 12,288 MHz przy 48 kHz) oraz skonfigurować moduł. Zworami FSO ustawiamy krotność 256, zworę S/L DELAY ustawiamy w położenie S (zdjęta), zworę PD w położenie Hi (zwarta), a zworę INSEL w położenie zgodne z typem źródła sygnału (TOSLINK/SPDIF). Po wgraniu aplikacji i podłączeniu źródła sygnału, na module DSP1701A_SPDIF_IN_ASRC powinna zaświecić się dioda LCK sygnalizująca poprawny odbiór sygnału SPDIF. Podobnie jak poprzednio, multiplekserem możemy wybrać źródło sygnału oraz skorygować barwę i poziom sygnału.



Rysunek 7. Konfiguracja wejściowego interfejsu szeregowego

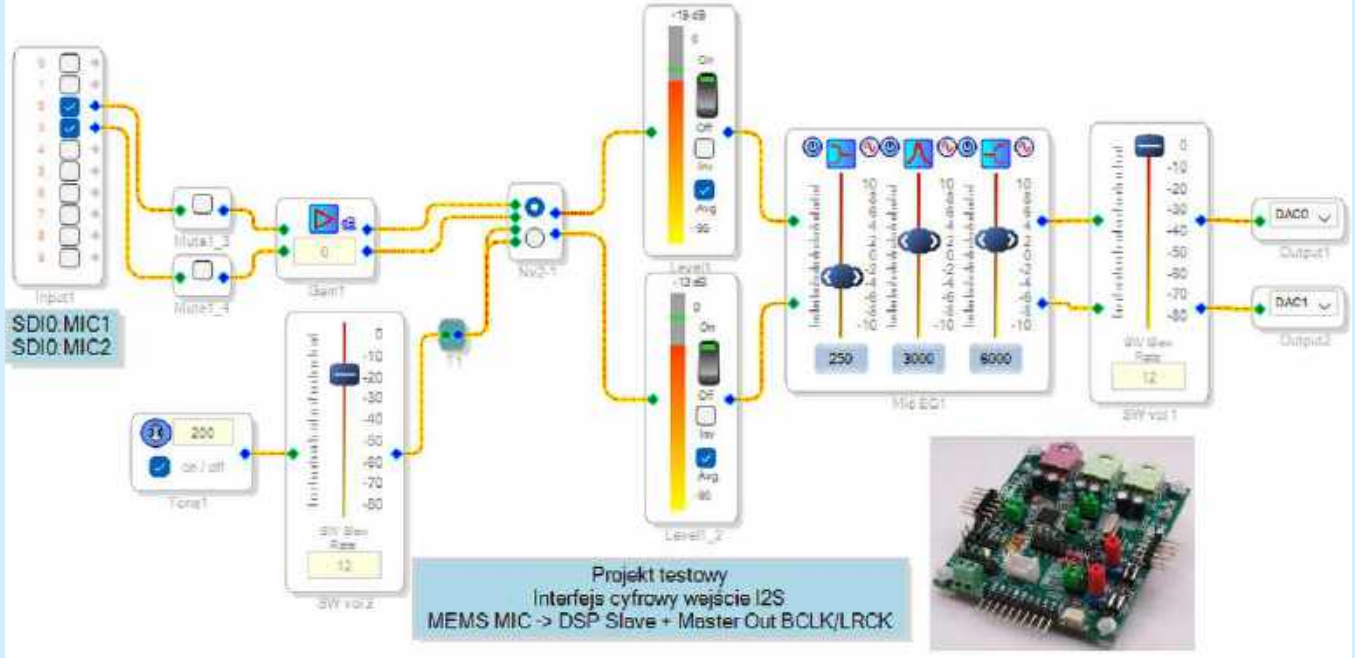
Moduł DSP1701A_SPDIF_IN_ASRC umożliwia podłączenie do DSP1701A_DSP_MK2 sygnału I²S o fs=32...192 kHz z zewnętrznych odbiorników Bluetooth, komputerów SBC (np. Raspberry Pi) lub odbiorników USB/I²S (np. Amanero lub XMOS). Moduł z DSP współpracuje w trybie master I²S lub LJ (16/24-bitowym) i generuje sygnał zegarowy MCLK. Ze względu na taktowanie DSP z modułu ASRC, należy zdjęć zworę OSC, wyłączając wbudowany generator. Port wejściowy ASRC pracuje w trybie I²S lub LJ slave i nie wymaga sygnału zegarowego MCLK. Należy natomiast zapewnić zgodność sygnałów wejściowych LRCKI, BCLKI oraz SDI modułu ASRC



Rysunek 8. Schemat podłączenia mikrofonów MEMS do złącza I²SI

ze standardem 3,3 V. Po dobraniu kwarcu, zworami FS0,1 należy ustawić wymaganą krotność fs, zworą FMO – format wyjściowy I²S/LJ, zworą WL – format danych (16/24 bitów), a zworą FMI – tryb odbieranych danych I²S/LJ. Sprawdzenie modułu po doprowadzeniu sygnałów I²S do złącza I²S przebiega identycznie, jak w przypadku DSP1701A_SPDIF_IN_ASRC.

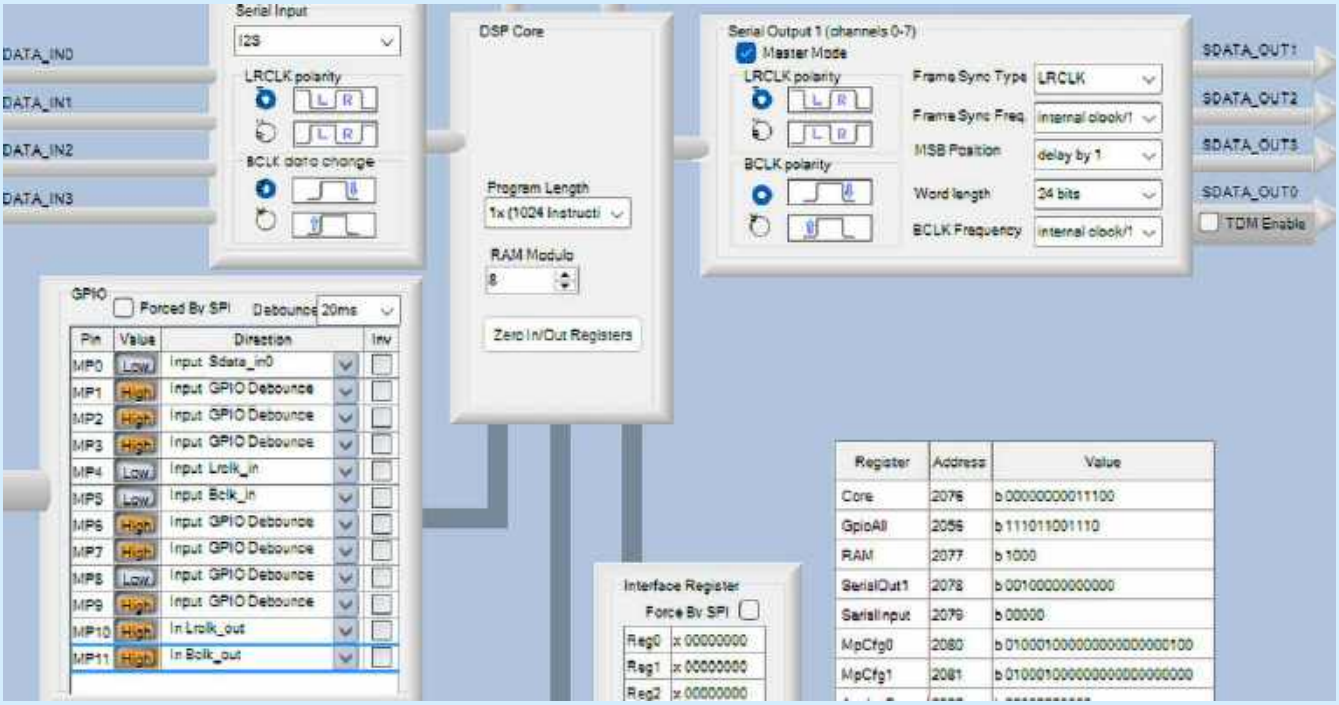
Ostatnim projektem dotyczącym wejść cyfrowych w formacie I²S, jest ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI²SMicMemsSlaveIn.dspproj. W projekcie źródłem sygnału są dwa mikrofony cyfrowe SPH0645, które pracują tylko w trybie slave. Aby uniknąć konieczności budowania generatora i dzielników niezbędnych do wytwarzania sygnałów BCLKI, LRCKI (potrzebnych do obsługi szeregowego interfejsu wejściowego DSP), można uciec się do pewnej sztuczki. Jeżeli zrezygnujemy z użycia MP10,11 w funkcji GPIO, to szeregowy interfejs wyjściowy może być zastosowany do generacji sygnałów BCLK, LRCK. Mostkując odpowiadające sygnały interfejsu wyjściowego (*I) i wejściowego (*O) zapewniamy taktowanie DSP i współpracującego układu slave, bez użycia zewnętrznych elementów. Po założeniu zwór BCLK, LRCK w płytce bazowej, sygnały BCLKO, LRCKO są dostępne na złączu I2SI, do którego podłączymy mikrofony – zgodnie ze schematem z **rysunku 8**. Przed podłączeniem do płytki bazowej mikrofonów należy założyć zworę



Rysunek 9. Schemat aplikacji przykładowej ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI²SMicMemsSlaveIn.dspproj

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 10. Konfiguracja interfejsów szeregowych

OSC, aby aktywować wbudowany generator. Zasilanie mikrofonów 3,3 V może zostać pobrane ze złącza UPC. Należy pamiętać o zachowaniu możliwie krótkich przewodów I²S.

