Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● listopad ● 11/2025 ●

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



inspirujące, użyteczne projekty

• Prosty licznik impulsów • Cyfrowy termometr bezkontaktowy IR z interfejsem Grove • Moduł pomiaru napięcia, prądu i mocy w standardzie Grove • Nowoczesne podejście do konstrukcji obrabiarki CNC – druk 3D w praktyce

podzespoły, sprzęt, aplikacje

• Nowa biała księga. Jak radzić sobie z nieplanowanym zapotrzebowaniem? • Kompleksowe wsparcie w zakresie EDA/CAD/CAM, aparatury oraz komponentów • Wykorzystanie zasobów edukacyjnych do tworzenia innowacyjnych projektów bezprzewodowych • CONFIDEE Defence – zaufana sieć dostawców dla branży obronnej • Szablony laserowe SMT – materiały, pokrycia i technologie naciągu • Błyskawiczna walidacja projektu PCB – przepis na zgodność z regułami DFM • Nowoczesne narzędzia EDA do projektowania PCB – przegląd funkcji i kierunki rozwoju

tutoriale

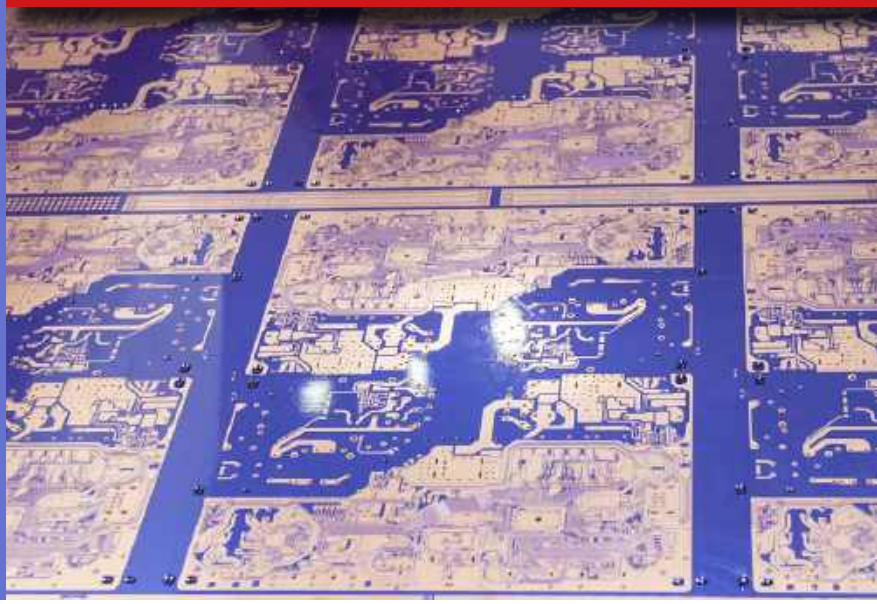
• Druk 3D w służbie elektroniki • Syntezatory dźwięku. Oscylatory sterowane napięciem • Elektroniczna regulacja wzmocnienia • Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych. UPS do Raspberry Pico/Pico 2 • Użyteczne powielacze napięcia • Sztuczna inteligencja i przyszłość elektroniki (oraz całego świata)

kursy

• Programowanie w środowisku MicroPython. Dostęp do Wi-Fi

TEMAT SPECJALNY

USB Type-C – uniwersalne złącze danych i zasilania w świetle nowych regulacji UE



ISSN 1230-3526 Indeks 357677

9 771230 352252 11

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE 8 EUR

PŁYTKI DRUKOWANE W PRODUKCJI SERYJNEJ

eprasa.pl 934af8e026

–15%
NA START
192,80 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 15%** 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 126,80 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

Kim jesteśmy i dokąd zmierzamy?



Jeszcze kilka lat temu inżynierowie elektronicy skupiali się głównie na miniaturyzacji i energooszczędności, dziś – coraz częściej – muszą brać pod uwagę całą architekturę produktu: od poziomu sprzętu, przez oprogramowanie wbudowane, aż po bezpieczeństwo (tak elektryczne, jak i cybernetyczne) oraz zgodność z najnowszymi regulacjami. A postęp, jak to postęp, nie zwalnia ani na chwilę. Nowe technologie pojawiają się równolegle w wielu obszarach – od komponentów pasywnych i półprzewodników (widać to chociażby po galopującej karierze węglika krzemu), przez zawrotnie szybkie interfejsy komunikacyjne, aż po trójwymiarowe formy PCB, zostawiające daleko w tyle poczciwe, prostokątne płytki na laminacie szklano-epoksydowym. Projektant współczesnego urządzenia to już nie tylko elektronik w klasycznym sensie, ale wysoce wykwalifikowany integrator systemów – łączący w jednym projekcie świat analogowy, cyfrowy i programowy z mechaniką, cyberbezpieczeństwem, a nawet aspektami rynkowymi i logistycznymi.

Widać to szczególnie wyraźnie w sposobie, w jaki ewoluują interfejsy komunikacyjne. Jeszcze niedawno standard USB był dla konstruktorów oczywisty i niemal przezroczysty – dziś port USB-C staje się samodzielnym, wysoce zaawansowanym podsystemem, wymagającym starannego zaprojektowania zarówno pod kątem elektrycznym, jak i logicznym. Nie wystarczy już podłączyć złącza do magistrali – konieczne jest uwzględnienie obsługi profili mocy PD (Power Delivery), negocjacji roli źródła i odbiornika, zgodności z USB 3.x czy USB 4, a coraz częściej także z trybami alternatywnymi (DisplayPort, Thunderbolt). Dla wielu inżynierów oznacza to zmianę paradygmatu: uniwersalny port, który jeszcze niedawno służył głównie do ładowania lub transmisji danych, staje się kluczowym węzłem zasilania i komunikacji całego urządzenia, który w pewnym stopniu dyktuje nawet ścieżki rozwoju najnowszych mikrokontrolerów. Wraz z tym rośnie znaczenie scalonych kontrolerów PD, bezpieczników elektronicznych czy wreszcie precyzyjnych układów do pomiaru prądu. A także samego procesu projektowania – ściśle zgodnego z wymaganiami EMI i ESD, w którym fundamentalnym zagadnieniem staje się silny nacisk na integralność sygnałową i wydajność w każdym tego słowa znaczeniu.

Równolegle trwa cicha rewolucja w projektowaniu płytek drukowanych, a zmiany w technologii wytwarzania PCB są dziś równie istotne jak postęp w samych komponentach. Wysokie gęstości upakowania podzespołów, układy µBGA o mikroskopijnych padach i coraz większe prędkości sygnałów wymuszają stosowanie nowych metod projektowania, materiałów o kontrolowanej stałej dielektrycznej i precyzyjnych procesów produkcyjnych. Jeszcze dekadę temu czterowarstwowa płytka była dla wielu kosztownym luksusem – dziś sześcio-, ośmio- lub dziesięciowarstwowe PCB stają się codziennością, nawet w urządzeniach klasy konsumenckiej. Coraz więcej firm korzysta też z narzędzi DFM oraz zautomatyzowanych analiz sygnałowych i termicznych już na etapie projektu. Pojawiają się systemy pozwalające na bezpośrednią współpracę między projektantem a fabryką – najwięksi wytwórcy PCB zapewniają śledzenie postępów produkcji w czasie rzeczywistym, zaś oprogramowanie EDA samo pobiera z internetowych baz danych informacje o dostępności i statusie komponentów, automatycznie podliczając nawet koszty BOM. To nie science fiction – to codzienność nowoczesnych biur projektowych i zakładów EMS, które integrują projektowanie, montaż i testowanie w jednym, cyfrowym łańcuchu.

Mało tego – wystarczy drobny błąd w projekcie, np. niewłaściwe impedancje ścieżek, nieuwzględnienie prądów upływu czy niepoprawne sterowanie liniami CC – by całe urządzenie przestało spełniać normy lub po prostu nie działało zgodnie z normami lub oczekiwaniami odbiorcy. Z tego powodu coraz większą wagę przykłada się dziś do zintegrowanych środowisk EDA, które pozwalają symulować zachowanie linii dla szybkich sygnałów, przewidywać straty sygnału i analizować rozkład prądów w płaszczyznach zasilających. W efekcie granica między projektowaniem a produkcją zaciera się – dobry konstruktor musi dziś rozumieć nie tylko elektronikę, ale też procesy galwaniczne, strukturę laminatów, a nawet geometrię narzędzi wiertarskich.

Trendy te składają się na szerszy obraz przemian w całej branży. Elektronika przestaje być „sztuką połączeń", a staje się interdyscyplinarną dziedziną inżynierii systemowej. Współczesne projekty wymagają współpracy między specjalistami od oprogramowania, zasilania, mechaniki i termiki. Standardy takie jak USB-C tylko pozornie upraszczają sytuację – w rzeczywistości podnoszą poprzeczkę dla projektantów, wymuszając myślenie w kategoriach całego ekosystemu. Z kolei PCB nie jest już tylko nośnikiem mechanicznym i zgrupowaniem metalowych przewodów łączących poszczególne punkty ze schematu ideowego w realnym świecie – staje się za to integralną częścią układu, niejako jednym, wielkim komponentem, współdecydującym o parametrach i możliwościach całego urządzenia.

W bieżącym numerze „Elektroniki Praktycznej" przyglądamy się właśnie tym zagadnieniom. Na okładce zagościły tym razem aż trzy tematy: oprogramowanie EDA, produkcja seryjna PCB oraz właśnie wspomniane wcześniej złącze USB-C (z całym dobrodziejstwem inwentarza). W zasadzie wszystkie te trzy zagadnienia są bardzo istotne dla większości współczesnych projektantów, dlatego oddajemy w Wasze ręce pokaźną dawkę najświeższych informacji technicznych o USB, przekrojowy obraz rynku narzędzi programowych dla elektroników oraz szereg materiałów dotyczących dobrych praktyk i technologii powiązanych z produkcją obwodów drukowanych.

Oczywiście to nie wszystko. W listopadowym wydaniu EP znajdziecie także, drodzy Czytelnicy, pięć rozmaitych projektów, dwa kolejne artykuły w dziale „Audio bez tajemnic", a także drugi odcinek naszego nowego słownika cyberbezpieczeństwa i siódmą część kursu MicroPythona na ESP32. Wielu z Was z pewnością zainteresuje ciekawy felieton Pawła Kowalczyka, który tym razem mierzy się z wszechobecną sztuczną inteligencją. Warto zapoznać się z tą lekturą, gdyż w autorski, nietuzinkowy sposób podsumowuje ona dotychczasowy obraz rewolucji AI.

Zapraszam do lektury!

Przemysław Musz

eprasa.pl 934af8e026

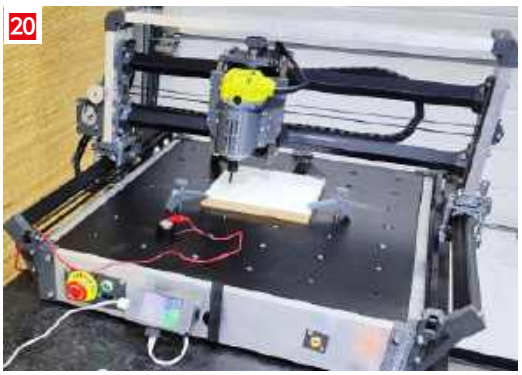
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

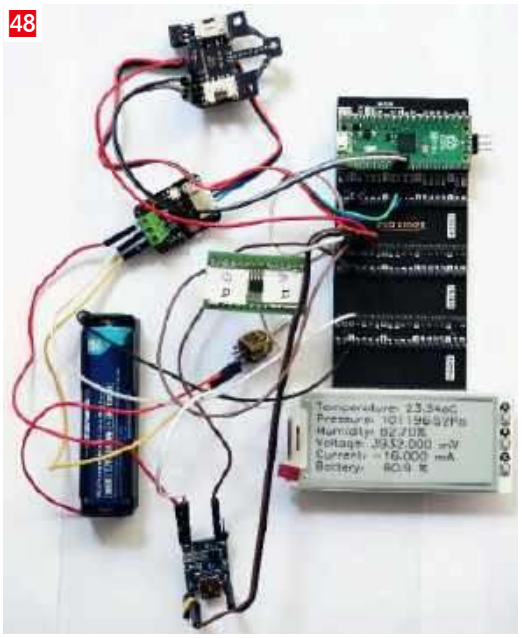
Nr 11 (394) • Listopad 2025











Nie przeocz
Nowe podzespoły 6
Koktajl niusów 84

Projekty
Prosty licznik impulsów 11

Miniprojekty
Cyfrowy termometr bezkontaktowy IR z interfejsem Grove 14
Moduł pomiaru napięcia, prądu i mocy w standardzie Grove 16

Prezentacje
Nowa biała księga. Jak radzić sobie z nieplanowanym zapotrzebowaniem? 19
Kompleksowe wsparcie w zakresie EDA/CAD/CAM, aparatury oraz komponentów 26
Wykorzystanie zasobów edukacyjnych do tworzenia innowacyjnych projektów bezprzewodowych 36
CONFIDEE Defence – zaufana sieć dostawców dla branży obronnej 62
Szablony laserowe SMT – materiały, pokrycia i technologie naciągu 63
Błyskawiczna walidacja projektu PCB – przepis na zgodność z regułami DFM 72

Projekty czytelników
Nowoczesne podejście do konstrukcji obrabiarki CNC – druk 3D w praktyce 20

Temat numeru
Nowoczesne narzędzia EDA do projektowania PCB – przegląd funkcji i kierunki rozwoju 28

Technologie wokół elektroniki
Druk 3D w służbie elektroniki (9) 38

Audio bez tajemnic
Syntezatory dźwięku (3). Oscylatory sterowane napięciem 42
Elektroniczna regulacja wzmocnienia 45

Moduły w aplikacjach
Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych (23). UPS do Raspberry Pico/Pico 2 48

Temat specjalny
USB Type-C – uniwersalne złącze danych i zasilania w świetle nowych regulacji UE 54

Elektronika w praktyce
Płytki drukowane w produkcji seryjnej 66

Notatnik konstruktora
Użyteczne powielacze napięcia 74

Felieton
Sztuczna inteligencja i przyszłość elektroniki (oraz całego świata) 76

Kursy
Programowanie w środowisku MicroPython (7). Dostęp do Wi-Fi 80

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Hity następnego numeru 87

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

eprasa.pl 934af8e026



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

Impulsowe diody laserowe 905 nm nowej generacji w obudowach TO-56



Do oferty firmy Excelitas wchodzą 4 impulsowe diody laserowe serii TPG3, pracujące na długości fali 905 nm, zaprojektowane do zastosowań w lidarach i aplikacjach Time-of-Flight. Są to diody charakteryzujące się dużą mocą optyczną w stosunku do rozmiarów obudowy oraz wysoką niezawodnością i jednorodnością wiązki. Zostały zrealizowane w architekturze typu *triple-cavity*, zapewniającej stabilne parametry wyjściowe, niskie napięcie robocze, dużą sprawność energetyczną oraz doskonałą niezawodność w wymagających warunkach pracy. Oferta obejmuje następujące modele:

- **TPG3AU1S1.5** (16 W/6 A, 40 × 10 µm), dioda do krótkodystansowych sensorów Time-of-Flight, pomiarów 3D i przenośnych LiDARów, wymagających małej rozbieżności wiązki i niskiej emisji ciepła,
- **TPG3AU1S03** (38 W/13 A, 75 × 10 µm), dioda średniej mocy do aplikacji ToF średniego i długiego zasięgu oraz mobilnych systemów mapowania,
- **TPG3AU1S04** (54 W/18 A, 100 × 10 µm), dioda o dużej sprawności i średniej aperturze, zoptymalizowana do LiDARów długiego zasięgu oraz aplikacji, w których krytycznym parametrem jest stabilność w funkcji zmian temperatury,
- **TPG3AU1S09** (120 W/40 A, 225 × 10 µm), dioda dużej mocy do przemysłowych i motoryzacyjnych LiDARów, systemów skanowania pracujących na zewnątrz pomieszczeń oraz platform mapowania o dużym zasięgu i wysokiej gęstości optycznej.

www.excelitas.com

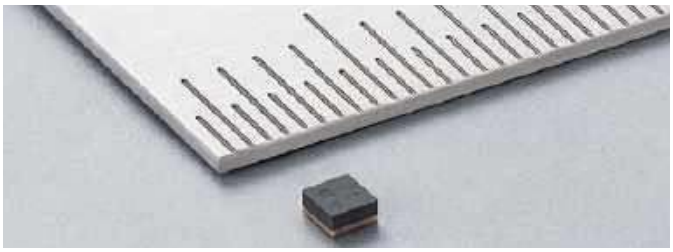
Tani 1000-watowy zasilacz sieciowy z serii TXN o dopuszczalnej temperaturze pracy +70°C



Traco Power powiększa ofertę tanich zasilaczy sieciowych TXN do zastosowań w przemyśle o nowy wariant o mocy znamionowej 1000 W. Wcześniejsze modele pokrywały zakres od 25 do 800 W. TXN 1000 występuje w wersjach o napięciu wyjściowym 12, 15, 24, 36 i 48 VDC. Pracuje w uniwersalnym zakresie napięcia wejściowego od 90 do 264 VAC i w szerokim przedziale temperatury otoczenia od –30 do +70°C. Zapewnia izolację wzmocnioną do 3000 VAC i sprawność sięgającą 92%.

Zasilacz jest produkowany w niskoprofilowej, metalowej obudowie o wymiarach 230 × 127 × 40 mm z terminalami śrubowymi. Zawiera układ korekcji PFC (>0,9), filtr EMC (EN 55032 class B), wejście Remote On/Off, wyjście sygnalizacyjne Power Good oraz zabezpieczenia przeciwzwarciowe, nadnapięciowe i przeciwprzeciążeniowe. Może pracować w konfiguracjach nadmiarowych z równoległym łączeniem wyjść. Spełnia wymogi normy IEC/EN/UL 62368-1 w zakresie bezpieczeństwa i jest objęty 3-letnią gwarancją.

www.tracopower.com



Pierwsze na rynku filtry w.cz. w technologii XBAR do aplikacji 5G i Wi-Fi 7

Murata informuje o rozpoczęciu masowej produkcji pierwszych na rynku filtrów w.cz. opartych na technologii XBAR i przeznaczonych do zastosowań w aplikacjach komunikacyjnych 5G/Wi-Fi 7 oraz przyszłych technologiach, takich jak 6G. Nowe komponenty służą do wyodrębniania sygnału użytecznego przy zachowaniu małych strat wtrąceniowych i skutecznego tłumienia sygnałów spoza pasma użytecznego. Charakteryzują się szerokością pasma przepustowego od 5150 do 7125 MHz, stratami wtrąceniowymi na poziomie 2,2 dB i stratami powrotnymi rzędu 17 dB. Tłumienie wynosi 11 dB w zakresie częstotliwości 4800...5000 MHz, 28 dB w zakresie 3300...4800 MHz, 27 dB w zakresie 7737...8237 MHz i 26 dB w zakresie 10300...14250 MHz.

Zapotrzebowanie na niezawodną komunikację w.cz. stale rośnie w odpowiedzi na powszechne wdrażanie technologii 5G i przyszły rozwój systemów 6G. Jednocześnie, standardy bezprzewodowych sieci lokalnych, takie jak Wi-Fi 6E i Wi-Fi 7, obejmują coraz wyższe pasma częstotliwości, aby sprostać wymogom ultraszybkiej transmisji danych. Filtry stosowane w tych aplikacjach muszą odpowiadać na kluczowe wyzwania, takie jak zapobieganie zakłóceniom spoza pasma użytecznego, zapewnienie długiego czasu pracy urządzeń na akumulatorze oraz minimalizacja wymiarów obudów. Tradycyjne technologie, takie jak ceramika LTCC (*Low Temperature Co-Fired Ceramic*) lub filtry BAW (*Bulk Acoustic Wave*), często nie są w stanie spełnić tych wymagań.

Nowe filtry z oferty Murata, oparte na technologii XBAR, pokonują wcześniejsze ograniczenia, zapewniając bardzo dobre tłumienie przy jednoczesnym zachowaniu szerokiego pasma przenoszenia i małych strat. Sama struktura XBAR wzbudza fale akustyczne za pomocą elektrod grzebieniowych i piezoelektrycznej, cienkiej warstwy monokrystalicznej, oferując parametry wykraczające poza możliwości konwencjonalnych struktur filtrów. Filtry XBAR zapewniają skuteczną eliminację zaburzeń w.cz. również w zakresie powyżej 3 GHz, co przekłada się na szersze pasmo, większą liczbę kanałów i lepszą jakość transmisji bezprzewodowej.

www.murata.com

eprasa.pl 934af8e026

Mikroprzełączniki Littelfuse PTS647 w nowych wersjach o zwiększonej odporności środowiskowej



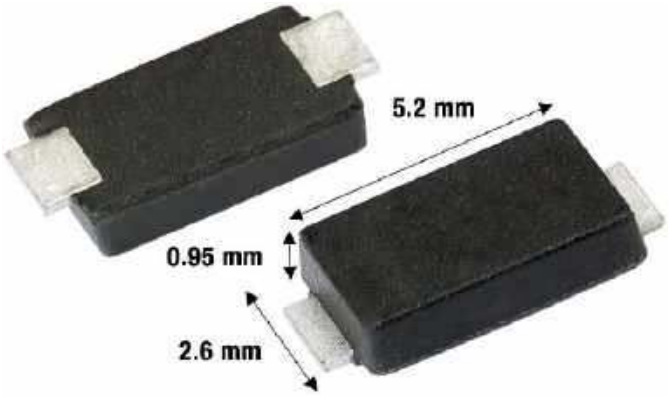
Mikroprzełączniki serii PTS647 z oferty firmy Littelfuse są obecnie dostępne w nowych wersjach o zwiększonej trwałości i odporności na kurz. Charakteryzują się stopniem ochrony IP40. Przeprojektowany przycisk nie obraca się, co minimalizuje szum elektryczny, powodowany przez wibracje. Cechy te czynią nowe przyciski idealnymi do aplikacji wymagających komponentów o małych gabarytach i niskim poziomie szumów; przykładami mogą być urządzenia audio, aparatura medyczna czy precyzyjne przyrządy pomiarowe.

Mikroprzełączniki PTS647 są produkowane w standardowych w obudowach o powierzchni 4,5 × 4,5 mm i wysokości przycisku 3,8 mm, 5,0 mm lub 7,0 mm. Występują w wersjach o sile nacisku 1,0, 1,8 i 2,5 N. W zależności od konfiguracji wykazują niezawodność sięgającą 500 tys. cykli mechanicznych. Mogą pracować w przemysłowym zakresie temperatury otoczenia od –40 do +85°C.

Pozostałe parametry:

- konfiguracja: SPST-NO,
- prąd znamionowy: 50 mA,
- rezystancja kontaktu: <100 mΩ,
- rezystancja izolacji: min. 100 MΩ,
- wytrzymałość dielektryczna: >250 V rms.

www.littelfuse.com

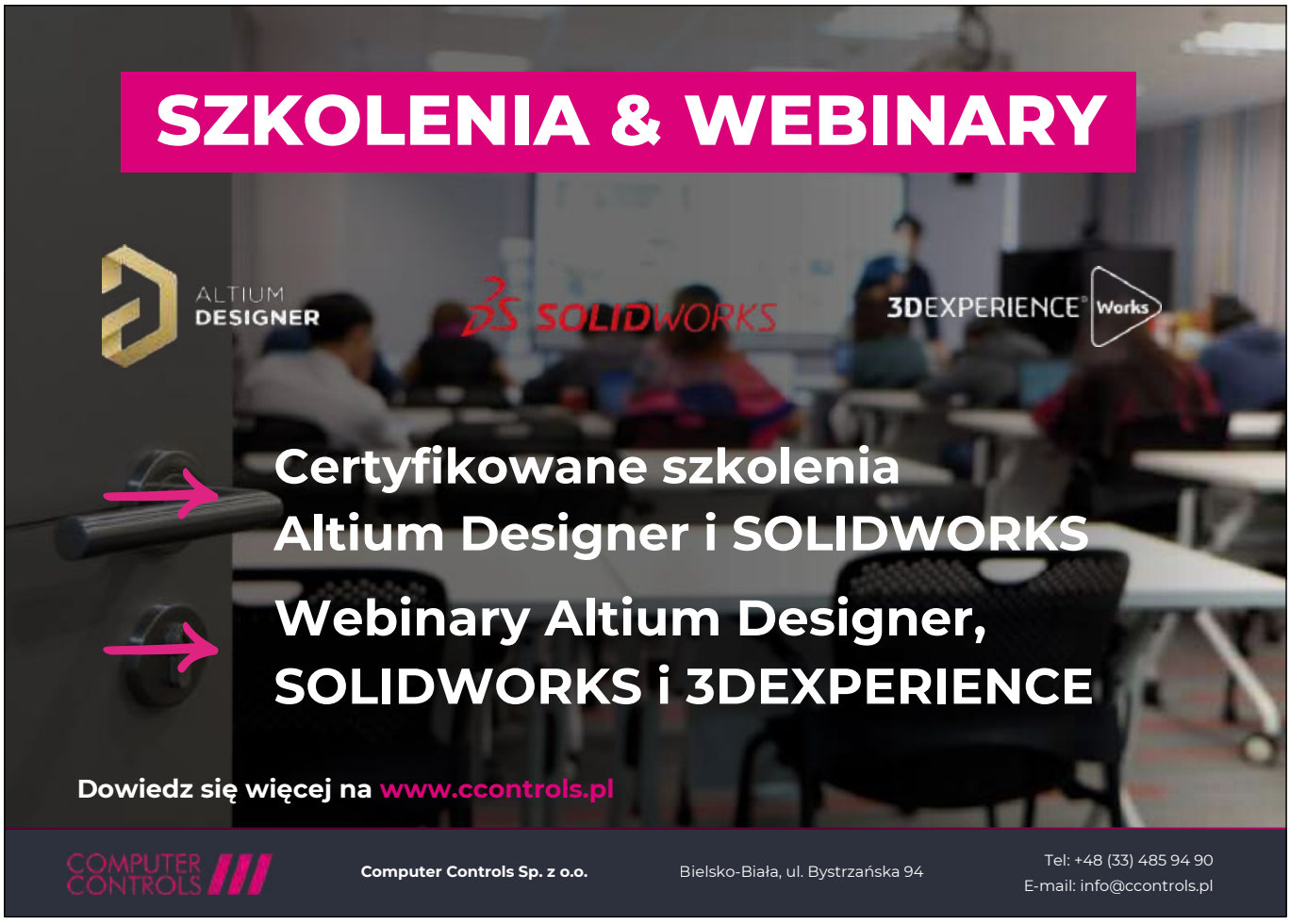


Niskoprofilowe diody Schottky'ego SiC o napięciu 650 V lub 1200 V

Do oferty firmy Vishay wchodzą nowe diody Schottky'ego 3. generacji, zamykane w miniaturowych obudowach SlimSMA HV (DO-221AC) o drodze upływu wynoszącej powyżej 3,2 mm. Są one produkowane na podłożach SiC. Występują w wersjach o napięciu przebicia 650 V lub 1200 V oraz o prądzie znamionowym 1 A lub 2 A. W porównaniu z wcześniejszymi odpowiednikami w obudowach

	VS-3C01EJ12-M3	VS-3C02EJ07-M3	VS-3C02EJ12-M3
IF	1 A	2 A	2 A
VR	1200 V	650 V	1200 V
VF @ IF	1,35 V	1,30 V	1,35 V
IR @ VR (175°C)	4,5 µA	2,0 µA	5,0 µA
QC	7,5 nC	7,2 nC	13 nC
Obudowa	SlimSMA HV (DO-221AC)		

REKLAMA



eprasa.pl 934af8e026

SMA i SMB, charakteryzują się ponad trzykrotnie mniejszą grubością (0,95 mm vs. 3,2 mm). W odróżnieniu od diod krzemowych wykazują mały ładunek wewnętrzny (7,2 nC) i niewielką zależność parametrów dynamicznych od temperatury. Ich zaletami są też: krótki czas przełączania i niskie napięcie przewodzenia, wynoszące od 1,3 V.

Nowa oferta obejmuje obecnie trzy modele diod: VS-3C01EJ12-M3 (1200 V/1 A), VS-3C02EJ07-M3 (650 V/2 A) i VS-3C02EJ12-M3 (1200 V/2 A). Są one zdatne do pracy w temperaturze do +175°C. Charakteryzują się dodatnim współczynnikiem temperaturowym, ułatwiającym łączenie równoległe. Ich typowe zastosowania obejmują układy napędowe oraz konwertery DC/DC i AC/DC w zasilaczach serwerowych i systemach przechowywania energii.

www.vishay.com

Miniaturowe przełączniki z funkcją wykrywania stanu i usterek



Omron Electronic Components powiększa ofertę przełączników o szczelnej konstrukcji o nową serię D2EW-R, obejmującą modele z funkcją wykrywania stanów awaryjnych. W zależności od napięcia na wewnętrznych rezystorach, system może odróżnić normalny stan otwarty lub zamknięty przełącznika od przerwy lub zwarcia na zaciskach. Pomaga to w wykrywaniu wad okablowania, awarii sprzętu i celowych uszkodzeń, pozwalając na rozbudowę systemów automatyki przemysłowej o zaawansowane funkcje diagnostyczne.

Przełączniki serii D2EW-R charakteryzują się niewielkimi wymiarami (8,3 × 7,0 × 5,3 mm) i mogą być aktywowane pod różnymi kątami, bez użycia dźwigni, co oszczędza przestrzeń montażową. Konstrukcja z przesuwnymi stykami zapewnia wysoką niezawodność oraz cichą pracę. Dostępne opcje obejmują słupki montażowe lub mocowanie śrubami M3, różne rodzaje zacisków (wciskane, lutowane lub ze zintegrowanym przewodem) oraz konstrukcję prostą lub kątową.

Przełączniki D2EW-R charakteryzują się stopniem ochrony IP67. Są odporne na silne udary i wibracje i mogą pracować z napięciem roboczym od 5 do 18 V w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +85°C. Ich zastosowania obejmują urządzenia wymagające funkcji antykradzieżowych i antysabotażowych, takie jak inteligentne liczniki, sejfy, kamery monitoringu i automatyczne systemy zamykania. Drugim obszarem zastosowań są urządzenia wymagające zaimplementowania funkcji diagnostycznych, w tym roboty i pojazdy kierowane automatycznie.

www.components.omron.com

Diody RGB LED w obudowach PLCC-6 z niezależną kontrolą barw



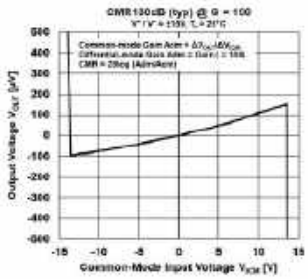
W ofercie firmy Vishay dostępne są nowe diody RGB LED z niezależną kontrolą prądu sekcji R, G i B, zamykane w obudowach PLCC-6 o wymiarach 3,5 × 2,8 × 1,4 mm. Są to diody o jasności do 2800 mcd, pozwalające uzyskać dowolną barwę z przestrzeni CIE 1931. Mogą znaleźć zastosowanie w elektronice samochodowej (podświetlenie przycisków i wskaźników), a także w oświetleniu zewnętrznym, podświetlaniach ekranów w urządzeniach przenośnych oraz w urządzeniach AGD i elektronice medycznej. Mogą pracować w temperaturze otoczenia od –40 do +110°C. W porównaniu z diodami poprzedniej generacji, zapewniają większą nawet o 70% jasność przy identycznych wymiarach, natomiast

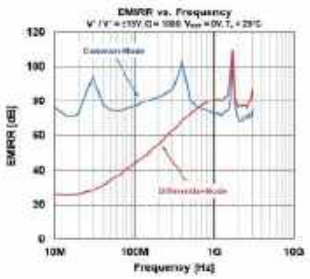
Barwa		R	G	B
Jasność (mcd) @ IF=20 mA	min.	710	1800	280
	typ.	900	2200	320
	maks.	1400	2800	450
Długość fali (nm) @ IF=20 mA	min.	618	520	450
	typ.	623	527	455
	maks.	630	535	462
Napięcie przewodzenia (V) @ IF=20 mA	min.	1,75	2,5	2,5
	typ.	1,95	2,75	3,0
	maks.	2,75	3,5	3,5
Kąt emisji (°)		120		
Technologia		AlInGaP	InGaN	InGaN

w porównaniu z diodami innych producentów, ich grubość jest mniejsza o ponad 20%.

Diody z serii VLMRGB6122 charakteryzują się kątem emisji 120°. Uzyskały kwalifikację AEC-Q102 i spełniają wymogi normy MSL 3 w zakresie odporności na wilgoć. Nowe komponenty oferują ponadto odporność na wyładowania ESD do 2 kV (sekcja R) oraz do 8 kV (sekcje B i G).

www.vishay.com





Precyzyjny wzmacniacz pomiarowy o wejściowym napięciu offsetu poniżej 125 µV

NL9620 to precyzyjny wzmacniacz pomiarowy, którego wzmocnienie może być ustalone w zakresie od 1 do 10000 V/V za pomocą pojedynczego rezystora. Układ charakteryzuje się niskim wejściowym napięciem offsetu (<125 µV przy dryfcie <1 µV/°C), wysokim współczynnikiem CMR (min. 110 dB @ G=100) i niewielkim wejściowym prądem polaryzacji (maks. 2 nA). Nadaje się idealnie do współpracy z czujnikami, takimi jak czujniki siły, tensometry, sensory ciśnienia i przepływu, a także z urządzeniami bateryjnymi, wymagającymi stosowania komponentów energooszczędnych. Zawiera wewnętrzny filtr EMI, minimalizujący wpływ zaburzeń elektromagnetycznych w.cz. pochodzących m.in. z telefonów komórkowych. NL9620 jest produkowany w 8-wyprowadzeniowych obudowach VSP i EMP.

Pozostałe parametry:

- napięcie zasilania: od ±2,3 do ±18 V,
- pobór prądu: typ. 0,9 mA; maks. 1,3 mA,
- zakres temperatury roboczej: –40...+125°C,
- szybkość zmian napięcia wyjściowego (slew rate): min. 0,75 V/µs,
- gęstość napięcia szumu: maks. 13 nV/√Hz @ 1 kHz,
- pasmo (–3 dB): 120 kHz dla G=100 V/V.

www.nisshinbo-microdevices.co.jp

Miniaturowy moduł czujnikowy do pomiaru ciśnienia w oponach samochodowych



Rutronik powiększa ofertę komponentów do elektroniki samochodowej o moduł czujnikowy SMP290 produkcji Bosch, przeznaczony do pomiaru ciśnienia w oponach. Jest to moduł komunikujący się bezprzewodowo w standardzie Bluetooth LE,

eprasa.pl 934af8e026

którego struktura wewnętrzna obejmuje czujniki MEMS do pomiaru temperatury, ciśnienia i przyspieszenia (2-osiowy), 32-bitowy mikrokontroler ARC EM6 z jednostką FPU i 64 kB pamięci RAM, czujnik napięcia zasilania oraz transceiver zgodny z BLE 5.4. Transmisja danych pomiarowych może być szyfrowana w standardzie AES-128. Moc nadajnika może być ustalana na jednym z trzech dostępnych poziomów: 0, 4 i 6 dBm.

Moduł SMP290 jest produkowany w obudowie DFN o powierzchni 4,5 × 3,5 mm z wyprowadzeniami typu *wettable flank*, umożliwiającymi automatyczną inspekcję optyczną połączeń. Do pracy wymagana jest minimalna liczba elementów współpracujących. Układ zawiera zabezpieczenie termiczne i konwerter DC/DC, umożliwiający zasilanie napięciem z zakresu od 1,9 do 3,6 V.

Pozostałe parametry:

- zakres pomiaru ciśnienia: od 90 kPa do 1500 kPa,
- zakres pomiaru przyspieszenia: ±330 g (oś X) i ±960 g (oś Z),
- zakres pomiaru temperatury: od –40 do +125°C.

www.rutronik.com

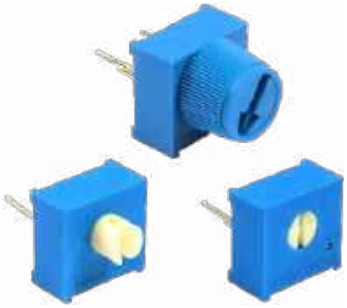


Nowe wersje bezpieczników resetowalnych PPTC z serii MF-MSMF

Firma Bourns poszerza ofertę bezpieczników resetowalnych PPTC (*Polymeric Positive Temperature Coefficient*) dużej mocy z serii MF-MSMF. Nowe wersje są produkowane na szerszy zakres prądów trzymania (I_{hold}), sięgających obecnie 2,6 A oraz na szerszy zakres napięcia roboczego (do 60 V). Komponenty mogą służyć do realizacji zabezpieczenia nadprądowego i termicznego napędów HDD/SSD, płyt głównych, kart PCMCIA, terminali POS itp. Są produkowane w niskoprofilowych obudowach SMD w rozmiarze 1812 (4,8 × 3,4 mm). Występują wśród nich również warianty z kwalifikacją AEC-Q200, przeznaczone do zastosowań w elektronice samochodowej.

www.bourns.com

Szczelny przemysłowy trymer cermetowy w rozmiarze 3/8”



Firma Vishay zaprezentowała nowy trymer cermetowy w rozmiarze 3/8”, przeznaczony do zastosowań przemysłowych. Jest to konstrukcja jednoobrotowa, zaprojektowana z myślą o zapewnieniu maksymalnej elastyczności montażu na płytkach drukowanych. Występuje w wersjach z pokrętłem umieszczonym z góry lub z boku obudowy oraz z różnymi konfiguracjami wyprowadzeń, co umożliwia optymalne dopasowanie do aplikacji docelowej. Element jest też dostępny w wersji z przedłużonym trzpieniem oraz z pokrętłem, umożliwiającym regulację palcami.

Model M61 jest produkowany w szerokim zakresie rezystancji od 10 Ω do 2 MΩ. Charakteryzuje się współczynnikiem temperaturowym ±100 ppm/°C, mocą znamionową 0,5 W @ +85°C i szerokim zakresem temperatury roboczej od –55 do +125°C. W pełni uszczelniona konstrukcja umożliwia mycie płytek po montażu.

Dzięki wytrzymałej konstrukcji i parametrom klasy przemysłowej, trymer może znaleźć zastosowanie m.in. w spawarkach, elektronarzędziach, drukarkach 3D czy instalacjach HVAC.

www.vishay.com



Cyfrowo konfigurowalny zasilacz sieciowy 1,3 kW o dużej gęstości mocy

XP Power wprowadza do sprzedaży nowy, konfigurowalny cyfrowo zasilacz sieciowy FLXPro o wysokiej gęstości mocy, przeznaczony do zastosowań w aparaturze medycznej, przemyśle, produkcji półprzewodników, robotyce i systemach energii odnawialnej. Jest to zasilacz o mocy wyjściowej 1,3 kW i gęstości mocy 1,416 W/cm³, produkowany w obudowie o wymiarach 254 × 89 × 41 mm. Został oparty na komponentach półprzewodnikowych SiC/GaN, co w połączeniu z w pełni cyfrową architekturą redukuje koszty operacyjne i wymagania w zakresie chłodzenia. Sprawność urządzenia sięga 93%.

Zasilacz umożliwia zamontowanie do 4 modułów o napięciu wyjściowym od 9 do 66 VDC, regulowanym w zakresie od –40% do +10%. Moduły te mogą być łączone równolegle lub szeregowo, istnieje też możliwość łączenia równoległego i szeregowego kilku zasilaczy FLEXPro. Monitorowanie stanu zasilacza oraz konfigurowanie parametrów odbywa się przez interfejs PMBus over I²C.

Cechą wyróżniającą FLEXPro na tle konkurencji jest w pełni cyfrowa architektura, obejmująca zarówno stopień wejściowy, jak i wyjściowy. Technologia iPSU Intelligent Power z intuicyjnym interfejsem użytkownika XPInsight upraszcza konfigurację, monitorowanie i sterowanie systemem, a także oferuje wiele zaawansowanych funkcji, takich jak tworzenie wykresów, rejestrowanie

REKLAMA



eprasa.pl 934af8e026

danych i jednoczesne wyświetlanie parametrów wielu modułów. Pozwala to na przetwarzanie parametrów roboczych na użyteczne dla użytkownika informacje, ułatwiając podejmowanie decyzji, zwiększając poziom bezpieczeństwa i redukując koszty operacyjne. Funkcja Black Box Snapshot skraca czas rozwiązywania problemów po awariach, dzięki rejestrowaniu stanu systemu w momencie wyłączenia i przed nim. Trójkolorowe diody LED sygnalizują stan zasilacza, co umożliwia szybką i prostą interpretację, bez konieczności zaglądania do instrukcji obsługi ani stosowania komunikacji cyfrowej.

FLEXPro spełnia wymogi medycznych i przemysłowych norm bezpieczeństwa. Zapewnia izolację na poziomie 2 × MOPP (4000 VAC @ 1 min.) oraz zgodność z normami EN61000-4 w zakresie odporności na zaburzenia elektromagnetyczne i EN55011/EN55032 Class B w zakresie ich emisji. Jest przystosowany do pracy w temperaturze otoczenia od –20 do +70°C.

www.xppower.com



Macierz Butlera 4×4 do testowania aplikacji MIMO, Wi-Fi i łączności komórkowej

Firma Vaunix powiększa ofertę przyrządów laboratoryjnych o tanią matrycę Butlera 4x4, przeznaczoną do testowania kompatybilności w aplikacjach MIMO, Wi-Fi i łączności komórkowej oraz innych technologiach wykorzystujących formowanie wiązki. Model LBM-7250-4, pokrywający szeroki zakres częstotliwości pracy od 2400 do 7250 MHz, umożliwia dystrybucję sygnałów w.cz. o precyzyjnie regulowanych zależnościach fazowych. Może znaleźć zastosowanie zarówno w laboratoriach testowych, jak i przy pracach w terenie czy na liniach produkcyjnych. Jest produkowany w obudowie o wymiarach 88,9 × 79,0 × 16,8 mm, przystosowanej do mocowania na panelach za pomocą śrub.

Pozostałe parametry:

- straty wtrąceniowe: typ. 8 dB,
- dokładność fazy:
  - 2,4...2,5 GHz: 5°,
  - 5,15...5,85 GHz: 7°,
  - 5,925...7,125 GHz: 9°
- VSWR: 1,5:1,
- izolacja: 15 dB,
- moc wejściowa: maks. 50 W.

www.vaunix.com

6-osiowy czujnik inercyjny do pracy w temperaturze otoczenia do +125°C

TDK Invensense dodaje do oferty nowy 6-osiowy czujnik inercyjny z kwalifikacją AEC Q100 Grade 2, mogący znaleźć zastosowanie w motoryzacji. IAM-20680HV został przystosowany do pracy w rozszerzonym zakresie temperatury otoczenia do +125°C, przy czym jego parametry katalogowe są gwarantowane do +105°C. Zawiera 3-osiowy żyroskop i 3-osiowy akcelerometr z 16-bitowymi wyjściami cyfrowymi, zestaw programowalnych filtrów cyfrowych, czujnik temperatury, układ autodiagnostyki i dwie konfigurowalne linie przerwania. Oferuje po 4 zakresy pomiarowe żyroskopu (±125, ±250, ±500 i ±1000 dps) oraz akcelerometru (±2, ±4, ±8 i ±16 g). Komunikuje się z hostem przez interfejs I²C/SPI. Jego pobór prądu wynosi około 3 mA.



IAM-20680HV jest produkowany w 16-wyprowadzeniowej obudowie LGA o wymiarach 3 × 3 × 0,75 mm, kompatybilnej pod względem rozkładu wyprowadzeń z innymi produkowanymi przez TDK Invensense czujnikami MEMS z rodziny SmartAutomotive. Jego zakres zastosowań obejmuje moduły nawigacyjne, wyświetlacze heads-up, systemy powiadamiania ratunkowego eCall i rejestratory stylu jazdy.

www.invensense.tdk.com

Akcelerometr MEMS o zakresie pomiarowym ±14 g i wysokiej odporności na wibracje

Tronics AXO315T0 to najnowszy akcelerometr firmy TDK, zrealizowany w technologii MEMS i zamykany w hermetycznej, ceramicznej obudowie SMD o wymiarach 12 × 12 × 5,5 mm. Dzięki pracy w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego zapewnia 10-krotnie większą odporność na wibracje od czujników pracujących w pętli otwartej, co pozwala na zastosowania m.in. w przemyśle wydobywczym. Jego dodatkowym atutem jest możliwość pracy w ekstremalnych temperaturach otoczenia od –30 do +150°C – w całym tym zakresie błąd zera wynosi zaledwie 0,8 mg. Błąd długoterminowy nie przekracza natomiast 1 mg (bez rekalibracji) po 1000 godzin pracy.



AXO315T0 zawiera 24-bitowe wyjście SPI i oferuje zakres pomiarowy ±14 g. Sensor przeszedł 1000-godzinny test termiczny w temperaturze +165°C, wielokrotny test szoku termicznego (–55...+165°C) oraz wysokotemperaturowe testy wibracyjne. Może stanowić alternatywę dla tradycyjnych akcelerometrów kwarcowych w najbardziej wymagających aplikacjach MWD (measurement while drilling), LWD (logging while drilling) i podczas wiercenia kierunkowego. Producent oferuje do niego płytki ewaluacyjne.

Pozostałe parametry:

- napięcie zasilania: 5 V,
- opóźnienie: 2 ms,
- pasmo: 150 Hz,
- odporność na wibracje: 20 g rms (50...2000 Hz),
- niezawodność: >1000 h @ +150°C,
- tłumienie wibracji: 20 µg/g²,
- gęstość szumu: 10 µg/√Hz @ +25°C; 18 µg/√Hz @ +150°C.

www.tdk-electronics.tdk.com

eprasa.pl 934af8e026

W ofercie AVT*
AVT6090

Najważniejsze parametry:
- wyświetlanie liczby zarejestrowanych impulsów,
- maksymalna pojemność licznika: 9999,
- wbudowany rezystor podciągający do obsługi elementów stykowych,
- możliwość wyboru reakcji na zbocze opadające i/lub narastające,
- obsługa przepełnienia licznika: sygnalizacja lub zerowanie,
- maksymalna częstotliwość impulsów: 10 Hz,
- czytelny, czterocyfrowy wyświetlacz siedmiosegmentowy LED,
- możliwość ręcznego wyzerowania wskazań,
- pobór prądu 30...70 mA,
- zasilanie napięciem stałym 9...18 V.

Projekty pokrewne na stronie www.ep.com.pl
(aktywne linki do artykułów):
- Licznik czasu pracy 8 w 1
- Licznik impulsów
- Programowany licznik zdarzeń
- Licznik czasu pracy
- Miniaturowy licznik czasu pracy
- Licznik czasu pracy wyzwalany za pomocą przepływu prądu
- Zaawansowany licznik czasu pracy maszyny
- 24-bitowy sprzętowy licznik impulsów z interfejsem I²C
- Progowy licznik impulsów

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

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

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

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

Prosty licznik impulsów

Zadaniem tego układu jest zwiększanie wskazywanej wartości podczas detekcji kolejnych impulsów. Tylko tyle i aż tyle. Pomimo swojej prostoty, urządzenie może znaleźć wiele praktycznych zastosowań.



Liczenie kolejnych zwojów nawiniętych na karkas transformatora czy obrotów wału podnośnika – po co robić to ręcznie? Można się rozproszyć, pomylić, zapomnieć i... cały wysiłek na marne. Po to mamy elektronikę, aby oddawać jej tak mozolne i nudne czynności, jak zwykłe liczenie kolejno powtarzających się czynności.

Opisywany układ jest prosty pod tym względem, że nie ma wielu rozbudowanych funkcji, które mogą zwykłego „zjadacza kajzerek" przyprawić o zawrót głowy. Wyświetlacz, wejście zerowania i przycisk, wejście impulsów, wejście zasilania. Dodałem też trzy zworki z tyłu, które przestawia się lutownicą, a które diametralnie rozszerzają możliwości tego układu. Dwie dotyczą wyboru zbocza, na którym następuje reakcja, a trzecia umożliwia pracę licznika w pętli lub sygnalizację jego przepełnienia. Proste, łatwe i – co najważniejsze – skuteczne.

Budowa

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Sercem urządzenia jest mikrokontroler typu ATmega8A z 8-bitowym rdzeniem AVR taktowanym sygnałem o częstotliwości 8 MHz, którego wzorcem jest wbudowany oscylator RC. Nie ma potrzeby stabilizacji częstotliwości sygnału zegarowego np. rezonatorem kwarcowym, ponieważ układ nie robi nic, co byłoby istotne z punktu widzenia dokładności w dziedzinie czasu. Użytkownik ma do dyspozycji trzy zworki SMD, które służą do wyboru sposobu zliczania impulsów i obsługi przepełnienia. Wbudowane w mikrokontroler rezystory podciągające zapewniają wysoki stan logiczny po rozwarciu tychże zworek.

Użyty wyświetlacz ma cztery cyfry, z których każda jest złożona z siedmiu segmentów oraz kropki. Do jego pełnego wysterowania w trybie multipeksowym potrzeba zatem dwunastu wyprowadzeń mikrokontrolera, których ten ma aż nadto. Dzięki nadmiarowym liniom GPIO można było pominąć dodatkowe układy rozszerzające liczbę wyjść, które zwiększałyby ilość miejsca zajmowanego przez układ na powierzchni laminatu. Prąd pojedynczego segmentu wynosi około 10 mA, co zapewnia wysoką jasność świecenia wyświetlacza i jego dobrą czytelność nawet w niekorzystnych warunkach (zabrudzenie szybki obudowy, refleksy, silne oświetlenie itp.). Segmenty są sterowane bezpośrednio z wyprowadzeń mikrokontrolera, lecz całe cyfry muszą być obsługiwane przez klucze tranzystorowe T1...T4, ponieważ ich sumaryczny prąd może sięgać 80 mA, co jest wartością zbyt wysoką dla pojedynczego wyprowadzenia układu z serii ATmega.