Schemat aplikacji ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI²SMicMemsSlaveIn.dspproj zaprezentowano na **rysunku 9**.

Konfigurację procesora pokazano na **rysunku 10**. Oprócz konfiguracji wyprowadzeń interfejsu wejściowego MP0, 4, 5, konieczne jest ustawienie MP10 i MP11 do generacji sygnałów LRCK_OUT, BCLK_OUT oraz włączenie interfejsu wyjściowego w formacie master I²S.

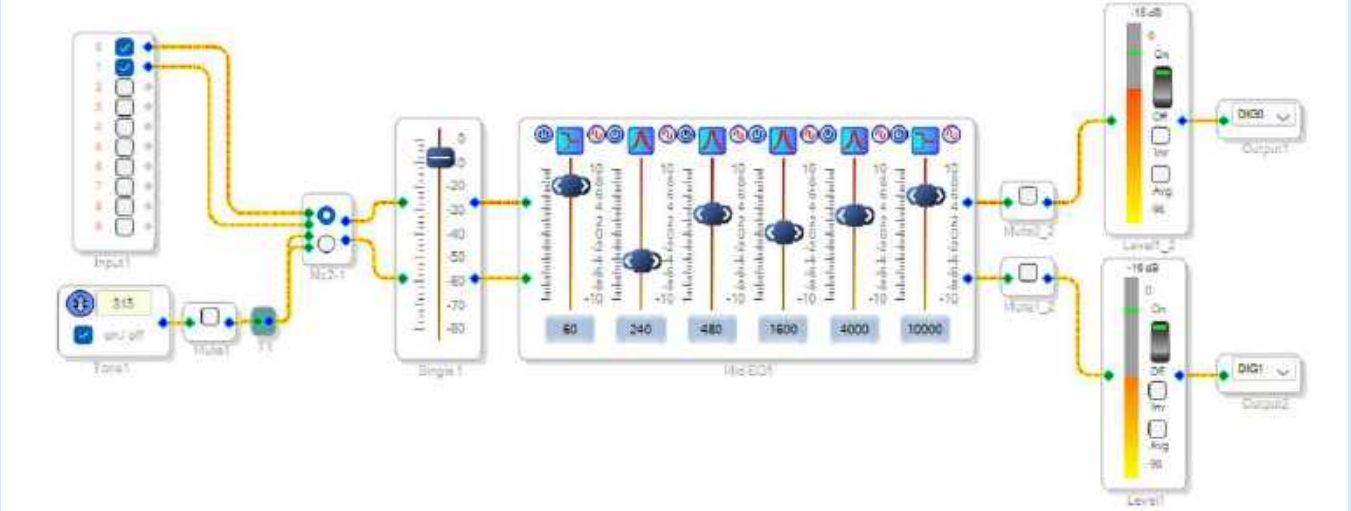


Fotografia 2. Moduł rozszerzeń szeregowego interfejsu wyjściowego SPDIF

Po wgraniu aplikacji, na wyjściach DAC0,1 powinien być słyszalny sygnał z mikrofonów (uwaga na poziom sygnału – istnieje niebezpieczeństwo sprzężenia akustycznego).

Podobny sposób, rezygnując z GPIO na wyprowadzeniach MP10, 11, można zastosować przy tworzeniu własnych modułów rozszerzeń pracujących w trybie slave. Projekt można będzie zastosować też do sprawdzenia działania opracowanych minimodułów ADC_PCM1809 i ADC_TAA5242, które publikujemy w bieżącym numerze EP.

Szeregowy port wyjściowy ADAU1701 może pracować zarówno w trybie slave, jak i master – sygnały OUTPUT_BCLK, OUTPUT_LRCK mogą być zatem generowane także przez DSP. Jedynym odstępstwem jest format TDM z fs=192 kHz, w przypadku którego DSP obsługuje tylko tryb slave. Wyprowadzenia OUTPUT_BCLK, OUTPUT_LRCK są konfigurowane jako wejścia w trybie slave lub wyjścia w trybie master. Sygnał wyjściowy dostępny jest na wyprowadzeniach SDATA_OUT0...3, a w formacie TDM

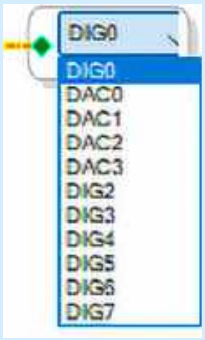


Rysunek 11. Schemat aplikacji przykładowej ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI²SOutMaster.dspproj

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0

– tylko na SDATA_OUT0 (MP6), bez możliwości mapowania na inny port szeregowy. Podobnie jak w porcie wejściowym, elastycznej konfiguracji pozostawiono formaty, w których przesyłane są dane wyjściowe. W konfiguracji procesora mamy możliwość wyboru: I²S, LJ, RJ, TDM z synchronizacją poziomem lub impulsem.



Rysunek 12. Konfiguracja wyjścia w tryb cyfrowy

Projekt testowy ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI2SOutMaster, opracowany w celu zaprezentowania działania wyjściowego interfejsu szeregowego (skonfigurowanego w formacie I²S), umożliwia przetestowanie modułu DSP1701A_SPDIF_OUT_DIT4192, zawierającego interfejs wyjściowy SPDIF w standardzie Coaxial i Toslink. Część sprzętowa modułu została opisana w EP06/2025, a wygląd modułu pokazano na **fotografii 2**. Projektu można użyć też z opisanymi wcześniej modułami wzmacniaczy mocy SSM2518 (EP07/2025) i SSM3582 (EP01/2021) oraz z opracowanymi minimodułami DAC_PCM5102, DAC_TAD5142, które także opisujemy szerzej w tym numerze EP.

Schemat aplikacji ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI2SOut Master.dspproj pokazano na **rysunku 11**.

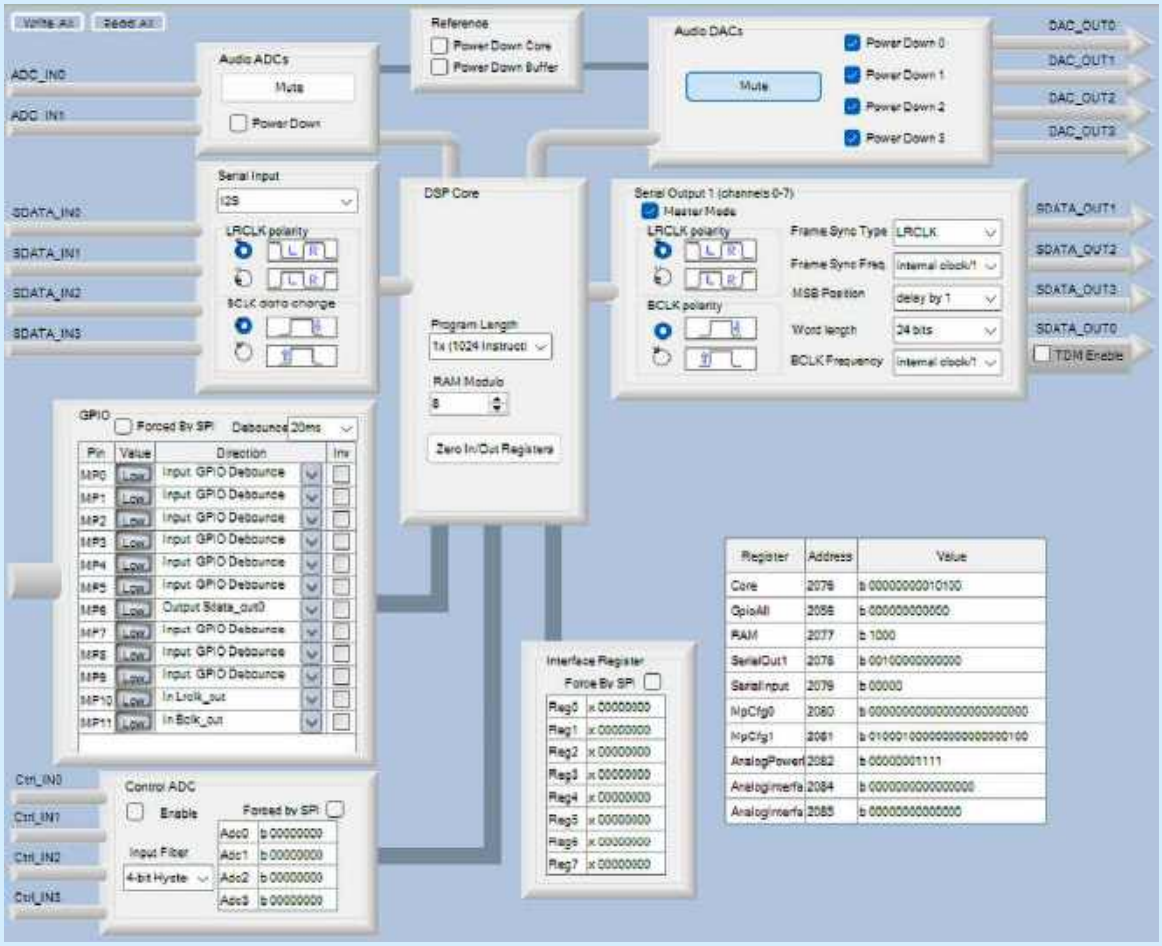
Wyjścia cyfrowe nie mają oddzielnego bloku funkcjonalnego i w celu wyprowadzenia sygnału używany jest tylko blok wyjść *Output* z biblioteki *IO\Output*, tak jak w przypadku wbudowanych przetworników DAC. Podczas konfiguracji z listy rozwijalnej należy wybrać odpowiednie wyjście cyfrowe DIG(x), co widać na **rysunku 12**.