Zaprogramowanie pamięci Flash montowanego powierzchniowo mikrokontrolera ułatwia złącze J2, do którego zostały doprowadzone linie sygnałowe służące do programowania w systemie. Linie te zostały dodatkowo podciągnięte do dodatniego potencjału zasilającego przez zewnętrzne rezystory o wartości 10 kΩ, aby układ był bardziej odporny za pochodzące z zewnątrz zakłócenia elektromagnetyczne, których w środowisku przemysłowym jest przecież niemało.

Mikrokontroler zasilany jest stabilizowanym napięciem 5 V ze stabilizatora US2. Pobór prądu jest na tyle niski, że prosty układ scalony w obudowie TO220 poradzi sobie z odprowadzeniem ciepła nawet przy wysokiej różnicy napięć między wejściem a wyjściem. Jeżeli układ nie będzie wciśnięty w wyjątkowo ciasną obudowę z niebywale słabą wentylacją, to stabilizator będzie mógł się obyć bez radiatora. Dioda D1 zabezpiecza układ przed uszkodzeniem

REKLAMA

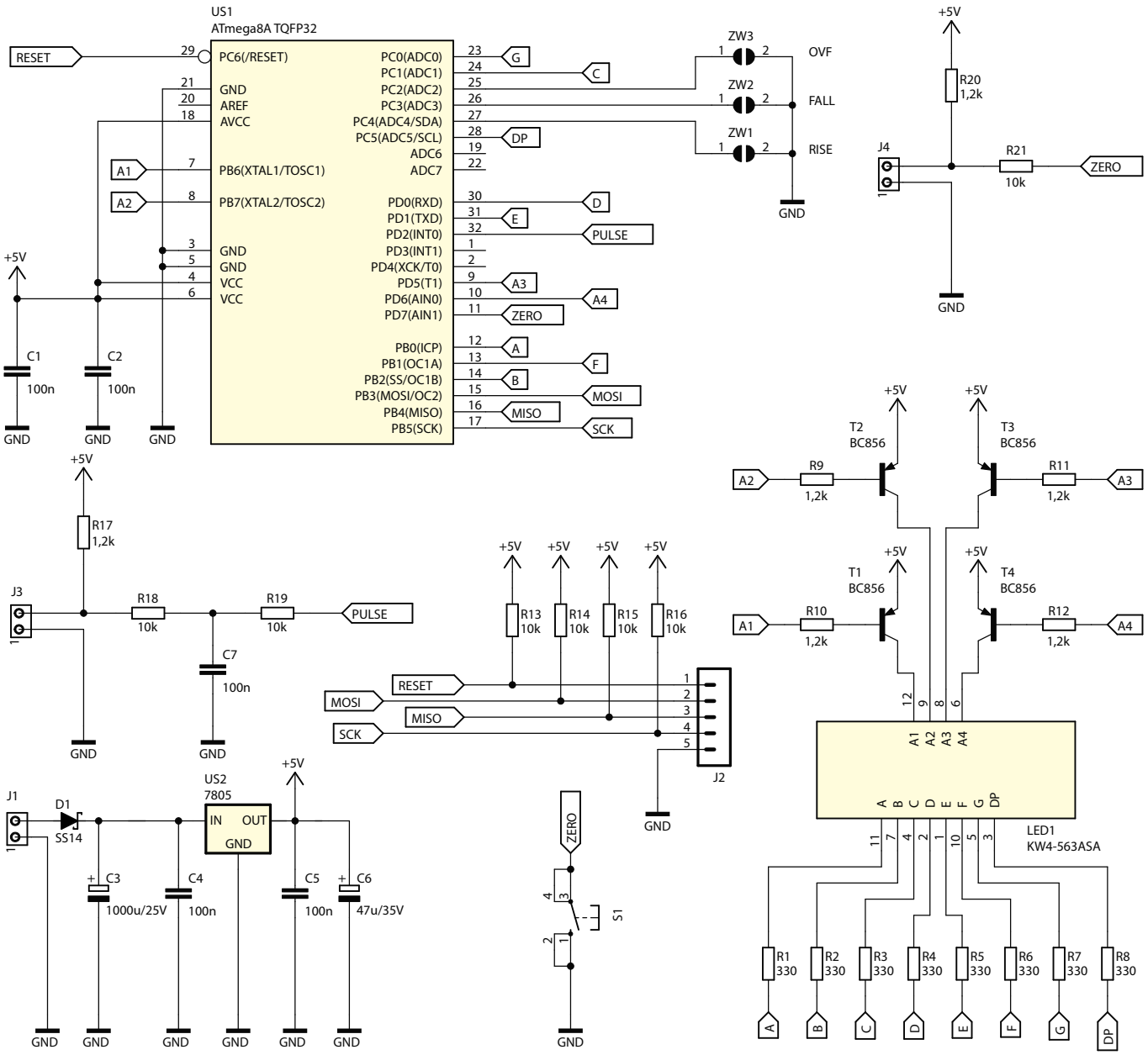
LASEROWE
SZABLONY
DO MONTAŻU SMT

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 934af8e026



Rysunek 1. Schemat ideowy prostego licznika impulsów

w razie pomyłki przy wyborze polaryzacji przewodów zasilających.

Wejściem impulsów jest złącze J3. Ponieważ układ jest przystosowany do pracy z elementami stykowymi, jeden z zacisków tego złącza podciągnięto do zasilania 5 V przez rezystor o wartości 1,2 kΩ, co wymusza przepływ prądu o natężeniu około 4 mA przez nadzorowane styki. Filtr RC, składający się z rezystora R18 i kondensatora C7, ma stałą czasową wynoszącą 1 ms, zaś jego zadaniem jest usunięcie z zerojedynkowego sygnału (styki zwarte – stan niski, styki rozwarte – stan wysoki) niepożądanych impulsów wywołanych iskrzeniem tychże styków. Jest to także ochrona wejścia mikrokontrolera przed możliwymi przepięciami wywołanymi przez ładunki elektrostatyczne oraz zewnętrzne zakłócenia elektromagnetyczne. Stosunkowo niska wartość R17 powoduje, że układ nie jest czuły na zakłócenia zbierane przez długie przewody łączące płytkę z przyciskiem.

Rezystor R19 stanowi dodatkową barierę dla potencjalnie podwyższonego napięcia odłożonego na kondensatorze C7, ponieważ ogranicza prąd wewnętrznych diod zabezpieczających wejście mikrokontrolera. Gdyby ten układ miał zliczać szybkie impulsy, wówczas zasadne byłoby pytanie o sens dodawania kolejnego członu opóźniającego (rezystancja R19 i pojemność wejścia mikrokontrolera), lecz opisywana konstrukcja od początku była projektowana do rejestrowania impulsów występujących kilka razy w ciągu sekundy, więc – jak na elektronikę – bardzo rzadko. Zewnętrzne wejście zerujące (złącze J4) zostało opatrzone podobnym zabezpieczeniem, z tą różnicą, że nie ma filtrującego członu RC, ponieważ iskrzenie styków przycisku zerującego nie zrobi tutaj nikomu różnicy. Licznik zeruje się po wykryciu jakiegokolwiek stanu niskiego na tym wejściu.

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1...R8: 330 Ω (SMD, 1206)
R9...R12, R17, R20: 1,2 kΩ (SMD, 1206)
R13...R16, R18, R19, R21: 10 kΩ (SMD, 1206)

Kondensatory:
C1, C2, C4, C5, C7: 100 nF (SMD, 1206)
C3: 1000 µF/25 V (raster 5 mm, opis w tekście)
C6: 47 µF/35 V (raster 2,5 mm)

Półprzewodniki:
D1: SS14
LED1: KW4-563ASA Luckylight
T1...T4: BC856 (SOT23)
US1: ATmega8A (TQFP32)
US2: 7805 (TO220, opis w tekście)

Pozostałe:
J1, J3, J4: ARK2/500
J2: goldpin 5 pin (męski, 2,54 mm, THT)
S1: mikroprzełącznik 6×6 mm (h=1,5 mm)

eprasa.pl 934af8e026

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 90 mm × 30 mm. Jej wzór ścieżek oraz schemat montażowy pokazano na **rysunku 2**. Otwory montażowe mają średnicę 3,2 mm i znajdują się w odległości 3 mm od krawędzi płytki.

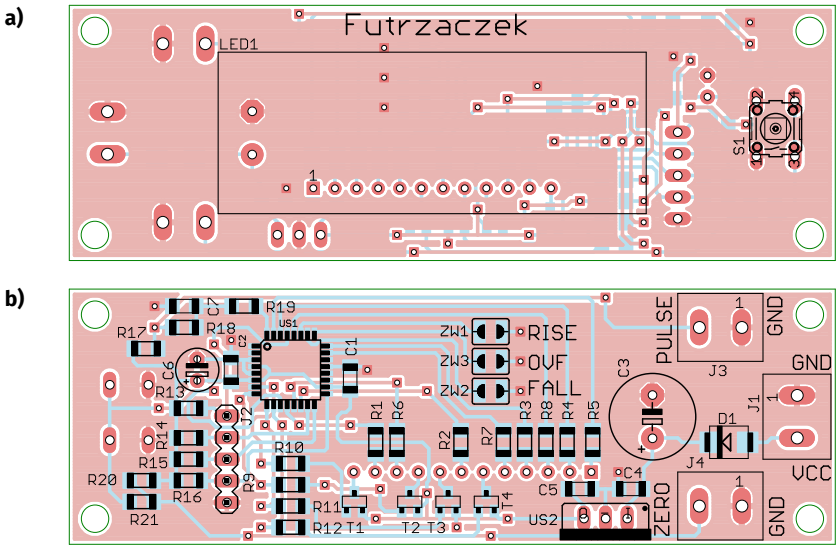
Montaż proponuję rozpocząć od elementów montowanych powierzchniowo, umieszczonych wyłącznie na spodniej stronie płytki. Po dokonaniu ewentualnych poprawek warto wlutować kondensator elektrolityczny C3, przyciąć jego wyprowadzenia i dopiero wtedy przejść do lutowania pozostałych podzespołów: złączy J1...J4, przycisku S1, kondensatora C6, stabilizatora US2 i wyświetlacza LED1 na końcu. Taka kolejność jest zalecana z racji zakrywania części pól lutowniczych przez wyświetlacz. Zmontowany układ można zobaczyć na fotografii tytułowej oraz **fotografii 1**. Nic nie stoi na przeszkodzie, by przycisk wlutować od drugiej strony laminatu (co czyni go niedostępnym od strony płyty czołowej obudowy licznika) bądź nie montować go w ogóle.

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

```
Low Fuse = 0x24
High Fuse = 0xD9
```

Szczegóły są widoczne na **rysunku 3**, który zawiera widok okna konfiguracji tychże bitów z programu BitBurner. Nowe ustawienia uruchomią wbudowany generator RC o częstotliwości 8 MHz oraz Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli napięcie zasilające spadnie poniżej 4 V, co znacznie zmniejszy ryzyko zawieszenia się mikrokontrolera podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po podłączeniu zasilania do zacisków złącza J1. Powinno to być napięcie stałe, dobrze filtrowane, niekoniecznie stabilizowane. Pobór prądu jest zależny od zawartości wyświetlacza i typowo nie przekracza 70 mA. Akceptowane napięcie zasilające powinno zawierać się w przedziale 9...18 V, z uwagi na konieczność zapewnienia prawidłowych warunków pracy stabilizatora US2. Gdyby US2 wymienić na miniaturową przetwornicę impulsową, wówczas dopuszczalny zakres mógłby być szerszy – trzeba jednak pamiętać o zastosowaniu kondensatora C3 o odpowiednio wysokim napięciu dopuszczalnym.



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



Fotografia 1. Widok zmontowanej płytki prototypowej – strona BOTTOM

Eksploatacja

Przed włączeniem zasilania należy również dokonać wyboru trybu pracy układu poprzez zwarcie kroplą spoiwa lutowniczego wybranych zworek SMD:

- ZW1: reakcja na zbocze narastające (RISE),
- ZW2: reakcja na zbocze opadające (FALL),
- ZW3: sygnalizacja przepełnienia (OVF).

Do zacisków złącza J3 można doprowadzić sygnał napięciowy o wartości minimalnej 0 V (lub nieco niższej) oraz maksymalnej 5 V (lub niewiele wyższej). Układ będzie zliczał zbocza, które zostaną wskazane zworkami ZW1 i ZW2, można też zewrzeć obie jednocześnie i rejestrować każde zbocze.

Gdyby jednak użytkownik zdecydował się na podłączenie elementu stykowego, takiego jak kontaktron czy wyłącznik krańcowy, wówczas – z uwagi na wbudowany rezystor podciągający – zliczenie przy aktywowanym zboczu narastającym (RISE) następowałoby w momencie rozwierania styków, zaś przy wybranym zboczu opadającym (FALL) – tuż po zwarciu styków tegoż elementu. W praktyce częściej używa się zbocza opadającego do zliczania impulsów z elementów stykowych, ponieważ jest ono szybsze (wymuszane niższą rezystancją) od narastającego.



Rysunek 3. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

Pozostała jeszcze zworka ZW3. Jeżeli pozostanie rozwarta, wówczas licznik przepełnia się i zeruje samoczynnie, czyli kolejne jego wskazania będą wynosiły 9998, 9999, 0000, 0001 i tak w kółko. Z kolei po zwarciu tejże zworki, kolejny impuls przy stanie bieżącym wynoszącym 9999 przepełni licznik, co zostanie pokazane czterema kreskami ----. Dalsze impulsy nie będą przez układ rejestrowane – konieczne będzie wyzerowanie jego wskazań poprzez krótkotrwałe zwarcie przycisku S1 lub zacisków złącza J4. Można też odłączyć napięcie zasilające na więcej niż kilka sekund, bowiem opisywany układ nie zapamiętuje stanu licznika w momencie zaniku zasilania.

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl 934af8e026

Najważniejsze parametry:
- bezdotykowy pomiar temperatury obiektów za pomocą cyfrowego czujnika podczerwieni,
- zakres pomiaru temperatury obiektu: –20°C do +100°C,
- dokładność pomiaru: ±1°C przy 25°C,
- komunikacja: I²C,
- napięcie zasilania: 2,7...5,5 V,
- pobór prądu: 1 mA.

Projekty pokrewne na stronie www.ep.com.pl

(aktywne linki do artykułów):
- Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C zgodny z systemem Grove
- Cyfrowy termometr/termostat I²C zgodny z Grove
- Translator poziomów I²C Grove
- Ośmiokanałowy mostek master I²C/1-Wire Grove
- Konwerter USB-UART w standardzie Grove
- Translator poziomów 1,2...5,5 V w standardzie Grove
- Czujnik zamrożenia z interfejsem Grove
- Moduł przetwornika mocy DC w standardzie Grove
- Koncentrator czujników cyfrowych Grove

* **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**

Cyfrowy termometr bezkontaktowy IR z interfejsem Grove

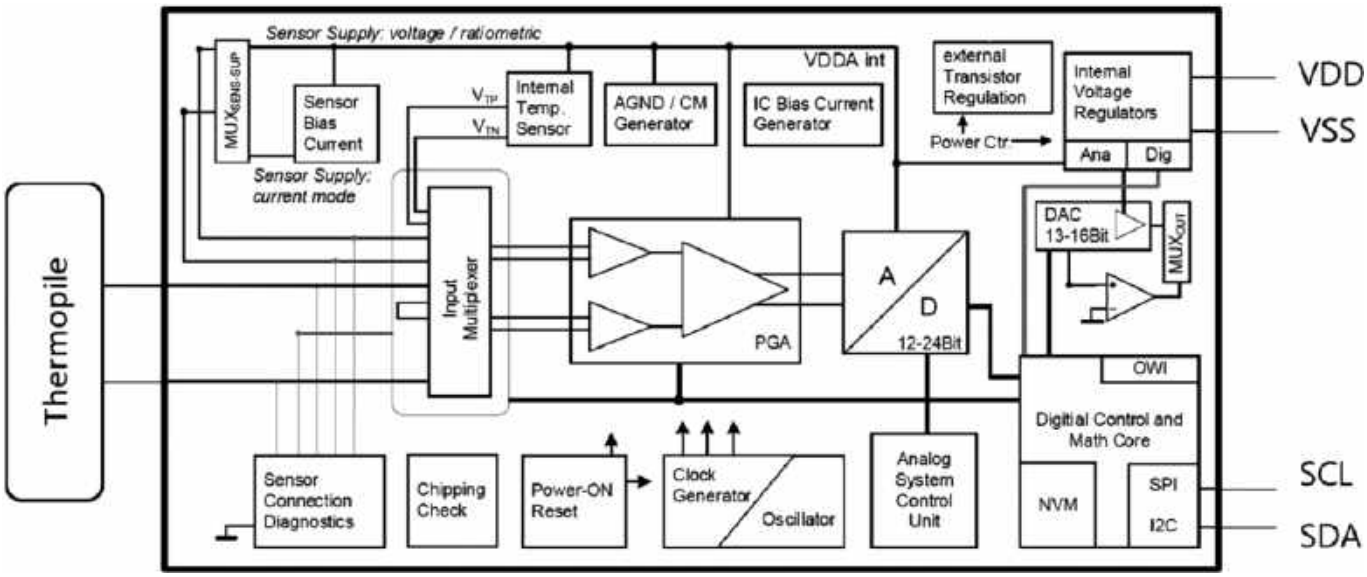
Prezentowany moduł bazuje na układzie cyfrowego detektora podczerwieni ZTPD-2210 firmy Amphenol Advenced Sensors, pracującego w zakresie temperatur od –20°C do +100°C z dokładnością ±1°C przy 25°C. Wbudowany, kompletny układ akwizycji i przetwarzania danych (ASIC) upraszcza aplikacje do kilku elementów niezbędnych do prawidłowego zasilania i polaryzacji magistrali I²C poprzez którą czujnik komunikuje się z układem nadrzędnym. Oprócz temperatury obiektu czujnik udostępnia dodatkowo pomiar temperatury otoczenia.



Budowa wewnętrzna czujnika ZTPD-2210 pokazana została na **rysunku 1**, a schemat modułu można zobaczyć na **rysunku 2**.

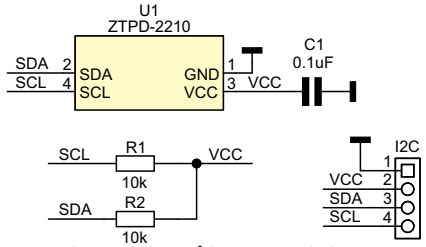
Termometr zmontowany jest na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej zgodnej z formatem Grove. Rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 3**, a zmontowany moduł na fotografii tytułowej. Montaż nie wymaga szczegółowego opisu. Należy jedynie zwrócić uwagę na zachowanie standardów ESD, gdyż ZTPD-2210 jest elementem bardzo czułym na ładunki statyczne.

Sprawdzenie działania modułu można najprościej wykonać przy użyciu Arduino. Moduł wymaga zasilania z zakresu 2,7...5,5 V, pobór prądu podczas przetwarzania wynosi ok. 1 mA. Czujnik widoczny jest na magistrali I²C pod adresem 0x38, a odczyt temperatury sprowadza się do odebrania 7 bajtów, w których zakodowana jest informacja o temperaturach obiektu i otoczenia, dostępna do odczytu po inicjalizacji czujnika komendą 0xAA. Szczegóły ramki danych można zobaczyć na **rysunku 4**.



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna układu ZTPD-2210 (za notą Amphenol)

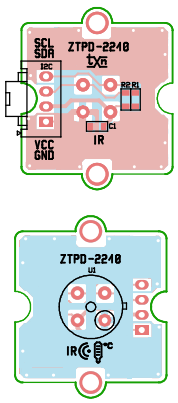
eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu

a)

b)



Rysunek 3. Rozmieszczenie elementów. a – strona TOP, b – strona BOTTOM

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R2: 10 kΩ (SMD 0603, 5%)

Kondensatory:
C1: 100 nF (SMD 0603, X7R, 10 V)

Półprzewodniki:
U1: ZTPD-2210

Pozostałe:
I²C: złącze Grove 4-pinowe

Odczytane wartości wymagają przeliczenia:

$T_{obiektu}$=(Byte(0)Byte(1)Byte(2))/2^{24}·130–20

$T_{otoczenia}$=(Byte(3)Byte(4)Byte(5))/2^{24}·105–20

Przykładowy szkic realizujący odczyt przy użyciu Arduino pokazano na **listingu 1**.

Po wgraniu programu, w okienku monitora portu szeregowego wyświetlane będą odczyty temperatur obiektu i otoczenia. Należy pamiętać o kierowaniu czujnika pod kątem prostym do obiektu oraz zapewnić możliwie niewielką odległość pomiarową. Jeżeli testowanie przebiegło pomyślnie, moduł można zastosować we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

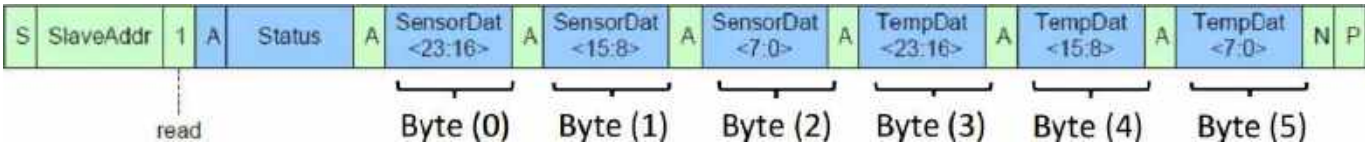
```
#include <Wire.h>

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
}

void loop() {
  float objTemp, ambTemp;
  readTemperature(objTemp, ambTemp);
  Serial.print(„Tobj:”);
  Serial.print(objTemp);
  Serial.print(„,Tamb:”);
  Serial.print(ambTemp);
  Serial.println();
  delay(1000);
}

void readTemperature(float &objTemp, float &ambTemp) {
  uint8_t data[7];
  Wire.beginTransmission(0x38);
  Wire.write(0xAA);
  Wire.endTransmission();
  delay(100);
  Wire.requestFrom(0x38, 7);
  if (Wire.available() == 7) {
    for (int i = 0; i < 7; i++) {
      data[i] = Wire.read();
    }
    // Obliczenie temperatury otoczenia (Bytes 6-4)
    uint32_t ambTempRaw = ((uint32_t)data[4] << 16) | ((uint32_t)data[5] << 8) | data[6];
    ambTemp = (ambTempRaw / 16777216.0) * 105.0 - 20.0;
    // Obliczenie temperatury obiektu (Bytes -1)
    uint32_t objTempRaw = ((uint32_t)data[1] << 16) | ((uint32_t)data[2] << 8) | data[3];
    objTemp = (objTempRaw / 16777216.0) * 130.0 - 20.0;
  }
}
```

Listing 1. Szkic testowy ZTPD-22100



Rysunek 4. Odczyt czujnika

REKLAMA

Szablony SMT od 2008

SEMICON®
Innowacyjne produkty
Innowacyjne technologie

Szablony stopniowane
Szablony z nanopowłokami
Szablony Vector Guard
Ramy napinające: Vector Guard, Zelflex, Quatroflex

Koperty ESD do przechowywania szablonów SMT

Nowość

Wymiary: 610 x 610 x 8 mm
725 x 610 x 8 mm
Materiał ESD **10³–10⁵Ω/□**



Semicon Sp. z o.o. I ul. Zakrętowa 4, 05-077 Warszawa
+ 48 783 745 603 I **szablony@semicon.com.pl**

Najważniejsze parametry:
- zakres pomiaru napięcia: 0...32 V,
- zakres pomiaru prądu: 0...5 A (patrz tekst),
- zasilanie: 3...5 V,
- pobór prądu: 900 µA (pomiar), 450 µA (odczyt),
- interfejs: I²C.

Projekty pokrewne na stronie www.ep.com.pl

(aktywne linki do artykułów):
- Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C zgodny z systemem Grove
- Cyfrowy termometr/termostat I²C zgodny z Grove
- Translator poziomów I²C Grove
- Ośmiokanałowy mostek master I²C/1-Wire Grove
- Konwerter USB-UART w standardzie Grove
- Translator poziomów 1,2...5,5 V w standardzie Grove
- Czujnik zamrożenia z interfejsem Grove
- Moduł przetwornika mocy DC w standardzie Grove
- Koncentrator czujników cyfrowych Grove

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

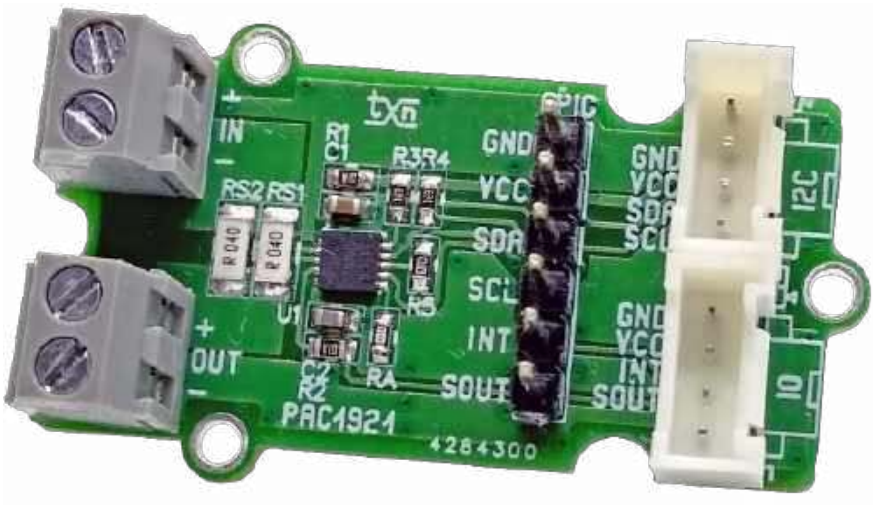
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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

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

Moduł pomiaru napięcia, prądu i mocy w standardzie Grove

Opisany moduł umożliwia pomiar napięcia, prądu i mocy odbiornika prądu stałego. Zakres pomiaru prądu zależy od doboru rezystora pomiarowego i w modelu wynosi 0...5 A. Płytka jest zgodna ze standardem Grove i współpracuje z magistralą I²C.



Moduł zbudowano w oparciu o specjalizowany układ monitora mocy PAC1921 firmy Microchip. Strukturę wewnętrzną układu pokazano na **rysunku 1**.

Pomiar odbywa się po stronie zasilania (tryb high–side). Napięcie jest mierzone bezpośrednio na wyprowadzeniu SENSE+, w zakresie 0...32 V z możliwością programowego ustalenia dodatkowego wzmocnienia (×1, ×2, ×4, ×8, ×32). Prąd mierzony jest metodą pośrednią poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorze bocznikowym, podłączonym pomiędzy wyprowadzenia SENSE+/– wbudowanego wzmacniacza różnicowego. Maksymalny zakres mierzonego spadku napięcia Vsense to 100 mV. Wbudowany wzmacniacz o programowanym w ośmiu stopniach wzmocnieniu (×1, ×2, ×4, ×8, ×16, ×32, ×64, ×128) umożliwia realizację zmiany zakresów bez konieczności stosowania dodatkowych elementów zewnętrznych. Oba tory wzmocnienia sygnalizują przekroczenie zakresu poprzez ustawienie odpowiednich flag w rejestrach, co ułatwia programową obsługę zmiany wzmocnienia.

Napięcia uzyskane w części analogowej przetwarzane są we wbudowanym konwerterze A/C o rozdzielczości definiowanej programowo na 11 lub 14 bitów, zaś pomiar mocy realizowany jest programowo. Możliwa jest filtracja sygnału i wybór czasu integracji. Konfiguracja układu PAC1921 odbywa się poprzez magistralę I²C. Obsługiwane jest do 16 adresów ustalanych poprzez dobór wartości rezystora bocznikowego podłączonego do wyprowadzenia ADDR_SEL. Układ jest wyposażony w wyprowadzenie READ/INT, umożliwiające sprzętowe

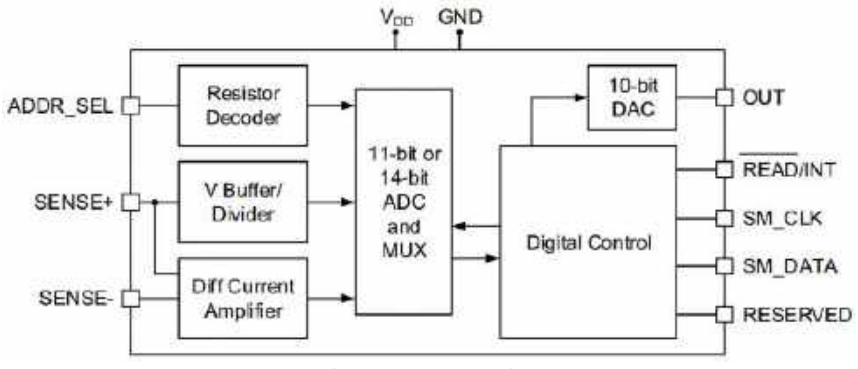
Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R2: 100 Ω (SMD 0603, 1%)
R3, R4: 10 kΩ (SMD 0603, 1%)
R5: 100 kΩ (SMD 0603, 1%)
RA: 0 Ω (SMD 0603, 1% – opis w tekście)
RS1, RS2: 0,04 Ω (SMD 1206, pomiarowy 1%)

Kondensatory:
C1: 1 µF (SMD 0603, X7R, 10%, 50 V)
C2: 1 nF (SMD 0603, C0G, 10%, 50 V)

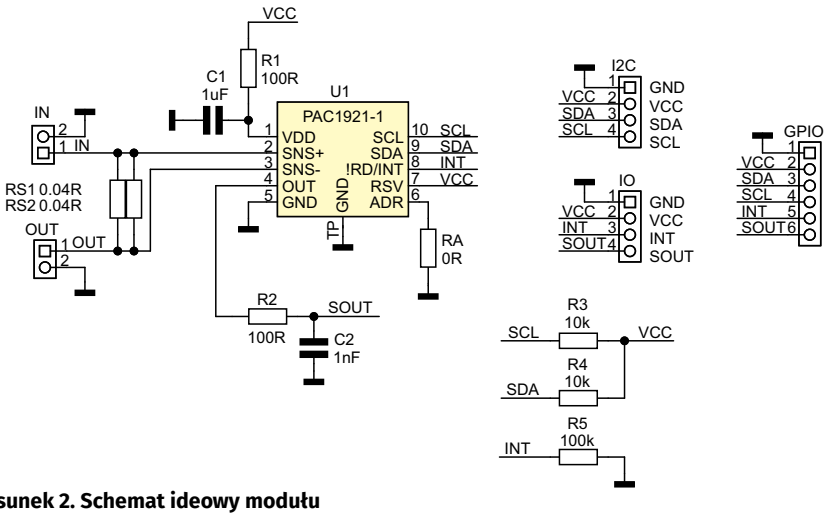
Półprzewodniki:
U1: PAC1921-1 (VDFN10)

Pozostałe:
GPIO: złącze SIP6 (2,54 mm)
IN,OUT: złącze DG381-3.5-2

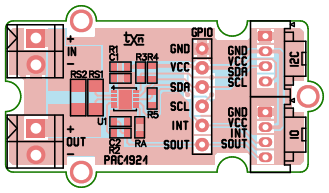


Rysunek 1. Budowa układu PAC1921 (za notą Microchip)

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu



Rysunek 3. Rozmieszczenie elementów na PCB modułu

sterowanie pomiarem i synchronizację kilku układów. Na wyjście OUT przetwornika D/A można wyprowadzić zmierzoną wartość napięcia, prądu lub mocy. Ta funkcja może okazać się przydatna w aplikacjach, w których niedopuszczalna jest zwłoka związana z odczytem danych przez magistralę I²C. Przykładowo po podłączeniu do wyjścia komparatora można zrealizować szybkie zabezpieczenia po przekroczeniu progu ustalonego dla jednej z mierzonych wielkości, w dalszym ciągu mając dostęp do ich dokładnych wartości zapisywanych w rejestrach PAC1921.

Schemat układu zaprezentowano na **rysunku 2**. Źródło napięcia doprowadzone jest do złącza IN. Wartość napięcia mierzona jest bezpośrednio na wyprowadzeniu SENSE+, zaś pomiar prądu odbywa się pośrednio, poprzez monitorowanie spadku napięcia na rezystorach RS1 i RS2 podłączonych do wyprowadzeń SENSE+/–. Obciążenie należy podłączyć do wyjścia OUT. Rezystory pomiarowe RS1/2 (o wartości 40 mΩ/1 W) połączone są równolegle i umożliwiają pomiar prądu w maksymalnym zakresie 0...5 A. Magistrala I²C i zasilanie doprowadzone są do złącza I²C, rezystory R3,4 podciągają linie SDA i SCL do dodatniej szyny zasilania. Do złącza IO doprowadzono sygnały sterowania trybem pracy INT oraz – po dodatkowej filtracji R2/C2 – napięcie SOUT z wbudowanego przetwornika D/A. Sygnały powielone są na złączu SIP GPIO. Układ pracuje poprawnie z zasilaniem 3...5 V, pobór prądu nie przekracza 1 mA.

Układ zmontowano na dwustronnej płytce drukowanej zgodnej mechanicznie i elektrycznie z formatem Grove. Rozmieszczenie elementów na PCB pokazano na **rysunku 3**.

Montaż układu nie wymaga rozbudowanego opisu. Prawidłowo zmontowany moduł można zobaczyć na **fotografii tytułowej**. Urządzenie nie wymaga uruchamiania, należy jednak dobrać wartość rezystorów pomiarowych odpowiednio do zakresu mierzonego prądu, pamiętając o nieprzekraczaniu maksymalnego spadku napięcia na boczniku równego 100 mV. Zmieniając wartość rezystora RA zgodnie z kartą katalogową, możemy ustalić inny adres I²C. Przy RA=0 domyślnie adres ustawiony jest na wartość 0x4C.

W celu szybkiego sprawdzenia działania modułu można użyć narzędzi i2ctools. Po podłączeniu zasilania do złącza IN i obciążenia do złącza OUT sprawdzamy detekcję układu na magistrali poleceniem i2cdetect –y 1. Moduł powinien być widoczny pod ustalonym przez RA adresem.

Układ PAC1921 pracuje w trzech trybach: integracji (Int), odczytu (Read) oraz uśpienia (Sleep).

W stanie integracji układ jest w pełni aktywny i całkuje (mierzy i przelicza), pozostając sterowanym w jednym z dwóch sposobów. Pierwszy to sterowanie sprzętowe stanem wysokim wyprowadzenia READ/INT, zaś drugi to sterowanie programowe poprzez rejestr konfiguracyjny, znajdujący się pod adresem 0x01 (Integration Configuration Register). Obsługa odbywa się poprzez zmianę stanu bitu 0 (INTEN=1) oraz bitu 1 (RIOV=1). Ustawienie RIOV=1 wyłącza sterowanie sprzętowe za pomocą wyprowadzenia READ/INT. Pobór prądu podczas integracji jest mniejszy niż 900 µA.

Tryb odczytu jest stanem o niższym poborze mocy. Gdy pin READ/INT jest utrzymywany w stanie niskim przez czas tREAD równy co najmniej 9,8 µs, urządzenie pozostaje w stanie odczytu. W przypadku sterowania programowego, układ można wprowadzić w omawiany tryb pracy zerując bit INTEN w rejestrze 0x01. Stan odczytu kończy integrację, uruchamia wewnętrzny licznik czasu uśpienia, aktualizuje rejestry oraz przesyła wybrany wynik pomiaru do wyjściowego przetwornika cyfrowo-analogowego (wyprowadzenie OUT) i wprowadza układ w stan niskiego poboru mocy, w którym pobór prądu nie przekracza 450 µA.

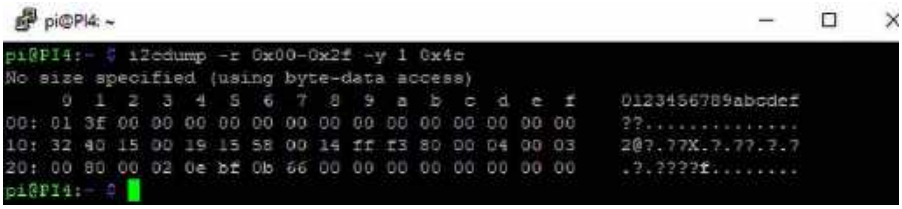
Tryb uśpienia jest stanem o najniższym poborze mocy. Domyślnie układ przechodzi w stan uśpienia automatycznie, gdy pin READ/INT (lub bit INTEN w trybie sterowania programowego) jest utrzymywany w stanie niskim dłużej niż czas tSLEEP ≈1,088...1,203 s. Tryb uśpienia może być też wyzwolony ustawieniem w rejestrze Control Register (adres 0x02) bitu SLEEP=1. Pobór prądu w stanie uśpienia jest mniejszy niż 15 µA.

Przed pomiarem należy oczywiście skonfigurować układ – pełna lista rejestrów PAC1921 znajduje się w materiałach dodatkowych. Przykładowo w celu pomiaru napięcia w zakresie 0...16 V i prądu w przedziale

REKLAMA



eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 4. Przykładowy odczyt pomiarów z modułu

0...5 A z 14-bitową rozdzielczością, konfigurujemy rejestr Gain Configuration 0x00:

```
i2cset -y 1 0x4c 0x00 0x01
// I_RES/V_RES=14bit, DI_GAIN=1x,
DV_GAIN=2x
```

oraz ustalamy liczbę próbek, załączamy filtry i sterowanie programowe oraz ustawiamy tryb pomiaru INT w rejestrze konfiguracji 0x01:

```
i2cset -y 1 0x4c 0x01 0x3F
// SMPL=16 próbek, VSFEn/VBFEN=1
filtry załączone, RIOV=1 sterowanie
programowe
```

Następnie ustawiamy tryb integracji:

```
i2cset -y 1 0x4c 0x01 0x3F
```

i tryb odczytu:

```
i2cset -y 1 0x4c 0x01 0x3e
```

a na koniec odczytujemy rejestry PAC1921:

```
i2cdump -r 0x00-0x2f -y 1 0x4c
```

Pomiar odbywa się cyklicznie poprzez zmianę trybów pracy PAC1921. Zmiana konfiguracji układu, np. wzmocnień, powinna odbywać się w trybie odczytu. Każdorazowo po odczycie rejestrów z wynikami pomiarów (min. Vbus, Vsense), wymagane jest przeliczenie wyniku w zależności od wybranego wzmocnienia (DI_GAIN, DV_GAIN). Sposób przeliczania podano w nocie aplikacyjnej. Przykładowy odczyt rejestrów pokazano na **rysunku 4**.

W rejestrach VBusResultHigh (0x10) i VBusResultLow (0x11) znajdują się 10-bitowe odczyty wartości napięcia. W przykładzie dla ustalonych wzmocnień otrzymujemy po przeliczeniu:

```
Vbus [dec]= VbusH*256+VbusL/64
Vbus [V], zakres 0-16V =
Vbus[dec]*16/65408
```

wartość napięcia równą 3,13 V.

10-bitowe wartości prądu przechowywane są w rejestrach VsensResultHigh (0x12) oraz VsensResultLow (0x13). Po przeliczeniu dla ustalonego wzmocnienia i rezystora pomiarowego:

```
Vsens [dec]= Vses=sensH*256+VsensL/64
Vsens [V], zakres 0-100mV =
Vsens[dec]*16/65408
Isens[A] = Vsens(0-100mV)[dec]/Rsens
```

otrzymujemy wynik 0,41 A.

W przypadku pomiaru mocy 10-bitowe wyniki przechowywane są w rejestrach VpowerResultHigh (0x1D) i VpowerResult Low (0x1E) – po skalowaniu:

```
Vpower [dec] = VpowerH*256+VpowerL/64
Power(0-80W:
16V*5A)=Vpower[dec]*80/65408
```

otrzymujemy wartość 1,25 W.

Pokazane pomiary przykładowe oczywiście można, a wręcz należy skorygować odpowiednio zmieniając zakres pomiaru napięcia i prądu w rejestrze Gain Configuration (0x00), gdyż podane wielkości mieszczą się w niższych spośród dostępnych zakresów pomiarowych. Korygując odpowiednio wzmocnienia DI_GAIN, DV_GAIN oraz odczytując flagi przekroczenia zakresu w rejestrze OVERFLOW Status (0x1C) możemy zautomatyzować adaptacyjne przełączanie zakresów, zapewniając przez to maksymalną dokładność pomiaru.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

UWAGA! Tylko prenumeratorzy czasopism „Elektronika dla Wszystkich”, „Elektronika Praktyczna”, „Świat Radio” oraz „Elektronik” mogą korzystać z atrakcyjnych rabatów w Sklepie AVT:

- ✓ do 50% na wydania specjalne czasopism Wydawnictwa AVT
- ✓ 20% na kity w wersji A (płytki drukowane do projektów AVT)
- ✓ 10% na pozostałe wersje kitów: (A+, B, C, D)
- ✓ 10% na książki
- ✓ 5% na pozostałe produkty z oferty sklepu

Ponadto każdy prenumerator ww. czasopism korzysta z rabatów od 30% do 50% na zakup czasopism z oferty www.UlubionyKiosk.pl

KLUB AVT ELEKTRONIKA

Jak uzyskać rabat? Podczas zamówienia powołaj się na swój numer prenumeraty – otrzymasz go mailowo po zakupie prenumeraty wraz z kartą członkowską Klubu AVT-Elektronika.

Regulamin Klubu AVT-Elektronika znajdziesz na stronie https://sklep.avt.pl/klub-avt-elektronika

eprasa.pl 934af8e026

Nowa biała księga. Jak radzić sobie z nieplanowanym zapotrzebowaniem?

Nieprzewidziane potrzeby to codzienne wyzwanie, z którym mierzą się zakłady produkcyjne. Nawet najlepsze planowanie nie wyeliminuje ryzyka nagłych przestojów spowodowanych awariami elektrycznymi, uszkodzeniami materiałów, zmianami konstrukcyjnymi czy czynnikami środowiskowymi. W takich sytuacjach ważne staje się szybkie działanie, aby uniknąć strat finansowych i utraty zaufania klientów. W nowej białej księdze zespół Conrad Electronic prezentuje szczegółowe analizy oraz sprawdzone w praktyce metody, które pomagają ograniczyć ryzyko związane z nieplanowanym zapotrzebowaniem i utrzymać ciągłość dostaw w trakcie trwającej produkcji.



Nowy raport firmy Conrad pokazuje, w jaki sposób przedsiębiorstwa mogą wcześniej rozpoznawać nieplanowane zapotrzebowanie i podejmować ukierunkowane działania zaradcze. Źródło: Success Media – stock.adobe.com (zdjęcie po lewej stronie)/Ilustration generated by ChatGPT-4o, April 2025 (zdjęcie po prawej stronie)

Nieplanowane zapotrzebowanie to nie wyjątek

„Nieplanowane zapotrzebowanie nie jest wyjątkiem, lecz stałym elementem produkcji przemysłowej" – podkreślono w raporcie. Mimo stosowania działań prewencyjnych w zakresie utrzymania ruchu, zawierania umów ramowych czy strategicznego gromadzenia zapasów, wciąż zdarzają się nagłe braki kluczowych komponentów. Nowy raport prezentuje sposoby, dzięki którym przedsiębiorstwa mogą skuteczniej radzić sobie z tym wyzwaniem i zwiększać swoją odporność operacyjną. Szczególnie narażone są małe i średnie firmy, które – w przeciwieństwie do dużych koncernów – często nie dysponują wystarczającymi rezerwami kadrowymi, jasno określonymi procedurami awaryjnymi czy elastycznymi ścieżkami zaopatrzenia.

Przyczyny, wskaźniki, metody

Nieplanowane zapotrzebowanie w złożonych procesach produkcyjnych jest zjawiskiem, którego nie da się całkowicie wyeliminować, jednak dzięki odpowiedniemu przygotowaniu można skutecznie nim zarządzać. Nasza biała księga skierowana jest do osób odpowiedzialnych za zakupy w przedsiębiorstwach przemysłowych i MŚP, a także do specjalistów ds. utrzymania ruchu. Analizuje najczęstsze przyczyny występowania takiego zapotrzebowania oraz podaje kluczowe wskaźniki umożliwiające ocenę kosztów. Ważnym elementem opracowania są strategie ograniczania ryzyka nieplanowanych potrzeb, obejmujące m.in. analizę progu rentowności, drugie źródło dostaw, klasyfikację ABC-XYZ oraz procedury awaryjne. Poruszono także zagadnienia związane z ustalaniem opłacalnych poziomów zapasów bezpieczeństwa, wdrażaniem inteligentnych strategii dostaw oraz tworzeniem przejrzystych modeli decyzyjnych dla działów technicznych i zakupowych.

Skompresowana wiedza do pobrania

Opisywane opracowanie zawiera praktyczne informacje dla wszystkich, którzy chcą uporządkować procesy zapewnienia ciągłości dostaw, ograniczyć koszty przestojów i zachować pełną zdolność działania nawet w sytuacjach niedoboru. Nowa biała księga „Nagłe przestoje maszyn spowodowane nieplanowanym zapotrzebowaniem" jest już dostępna bezpłatnie do pobrania na Conrad Sourcing Platform.

Więcej informacji: **conrad.pl/szybka-reakcja**



Wszystko z jednej ręki: Conrad Sourcing Platform umożliwia sprawne zaopatrzenie wszystkim, którzy mają potrzeby techniczne. Źródło: Westend61/Getty Images

eprasa.pl 934af8e026

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

PROJEKT NR 263

Nowoczesne podejście do konstrukcji obrabiarki CNC – druk 3D w praktyce

Druk 3D kojarzony jest głównie z szybkim prototypowaniem, lecz coraz częściej znajduje praktyczne zastosowanie także w budowie maszyn i urządzeń przemysłowych. W ostatnich latach obserwuje się wyraźny trend przenoszenia technologii addytywnych z laboratoriów i biur konstrukcyjnych do warsztatów oraz małych zakładów produkcyjnych. Umożliwia to tworzenie komponentów nie tylko testowych, lecz również w pełni funkcjonalnych, zdolnych do pracy w realnych warunkach.



W artykule zaprezentowano projekt wielkoformatowej obrabiarki CNC, w której technologia FDM została wykorzystana do wykonania kluczowych elementów konstrukcyjnych, uchwytów i mocowań. Zastosowanie wydruków 3D pozwoliło znacząco obniżyć koszty budowy, przyspieszyć proces iteracyjnego projektowania oraz umożliwiło stosowanie nietypowych geometrii, które byłyby trudne do wykonania tradycyjnymi metodami.

Podstawą konstrukcji jest klasyczna rama stalowa zapewniająca sztywność i stabilność pracy, natomiast moduły drukowane 3D odpowiadają za elastyczność i łatwość modyfikacji. Całość uzupełnia nowoczesny system sterowania GRBL-ESP32, wyposażony w komunikację bezprzewodową oraz obsługę panelu dotykowego, co czyni maszynę wyjątkowo prostą w obsłudze i przyjazną w codziennej eksploatacji.

Projekt ten łączy niski koszt wykonania, duże pole robocze oraz otwartą architekturę, umożliwiającą dalszą rozbudowę i personalizację. Dzięki temu stanowi atrakcyjne rozwiązanie nie tylko dla hobbystów i małych warsztatów, lecz również dla szkół technicznych i laboratoriów edukacyjnych, gdzie liczy się możliwość praktycznego pokazania nowoczesnych metod wytwarzania i sterowania numerycznego.

Publikacja ma na celu nie tylko zaprezentowanie koncepcji i gotowej maszyny, lecz także udostępnienie szczegółów konstrukcyjnych, schematów elektrycznych oraz praktycznych doświadczeń, umożliwiających Czytelnikom samodzielne odtworzenie projektu lub wykorzystanie jego elementów we własnych konstrukcjach.

Idea i cele projektu

W odpowiedzi na rosnące potrzeby edukacyjne oraz poszukiwanie ekonomicznych rozwiązań w zakresie automatyzacji obróbki materiałów podjęliśmy próbę zaprojektowania i budowy własnej, wielkoformatowej obrabiarki CNC. Głównym założeniem było stworzenie urządzenia o dużym polu roboczym (604×754×75 mm), które będzie funkcjonalne, trwałe i możliwe do wykonania w warunkach typowego warsztatu szkolnego lub hobbystycznego.

Projekt od początku zakładał maksymalne wykorzystanie technologii niskokosztowych – przede wszystkim druku 3D – do wytwarzania elementów konstrukcyjnych, mocujących i osłonowych. Rozwiązanie to pozwoliło:

- znacząco ograniczyć wydatki w porównaniu z klasyczną obróbką mechaniczną,
- skrócić czas prototypowania dzięki możliwości szybkiej iteracji projektów,
- zwiększyć elastyczność konstrukcji poprzez łatwą adaptację do dostępnych podzespołów.

Równie istotnym celem było przygotowanie kompletnej dokumentacji technicznej w formie rysunków konstrukcyjnych, schematów elektrycznych oraz wizualizacji 3D. Dzięki temu projekt może pełnić funkcję dydaktyczną – zarówno jako materiał do zajęć edukacyjnych, jak i baza do prac dyplomowych czy projektów realizowanych w warsztatach hobbystycznych.