Podobnie jak w przypadku wejść analogowych, kolejne wyjścia przypisane są do interfejsów wyjściowych. Dwa pierwsze wyjścia – oznaczone DIG0, DIG1 – służą do wprowadzania sygnału poprzez interfejs SDO0, a następnie (DIG2...8) przez SDO1...3. Moduły rozszerzeń połączone są z interfejsem SDO0, więc ich sygnały dostępne są na wyprowadzeniach DIG0, 1. W formacie TDM kolejne użyte kanały zajmują wyjścia DIG0...8, a fizycznie wyprowadzone są przez interfejs SDO0 (TDMO).

Przed wgraniem aplikacji testowej należy skonfigurować wyprowadzenia GPIO do obsługi interfejsu szeregowego. MP6 ustawiamy jako wyjście danych interfejsu SDO0, MP10 – jako wyjście sygnału wyboru kanału LRCK, a MP11 – jako wyjście zegara bitowego BCLK. Konfigurujemy też format interfejsu szeregowego I²S master do trybu z polaryzacją sygnałów wg **rysunku 13**. Nieużywane w projekcie przetworniki DAC należy wyciszyć i wprowadzić w tryb obniżonego poboru mocy.

Na płytce bazowej należy założyć zworę OSC oraz zdjąć zwory LRCK, BCLK, MCLK. Do wejścia IN1 trzeba podłączyć źródło sygnału analogowego, a do wyjść OUT_TOSLINK lub OUT_SPDIF – zewnętrzny przetwornik D/A. W zależności od standardu wejść przetwornika D/A, należy użyć światłowodu lub przewodu koncentrycznego. W module DSP1701A_SPDIF_OUT_DIT4192, podłączonym po prawej stronie płytki bazowej do gniazda I²SO, należy ustawić zworami CK1, 0 krotność fs=256 oraz ustawić tryb slave zworą MST/SLA. Po wgraniu aplikacji, sygnał z wejścia analogowego IN1 – po obróbce – zostanie wyprowadzony przez port szeregowy SDO0 do konwertera/nadajnika I²S/SPDIF, opartego na układzie DIT4192. W identyczny sposób można sprawdzić moduły przetworników D/A i wzmacniacz mocy z interfejsem I²S. W przypadku własnych konstrukcji należy pamiętać o standardzie 3,3 V, niezbędnym do bezpiecznej pracy wyprowadzeń interfejsu I²SO.

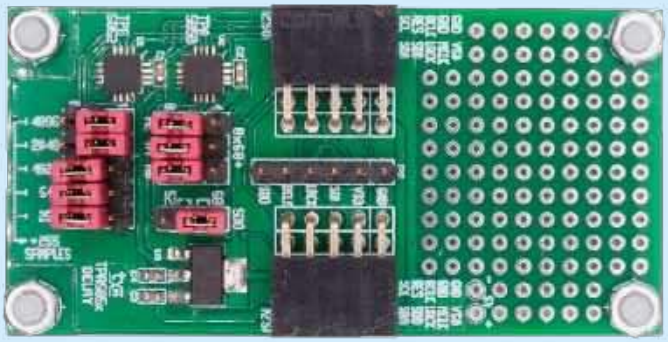
Projektem jednocześnie korzystającym z obu interfejsów cyfrowych DSP jest ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI2SDelay.



Rysunek 13. Konfiguracja wyjściowego interfejsu szeregowego

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0



Fotografia 3. Moduł rozszerzeń do realizacji opóźnienia cyfrowego

dspproj. Aplikacja bazuje na module cyfrowej linii opóźniającej DSP1701A_TPA505x (**fotografia 3**), opisanej w EP06/2025.

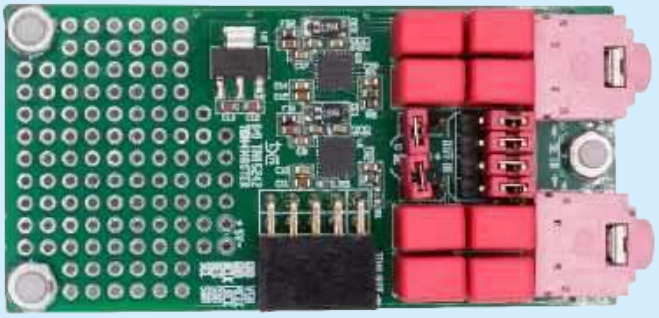
Ograniczone zasoby procesora ADU1701 utrudniają realizację dłuższych opóźnień sygnału, szczególne przydatnych, gdy tworzymy efekty do instrumentów lub zwrotnice głośnikowe, w których opóźnieniem wyrównujemy fazę sygnału. Opisany moduł zawiera dwie linie opóźniające: TPA5052 (użyty w projekcie testowym), w której opóźnienie 0...170 ms (przy fs=48 kHz) regulowane jest zworami, a także TPA5050, w której parametr ten jest ustawiany programowo poprzez magistralę I²C. Układy cyfrowej linii opóźniającej są urządzeniami slave magistrali I²S. Schemat aplikacji testowej pokazano na **rysunku 14**.

Sygnał analogowy z wbudowanego przetwornika A/D doprowadzony jest do miksera, a następnie do multipleksera sygnału z generatora testowego. Następnie, przez blok regulatora barwy, doprowadzony jest do wyjść przetwornika D/A. Jednocześnie sygnał zostaje podany na filtr umożliwiający kształtowanie charakterystyki sygnału przed doprowadzeniem do linii opóźniającej, podłączonej do wyjść DIG0, 1. Opóźniony sygnał, dostępny na interfejsie SDI0 (na wejściach 2, 3), doprowadzony jest do drugiego kanału miksera, gdzie można ustalić proporcje sygnału wejściowego i opóźnionego. Dzięki wielokrotnemu opóźnieniu sygnału w pętli sprzężenia, aplikacja może realizować efekt echa/pogłosu, zależny od ustawionego opóźnienia. Jeżeli zależy nam na dłuższym opóźnieniu, układy można łączyć kaskadowo lub – w przypadku sygnału jednokanałowego – użyć oddzielnie każdy z dwóch kanałów TPA505x, odpowiednio łącząc wejścia i wyjścia interfejsów cyfrowych. Konfigurację DSP odpowiednią dla opisywanego projektu można zobaczyć na **rysunku 15**. Blok wyjściowy SDO0 skonfigurowany jest w tryb master w formacie I²S, interfejs wejściowy SDI0 – w tryb slave. Interfejs SDI taktowany jest sygnałami interfejsu wyjściowego LRCKO, BCLKO.

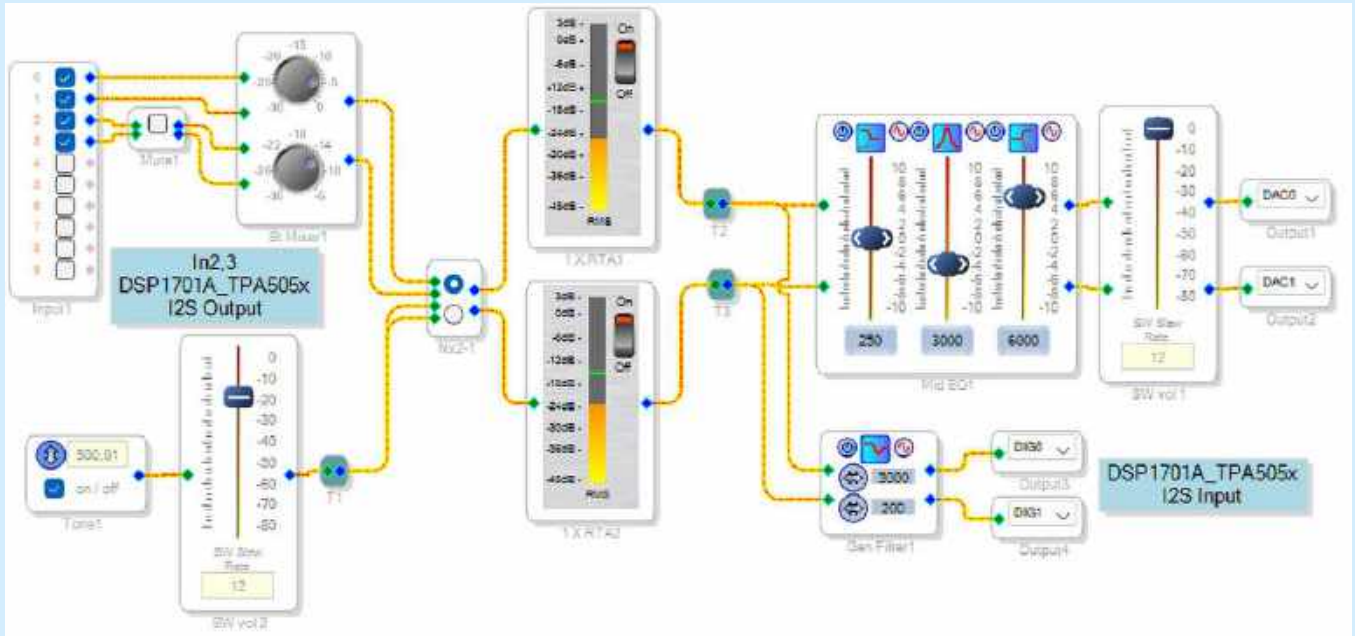
W celu przetestowania aplikacji, do wejścia IN1 należy doprowadzić sygnał ze źródła analogowego, a do wyjścia OUT1 podłączyć wzmacniacz. Moduł DSP1701A_TPA505x należy podłączyć z prawej strony płytki bazowej, do złącza I2SO. Dodatkowo należy połączyć sygnał SDO – ze złącza I²S modułu opóźnienia do wejścia SDI złącza I2SI modułu bazowego, korzystając z krótkiego odcinka przewodu z wtykami żeńskimi. Na płytce bazowej należy założyć zwory OSC, LRCK, BCLK, a na module opóźnienia wybrać zworą SDO układ TPA5050 oraz ustawić zworami opóźnienie (wielokrotność próbek fs, o które zostanie opóźniony sygnał). W aplikacji można ustawić regulatorami miksera poziom sygnału pogłosu, korektorami – wymaganą charakterystykę (np. tłumienie wysokich częstotliwości w torze opóźnienia), zworami w module – zmienić czas opóźnienia, a blokiem Mute1 – odłączyć opóźniony sygnał od toru sygnałowego.