Podjęta inicjatywa wpisuje się w trend nowoczesnego podejścia do konstrukcji maszyn, gdzie kluczową rolę odgrywają: dostępność technologii przyrostowych, niski koszt wytwarzania i możliwość indywidualnego dostosowania rozwiązań. Naszym celem było pokazanie, że nawet w warunkach ograniczonego budżetu można stworzyć efektywne i funkcjonalne urządzenie CNC, zdolne do realizacji typowych zadań

eprasa.pl 934af8e026

obróbczych, a przy tym łatwe do powielenia i dalszego rozwijania.

Konstrukcja mechaniczna obrabiarki

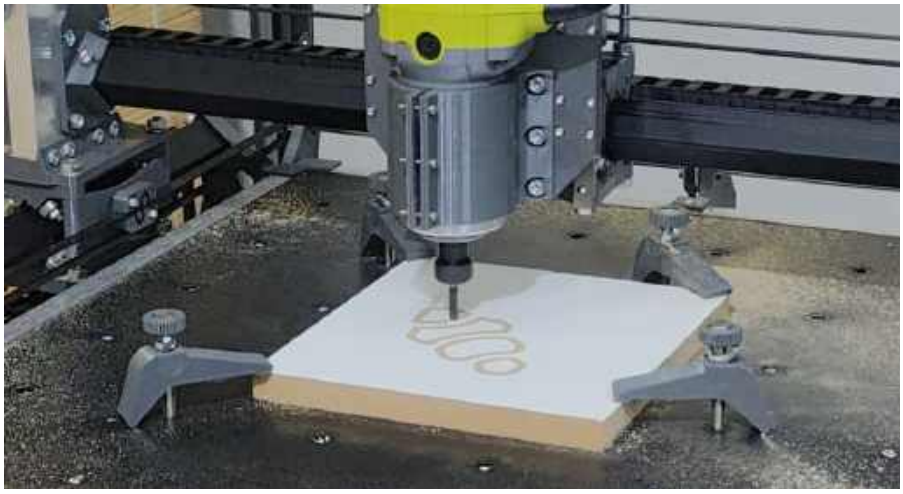
Podstawę urządzenia stanowi solidna rama spawana z profili stalowych zamkniętych 40×40×3 mm. Zastosowanie dodatkowych wsporników poprzecznych znacząco zwiększyło sztywność całości, minimalizując podatność na drgania podczas pracy oraz zapewniając stabilność nawet przy obróbce twardszych materiałów. Dzięki temu maszyna charakteryzuje się dobrą dokładnością i powtarzalnością w typowych zadaniach frezerskich.

Pole robocze wynosi 604×754×75 mm, co przy gabarytach całkowitych 950×800×650 mm czyni urządzenie kompaktowym i łatwym w adaptacji do pracowni warsztatowych czy przestrzeni edukacyjnych. Stół roboczy wykonano z płyty MDF o grubości 18 mm, przykręconej do ramy śrubami M8. W celu ułatwienia mocowania materiałów wprowadzono raster otworów co 50 mm, umożliwiający stosowanie uniwersalnych uchwytów mocujących oraz szybkie przezbrajanie stanowiska.

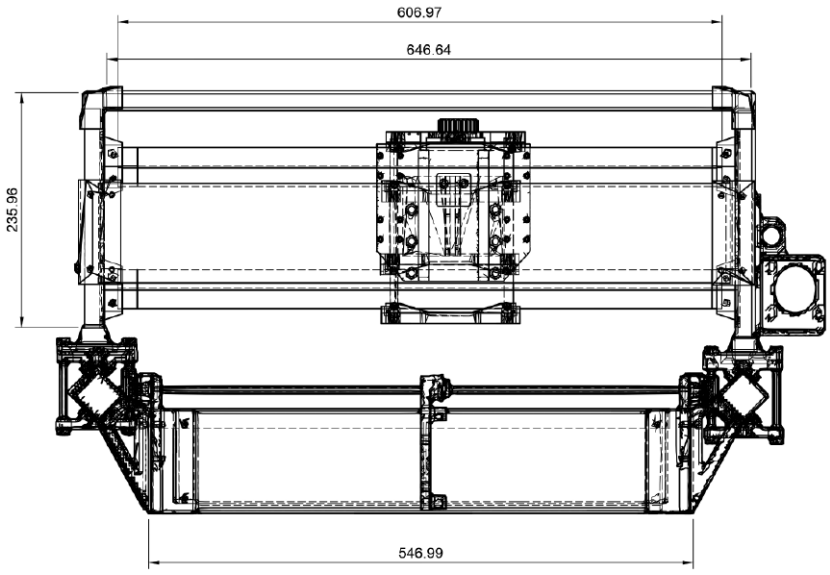
Układ prowadzenia osi X i Y oparto na prowadnicach liniowych MGN15 z wózkami kulkowymi, natomiast w osi Z zastosowano prowadnicę MGN12. Taki zestaw zapewnia niski opór ruchu, dużą precyzję pozycjonowania i trwałość eksploatacyjną. Napęd osi X i Y realizowany jest za pomocą silników krokowych NEMA 23 (2,8 A, 1,26 Nm), sprzężonych z paskami zębatymi GT3 o szerokości 15 mm i kołami 20T. Oś Z oparto na śrubie trapezowej TR12×3, co umożliwia uzyskanie dokładności pozycjonowania na poziomie ok. 0,05 mm.

W projekcie zastosowano również szereg komponentów wykonanych metodą druku 3D. Do ich wytworzenia użyto filamentu ASA, co pozwoliło osiągnąć wytrzymałość porównywalną z lekkimi elementami aluminiowymi. Dzięki technologii przyrostowej wszystkie te części można łatwo modyfikować i dopasowywać do nowych konfiguracji maszyny.

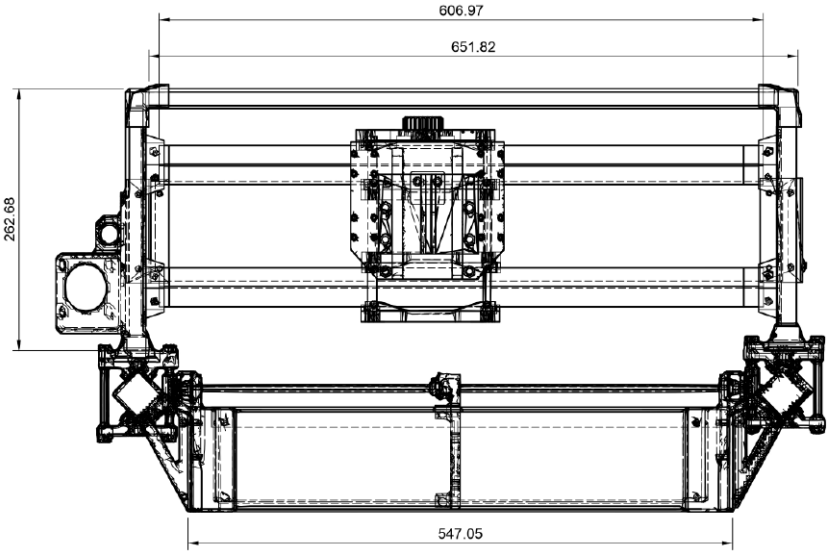
Na **fotografii 1** zaprezentowano widok ogólny konstrukcji, natomiast **rysunki 1...5** pokazują dokumentację techniczną w postaci rzutów ramy oraz zespołów osi wraz z wymiarami i rozmieszczeniem kluczowych elementów.



Fotografia 1. Obrabiarka w czasie pracy



Rysunek 1. Rzut tył



Rysunek 2. Rzut przód

Zastosowanie druku 3D w konstrukcji

W projekcie wielkoformatowej obrabiarki CNC technologia druku 3D FDM odegrała kluczową rolę, szczególnie w zakresie wytwarzania elementów mocujących i konstrukcyjnych. Dzięki niej możliwe było zrealizowanie szeregu komponentów o zróżnicowanej geometrii, które w tradycyjnej technologii wymagałyby kosztownej obróbki skrawaniem lub zamawiania niestandardowych części metalowych.

Wydrukowane elementy obejmują m.in. uchwyty silników krokowych, obudowy krańcówek, dystanse prowadnic, przelotki kablowe oraz niestandardowe kątowniki montażowe. Zastosowanie technologii przyrostowej pozwoliło nie tylko precyzyjnie dopasować je do istniejącego układu mechanicznego, ale także wprowadzać

eprasa.pl 934af8e026

szybkie modyfikacje na etapie prototypowania. W efekcie cały proces budowy urządzenia był bardziej elastyczny, a czas dostosowywania konstrukcji znacząco się skrócił.

Do wykonania części użyto filamentu ASA, wyróżniającego się odpornością na podwyższoną temperaturę i promieniowanie UV oraz wysoką wytrzymałością mechaniczną. Drukowano z warstwą 0,2 mm i wypełnieniem na poziomie 40...60%, co zapewniło kompromis pomiędzy sztywnością a niską masą elementów. Takie parametry sprawiły, że wydrukowane komponenty z powodzeniem zastępują lekkie części aluminiowe w miejscach niekrytycznych, zachowując przy tym trwałość i stabilność wymaganą w codziennej eksploatacji obrabiarki. Na **rysunku 6** pokazano przykładowy model 3D elementu zastosowanego w projekcie.

Korzyści płynące z użycia druku 3D

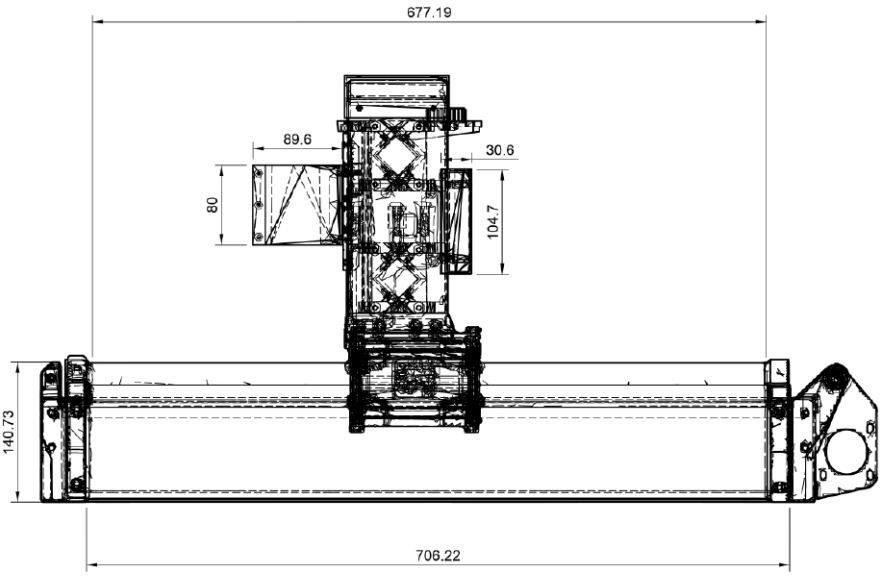
Zastosowanie technologii FDM w budowie wielkoformatowej obrabiarki CNC przyniosło szereg wymiernych korzyści.

- **Elastyczność projektowa** – wprowadzanie zmian w konstrukcji możliwe było praktycznie „z dnia na dzień". Zmiana średnicy mocowania silnika czy kształtu prowadnicy wymagała jedynie edycji modelu CAD i ponownego wydruku, zamiast zamawiania nowej części metalowej.
- **Redukcja kosztów** – całkowity koszt wydrukowanych elementów wyniósł około 150...200 zł, podczas gdy ich wykonanie w aluminium przekroczyłoby 1000 zł.
- **Szybkość prototypowania** – średni czas wydruku pojedynczej części wynosił 4...8 godzin, co pozwalało w ciągu jednego dnia przejść od projektu do montażu i testów. Dzięki temu iteracje konstrukcyjne były kilkukrotnie szybsze niż przy klasycznej obróbce.
- **Integracja konstrukcji** – druk 3D umożliwił tworzenie elementów o nietypowej geometrii, np. mocowań łączących jednocześnie prowadnice, silnik i krańcówkę. Takie rozwiązania byłyby trudne lub kosztowne do wykonania metodami tradycyjnymi.

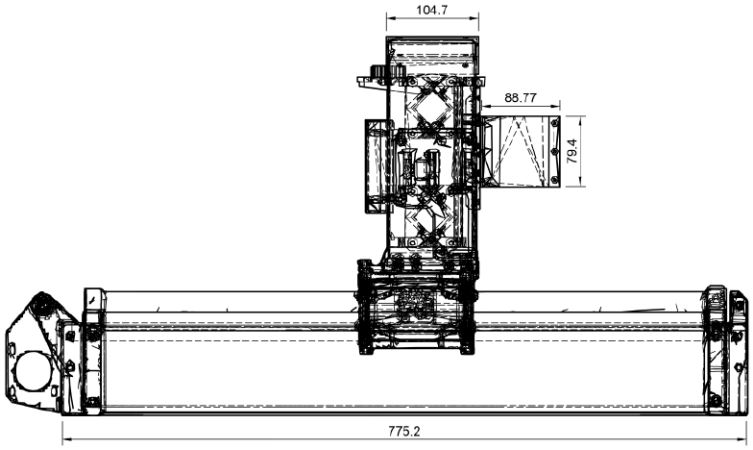
Praktyczne testy potwierdziły, że odpowiednio zaprojektowane elementy z ASA mogą z powodzeniem zastępować metalowe odpowiedniki w niekrytycznych miejscach. Dla przykładu, uchwyty silników krokowych i dystanse prowadnic po kilkudziesięciu godzinach pracy nie wykazały oznak zużycia ani deformacji, mimo obciążeń dynamicznych i podwyższonej temperatury w otoczeniu wrzeciona.

Elektronika i sterowanie

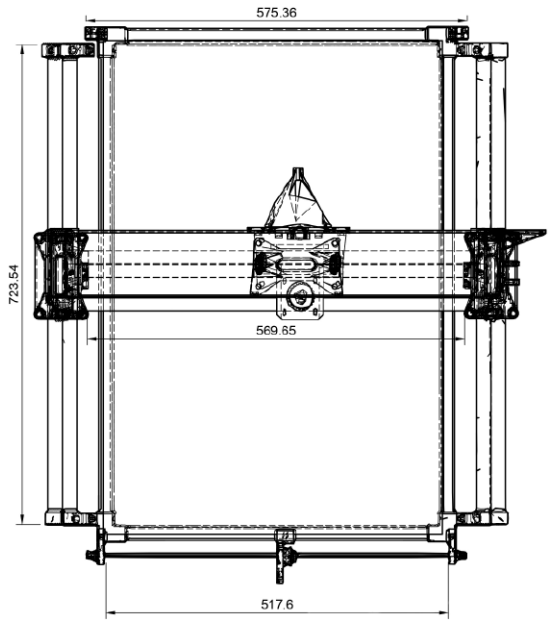
Układ sterowania obrabiarki został oparty na nowoczesnej płytce głównej GRBL



Rysunek 3. Rzut lewy bok



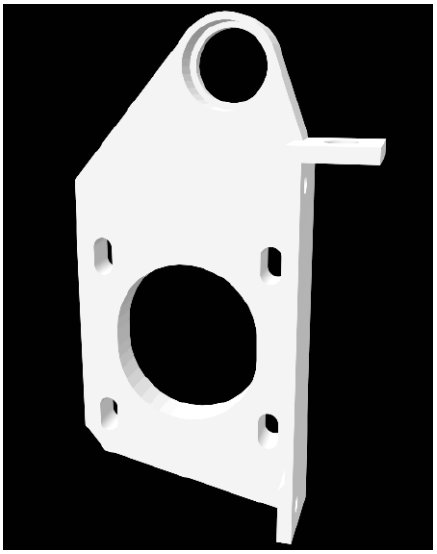
Rysunek 4. Rzut prawy bok



Rysunek 5. Rzut góra

32-bit V2.0 z mikrokontrolerem ESP32, która łączy w sobie prostotę popularnego standardu GRBL z wysoką mocą obliczeniową oraz bogatymi możliwościami komunikacyjnymi. Zastosowany mikrokontroler ESP32, pracujący z zegarem 240 MHz, pozwala na płynną realizację interpolacji ruchów oraz szybkie przetwarzanie kodów G, a dodatkowo umożliwia obsługę połączeń bezprzewodowych w standardzie

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 6. Przykładowy element wytworzony za pomocą druku 3D

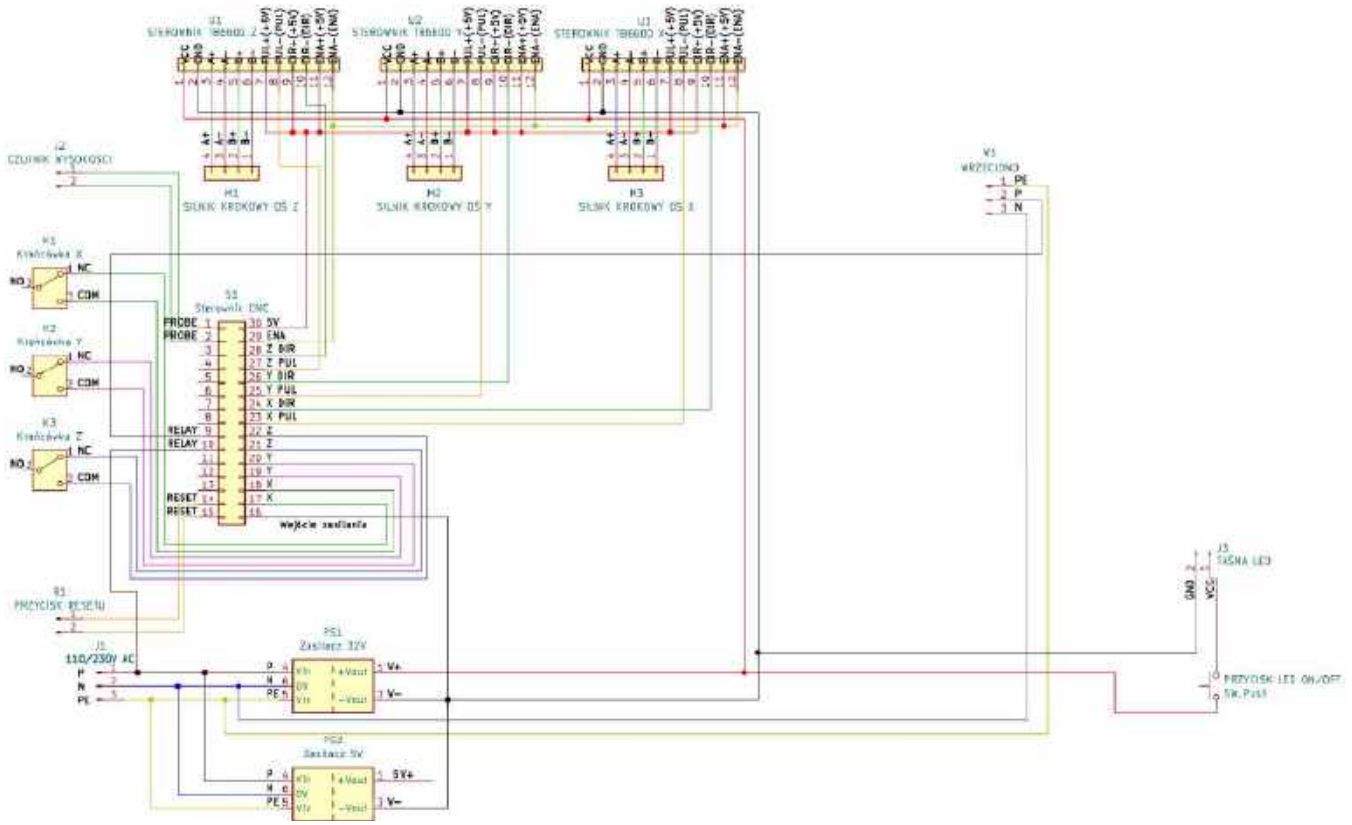
Wi-Fi i Bluetooth, co otwiera drogę do zdalnego przesyłania programów, aktualizacji oprogramowania oraz bieżącej diagnostyki pracy maszyny. Płytka wyposażona została również w złącze RJ45, które pozwala na przewodową komunikację z siecią lokalną lub podłączenie zewnętrznego panelu operatorskiego. W praktyce sterownik obsługuje cztery osie, co daje możliwość dalszej rozbudowy urządzenia o oś obrotową bądź dodatkowe moduły narzędziowe. Sterowanie odbywa się w pełni autonomicznie z poziomu kolorowego ekranu dotykowego TFT o przekątnej 3,2 cala, który umożliwia konfigurację parametrów pracy, definiowanie makroprzycisków, a także sterowanie wrzecionem. Napęd osi realizowany jest przez silniki krokowe NEMA 23 współpracujące ze sterownikami TB6600, które pozwalają na regulację prądu w zakresie od 0,5 do 3,5 A, obsługują mikrokroki do wartości 1/32, a także wprowadzają izolację optyczną (chroniącą układ logiczny przed zakłóceniami) oraz zabezpieczenia termiczne. Cały system zasilany jest z jednego zasilacza impulsowego 24 V o wydajności prądowej 15 A, co zapewnia wystarczającą rezerwę mocy do jednoczesnej pracy wszystkich osi i wrzeciona. Zasilacz został umieszczony w wentylowanej kasecie pod stołem roboczym, wraz z kompletną elektroniką sterującą, co pozwoliło obniżyć całkowitą wysokość konstrukcji, poprawić ergonomię obsługi oraz ułatwić dostęp serwisowy. Dodatkowo wszystkie moduły zostały zamontowane na specjalnie zaprojektowanych i wydrukowanych w technologii 3D uchwytach, a prowadzenie przewodów zrealizowano za pomocą dedykowanych kanałów i przelotek, również wykonanych metodą FDM, dzięki czemu rozmieszczenie komponentów jest uporządkowane i optymalnie dopasowane do przestrzeni roboczej. Zadbano również o bezpieczeństwo – zastosowano krańcówki na każdej osi, a całość uzupełniono o układ awaryjnego zatrzymania typu „grzybek", który w razie potrzeby natychmiast odcina zasilanie silników i wrzeciona. Na **rysunku 7** pokazano kompletny schemat elektryczny obrabiarki, obejmujący połączenia płytki GRBL ESP32, sterowników TB6600, krańcówek oraz wrzeciona.

Sterowanie maszyną

Sterowanie wielkoformatową obrabiarką CNC zostało zrealizowane w oparciu o nowoczesny układ elektroniczny, którego sercem jest płytka główna GRBL 32-bit v2.0 wyposażona w moduł ESP32. Zastosowanie tego rozwiązania pozwoliło połączyć prostotę i niezawodność klasycznego GRBL z elastycznością nowoczesnych interfejsów komunikacyjnych. Moduł ESP32 obsługuje transmisję Wi-Fi i Bluetooth, co umożliwia zdalne wgrywanie programów, sterowanie oraz monitorowanie pracy urządzenia.

System sterowania został zaprojektowany tak, aby obsługiwać cztery niezależne osie. W aktualnej konfiguracji pracują osie X, Y i Z, natomiast pozostawiona rezerwa pozwala na łatwe dodanie osi czwartej (np. obrotowej) lub integrację z systemem automatycznej zmiany narzędzi. Dzięki temu konstrukcja jest otwarta i przygotowana na przyszłe modyfikacje.

Interakcja operatora z maszyną odbywa się za pomocą kolorowego ekranu dotykowego TFT 3,2", który pełni funkcję panelu sterowania. Umożliwia on konfigurację parametrów pracy, uruchamianie makroprzycisków, ręczne sterowanie poszczególnymi osiami oraz kontrolę pracy wrzeciona. Rozwiązanie to sprawia, że obrabiarka może pracować w pełni autonomicznie, bez konieczności stałego podłączenia komputera.



Rysunek 7. Schemat połączeń sterownika frezarki

eprasa.pl 934af8e026

Za napęd osi odpowiadają silniki krokowe NEMA 23, współpracujące ze sterownikami TB6600. Sterowniki te oferują możliwość regulacji prądu w zakresie 0,5...3,5 A, obsługi mikrokroków (1/16 i 1/32), a także izolację optyczną i zabezpieczenia termiczne. Dzięki temu zapewniają płynny i precyzyjny ruch, jednocześnie chroniąc układ przed uszkodzeniami wynikającymi z przeciążeń czy przegrzania. Całość zasilana jest z jednego zasilacza impulsowego 24 V/15 A, który zapewnia wystarczającą rezerwę mocy do równoczesnej pracy wszystkich osi i sterowania wrzecionem.

Zastosowania i możliwości rozbudowy

Wielkoformatowa obrabiarka CNC została zaprojektowana z myślą o zastosowaniach edukacyjnych, warsztatowych oraz półprzemysłowych. Dzięki dużemu polu roboczemu (604×754×75 mm) możliwa jest obróbka zarówno elementów płaskich, jak i przestrzennych, co pozwala wykorzystywać maszynę w szkolnych pracowniach technicznych, prototypowniach czy niewielkich zakładach produkcyjnych.