Interfejs wejściowy TDM

Projekt testowy do obsługi wejściowego interfejsu szeregowego, skonfigurowanego w formacie TDM, przeznaczony jest do sprawdzenia modułu rozszerzeń DSP1701A_ADCTDM_TAA5242 – czterokanałowego przetwornika A/D (**fotografia 4**). Moduł zwiększa funkcjonalność płytki bazowej o cztery kanały przetwornika A/D, co w połączeniu z przetwornikiem wbudowanym w strukturę ADAU1701 umożliwia realizację przedwzmacniaczy lub mikserów z trzech źródeł sygnału analogowego.



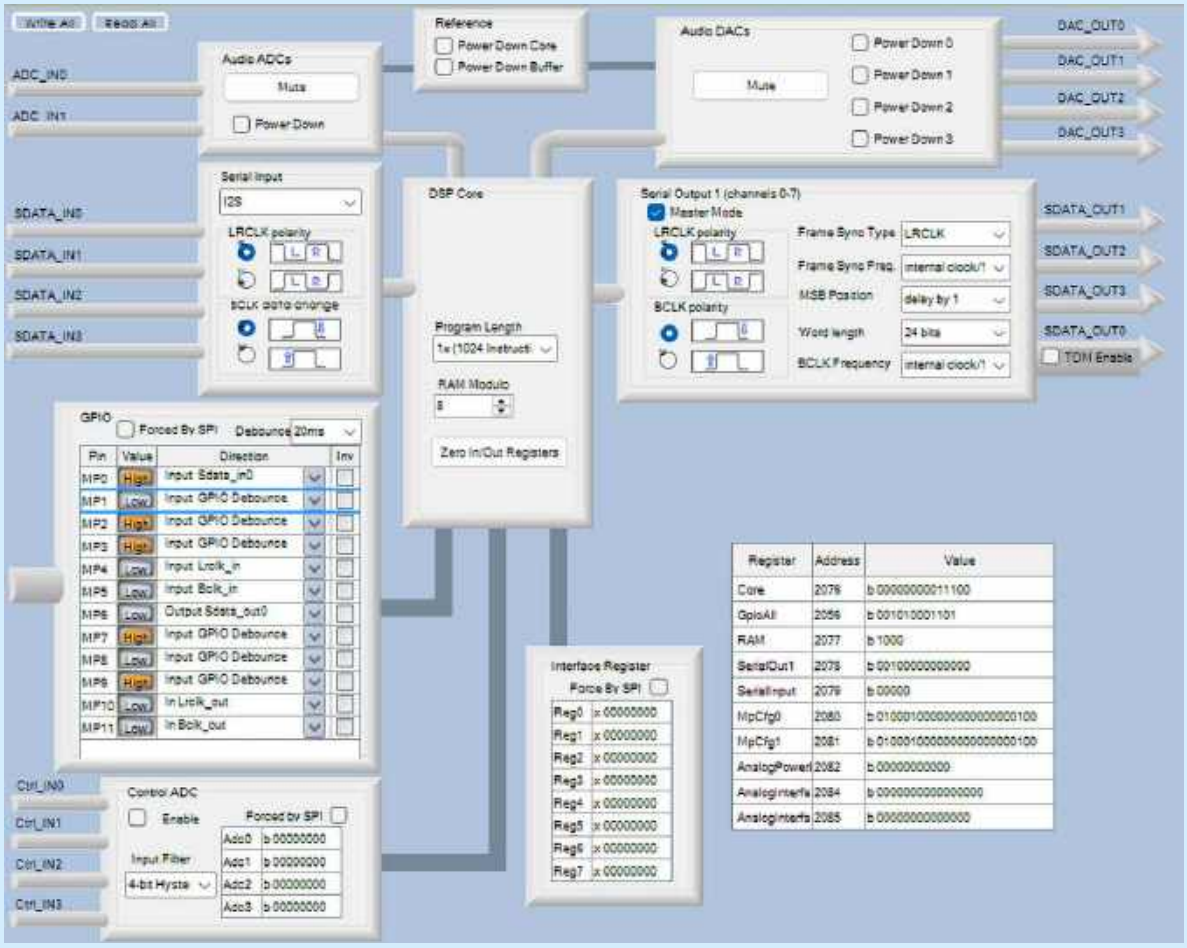
Fotografia 4. Moduł rozszerzeń czterokanałowego przetwornika A/D



Rysunek 14. Schemat aplikacji przykładowej ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyI²SDelay.dspproj

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

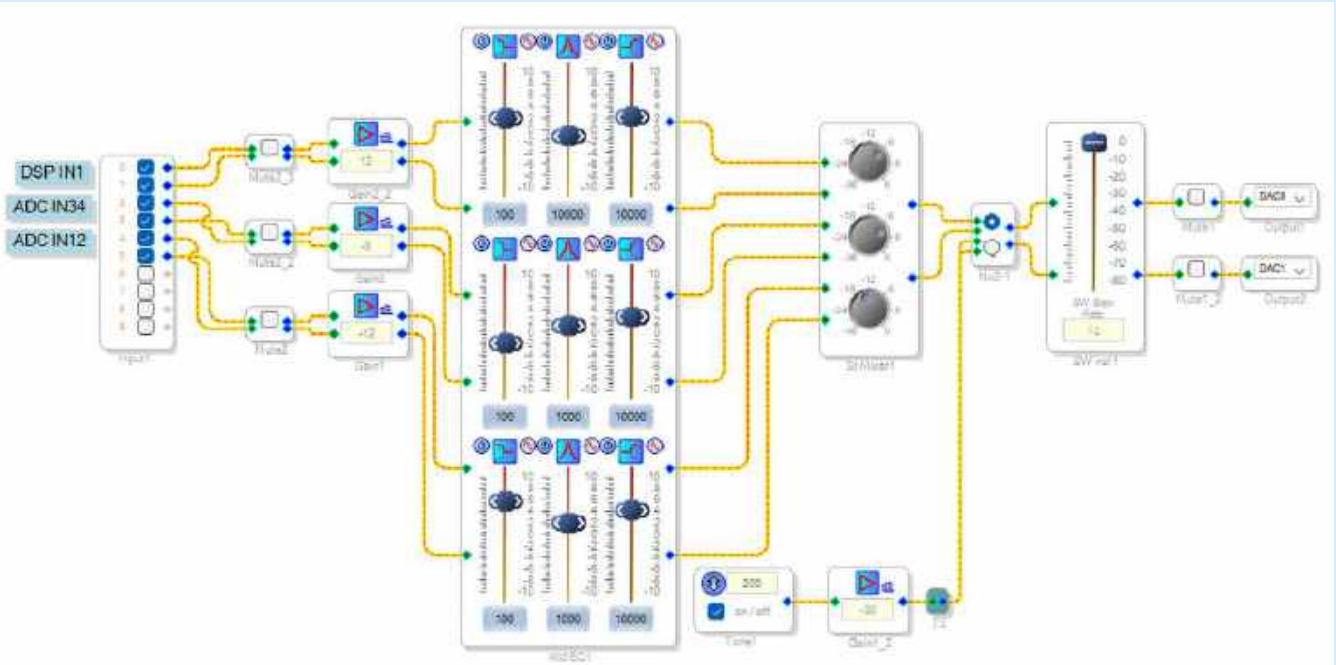
eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 15. Konfiguracja interfejsów szeregowych

Schemat projektu ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyTDMADC.dspproj widać na **rysunku 16**.

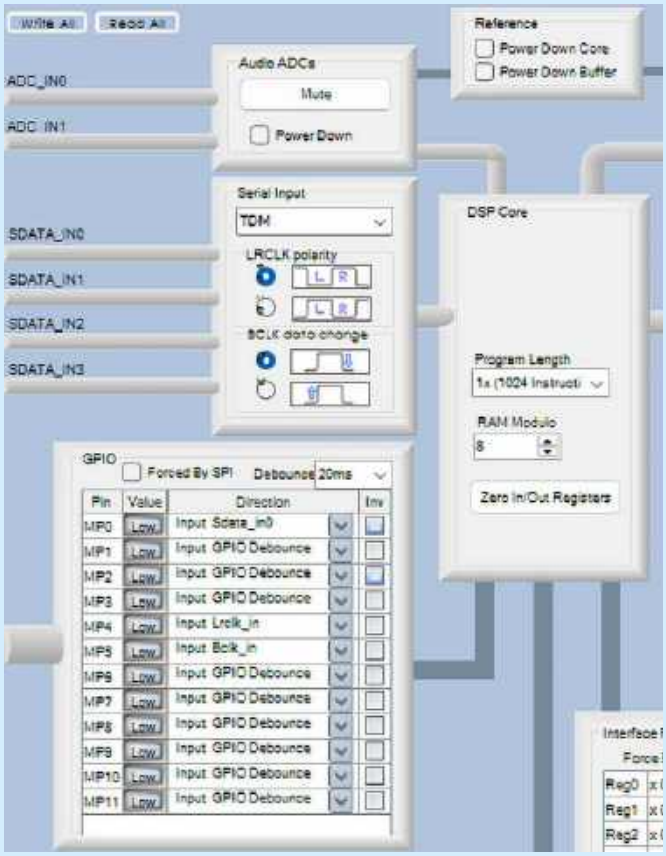
Aplikacja realizuje funkcję trzykanałowego miksera stereo z regulacją barwy tonu i wzmocnienia, niezależnie dla każdego z kanałów. Całość uzupełnia generator testowy. Miksowane są kanały z wbudowanego przetwornika (blok *Input*, wejścia 0, 1) oraz z przetworników A/D modułu rozszerzeń TAA5242 (blok *Input*, wejścia 2...5). Należy zwrócić uwagę na mapowanie kanałów: wejścia IN34 mapowane są na kanały 2, 3, wejścia IN12 na kanały 4, 5. Dodatkowo należy zamienić kanały 23 i 45, dla zachowania zgodności kanałów L/R z gniazdem IN na płytce bazowej. Zamiana kanałów w aplikacji ułatwia zaprojektowanie płytki i zachowanie oznaczeń kanałów przetwornika TAA5242. Sygnał wyjściowy wyprowadzony jest do wbudowanego przetwornika D/A. Konfigurację



Rysunek 16. Schemat aplikacji przykładowej ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyTDMADC.dspproj

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 17. Konfiguracja interfejsu wejściowego TDM

interfejsu szeregowego DSP do pracy w formacie TDM pokazano na **rysunku 17**.

Przed wgraniem aplikacji należy skonfigurować płytkę bazową, zakładając zwory generatora OSC oraz MCLK i doprowadzając sygnał zegarowy do złącza I2SI. Moduł DSP1701A_ADCTDM_TAA5242 podłączony jest z lewej strony płytki bazowej do złącza I2SI. W zależności od posiadanego źródła sygnału, należy doprowadzić sygnał niesymetryczny (stereo) do gniazd IN12 i IN34, zwierając zwory w złączach szpilkowych IN1...4 (wyprowadzenia 2–3) oraz zdjąć zwory z SD12, SD34, ustalając niesymetryczną konfigurację wejść przetworników A/D. W przypadku sygnału symetrycznego należy założyć zwory SD12, SD34, a sygnał doprowadzić bezpośrednio do złączy szpilkowych IN1...4 (1: IN+, 2=IN–, 3=GND), pozostawiając złącza IN12, IN34 niepodłączone. Po konfiguracji procesora i wgraniu aplikacji, powinno być możliwe miksowanie i korygowanie barwy każdego z kanałów.

Interfejs wyjściowy TDM

Projekt testowy do demonstracji sposobu obsługi wejściowego interfejsu szeregowego, skonfigurowanego w formacie



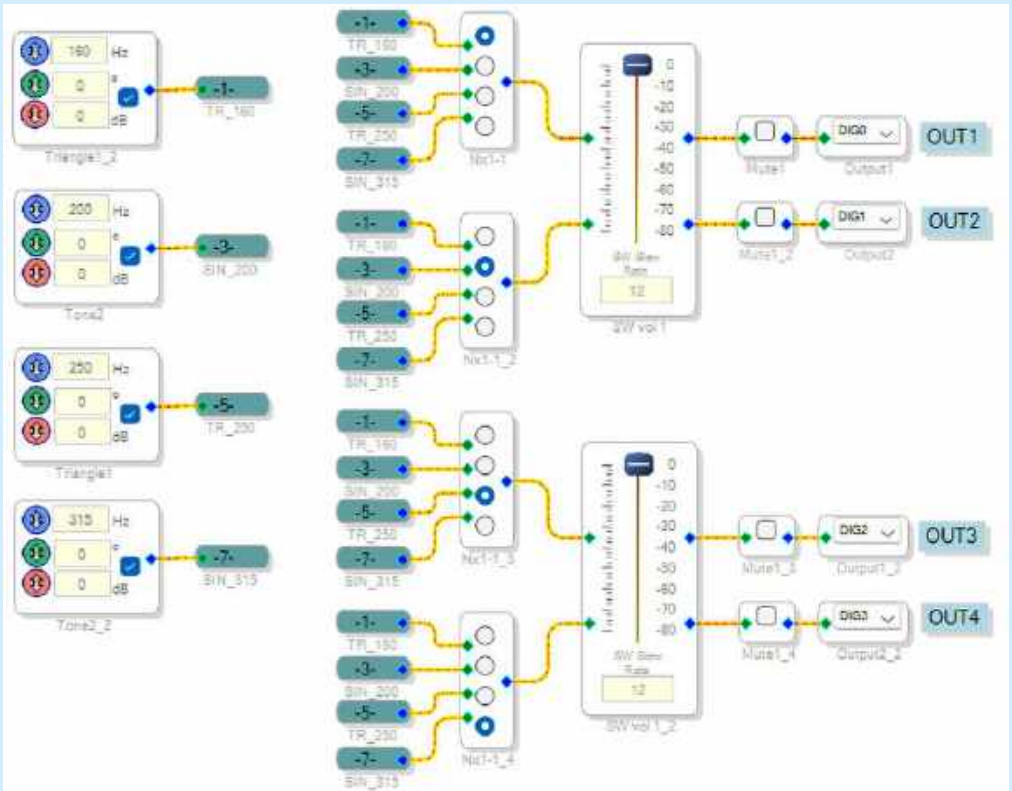
Fotografia 5. Moduł rozszerzeń czterokanałowego przetwornika D/A

TDM, przeznaczony jest do sprawdzenia modułu rozszerzeń DSP1701A_DACTDM_TAD5142 – czterokanałowego przetwornika D/A (**fotografia 5**). Moduł poszerza funkcjonalność płytki o cztery kanały wyjść analogowych, co razem z wbudowanym czterokanałowym przetwornikiem D/A umożliwia przykładowo realizację aktywnych, stereofonicznych zwrotnic głośnikowych.

Schemat projektu ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyTDMDAC.dspproj zamieszczono na **rysunku 18**.

Aplikacja zawiera czterokanałowy generator sinuoidalnego sygnału testowego 200/315 Hz i trójkątnego 160/250 Hz. Sygnał z każdego z generatorów może zostać – przy pomocy multiplekserów – doprowadzony (poprzez regulatory poziomu) do jednego z wyjść cyfrowych, a stąd do przetworników D/A typu TAD5142. Konfigurację wyjściowego interfejsu szeregowego DSP do formatu TDM zaprezentowano na **rysunku 19**.