Otwarta konstrukcja urządzenia umożliwia jego dalszą rozbudowę. Do najbardziej perspektywicznych kierunków należą:

- dodatkowa oś obrotowa – pozwalająca na obróbkę elementów cylindrycznych i bardziej złożonych brył,
- czujniki długości narzędzia i sondy dotykowe – umożliwiające automatyczną kalibrację układu,
- układ chłodzenia mgłą olejową (MQL) – zwiększający trwałość narzędzi podczas obróbki twardszych materiałów,
- system podawania materiału – usprawniający prace seryjne.

Obrabiarka umożliwia obróbkę materiałów takich jak drewno, sklejka, płyty MDF, tworzywa sztuczne (ABS, PMMA), lekkie kompozyty, a w przypadku odpowiedniego doboru wrzeciona – także cienkie płyty aluminiowe.

Przykładowa praca obrabiarki

W celu przetestowania dokładności i jakości wykonania elementów przeprowadzono próbne frezowanie płyty MDF z logotypem projektu. Do obróbki użyto frezu prostego do drewna o średnicy 3 mm oraz płyty MDF o grubości 12 mm.

Proces realizowano przy następujących parametrach:

- prędkość obrotowa wrzeciona: 18 000 obr./min.,
- posuw roboczy: 800 mm/min.,
- głębokość skrawania na przejście: 1,5 mm,
- liczba przejść: 8.

Materiał zamocowano do stołu przy użyciu uniwersalnych uchwytów mocujących, a pozycjonowanie początkowe osi wykonano za pomocą sondy dotykowej współpracującej z interfejsem GRBL. Cały proces frezowania pojedynczego logotypu trwał około 3 minut i przebiegał płynnie, bez oznak przeciążenia napędów. Uzyskany element cechował się gładkimi krawędziami oraz wysoką powtarzalnością wymiarową.

Na **fotografii tytułowej** pokazano proces frezowania wzoru, na **fotografii 1** zbliżenie na głowicę w trakcie pracy, natomiast **fotografia 2** pokazuje efekt końcowy – wyfrezowane logo w płycie MDF.

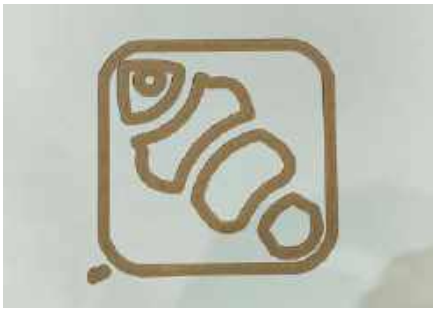
Podsumowanie i wnioski

Projekt wielkoformatowej obrabiarki CNC stanowi przykład praktycznego i efektywnego wykorzystania technologii druku 3D w budowie urządzeń przemysłowych nowej generacji. Wydrukowane elementy nie tylko pozwoliły znacząco obniżyć koszt konstrukcji i skrócić czas potrzebny na projektowanie, ale również zwiększyły elastyczność całego układu, umożliwiając szybkie wprowadzanie zmian oraz indywidualne dostosowanie konstrukcji do specyficznych potrzeb użytkowników. Dzięki temu możliwe było stworzenie urządzenia, które z jednej strony zachowuje profesjonalne parametry pracy, a z drugiej pozostaje dostępne pod względem ekonomicznym i technologicznym.

Istotnym elementem projektu było przemyślane rozmieszczenie elektroniki – całość układu sterowania umieszczono w kasecie pod stołem roboczym, co zmniejszyło całkowite gabaryty obrabiarki, poprawiło ergonomię obsługi oraz ułatwiło transport i serwis. Zastosowanie kompaktowej płytki GRBL ESP32, obsługującej Wi-Fi i Bluetooth, umożliwiło wdrożenie nowoczesnych metod komunikacji i zdalnego zarządzania maszyną. Takie rozwiązanie otworzyło drogę do pracy zarówno w trybie lokalnym, jak i sieciowym – z możliwością integracji obrabiarki z warsztatową infrastrukturą IT, co jest szczególnie istotne w środowiskach edukacyjnych oraz produkcyjnych.

Projekt bazuje na otwartym oprogramowaniu (GRBL-ESP32), co sprawia, że urządzenie jest łatwe w konfiguracji, a jednocześnie podatne na dalszą rozbudowę i modernizację. Dzięki temu stanowi atrakcyjne rozwiązanie dla szkół technicznych, warsztatów edukacyjnych oraz niewielkich zakładów produkcyjnych, które mogą wykorzystać je zarówno jako narzędzie dydaktyczne, jak i funkcjonalne urządzenie do obróbki drewna, tworzyw sztucznych czy lekkich stopów metali.

Ostatecznie projekt potwierdza, że druk 3D to nie tylko narzędzie prototypowania, ale także realne wsparcie w procesie tworzenia pełnowartościowych maszyn przemysłowych. Prezentowana obrabiarka CNC stanowi dowód na to, że nowoczesne technologie cyfrowe – w tym druk 3D, open-source'owe oprogramowanie sterujące i zdalne systemy zarządzania – mogą realnie zmieniać sposób projektowania, budowy i eksploatacji maszyn w praktyce warsztatowej i edukacyjnej.



Fotografia 2. Widok ukończonego detalu

Antoni Ciesielski[1]
Paweł Sobczak[2]

[1] Zespół Szkół Technicznych im. Waldemara Gostomczyka w Ostrowie Wielkopolskim
[2] Akademia Nauk Stosowanych w Koninie, Uniwersytet Kaliski im. Prezydenta Stanisława Wojciechowskiego

Literatura:

- Bartoszewicz A., Sterowanie numeryczne obrabiarek CNC, WNT, Warszawa, 2021, ISBN 978-83-01-21614-7
- Legutko S. (red.), Obrabiarki sterowane numerycznie CNC, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2018, ISBN 978-83-7775-497-3
- Gibson R., Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing, Springer, 2020, ISBN 978-3-030-56126-0
- GRBL – dokumentacja projektu GRBL (firmware CNC) https://github.com/gnea/grbl
- GRBL ESP32 – wersja rozszerzona dla ESP32 https://github.com/bdring/Grbl_Esp32
- MakerFr – projekty CNC, GRBL ESP32, open-source (inspiracja konstrukcyjna) https://www.makerfr.com/en/
- RepRap Wiki – dokumentacja drukarek 3D typu DIY https://reprap.org
- Make: Magazine – projekty DIY z zakresu elektroniki, CNC i druku 3D https://makezine.com

Film demonstracyjny
Pełny przebieg pracy obrabiarki, konfiguracji systemu sterowania oraz procesu frezowania można zobaczyć na przygotowanym filmie demonstracyjnym. Materiał wideo prezentuje uruchomienie maszyny, interakcję z interfejsem użytkownika oraz końcowy rezultat obróbki. Link: https://youtu.be/1rzhF-1dQ0c

eprasa.pl 934af8e026



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

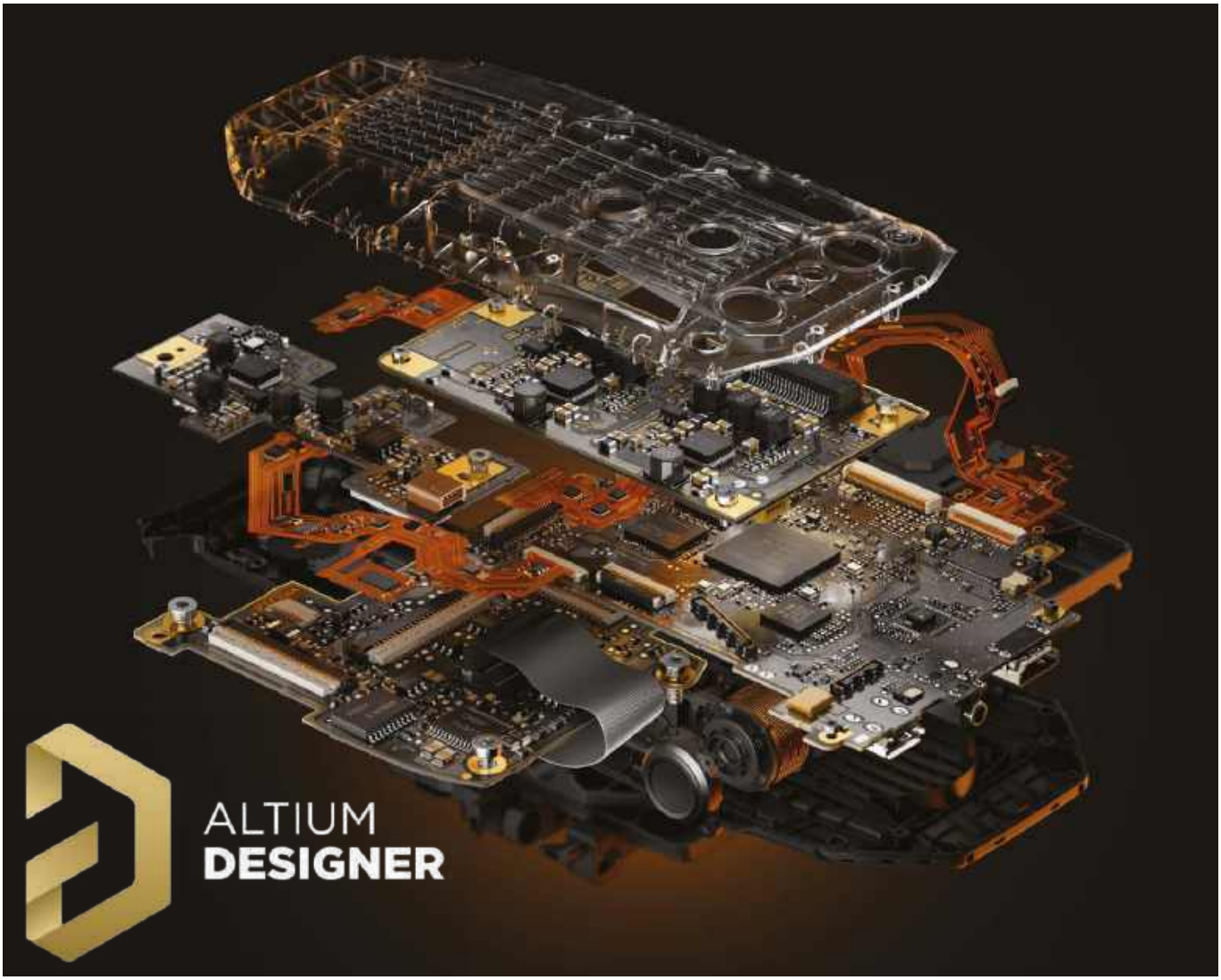


TRZECIARĘKA SN-392
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka” z lupą 90 mm, Proskit SN-392



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

eprasa.pl 934af8e026



Kompleksowe wsparcie w zakresie EDA/CAD/CAM, aparatury oraz komponentów

Firma Computer Controls w Polsce rozpoczęła działalność w 2013 r. jako część szwajcarskiego holdingu Computer Controls, prowadzącego działalność dystrybucyjną w kilkunastu krajach Europy. Computer Controls AG w Szwajcarii powstała w 1971 roku i sukcesywnie rozszerza ofertę i obszar działania. Obecnie funkcjonuje 12 oddziałów firmy obejmujących zasięgiem większość krajów Europy Środkowej i Wschodniej, co czyni przedsiębiorstwo wiodącym dostawcą komponentów elektronicznych, aparatury pomiarowej oraz oprogramowania inżynierskiego.

Przegląd oferty

Computer Controls w Polsce koncentruje się na dystrybucji oprogramowania dla elektroników oraz komponentów elektronicznych i wyświetlaczy, szkoleniach i konsultacjach z tym związanych, jak również sprzedaży systemów wbudowanych oraz aparatury pomiarowej i testowej.

COMPUTER CONTROLS

Więcej informacji:
Computer Controls Sp. z o.o.
43-309 Bielsko-Biała, ul. Bystrzańska 94
tel. +48 33 485 94 90, e-mail: info@ccontrols.pl
https://www.ccontrols.pl

Computer Controls w swoim portfolio zawiera ofertę wiodących producentów z branży elektronicznej na świecie, takich jak Altium, Arm Keil, Dassault Systèmes, Silicon Laboratories, Swissbit, Miromico, Epishine, Keysight, Ralton, Silergy, Powertip czy Pico Technology.

Baza klientów składa się z renomowanych firm z obszaru mechatroniki, medycyny, telekomunikacji i elektroniki, a także instytucji edukacyjnych. Computer Controls jest jedynym autoryzowanym dystrybutorem oprogramowania Altium Designer w Polsce, jak również świadczy wsparcie techniczne, szkolenia i konsultacje dla jego użytkowników.

eprasa.pl 934af8e026

Kompleksowe wsparcie w zakresie oprogramowania EDA

W zakresie oprogramowania firma oferuje przede wszystkim Altium Designer – flagowy produkt firmy Altium. Jest on zaawansowanym środowiskiem do projektowania PCB, łączącym w jednej aplikacji wszystkie niezbędne w tym procesie narzędzia. Zawiera m.in. edytor schematu i PCB (oferujący unikalny tryb pracy 3D), zaawansowany router interaktywny, wspiera projektowanie obwodów giętkich i sztywno-giętkich, umożliwia symulację obwodów oraz analizę integralności sygnałów, jak również projektowanie systemów wielopłytkowych. Program wspiera także tworzenie dokumentacji produkcyjnej.

Altium Designer zintegrowany został z platformą Altium 365, wspierającą pracę zdalną, współdzielenie danych oraz wymianę danych z programami MCAD oraz systemami PLM. Usługa Altium 365 dostępna jest w trzech planach subskrypcyjnych o zróżnicowanej funkcjonalności: Standard, Pro oraz Enterprise. W planach A365 Pro i Enterprise dostępne są m.in.:

- zaawansowane zarządzanie komponentami oraz dokumentacją projektową,
- śledzenie zmian i zarządzanie wersjami,
- kontrola danych przekazywanych do produkcji,
- połączenie z łańcuchem dostaw komponentów,
- możliwość wielokrotnego wykorzystania danych projektowych,
- zaawansowane wsparcie dla projektów wielopłytkowych
- i inne funkcje, pomocne przy pracy ze złożonymi projektami.



Firma oferuje również narzędzia programistyczne ARM/Keil, stosowane powszechnie do tworzenia aplikacji i uruchamiania systemów na procesorach z rdzeniem ARM. Oferta obejmuje m.in. pakiety Keil MDK oraz ARM Development Studio, dostępne w kilku wersjach, jak również dedykowane adaptery ULINK do debugowania systemów.

Pod koniec 2018 roku Computer Controls zawarła umowę z firmą Dassault Systems i uzyskała status autoryzowanego resellera produktów SOLIDWORKS/3DEXPERIENCE, poszerzając w 2019 roku swoją ofertę o gamę wiodących na świecie narzędzi CAD/CAM ze szczególnym naciskiem na integrację ECAD/MCAD, coraz istotniejszą w projektowaniu współczesnych produktów.

Dystrybucja komponentów i aparatury pomiarowej

Oferta aparatury pomiarowej obejmuje między innymi oscyloskopy PC firmy Pico Technology, większość produktów firmy Keysight oraz mierniki, oscyloskopy, generatory i zasilacze GW Instek i sprzęt laboratoryjny Aim-TTi.

Portfolio w zakresie podzespołów elektronicznych to przede wszystkim układy firm Silicon Laboratories oraz Miromico, uzupełnione o szeroką gamę komponentów Premier Magnetics, Silergy, Swissbit, a także Alliance Memory czy Central Semiconductor.

Oferta obejmuje również szeroki wybór wyświetlaczy takich firm, jak PowerTip i Ebulent, paneli dotykowych AMT oraz produktów marek Everbouquet, Ynvisible czy Fordata.

Computer Controls oferuje dostęp do darmowych próbek, narzędzi startowych oraz zapewnia wsparcie techniczne dla klientów przy wdrażaniu nowych technologii i układów w realizowanych projektach.

Najwyższa jakość obsługi klienta

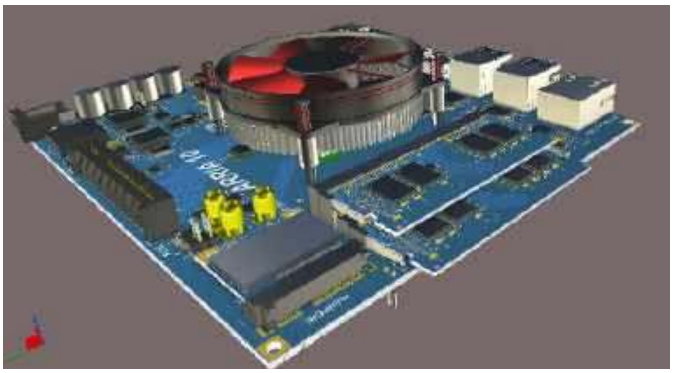
Firma Computer Controls dysponuje wykwalifikowaną i doświadczoną kadrą, posiadającą specjalistyczną wiedzę na temat oferowanych produktów. Gwarantuje to najwyższą jakość obsługi klientów oraz świadczonych usług, szkoleń i wsparcia technicznego. Elastyczne warunki płatności oraz oferta leasingu ułatwiają dodatkowo finansowanie zakupów. Większość oferowanych produktów jest dostępna również przez uruchomiony w 2022 roku sklep internetowy na www.ccontrols.pl.

eprasa.pl 934af8e026

Nowoczesne narzędzia EDA do projektowania PCB

– przegląd funkcji i kierunki rozwoju

Aby sprostać rosnącej złożoności elektroniki, inżynierowie wykorzystują zaawansowane oprogramowanie EDA (Electronic Design Automation). Narzędzia te obejmują cały proces – od rysowania schematów po projektowanie płytki, symulacje działania układu oraz przygotowanie dokumentacji produkcyjnej. Do najpopularniejszych pakietów EDA należą m.in. Altium Designer, Cadence OrCAD/Allegro, Autodesk Eagle (Fusion 360 Electronics) oraz KiCad, a każdy z nich oferuje unikalny zestaw funkcji.



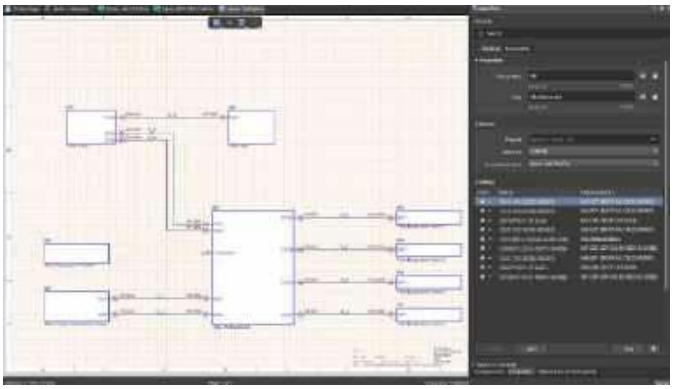
Rysunek 1. Przykład rozbudowanego systemu wielopłytkowego w środowisku Altium Designer (https://t.ly/srmsB)

W niniejszym artykule dokonujemy przeglądu nowoczesnych narzędzi EDA, porządkując informacje według kluczowych funkcjonalności istotnych z punktu widzenia projektantów PCB. Zamiast omawiania każdego programu oddzielnie, skupimy się na takich aspektach, jak projektowanie wielopłytkowe, integracje 3D ECAD-MCAD, wbudowane symulacje i weryfikacja, czy też zarządzanie bibliotekami komponentów. W ramach każdej z tych kategorii przedstawimy, jak różne środowiska EDA realizują dane zadania, wskazując ich mocne i słabe strony. Wspomnimy także o aktualnych trendach rynkowych i o tym, czego można spodziewać się w najbliższej przyszłości.

Projektowanie wielopłytkowe

Coraz więcej nowoczesnych urządzeń zawiera wiele płytek drukowanych komunikujących się ze sobą w ramach jednego systemu – od prostych modułów czujnikowych łączonych z płytą główną, aż po rozbudowane systemy w formie płyty głównej z kartami rozszerzeń czy układy typu backplane z wieloma modułami. Zaprojektowanie takiego złożonego systemu niesie ze sobą liczne wyzwania: trzeba bowiem zapewnić poprawne prowadzenie połączeń między płytkami (zgodność sygnałów na złączach), właściwe dopasowanie mechaniczne oraz spójną dokumentację całego systemu. Błąd wykryty dopiero na etapie montażu prototypu wielopłytkowego bywa kosztowny i powoduje opóźnienia w komercjalizacji docelowego wyrobu.

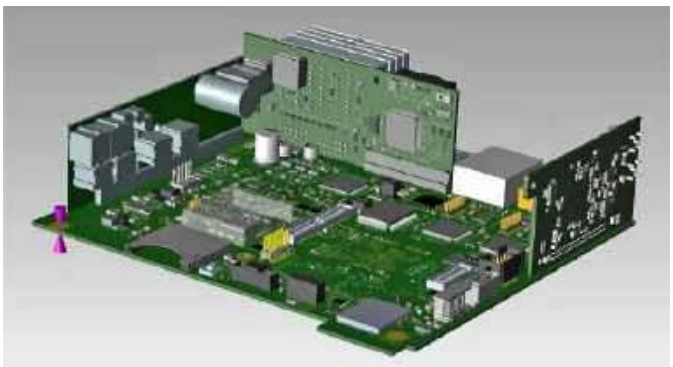
Altium Designer jako jedno z niewielu narzędzi oferuje dedykowane wsparcie dla projektów wielopłytkowych – przykładowy widok 3D projektu płyty głównej komputera można zobaczyć na **rysunku 1**. Autorzy tego niezwykle popularnego pakietu EDA wprowadzili specjalny typ projektu zwany Multi-board (z rozszerzeniem pliku *.PrjMbd), w ramach którego można zdefiniować zarówno schemat systemowy łączący poszczególne płytki (*.MbsDoc – patrz **rysunek 2**), jak i fizyczny montaż 3D całego urządzenia (*.MbaDoc). Na schemacie systemowym umieszcza się bloki reprezentujące poszczególne projekty PCB i definiuje połączenia między nimi (np. wiązki sygnałów przechodzące pomiędzy złączami). Następnie do dokumentu montażowego można zaimportować gotowe projekty PCB poszczególnych płytek i zweryfikować ich wzajemne ułożenie w przestrzeni 3D, sprawdzając dopasowanie złączy oraz kompatybilność całości z obudową. Altium zapewnia przy tym spójność logiczną i fizyczną – narzędzie automatycznie kontroluje zgodność sygnałów na współpracujących złączach.



Rysunek 2. Plik *.MbsDoc zawierający schemat systemu wielopłytkowego w hierarchicznej strukturze blokowej (https://t.ly/t6zcp)

Co więcej, możliwe jest wygenerowanie wspólnej listy materiałowej (BOM) całego systemu w dokumencie ActiveBOM, obejmującej elementy ze wszystkich płytek jednocześnie. Taka scentralizowana tabela komponentów uwzględnia dane o poszczególnych podzespołach (np. dostępność u dystrybutorów, status handlowy, etc.) w czasie rzeczywistym dzięki automatycznej łączności z bazami wielu czołowych hurtowni.

Inne duże pakiety EDA również kładą nacisk na projektowanie systemów wielopłytkowych. Przykładowo Siemens Xpedition,



Rysunek 3. Xpedition Multi-Board Systems Design – oprogramowanie do projektowania wielopłytkowego (https://t.ly/lx9st)

eprasa.pl 934af8e026

powstały po akwizycji przez Siemensa firmy Mentor Graphics w 2017 r., oferuje środowisko Xpedition Multi-Board Systems Design (**rysunek 3**), które umożliwia współbieżną pracę zespołu nad jednym projektem systemowym w czasie rzeczywistym. Oznacza to, że wielu projektantów może jednocześnie opracowywać różne płytki wchodzące w skład systemu, mając wgląd w całość – co jest szczególnie istotne przy dużych projektach wymagających podziału pracy (np. w motoryzacji czy lotnictwie). Platforma Xpedition integruje zarządzanie złączami, wiązkami przewodów i logicznymi połączeniami między PCB, pozwalając na automatyczną synchronizację zmian wprowadzanych na poziomie poszczególnych płytek z dokumentacją systemu.