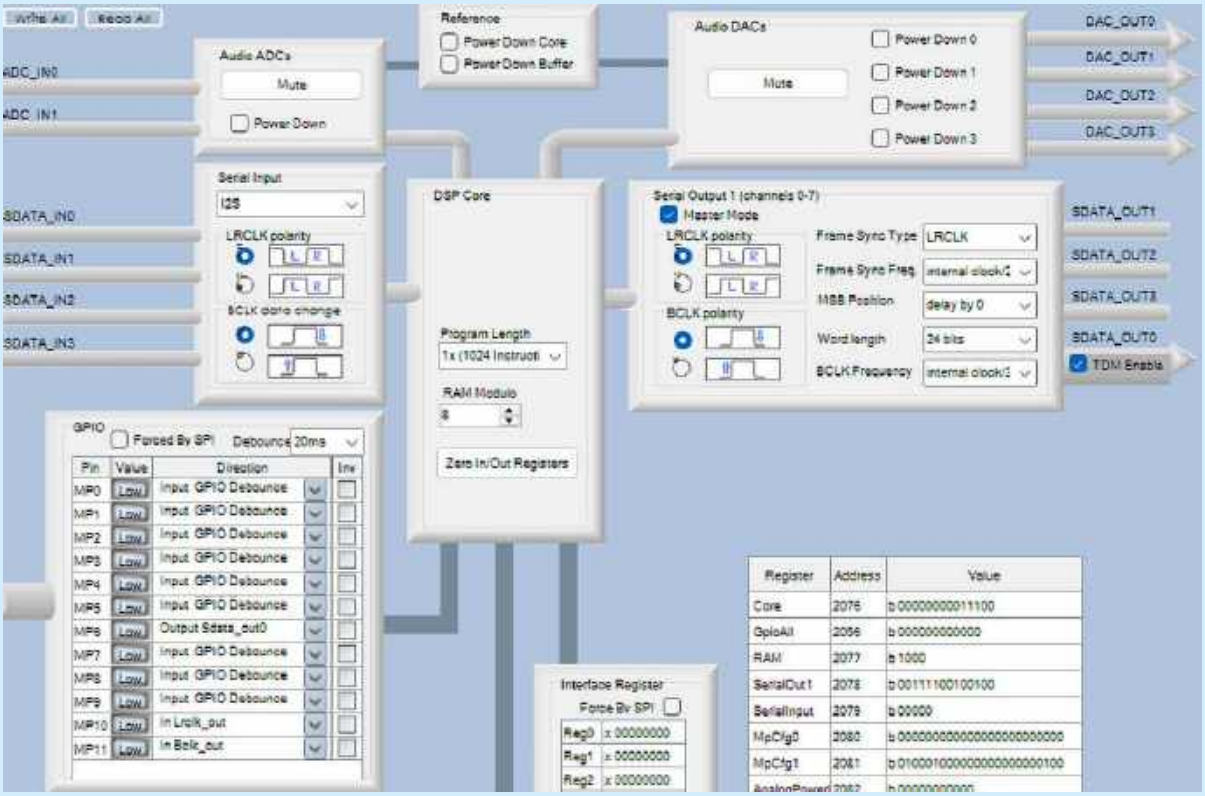
Przed wgraniem aplikacji należy skonfigurować płytkę bazową, zakładając zwory generatora OSC. Moduł DSP1701A_DACTDM_TAD5142 podłączony jest z prawej strony płytki bazowej do złącza I2SO. Do kontroli działania aplikacji potrzebny będzie oscyloskop. Na płytce rozszerzeń zdejmujemy zwory SD1, SD2, ustalając w ten sposób niesymetryczną konfigurację wyjść przetworników D/A. Po konfiguracji procesora i wgraniu aplikacji podłączamy sondę oscyloskopu do kolejnych kanałów wyjściowych, sprawdzając obecność wybranego multiplekserem sygnału. Domyślnie



Rysunek 18. Schemat aplikacji przykładowej ADAU1701_MK2_Cz5_ProjektTestowyTDMDAC.dspproj

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 72d35c54c0



Rysunek 19. Konfiguracja interfejsu wyjściowego TDM

aplikacja generuje na każdym wyjściu przebieg o innej częstotliwości, co może zostać zweryfikowane błyskawicznie przy pomocy oscyloskopu czterokanałowego. Obecność sygnału można oczywiście sprawdzić także podłączając wzmacniacz do gniazd OUT12, OUT 34 i zwracając przy tym uwagę na poziom sygnału.

To był już ostatni projekt testowy, kończący krótki kurs DSP na bazie płytki DSP1701A_DSP_MK2. Dziękuję za uwagę i zachęcam do tworzenia własnych aplikacji z ADAU1701 oraz innymi procesorami z rodziny Sigma DSP!

Adam Tatuś, EP

REKLAMA



eprasa.pl 72d35c54c0

koktajl niusów

Transformator bezpieczeństwa TO 100 VA 230/24 V



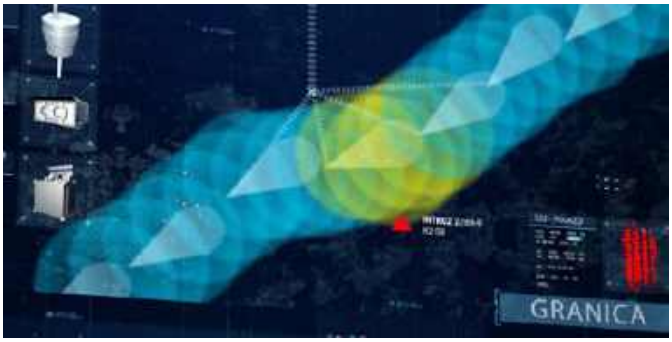
Transformator bezpieczeństwa TO 100 VA 230/24 V został zaprojektowany z myślą o zapewnieniu wysokiego poziomu ochrony użytkownika oraz bezpiecznej eksploatacji urządzeń elektrycznych. Spełnia wszystkie kluczowe normy branżowe, w tym PN-EN 61558-2-6.

Konstrukcja transformatora zapewnia pełną separację galwaniczną pomiędzy uzwojeniem pierwotnym (230 V) a uzwojeniem wtórnym (24 V), co znacznie ogranicza ryzyko porażenia prądem – szczególnie w przypadku wystąpienia usterek instalacji. Urządzenie oferuje moc znamionową 100 VA oraz maksymalny prąd wyjściowy na poziomie 4,16 A, co pozwala na zasilanie szerokiej gamy niewielkich urządzeń i systemów sterujących czy kontrolno-pomiarowych. Transformator TO 100 VA 230/24 V jest przystosowany do pracy w warunkach podwyższonej wilgotności, wibracji oraz zmiennych temperatur, zachowując wysoką sprawność i odporność na zakłócenia.

Kluczowe parametry techniczne:

- moc znamionowa: 100 VA,
- napięcie wejściowe: 230 V,
- napięcie wyjściowe: 24 V,
- maksymalny prąd obciążenia: 4,16 A.

https://tiny.pl/rzjw5f8j



AMSTA – zaawansowany system ochrony perymetrycznej dla strategicznych obiektów

System ochrony perymetrycznej AMSTA to nowoczesne rozwiązanie przeznaczone do zabezpieczania rozległych i wymagających przestrzeni, takich jak elektrownie, porty, rafinerie, gazociągi czy centra logistyczne. Bazując na sieci inteligentnych sensorów, system umożliwia skuteczne wykrywanie i klasyfikowanie prób wtargnięcia osób nieuprawnionych na teren objęty ochroną. Wysoka precyzja detekcji w połączeniu z niezawodną identyfikacją intruzów pozwala na szybkie reagowanie w sytuacjach zagrożenia, minimalizując ryzyko błędnych alarmów.

Wszystkie dane generowane przez sensory systemu trafiają do centralnej jednostki zarządzającej, zlokalizowanej na serwerze. Umożliwia to bieżące monitorowanie, archiwizację oraz udostępnianie informacji uprawnionym użytkownikom. Operatorzy mogą obsługiwać system zarówno ze Stacjonarnej Stacji Kontroli (SSK), jak i z urządzeń mobilnych, co zapewnia elastyczność i pełną kontrolę niezależnie od lokalizacji.

Wbudowane mechanizmy antysabotażowe chronią kluczowe komponenty systemu przed nieautoryzowanym dostępem. W przypadku próby demontażu lub ingerencji w czujniki, system natychmiast generuje alarm, który pojawia się na konsoli operatora. Dzięki temu możliwe jest szybkie podjęcie działań zapobiegających naruszeniu integralności zabezpieczanego obszaru.

Za bezpieczeństwo transmisji danych odpowiadają zaawansowane, autorskie algorytmy szyfrowania. Chronią one zarówno sygnały sterujące, jak i dane diagnostyczne przed przejęciem lub zakłóceniem przez osoby nieuprawnione, zapewniając pełną poufność i integralność komunikacji w ramach całego systemu.

AMSTA umożliwia również zdalne zarządzanie parametrami pracy. Użytkownicy mogą edytować ustawienia, kontrolować konfigurację, monitorować stan poszczególnych urządzeń (m.in. wartości temperatury, wilgotności czy kondycję źródeł zasilania), a także przeglądać historię zdarzeń. Funkcjonalność ta czyni system nie tylko skutecznym narzędziem ochrony, ale również platformą zarządzania środowiskiem technicznym obiektu.

https://www.wbgroup.pl/produkt/system-amsta/

Narzędzie ręczne 3M Mini Stack Connector 3S900-1X



Ręczne narzędzie 3M Mini Stack Connector 3S900-1X to specjalistyczne rozwiązanie stworzone do pracy ze złączami gniazdowymi z serii 3S5, umożliwiające szybkie i efektywne zakańczanie przewodów bez konieczności uprzedniego zdejmowania izolacji z poszczególnych żył. Urządzenie zaprojektowano z myślą o wysokiej wydajności i wygodzie użytkowania – proces montażu polega na umieszczeniu gniazda na przewodzie, wprowadzeniu żył do narzędzia i jednoczesnym ich zaciśnięciu.

Unikalną cechą konstrukcji jest możliwość jednoczesnego zakończenia od dwóch do czterech żył w jednym cyklu roboczym. Eliminuje to potrzebę indywidualnego wkładania przewodów czy osobnego ich zaciskania, co znacząco skraca czas pracy. Według deklaracji producenta, użycie narzędzia 3S900-1X pozwala ograniczyć czas poświęcony na przygotowanie okablowania nawet o 60% w porównaniu z tradycyjnymi metodami, stosowanymi przy użyciu standardowych złączy zaciskanych.