Oczywiście nie wszystkie narzędzia EDA dysponują tak rozbudowanymi funkcjami. KiCad – popularne, otwartoźródłowe środowisko EDA, które pomimo swojego darmowego charakteru jest chętnie stosowane przez wiele mniejszych firm – nie wspiera natywnej obsługi projektu wielopłytkowego w jednym pliku (każda płytka to osobny projekt). Użytkownicy co prawda wypracowali pewne rozwiązania polegające na tworzeniu nadrzędnego schematu systemu oraz ręcznej synchronizacji złączy między oddzielnymi projektami, ale jest to w zasadzie proces całkowicie manualny. Podobnie starsze wersje Autodesk Eagle (dawniej Cadsoft Eagle) nie oferowały dedykowanego trybu multi-board – zazwyczaj projektowano osobne pliki dla każdej PCB, a następnie składano je w jeden system dopiero na etapie mechaniki. Dopiero integracja Eagle z platformą Fusion 360 pozwoliła na łatwiejsze sprawdzanie montażu wielu płytek, choć nadal nie jest to jedno środowisko logiczne dla wszystkich PCB. Również w przypadku pakietu Cadence OrCAD/Allegro tradycyjnie brakowało osobnego trybu projektów systemowych – inżynierowie radzili sobie poprzez dokładne definicje złączy na schematach i ewentualne korzystanie z zewnętrznych narzędzi Cadence do projektowania systemów (System Capture), ale pełna integracja wielopłytowa stała się domeną dopiero najnowszych wersji Allegro X. Generalnie, projektowanie wielopłytkowe to obszar, w którym w ostatnich latach przewagę zyskały narzędzia oferujące zintegrowane środowisko systemowe (jak Altium czy Xpedition), znacząco redukujące ryzyko błędów połączeń i kolizji mechanicznych przed produkcją prototypu.

Integracja 3D i współpraca ECAD–MCAD

Wraz z miniaturyzacją urządzeń stale rośnie złożoność współpracującej mechaniki, która siłą rzeczy musi optymalnie wykorzystywać każdy milimetr sześcienny wewnątrz obudowy. Ścisła współpraca między projektantem elektroniki a konstruktorem mechanikiem stała się zatem nieodzowna. Nowoczesne narzędzia EDA coraz lepiej integrują się z systemami CAD 3D, umożliwiając projektantom PCB podgląd ułożenia podzespołów i płytek w przestrzeni trójwymiarowej oraz wczesne wykrywanie problemów mechanicznych (kolizje z obudową, nieprawidłowe wysokości komponentów itp.).

Altium Designer już kilkanaście lat temu wprowadził pełny widok 3D PCB, co było jedną z jego najważniejszych przewag nad starszymi narzędziami. Obecnie renderowanie widoków 3D i gotowych modeli (np. w formacie *.STEP) jest standardową funkcją – projektant jednym kliknięciem przechodzi z edycji 2D do realistycznego widoku 3D całej płytki, wraz z modelami elementów, dzięki czemu może sprawdzić m.in. prześwity, wysokości i rozmieszczenie komponentów. Co ciekawe, nawet KiCad od dość dawna oferuje taką funkcjonalność – ma wbudowany silnik renderujący płytkę w trójwymiarze i pozwala podłączyć do komponentów modele STEP, co ułatwia kontrolę poprawności rozmieszczenia elementów oraz ogólnej integralności konstrukcji (**rysunek 4**). Jest to o tyle imponujące, że KiCad pozostaje oprogramowaniem otwartym i darmowym, a mimo to obsługuje coraz bardziej zaawansowane opcje wizualizacji 3D projektu. A jeszcze bardziej imponujący jest fakt,



Rysunek 4. Widok 3D płytki drukowanej w programie KiCad (https://t.ly/2NFPH)

że pod koniec epoki „starego Eagle'a" (jeszcze za czasów istnienia firmy Cadsoft) KiCAD wyprzedzał nieznacznie nawet ten płatny (choć stosunkowo niedrogi) pakiet EDA. O ile bowiem eksport widoku 3D był w Eagle możliwy, to zadanie to wiązało się z koniecznością stosowania specjalnych makr (ULP) i korzystania z zewnętrznego silnika do raytracingu.

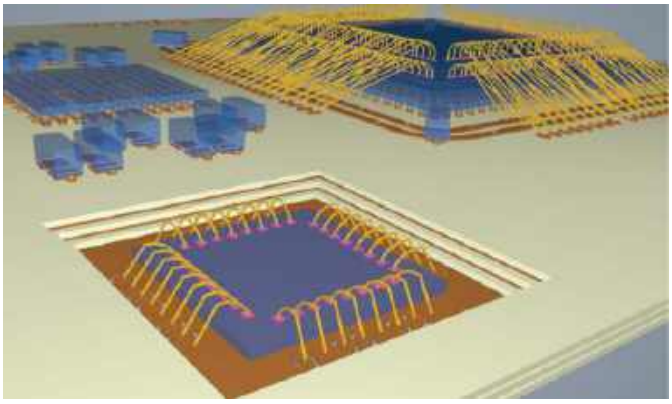
Kluczowym trendem ostatnich lat jest rozwój narzędzi do współpracy ECAD–MCAD, czyli między projektem elektroniki a modelem mechanicznym. Altium promuje dodatek MCAD CoDesigner, który integruje się z popularnymi programami CAD (SolidWorks, PTC Creo, Autodesk Inventor, Siemens NX, a nawet Fusion 360) i umożliwia dwukierunkową synchronizację zmian wprowadzanych przez projektantów PCB oraz konstruktorów mechaniki (**rysunek 5**). Przykładowo, inżynier mechanik może w swoim programie CAD zaimportować aktualny model płytki z Altiuma (z rozmieszczeniem elementów), wpasować go w obudowę, a jeśli zajdzie potrzeba np. przesunięcia złącza – dokonać tej zmiany i odesłać ją z powrotem do projektanta PCB. Taka integracja, przebiegająca niemal w czasie rzeczywistym, eliminuje przestoje, podczas których elektronik czekał, aż mechanik skończy projekt obudowy, by sprawdzić dopasowanie bądź konstruktor obudowy czekał na poprawki wdrożone przez elektronika. Teraz prace te mogą toczyć się równolegle, a każdy z członków zespołu ma możliwość dodawania komentarzy do aktualizacji, znacznie łatwiejsze jest ponadto przeglądanie wprowadzanych zmian. W środowisku Altium mechanizm CoDesigner jest częścią platformy Altium 365, co pozwala na łatwe współdzielenie modeli 3D płytek z zespołem mechanicznym poprzez chmurę.

Również inne narzędzia podążają w kierunku ścisłej integracji z MCAD. Autodesk, już po przejęciu programu Eagle, poszedł o krok dalej – wchłonął Eagle w ekosystem Fusion 360, tworząc rozwiązanie o nazwie Fusion Electronics. W efekcie użytkownik



Rysunek 5. Narzędzie Altium MCAD CoDesigner pozwala za pomocą dwóch kliknięć przesłać zmiany w projekcie fizycznym PCB do konstruktora mechanika, pracującego w osobnym środowisku CAD (https://t.ly/3XtA4)

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 6. Moduł Allegro X 3DX Canvas zastosowany do projektu bondingu rozbudowanego obwodu typu COB (Chip-on-Board) – https://t.ly/cFyrV

ma do dyspozycji jednolite środowisko, w którym projekt PCB jest po prostu jedną z przestrzeni roboczych w ramach programu CAD 3D. Fusion 360 zapewnia unikalną na rynku, natywną integrację – rozmieszczenie komponentów elektronicznych można od razu oglądać na modelu całego urządzenia i sprawdzać zgodność z wymaganiami mechanicznymi, a wszystko odbywa się w jednej aplikacji. Autodesk chwali się, że dzięki temu synchronizacja układu elektronicznego z ograniczeniami mechanicznymi jest płynna, a współpraca zespołowa w chmurze dodatkowo to ułatwia. W praktyce oznacza to, że mechanik i elektronik mogą na bieżąco wymieniać się uwagami, korzystając z wbudowanych narzędzi komentowania i podglądu projektu PCB 3D w przeglądarce – z dowolnego miejsca na świecie.

Firma Cadence również dostrzegła konieczność poprawy doświadczeń użytkownika w zakresie kooperacji 3D. Najnowsza generacja OrCAD X/Allegro X wprowadziła moduł 3DX Canvas (**rysunek 6**), który zapewnia bogate opcje przeglądu trójwymiarowego i sprawdzania odległości czy naruszeń reguł w 3D. Użytkownik może np. przekroić model płytki dowolną płaszczyzną, by zweryfikować ułożenie warstw, zmierzyć odstępy między elementami czy warstwami dielektryka oraz wykryć ewentualne kolizje mechaniczne już na etapie projektu PCB. OrCAD X wspiera też nadawanie indywidualnych kolorów i przezroczystości dla warstw w widoku 3D, by upodobnić obraz do rzeczywistego wyglądu produkcyjnego i łatwiej komunikować intencje produkcyjne zespołom mechanicznym lub klientom. Te zmiany sygnalizują odejście Cadence od dawnego podejścia, w którym Allegro koncentrowało się głównie na aspektach elektrycznych kosztem wygody wizualizacji – nowa wersja stawia na pełną wizualizację 3D i płynną integrację z MCAD.

Warto dodać, że integracja ECAD-MCAD to nie tylko bierne oglądanie modelu 3D. W przypadku projektów flex i rigid-flex – czyli płytek giętkich i sztywno-giętkich – logiczna integracja z mechaniką jest kluczowa, bo kształt wygięcia płytki wpływa bezpośrednio na montaż. Narzędzia takie jak Altium czy Allegro X umożliwiają definiowanie stref gięcia, różnych stosów warstw dla części giętkiej i sztywnej oraz oglądanie płytki po zgięciu w 3D. To samo dotyczy montażu wielu płytek: funkcja multi-board, dostępna w środowisku Altium Designer, pozwala importować model obudowy urządzenia, by sprawdzić poprawność montażu całego systemu w obudowie jeszcze przed zleceniem produkcji prototypów (**rysunek 7**). Ogólny trend jest jasny – pełna korelacja projektu elektronicznego z modelem mechanicznym – co minimalizuje ryzyko „niespodzianek" przy składaniu urządzenia z gotowych płytek. A chyba każdemu konstruktorowi zdarzyły się rozmaite kolizje i nieprzewidziane sytuacje, zwłaszcza w projektach o dużym zagęszczeniu komponentów elektronicznych i mechanicznych w ograniczonej objętości.



Rysunek 7. Altium Designer zapewnia pełne wsparcie w zakresie projektowania obwodów rigid-flex, włącznie z symulacją stopniowego zwijania układu do pozycji docelowej (https://t.ly/46fAu)

Co istotne, integracja 3D przynosi korzyści nie tylko w aspektach mechanicznych, ale i elektrycznych. Możliwość obejrzenia płytki w 3D pomaga np. ocenić ciągłość ekranowania (obudowy metalowe, rozmieszczenie ekranów na płytce), czy położenie radiatorów i przepływ powietrza nad komponentami – zanim jeszcze zbudujemy fizyczny prototyp. Dzięki temu projektant może wcześnie wprowadzić korekty (np. przesunąć kondensator, który kolidowałby z obudową) i uniknąć kosztownych modyfikacji. Nic dziwnego, że inżynierowie często wskazują integrację 3D jako jeden z powodów wyboru konkretnego narzędzia.

Symulacja i weryfikacja układów w środowisku EDA

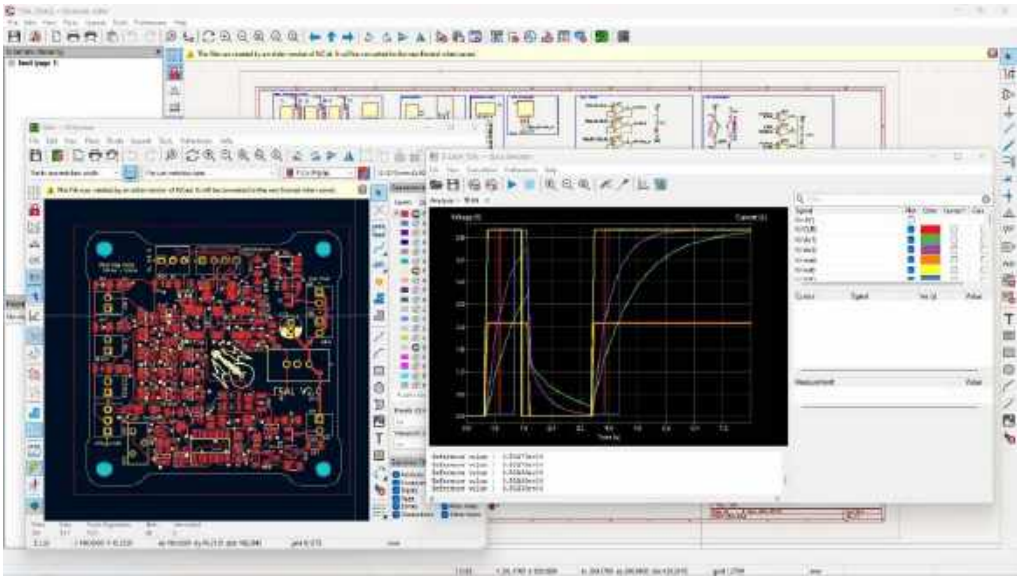
Drugim filarem nowoczesnych narzędzi EDA – obok projektowania geometrycznego PCB – jest symulacja działania projektowanego układu. Możliwość zweryfikowania poprawności schematu i płytki na długo przed powstaniem fizycznych prototypów pozwala oszczędzić czas i pieniądze, unikając błędów projektowych, zwłaszcza w przypadku kosztownych płyt wielowarstwowych (HDI), obwodów dla szybkich sygnałów (np. magistrale DDR) czy



Rysunek 8. Wyniki przykładowej symulacji integralności sygnałów wykonanej w środowisku Altium Designer (https://t.ly/Sgh2e)

eprasa.pl 934af8e026

torów radiowych. Współczesne pakiety EDA integrują różnorodne rodzaje symulacji: od klasycznej symulacji SPICE dla obwodów analogowych, poprzez analizę integralności sygnałowej (Signal Integrity – **rysunek 8**) w szybkich systemach cyfrowych, aż po symulacje integralności zasilania (Power Integrity) oraz obliczenia termiczne i elektromagnetyczne w najbardziej zaawansowanych przypadkach.



Rysunek 9. Symulacja sygnałowa wykonana w programie KiCad (https://t.ly/FNDJF)

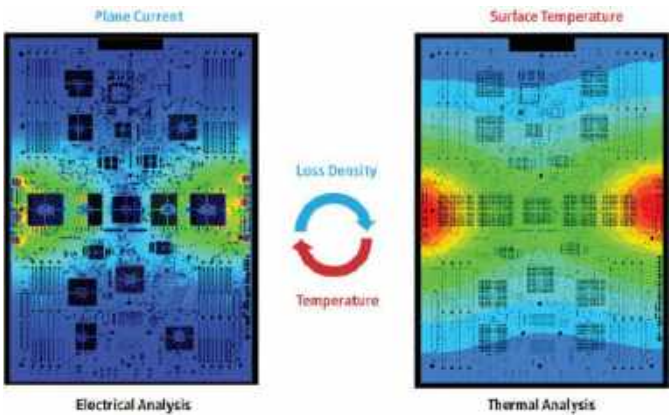
Tradycyjnie prym w dziedzinie symulacji analogowych wiedzie Cadence OrCAD dzięki swojemu modułowi PSpice, uchodzącemu od dekad za złoty standard symulatora układów elektronicznych i bogato wyposażonemu w modele elementów. OrCAD Capture (moduł schematów) umożliwia bezpośrednie uruchamianie symulacji PSpice z poziomu schematu – zarówno DC, AC, stanów przejściowych, jak i np. analiz Monte Carlo czy parametrycznych (dla tolerancji elementów). W praktyce inżynierowie cenią to środowisko za wiarygodność wyników symulacji i szeroki ekosystem modeli dostarczanych przez producentów komponentów. Altium Designer również dysponuje wbudowaną funkcjonalnością symulacji (bazującą na ulepszonej wersji XSpice) i intensywnie rozwija możliwości weryfikacji projektu. Oferuje m.in. analizator integralności sygnałów – można wskazać krytyczne połączenia na PCB (np. linie magistrali wysokiej częstotliwości) i przeprowadzić symulację przebiegów oraz odbić sygnałów na podstawie geometrii ścieżek. Altium zawiera też narzędzia do obliczeń impedancji ścieżek, podstawowej analizy termicznej (rozkład temperatur na płytce przy zadanych stratach mocy elementów) oraz analizy EMI. Jednak w przypadku bardzo szybkich lub wrażliwych układów, użytkownicy Altium często wspomagają się zewnętrznymi programami jak Simberian czy CST, gdyż wbudowane narzędzia mają ograniczenia.

Open-source'owy KiCad również nie pozostaje w tyle za komercyjnymi konkurentami – od wersji 5 zintegrowano w nim symulator oparty na Ngspice, pozwalający wykonywać symulacje układów analogowych i mieszanych, prosto z poziomu edytora schematów (**rysunek 9**). Użytkownik KiCada może osadzić w schemacie modele SPICE tranzystorów czy wzmacniaczy operacyjnych i przeprowadzić np. symulację charakterystyki częstotliwościowej filtru bądź całego toru sygnałowego. Co więcej, społeczność dostarczyła wtyczki usprawniające tę integrację oraz biblioteki modeli. Mimo że KiCad nie oferuje tak rozbudowanych i wygodnych interfejsów symulacyjnych jak komercyjne narzędzia, to podstawowe możliwości pozwalają hobbystom i małym firmom zweryfikować swoje projekty bez inwestowania w drogi software. W istocie, KiCad łączy w sobie komplet narzędzi EDA, obejmujący schemat, PCB, wizualizację 3D, a także analizy sygnałowe i autorouter – co czyni go pełnoprawnym konkurentem dla płatnych programów.

Jeśli chodzi o integralność sygnałową i zasilania w szybkich obwodach cyfrowych, tutaj ponownie najmocniejsze rozwiązania oferują dostawcy tacy jak Cadence i Siemens. Cadence Allegro w wyższych wersjach integruje się z pakietem Sigrity (**rysunek 10**), który potrafi przeprowadzać zaawansowane symulacje linii transmisyjnych, emisji elektromagnetycznej czy integralności zasilania (np. analizę tętnień napięcia na płytce przy gwałtownych zmianach obciążenia). Mentor HyperLynx to z kolei narzędzie dostępne również oddzielnie, popularne wśród inżynierów odpowiedzialnych za obwody do szybkich sygnałów – współpracuje m.in. z projektami z Altium Designera i Allegro, umożliwiając sprawdzenie np. przesłuchów między ścieżkami czy też jakości sygnału na liniach interfejsów (USB 3.0, DDR4 itp.).

W praktyce mniejsze i średnie firmy coraz częściej oczekują, że ich główne narzędzie EDA „załatwi" większość potrzeb weryfikacyjnych. Dlatego nawet jeżeli np. OrCAD/Allegro nie miał w przeszłości najbardziej przyjaznego interfejsu, wciąż bywał wybierany przez zespoły, które muszą projektować bardzo szybkie, złożone PCB. Bywa to kwestia dostępności projektów referencyjnych – wiele układów wysokiej wydajności (jak projekty płyt do serwerów, routerów telekomunikacyjnych itp.) jest udostępnianych przez producentów w formacie Allegro, co ułatwia start projektu. Powszechnie uważa się, że Altium stawia na wygodę i integrację wielu funkcji w jednym środowisku (kosztem nieco słabszych symulacji), podczas gdy Cadence oferuje najmocniejsze silniki symulacyjne, ale w bardziej skomplikowanym ekosystemie narzędzi.

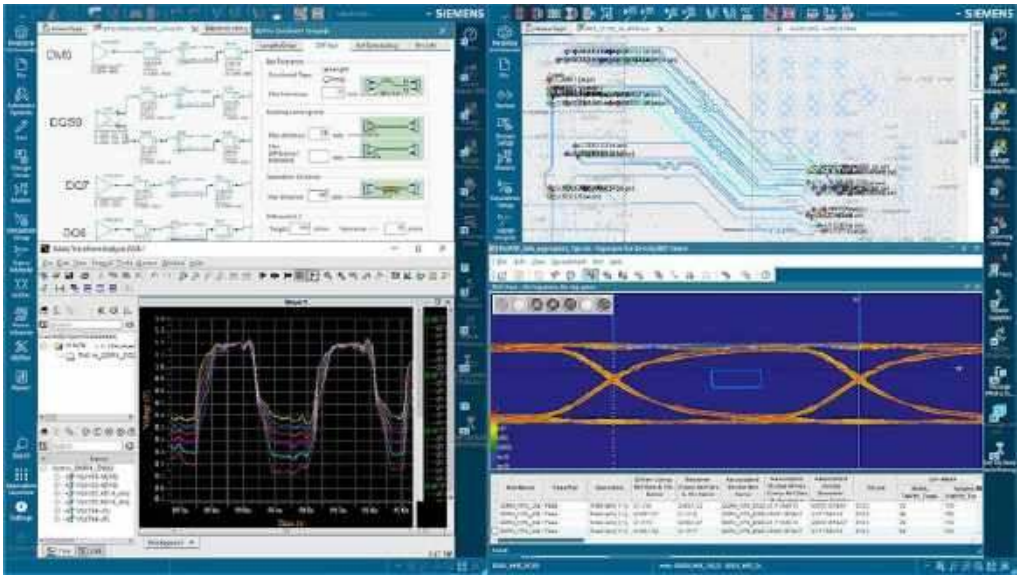
Na marginesie warto wspomnieć o Autodesk Fusion 360, który integrując Eagle, zyskał także moduł symulacyjny. Fusion Electronics oferuje użytkownikom prosty w obsłudze silnik SPICE do weryfikacji podstawowych parametrów układu. Oprócz tego, dzięki chmurze, możliwe jest uruchamianie bardziej złożonych zadań (np. symulacji termicznych czy analizy Monte Carlo) na serwerach, odciążając s ten sposób lokalny komputer. Nie jest to jeszcze tak zaawansowany pakiet jak rozwiązania Cadence czy nawet Altium, ale pokazuje kierunek rozwoju – przyszłe narzędzia EDA będą coraz bardziej integrować symulacje fizyczne (np. sprzężone obliczenia



Rysunek 10. Symulacja integralności zasilania wykonana w środowisku Cadence Sigrity PowerDC (https://t.ly/-J1UT)

eprasa.pl 934af8e026

elektryczno-termiczne) w jednym środowisku, aby projektant mógł zweryfikować każdy aspekt projektu PCB przed produkcją, bez konieczności przełączania się pomiędzy różnymi narzędziami i ręcznego eksportowania/przenoszenia plików projektowych.



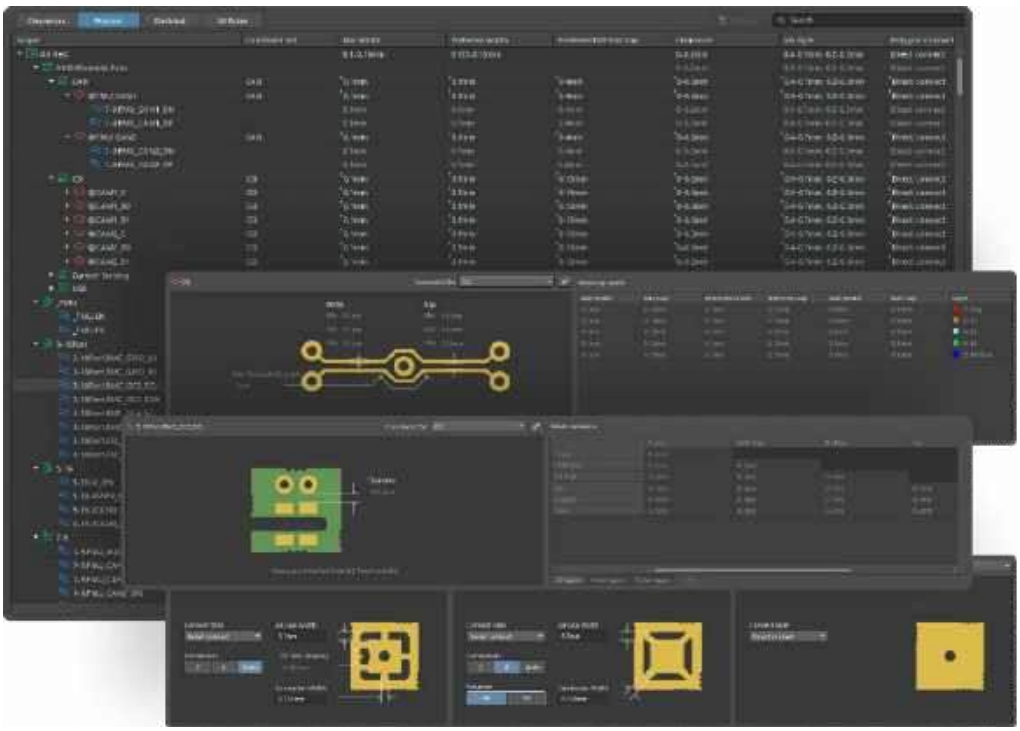
Rysunek 11. Zaawansowana analiza integralności sygnałów magistrali pamięci wykonana za pomocą pakietu HyperLynx DDR (https://t.ly/G0kep)

Projektowanie obwodów RF i zarządzanie regułami

Projektowanie nowoczesnych PCB to nie tylko umiejętność narysowania ścieżek – przy częstotliwościach sygnałów liczonych w setkach megaherców i gigahercach kluczowe jest rygorystyczne przestrzeganie zasad projektowych, zwanych często mianem design constraints (czyli – w dosłownym tłumaczeniu – ograniczeniami projektowymi). Należą do nich m.in.: właściwości par różnicowych, precyzyjne dopasowanie długości ścieżek (length matching) w magistralach, kontrola impedancji charakterystycznej linii, zachowanie odpowiednich odstępów dla sygnałów wysokiego napięcia czy reguły dotyczące warstw do prowadzenia połączeń RF. Dobry pakiet EDA musi umożliwiać zdefiniowanie i egzekwowanie takich reguł, a także interaktywnie wspierać projektanta w ich realizacji.