Kompaktowa obudowa i ergonomiczny kształt narzędzia wpływają nie tylko na komfort użytkowania, ale również umożliwiają pracę w miejscach o ograniczonej przestrzeni. Solidna, wytrzymała konstrukcja zapewnia długotrwałą niezawodność, nawet w intensywnych warunkach produkcyjnych.

Model 3S900-1X został opracowany z myślą o pełnej kompatybilności ze złączem 3M Mini Stack Wiremount Socket z serii 3S5.

eprasa.pl 72d35c54c0

Obsługuje przewody o średnicach w zakresie od 30 AWG do 22 AWG, co czyni go uniwersalnym narzędziem do szerokiego spektrum zastosowań w elektronice, automatyce i instalacjach przemysłowych.

https://www.3mpolska.pl/3M/pl_PL/p/d/b5005471001/



Rekordowe 0,305 sekundy! Robot Mitsubishi Electric ustanawia nowy rekord świata w układaniu kostki Rubika

TOKUFASTbot – innowacyjny robot opracowany przez inżynierów Mitsubishi Electric – ustanowił nowy rekord świata w układaniu kostki Rubika, wykonując to zadanie w zaledwie 0,305 sekundy. Tym samym pobił dotychczasowy wynik 0,38 sekundy, ustanawiając nowy standard szybkości w robotyce precyzyjnej.

Ten niezwykły rezultat to nie tylko imponujące osiągnięcie czasowe, ale także dowód na ogromny postęp technologiczny w dziedzinie automatyki przemysłowej, napędów oraz systemów sterowania. Kluczową rolę w sukcesie TOKUFASTbota odegrały wyjątkowo szybkie serwonapędy, zdolne do wykonania obrotu o 90° w czasie krótszym niż 9 ms. Tak wysoki poziom precyzji i dynamiki był możliwy dzięki wieloletniemu rozwojowi technologii napędów oraz ciągłemu doskonaleniu algorytmów sterujących i systemów przetwarzania danych w czasie rzeczywistym.

Każdy komponent robota został precyzyjnie zaprojektowany i zoptymalizowany przez zespół Mitsubishi Electric z myślą o osiągnięciu maksymalnej synchronizacji oraz połączeniu trzech kluczowych cech: wydajności, dokładności i niezawodności.

Nieoceniony wkład w pobicie rekordu miał również zaawansowany algorytm rozpoznawania kolorów, oparty na technologii sztucznej inteligencji. Dzięki niemu robot błyskawicznie identyfikuje układ kolorów na kostce – nawet przy zmiennym oświetleniu – z dużą precyzją rozróżniając zbliżone odcienie, takie jak czerwony i pomarańczowy.

Osiągnięcie TOKUFASTbota to efekt pasji, inżynierskiej precyzji i zaawansowanej technologii. Udowadnia, że granice możliwości w dziedzinie automatyzacji wciąż się przesuwają – a Mitsubishi Electric znajduje się na ich czele.

https://tiny.pl/5n5s-3k0

Niepozorna podstawówka z supernowoczesną infrastrukturą zasilającą

W Szkole Podstawowej w Lusówku, zlokalizowanej na powierzchni 5300 m², znajduje się blisko 200 pomieszczeń, z których każde wyposażono w nowoczesne zabezpieczenia instalacji elektrycznej. Kluczową rolę w systemie bezpieczeństwa odgrywają urządzenia wykrywające zwarcia łukowe – jedną z najpoważniejszych i najbardziej niebezpiecznych usterek mogących wystąpić w układach zasilania.

W każdym pomieszczeniu zainstalowano co najmniej dwa urządzenia firmy ABB z serii S-ARC1, implementujące technologię detekcji łuku elektrycznego (AFDD). Ich działanie opiera się na układzie elektronicznym, który wykrywa iskrzenie mogące powstawać np. na luźnych stykach, uszkodzonych przewodach, czy w przewodach przygniecionych przez drzwi lub meble. Zwarcie



łukowe, powstające m.in. w wyniku mechanicznego uszkodzenia lub zanieczyszczenia instalacji, może w krótkim czasie doprowadzić do pożaru – dlatego kluczowe jest szybkie przerwanie obwodu. Aparaty AFDD wyłączają zasilanie natychmiast po wykryciu pierwszych objawów iskrzenia, eliminując zagrożenie u źródła.

Zastosowanie przynajmniej dwóch obwodów elektrycznych w każdym pomieszczeniu zapewnia nie tylko większe bezpieczeństwo, ale także elastyczność w przypadku serwisowania lub modernizacji instalacji. To praktyczne rozwiązanie wspomaga również codzienną pracę nauczycieli i uczniów, zapewniając ciągłość zasilania w budynku nawet przy częściowym wyłączeniu systemu.

Sercem całej instalacji są rozdzielnice w obudowie TwinLine, które odpowiadają za niezawodną dystrybucję energii w całym budynku. W głównej rozdzielnicy pracuje analizator parametrów zasilania – urządzenie monitorujące stan systemu w czasie rzeczywistym. W razie jakichkolwiek nieprawidłowości użytkownicy są natychmiast informowani, co umożliwia podjęcie działań zapobiegawczych bez konieczności przerywania dostaw energii.

Zaawansowana instalacja w szkole w Lusówku pokazuje, że nowoczesne technologie zabezpieczeń nie są zarezerwowane wyłącznie dla przemysłu – równie skutecznie mogą chronić przestrzenie publiczne, w których liczy się niezawodność, bezpieczeństwo i komfort użytkowania.

https://tiny.pl/wtyyqzxj

Hopper – kompaktowy mikrofon bezprzewodowy od NATEC dla twórców mobilnych



NATEC Hopper to nowoczesny mikrofon bezprzewodowy zaprojektowany z myślą o twórcach treści, którzy cenią sobie mobilność, wygodę i wysoką jakość nagrań. Idealnie sprawdza się podczas nagrywania relacji, wywiadów czy materiałów na media społecznościowe – zarówno w pomieszczeniach, jak i w plenerze.

Kompaktowe wymiary urządzenia idą w parze z zaawansowaną funkcjonalnością. Hopper wyposażono w system cyfrowej redukcji szumów ENC (Environmental Noise Cancellation), który skutecznie eliminuje dźwięki otoczenia, zapewniając czysty, wyraźny dźwięk, niezależnie od warunków nagrywania.

Dzięki transmisji w paśmie 2,4 GHz mikrofon może przesyłać sygnał na odległość do 30 metrów, co gwarantuje pełną swobodę ruchów użytkownika. Wbudowana bateria o pojemności 40 mAh pozwala na nawet 4 godziny nieprzerwanego nagrywania, a dołączone etui ładujące (200 mAh) umożliwia szybkie uzupełnienie energii w dowolnym momencie. Dodatkowo, dzięki specjalnemu złączu, możliwe jest równoczesne ładowanie bez konieczności przerywania

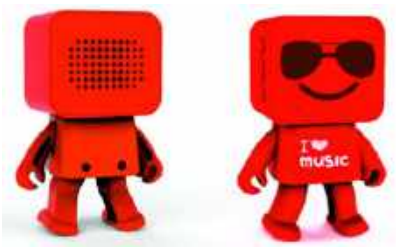
eprasa.pl 72d35c54c0

nagrywania – funkcja szczególnie przydatna podczas intensywnych sesji wideo.

Mikrofon Hopper dostępny jest w różnych konfiguracjach – z jednym lub dwoma mikrofonami, a także z odbiornikami USB-C lub Lightning, co czyni go kompatybilnym z szeroką gamą urządzeń mobilnych. To uniwersalne narzędzie zarówno dla początkujących, jak i bardziej zaawansowanych twórców, którzy potrzebują niezawodnego sprzętu w kompaktowej formie.

https://pl.natec-zone.com/press/poznaj-natec-hopper

ROBOT – bezprzewodowy głośnik reklamowy od MemoRabbit



Firma MemoRabbit wprowadziła do swojej oferty nowy gadżet promocyjny – kompaktowy, bezprzewodowy głośnik Bluetooth w formie robota. Urządzenie zostało zaprojektowane z myślą o zastosowaniach reklamowych i umożliwia szeroki zakres personalizacji, w tym dobór kolorystyki oraz umieszczenie indywidualnej grafiki lub logo klienta.

Głośnik umożliwia bezprzewodowe odtwarzanie dźwięku z poziomu urządzeń mobilnych, a jego maksymalna głośność wynosi 85 dB. Model został wyposażony w funkcję poruszania się w rytm odtwarzanej muzyki, co może zwiększać jego atrakcyjność wizualną podczas wydarzeń promocyjnych.

Zasilanie stanowi wbudowany akumulator, który umożliwia mobilne użytkowanie. Obudowa robota dostępna jest w kilku wersjach kolorystycznych. Z uwagi na możliwość personalizacji oraz niewielkie wymiary, urządzenie jest przeznaczone przede wszystkim do wykorzystania jako upominek reklamowy lub nośnik identyfikacji wizualnej marki.

https://memorabbit.pl/product/Glosnik-robot



System operacyjny Arene debiutuje w nowej Toyocie RAV4

W najnowszej wersji Toyoty RAV4 po raz pierwszy zastosowano system operacyjny Arene – platformę stworzoną przez Toyotę z myślą o rozwoju oprogramowania pojazdów nowej generacji. Rozwiązanie to umożliwiło wdrożenie szeregu udoskonaleń w zakresie systemów bezpieczeństwa, wsparcia kierowcy oraz obsługi multimediów.

W modelu RAV4, Arene wspiera działanie nowego systemu multimedialnego, który funkcjonuje szybciej i sprawniej niż w dotychczasowych wersjach, oferując ulepszoną łączność oraz rozbudowaną nawigację. Wśród funkcji zintegrowanych z platformą znalazł się m.in. nowy asystent głosowy oraz rozszerzony pakiet systemów bezpieczeństwa czynnego Toyota Safety Sense, obejmujący m.in. układ wspomagania parkowania.

System operacyjny Arene został opracowany z myślą o bezpiecznym, skalowalnym i szybkim rozwoju oprogramowania pojazdów. Składa się z trzech głównych komponentów: Arene SDK (Software Development Kit), Arene Tools oraz Arene Data.

Arene SDK odpowiada za tworzenie i wdrażanie aplikacji na różne systemy pokładowe. W przypadku RAV4 użyto go do rozwoju oprogramowania multimedialnego oraz interfejsów użytkownika.

Arene Tools umożliwia wirtualne testowanie aplikacji i systemów bezpieczeństwa bez konieczności budowania fizycznych prototypów, co przyspiesza proces weryfikacji i wprowadzania nowych funkcji.

Trzecim elementem platformy jest Arene Data – infrastruktura pozwalająca na bezpieczne gromadzenie i analizę danych z jazdy. Rozwiązanie to wspiera zdalne aktualizacje oraz rozwój systemów wspomagania kierowcy (ADAS), jazdy autonomicznej i personalizacji ustawień pojazdu. W nowej Toyocie RAV4 Arene Data wykorzystywane jest m.in. do dalszego doskonalenia systemu Toyota Safety Sense w oparciu o rzeczywiste dane eksploatacyjne.

https://tiny.pl/6zwt16s9



Samsung Odyssey OLED G6 – pierwszy na świecie monitor OLED o częstotliwości odświeżania 500 Hz dla graczy

Samsung zaprezentował monitor Odyssey OLED G6 – pierwszy na świecie model OLED dla graczy, oferujący częstotliwość odświeżania na poziomie 500 Hz. Urządzenie zostało oparte na technologii QD-OLED i wyposażone w ekran o rozdzielczości QHD (2560×1440 px) oraz czasie reakcji wynoszącym zaledwie 0,03 ms.

Monitor wyróżnia się szerokim zakresem technologii poprawiających płynność i jakość obrazu, w tym obsługą NVIDIA G-SYNC oraz AMD FreeSync Premium Pro. Dodatkowo urządzenie otrzymało certyfikat VESA DisplayHDR True Black 500, co potwierdza zdolność do wyświetlania głębokich czerni i wysokiego kontrastu.

Model Odyssey OLED G6 został zaprojektowany z myślą o długotrwałych sesjach gamingowych. Zastosowano w nim technologię Samsung Glare Free, która ogranicza refleksy świetlne na powierzchni ekranu, umożliwiając komfortową grę niezależnie od warunków oświetleniowych. Jasność ekranu sięga 1000 nitów, co zwiększa czytelność obrazu także w jasnych pomieszczeniach.

Odwzorowanie barw potwierdzone zostało certyfikatem Pantone Validated. Monitor jest w stanie wiernie prezentować ponad 2100 kolorów oraz 110 odcieni skóry z biblioteki Pantone, co ma szczególne znaczenie dla realistycznych efektów wizualnych w grach oraz spójności z zamierzeniami twórców.

Dodatkowe rozwiązania chronią ekran przed zjawiskiem „wypalania" pikseli, co przekłada się na dłuższą żywotność panelu – również podczas intensywnego użytkowania.

https://tiny.pl/s-kbt81h

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@elportal.pl

eprasa.pl 72d35c54c0

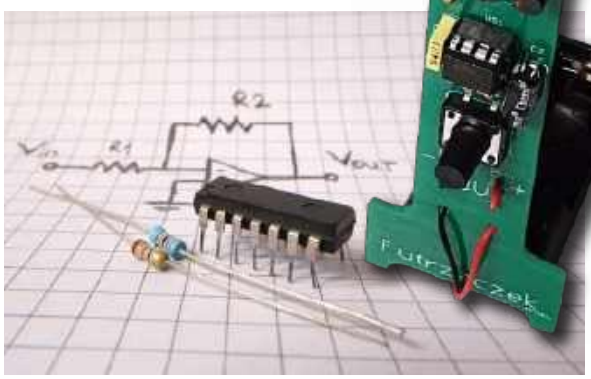
Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 8/2025

Temat Numeru: Przetworniki akustyczne okiem praktyka



O wysokiej klasy mikrofonach czy głośnikach, które znajdują zastosowanie w kosztownych systemach audio Hi-Fi – chociażby w aparaturze studyjnej czy konstrukcjach audiofilskich – można by napisać napisać obszerną monografię, choć materiału z powodzeniem uzbierałoby się nawet na wielotomowe dzieło. Nie należy jednak zapominać, że znacznie prostsze, setki (albo tysiące) razy tańsze przetworniki akustyczne można znaleźć w jeszcze szerszym zakresie aplikacji. W dobie ekspansji systemów mikroelektronicznych coraz większy jest udział mikrofonów MEMS, oferujących często zaskakująco dobre parametry przy zachowaniu miniaturowej formy, niskiego poboru mocy i prostego połączenia z urządzeniem poprzez interfejs cyfrowy lub (nieco rzadziej) – analogowy. Sporo mówi się także o głośnikach MEMS, głównie w zastosowaniach ubieralnych. Grupę uzupełniają popularne i tanie komponenty, takie jak niewielkie głośniki elektromagnetyczne, buzzery piezoelektryczne, przetworniki ultradźwiękowe czy klasyczne mikrofony elektretowe. A co z pozostałymi, nierzadko niszowymi rozwiązaniami (np. przetwornikami z przewodzeniem kostnym czy hydrofonami)? W sierpniowym Temacie Numeru przyglądamy się różnym rodzajom przetworników odbierających lub emitujących fale dźwiękowe – zwracamy przy tym uwagę nie tylko na aspekty konstrukcyjne i implementacyjne, ale także na parametry najważniejsze z punktu widzenia praktyka.

Sygnalizator świetlny



Zabawki dla dzieci to temat cyklicznie przewijający się na łamach „Elektroniki Praktycznej”. Ten prosty układ pozwoli maluchom oswajać się z ruchem drogowym i panującymi na skrzyżowaniach zasadami. Taki sygnalizator można zarówno podarować dziecku, jak i zmontować go razem z nim – dzieci uwielbiają wspólną pracę! Opisywany układ załącza trzy duże diody LED na wzór świateł w prawdziwym sygnalizatorze drogowym. Niski pobór prądu (poniżej 1 µA w stanie spoczynku i 10…30 mA podczas pracy) i bajecznie prosta obsługa urozmaicą zabawę samochodzikami, ciężarówkami, śmieciarkami czy jakimikolwiek innymi pojazdami – urządzenie może również generować sygnał startu w wyścigach. Mała rzecz a cieszy!

Elektronika w Praktyce: Układy analogowe w erze cyfrowej

Dobrych kilkanaście lat temu elektronicy na całym świecie mogliby śmiało skandować: „Śmierć analogowi! Tylko cyfra! Precz z analogówką, układy cyfrowe to jest przyszłość!”.

Minęły lata i… w dalszym ciągu nic się nie zmieniło. Obie te gałęzie elektroniki mają się dobrze, a symbioza między nimi zdaje się być widoczna w coraz szerszej liczbie zastosowań. Czemu tak się stało, dlaczego nie możemy się pozbyć analogowej części elektroniki z naszego życia? Co ciekawego oferuje nam rynek i... dlaczego jajka nie są kwadratowe? Zapraszamy do lektury sierpniowej odsłony działu „Elektronika w Praktyce”!

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 53
AVT-SPV 5, 31, 37, 88
BORNICO 35
COMPUTER CONTROLS 9
FERYSTER 33
HELUKABEL 28, 29
LASTENIC LASER 19
SEMICON 7, 20

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Przemysław Musz

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, Bożena Krzykawska, Grzegorz Krzykawski

Stali współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Paweł Kowalczyk, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Jakub Nowicki, Szymon Panecki, Adam Sobczyk, Damian Sosnowski, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP, 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

Copyright AVTKorporacja 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 72d35c54c0

TAWOIA Glass (szkło kwarcowe)

https://sklep.avt.pl/pl/menu/tawoia-glass-4505.html



BESTSELLERY sklepu AVT – sklep.avt.pl

3 unikalne serie gniazdek i włączników

Rabat dla Czytelników EP
przy zakupie podaj kod **EP2505GW**

-5%

Rabat dla Prenumeratorów EP
przy zakupie podaj numer prenumeraty

-10%

Ceramic Loft (ceramika)

https://sklep.avt.pl/pl/menu/seria-ceramic-loft-4190.html



Retro PRL (bakelit)

https://sklep.avt.pl/pl/series/retro-prl-3237.html



eprasa.pl 72d35c54c0