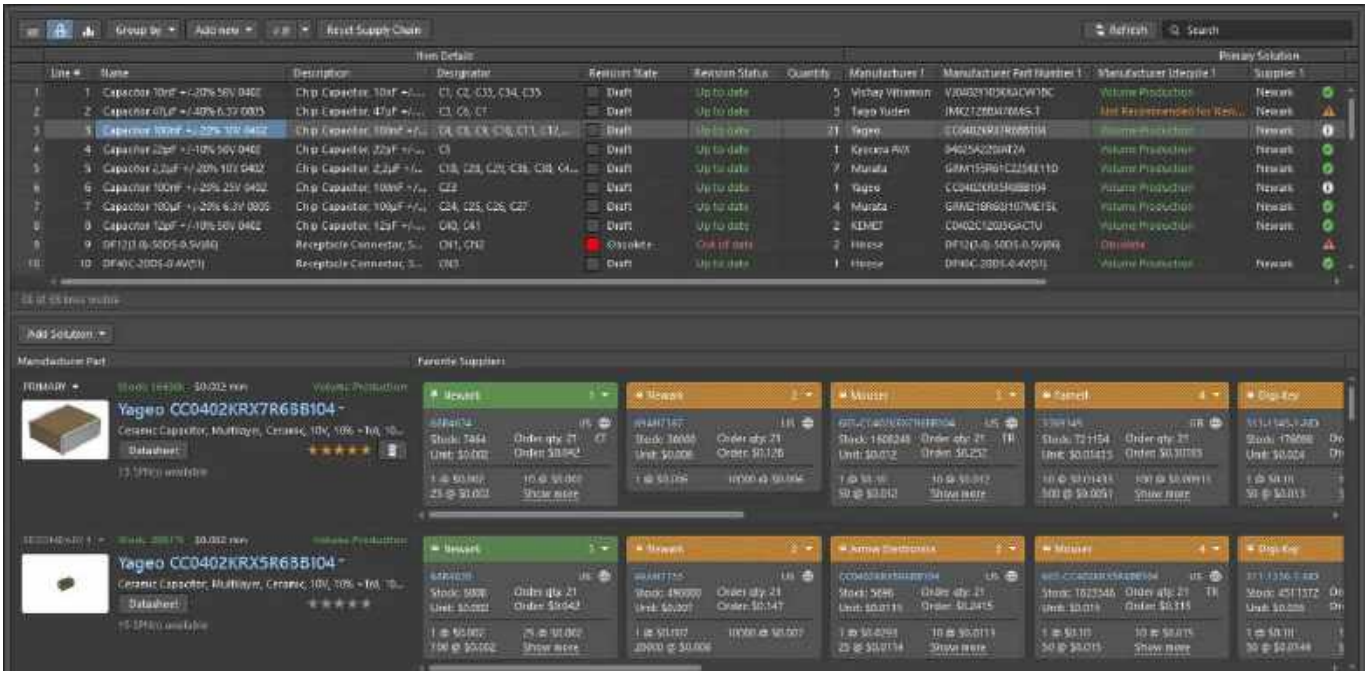
Altium Designer od lat znany jest z rozbudowanego i bardzo przejrzystego systemu Design Rules, który pozwala zdefiniować warunki dla praktycznie każdego aspektu w projekcie – od minimalnych szerokości i odstępów, po dopuszczalne różnice długości między sygnałami w grupie. Jakiś czas temu to wiekowe już narzędzie zostało zastąpione przez nowocześniejszy moduł Constraint Manager (**rysunek 12**). Co ważne, dotrzymanie reguł jest na bieżąco sprawdzane podczas rysowania ścieżek czy przesuwania komponentów. Przykładowo, projektując pary różnicowe w Altium, możemy zadać wymaganą tolerancję różnicy długości między przewodami pary, a program sam będzie pilnował zachowania tej reguły podczas prowadzenia sygnałów. Altium oferuje też funkcję Interactive Length Tuning, która automatycznie lub półautomatycznie rysuje meandry na ścieżce, by osiągnąć założoną długość – wystarczy wskazać ścieżkę i docelową wartość, a narzędzie graficznie pomoże ją wydłużyć do wymaganego wymiaru, bazując na dostępnej wokół niej przestrzeni na PCB. Co więcej, Altium Designer obsługuje także specjalny język skryptowy, który umożliwia tworzenie nawet bardzo złożonych reguł – całkowicie manualnie bądź ze wsparciem wbudowanego kreatora.

W ekosystemie Cadence od dawna istnieje specjalizowany moduł Constraint Manager (obecny w Allegro/OrCAD PCB Editor), który centralizuje definiowanie i śledzenie reguł projektowych. Najnowsza generacja Allegro X jeszcze go ulepszyła, wprowadzając np. automatyzację definiowania stref i reguł dla obszarów wysokiej częstotliwości lub wysokiego napięcia. Można np. zdefiniować na PCB strefę wysokiego napięcia ze ścisłą kontrolą odstępów powietrznych i powierzchniowych – a Allegro X samo zadba o oznaczenie naruszeń, jeśli element zostanie umieszczony niezgodnie z tymi zasadami. Ponadto Cadence chwali się tzw. dynamicznym wyświetlaniem parametrów – podczas routingu krytycznej linii w Allegro X projektant otrzymuje na bieżąco informację, czy dany sygnał spełnia ograniczenia czasowe (np. czy opóźnienie ścieżki mieści się w budżecie czasowym interfejsu). To trochę tak, jakby program był wyposażony w wyświetlacz typu HUD (Head-Up Display) pokazujący kluczowe parametry sygnału w trakcie jego prowadzenia. Tego typu funkcje znacznie przyspieszają projektowanie złożonych magistral DDR, PCI Express itp., gdzie bez wsparcia narzędzia projektant musiałby ręcznie liczyć długości i opóźnienia sygnałów.



Rysunek 12. Moduł Constraint Manager w środowisku Altium Desinger (https://t.ly/dmkue)

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 13. Moduł ActiveBOM umożliwia interaktywne zarządzanie listą materiałową całego projektu w środowisku Altium Designer (https://t.ly/uM_Zk)

KiCad również poczynił postępy na polu obsługi szybkich sygnałów. Obecnie obsługuje on projektowanie par różnicowych – można prowadzić je z zachowaniem stałego odstępu między ścieżkami. KiCad udostępnia też narzędzie skew tuning, aby precyzyjnie wyrównać długości obu linii w parze różnicowej co do ułamka milimetra. W zakresie dopasowywania długości między wieloma sygnałami (np. w magistrali adresowej DDR) – pewne funkcje są obecne (można grupować sieci i ustawiać dla nich docelowe długości), choć interfejs nie jest tak zaawansowany jak w Altium czy Allegro. Mimo to fakt, że darmowe narzędzie pozwala wykonywać projekty pracujące z taktowaniem rzędu kilkuset MHz i parami różnicowymi, czyni KiCada realną opcją nawet dla półprofesjonalnych zastosowań. Wadą KiCada pozostaje natomiast brak wbudowanego kalkulatora impedancji i weryfikacji SI (choć pewne funkcje, np. obliczanie tłumików RF, są w nim dostępne). Projektant musi sam obliczać szerokości ścieżek dla zadanej impedancji lub korzystać z zewnętrznych kalkulatorów, podczas gdy Altium czy Cadence potrafią np. oznaczać ścieżki, które nie spełniają wymogu impedancyjnego wg zadanych parametrów docelowych.

W przypadku Autodesk Eagle/Fusion, dopiero integracja z Fusion 360 przyniosła bardziej rozbudowane narzędzia do szybkich obwodów. Historycznie Eagle był używany głównie do prostszych projektów, stąd przez większą część jego obecności na rynku brakowało mu np. interaktywnego dopasowywania długości – użytkownik musiał ręcznie prowadzić meandry. W Fusion 360 Electronics Autodesk dodał jednak manager reguł projektowych z prawdziwego zdarzenia, co oznacza możliwość definiowania ograniczeń i sprawdzania ich podobnie jak w Altium. W materiałach marketingowych platformy Fusion podkreśla się, że narzędzie obsługuje zaawansowane reguły projektowe i weryfikację DRC (Design Rule Check), choć w praktyce Fusion 360 wciąż jednak ustępuje Altiumowi czy Allegro w obszarach bardzo szybkich interfejsów – brakuje mu chociażby dedykowanego środowiska analizy diagramów oka czy symulacji impulsowych. Autodesk skupia się raczej na integracji i łatwości użycia, co odpowiada potrzebom małych firm i makerów, ale dla projektu np. płytki drukowanej nowoczesnego komputera SBC zwykle wybrano by inne narzędzie.

Zarządzanie bibliotekami i danymi komponentów

Efektywne projektowanie elektroniki wymaga sprawnego posługiwania się bibliotekami komponentów – czyli bazami symboli schematowych, footprintów PCB oraz modeli 3D podzespołów. Każdy producent pakietu EDA ma własne podejście do zarządzania bibliotekami, a różnice te wpływają na wygodę pracy i integrację procesu projektowego z łańcuchem dostaw.

Altium Designer słynie z ogromnej wbudowanej biblioteki oraz możliwości łatwego tworzenia własnych komponentów. Już po instalacji użytkownik otrzymuje dostęp do pewnej podstawowej bazy elementów standardowych, a dodatkowo Altium umożliwia korzystanie z tysięcy komponentów udostępnianych przez producentów na platformie chmurowej. Firma rozwinęła koncepcję centralnej biblioteki, w której użytkownicy mogą przechowywać komponenty zdefiniowane centralnie dla całego przedsiębiorstwa. Taki komponent zawiera nie tylko symbol i footprint, ale też najważniejsze parametry (np. wartości rezystancji czy napięcia), modele symulacyjne i 3D, powiązane informacje o dostawcach czy linki do not katalogowych. Dzięki temu wstawiając element do projektu, inżynier ma od razu aktualne dane o dostępności komponentu na rynku (ceny, ilości w magazynach dystrybutorów, status życia produktu) – Altium realizuje to poprzez funkcję ActiveBOM (**rysunek 13**) i integrację z Octopart oraz innymi bazami. W rezultacie BOM projektu jest żywym dokumentem, który ostrzeże np., że wybrany układ scalony ma status NRND (niereKomendowany do nowych projektów) lub że brakuje go na rynku (co pozwala zawczasu poszukać zamiennika). To połączenie biblioteki z łańcuchem dostaw jest ogromną zaletą w czasach, gdy dostępność podzespołów bywa wąskim gardłem projektu, co widać było zwłaszcza w trakcie niedawnego, covidowego krachu na rynku półprzewodników.

OrCAD/Allegro z kolei historycznie oferował dużą elastyczność i modyfikowalność bibliotek, ale wymagał dyscypliny od użytkownika. OrCAD Capture pozwala tworzyć lokalne biblioteki schematowe, zaś Allegro PCB Editor – oddzielnie biblioteki footprintów. W odróżnieniu od Altium Designera (gdzie środowisko jest zintegrowane), w Cadence symbol schematowy i footprint to byty rozdzielone, kojarzone dopiero w tzw. Part Managerze poprzez nazwę lub ręczne mapowanie. Dlatego wiele firm używających OrCAD wdrażało dodatkowe narzędzia – np. CIS (Component Information System) – które łączyły bazę danych komponentów (z parametrami i numerami katalogowymi) z bibliotekami OrCAD, tworząc centralny rejestr części. Nowy OrCAD X poszedł krok dalej, upraszczając ten

eprasa.pl 934af8e026

proces, m.in. przez dodanie funkcji automatycznego generowania footprintu na podstawie parametrycznego opisu lub umożliwienie pobrania go z chmury. Cadence wie, że czas projektanta jest cenny, więc stara się dostarczyć gotowe modele – dlatego też w OrCAD X wiele footprintów popularnych układów można teraz uzyskać jednym kliknięciem zamiast rysować je od zera. Ponadto Allegro/OrCAD X integruje się z zewnętrznymi serwisami takimi jak UltraLibrarian czy Samacsys, umożliwiając import symboli/footprintów bezpośrednio z ich repozytoriów.

Eagle (obecnie Fusion Electronics) zawsze był ceniony przez hobbystów za prostotę tworzenia bibliotek – głównie za sprawą graficznego edytora zarówno symboli jak i obudów, a także bardzo licznej społeczności dzielącej się swoimi bibliotekami. W Fusion 360 (wciąż zapewniającym wsparcie dla starszych bibliotek z czasów Cadsoftu) biblioteki mogą być przechowywane w chmurze i współdzielone w ramach projektu zespołowego – co zapewnia, że wszyscy pracujący nad projektem korzystają z tej samej wersji definicji komponentu. To ważne, bo niespójność bibliotek między członkami zespołu bywa źródłem błędów (np. różnice w pinoucie). Fusion natywnie rozwiązuje ten problem przez przechowywanie danych projektu, w tym komponentów, w centralnym repozytorium chmurowym.

W KiCadzie, zarządzanie bibliotekami bazuje na plikach tekstowych z definicjami symboli i footprintów. Program ma rozbudowany system bibliotek oficjalnych (pobieranych wraz z instalatorem) i możliwość dodawania własnych, a ponadto umożliwia łatwe udostępnianie własnych komponentów – np. poprzez eksport i publikację na GitHub. Społeczność KiCada stworzyła mnóstwo bibliotek dostępnych publicznie, a także narzędzia (np. KiCad Library Loader) pozwalające importować komponenty z popularnych baz danych.

Poza samymi bibliotekami komponentów, warto wspomnieć o zarządzaniu numerami części (Part Numbers), wariantami montażowymi i ogólnie danymi produkcyjnymi. Altium oferuje funkcję Variant Management – można zdefiniować różne warianty obsadzenia komponentów (np. wersja ekonomiczna vs wersja premium urządzenia) w ramach jednego projektu, a program wygeneruje odpowiednie listy BOM i dokumentację dla każdego wariantu. OrCAD także ma podobny mechanizm (na poziomie Capture nazywany Assembly Variants). W zakresie integracji z systemami PLM/ERP – tu prym wiodą rozwiązania korporacyjne: Cadence i Altium pozwalają łączyć się przez API z zewnętrznymi bazami (np. OrCAD Engineering Data Management czy Altium NEXUS/Concord z integracją do PLM typu Windchill). W praktyce jednak w środowisku mniejszych firm najważniejsze jest, by narzędzie ułatwiało zebranie danych do BOM i dokumentacji produkcyjnej – i tu np. ActiveBOM Altium wybija się na prowadzenie, dostarczając proste w użyciu i kompletne źródło danych o komponentach projektu i eliminując konieczność ręcznej weryfikacji dostępności podzespołów.

Wykorzystanie sztucznej inteligencji w projektowaniu PCB

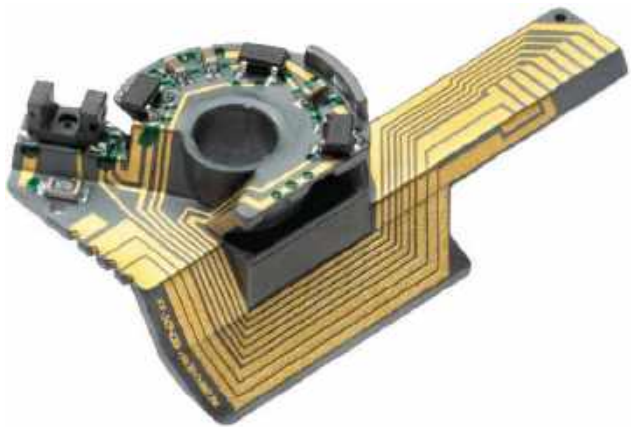
Jednym z najgorętszych tematów ostatnich lat jest wśród elektroników wprowadzanie elementów sztucznej inteligencji (AI) i uczenia maszynowego do narzędzi EDA. Wbrew powszechnym sugestiom (czy wręcz obawom), celem implementacji AI nie jest bynajmniej zastąpienie inżyniera, lecz wsparcie i automatyzacja rutynowych lub złożonych zadań projektowych. Już dziś widać pierwsze owoce: Cadence zaprezentowało algorytmy Allegro X AI, które potrafią przeprowadzić optymalizację rozmieszczenia komponentów oraz automatycznie obsłużyć płaszczyzny miedzi (zasilania/masy), przelotki i inne elementy systemu zasilania w sposób lepszy lub porównywalny z pracą człowieka, lecz w czasie (według producenta) 10-krotnie krótszym. AI może analizować układ i sugerować optymalne rozłożenie elementów, minimalizujące zakłócenia sygnałów, poprawiające chłodzenie oraz integralność zasilania. Ponadto, algorytmy ML są używane do automatycznego trasowania krytycznych połączeń – w przeciwieństwie do dawnych, dość topornych autorouterów, nowoczesna AI potrafi uwzględnić niezliczone ograniczenia i doświadczenia z poprzednich projektów, by zaproponować trasy ścieżek o niskich przesłuchach, odpowiedniej impedancji i minimalnej długości.

Kolejnym polem do popisu dla producentów oprogramowania EDA – które zdaje się jeszcze być niezagospodarowane – jest sprawdzanie reguł i wykrywanie błędów. AI może w przyszłości pomagać inżynierowi, wskazując miejsca w projekcie, które potencjalnie są źle zaprojektowane – np. „ten wzmacniacz operacyjny może być niestabilny, bo brakuje kompensacji" albo „ta ścieżka RF ma ostre załamanie pod kątem prostym, co pogorszy dopasowanie impedancji". Już teraz istnieją prototypy narzędzi, gdzie AI analizuje schemat i porównuje go z bazą tysięcy układów, by znaleźć typowe pomyłki (np. odwrócone wyprowadzenia tranzystora, złe wartości elementów). To jakby doświadczony inżynier przeglądał nasz projekt i dawał sugestie – z tą różnicą, że AI może przeanalizować ogromną liczbę scenariuszy w kilka sekund. Dzięki temu zmniejsza się ryzyko przeoczenia błędów, które normalnie wyszłyby na jaw dopiero podczas testów lub – co gorsza – u klienta.

W perspektywie kilku lat można się spodziewać, że wszyscy czołowi dostawcy EDA zaimplementują w swoich systemach funkcje AI. Być może doczekamy się „autopilota PCB", któremu projektant określi tylko główne założenia (wymiary płytki, najważniejsze elementy, interfejsy), a resztę – optymalne ułożenie i poprowadzenie sygnałów – zaproponuje asystent AI, a inżynier następnie ręcznie dopracuje wynik jego pracy. Oczywiście, krytyczne oko człowieka będzie potrzebne zawsze, niemniej AI może znacząco przyspieszyć iteracje projektu i pozwolić skupić się na kreatywnych aspektach, podczas gdy rutynowe czynności zrobi komputer. Warto też odnotować pojawianie się startupów w tej dziedzinie – niektóre rozwijają przeglądarkowe narzędzia EDA z wbudowanym AI, które mają np. na podstawie szkicu schematu automatycznie wygenerować rozkład elementów na płytce i poprowadzić większość połączeń. To wskazuje, że presja innowacji jest duża i tradycyjne firmy EDA muszą reagować, aby nie zostać w tyle – choć zdecydowanie nie należy się spodziewać, że pracy dla inżynierów elektroników zabraknie w przeciągu najbliższych lat.

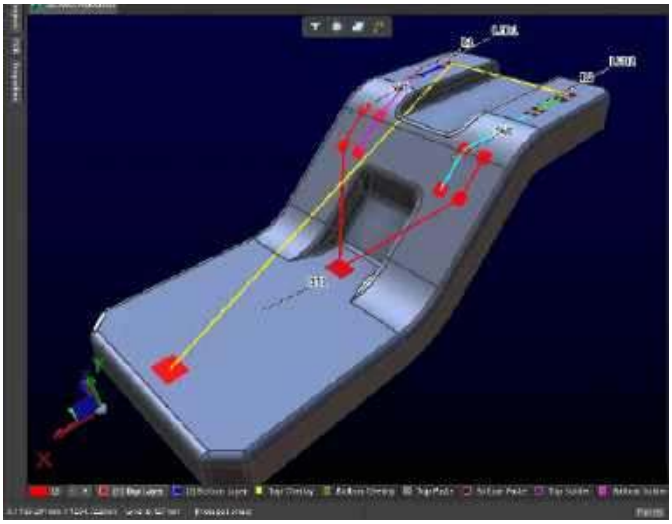
Nowe materiały i technologie – wsparcie w narzędziach EDA

Zmiany następują też w samej technologii PCB: w dalszym ciągu rozpowszechniają się płytki elastyczne i rigid-flex, pojawiają nowe materiały o wysokiej wartości stałej dielektrycznej lub przewodności cieplnej, rozwijają się struktury wielowarstwowe o nietypowych przekrojach (np. PCB z metalowym rdzeniem albo układy wielochipowe zintegrowane w trójwymiarze). Narzędzia EDA muszą nadążyć, oferując wsparcie projektowe dla tych nowinek. I tak, Altium i Cadence



Fotografia 1. Przykładowy podzespół wykonany w technologii 3D-MID (https://t.ly/gahls)

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 14. Projekt obwodu 3D-MID w Altium Designerze (https://t.ly/gahls)

wprowadzają profile materiałów z bazami rozmaitych laminatów – by projektant mógł symulować zachowanie sygnałów uwzględniając rzeczywiste parametry podłoża. Wspomniana wcześniej obsługa rigid-flex w Allegro X i Altium umożliwia definiowanie stref ze zróżnicowaną konstrukcją (np. część giętka 2-warstwowa, część sztywna 6-warstwowa). Do tego dochodzi możliwość zginania modelu w 3D, co jest konieczne, by poprawnie wymiarować długości połączeń giętkich i przewidywać naprężenia mechaniczne.

Innym obszarem jest druk elektroniki 3D – na rynku pojawiają się już urządzenia pozwalające drukować obwody w trójwymiarowych obudowach lub w warstwach addytywnych (np. Nano Dimension DragonFly drukuje przestrzenne struktury PCB wraz z prostymi elementami). Oprogramowanie projektowe będzie zatem musiało wyjść poza paradygmat płaskiej płytki na bazie FR-4. Już teraz Altium eksperymentuje z projektowaniem 3D-MID (Mechatronic Integrated Devices), co zapowiedziano jako nowość w wersji Altium Designer 24. Taka funkcja pozwala projektować ścieżki na zakrzywionych powierzchniach, niejako łącząc CAD mechaniczny i EDA – przyszły projektant będzie zatem mógł rysować ścieżki na modelu obudowy urządzenia, czyniąc z niej jednocześnie obwód drukowany. To kolejny etap integracji, który dziś jest niszowy (spotykany czasem w elektronice noszonej czy motoryzacji), ale może zyskać znaczenie wraz z popularyzacją elektroniki w niestandardowych formach.

Co przyniesie przyszłość?

Granice między poszczególnymi etapami procesu projektowego zacierają się – otrzymujemy jednolite platformy, gdzie od pomysłu, przez schemat, PCB, symulacje, po zamówienie komponentów czy zlecenie produkcji – wszystko odbywa się płynnie w jednym środowisku. Sztuczna inteligencja ma odciążyć inżyniera od rutynowych zadań i pomóc radzić sobie z rosnącą złożonością układów. Chmura i wsparcie kooperacji zespołów sprawią, że projekty będą tworzone szybciej i z mniejszą liczbą błędów, bo wiele osób w ramach przedsiębiorstwa przejrzy je na bieżąco. Projektanci będą mogli także śmielej eksperymentować z formą i funkcją swoich urządzeń za sprawą implementacji nowych technologii produkcyjnych i materiałowych.

W tym wszystkim rola projektanta również ewoluuje – stanie się on trochę jak dyrygent orkiestry, w której poszczególne „sekcje" (zarówno inżynierowie, jak i narzędzia AI) wspólnie tworzą finalny projekt. Umiejętność korzystania z tych zaawansowanych narzędzi będzie kluczowa – już nie wystarczy znać się tylko na elektronice, trzeba będzie rozumieć, jak efektywnie współpracować z AI, jak interpretować wyniki zautomatyzowanych analiz, jak zabezpieczyć dane w chmurze itd.

W ciągu najbliższych 5...10 lat możemy spodziewać się dalszego zacieśniania współpracy między różnymi dziedzinami – być może na przykład narzędzia EDA zintegrują się bardziej z systemami do projektowania oprogramowania wbudowanego? Niewykluczone, że pojawi się koncepcja „digital twin" dla PCB – pełnego, cyfrowego bliźniaka projektowanego urządzenia, w którym wirtualnie przetestujemy nie tylko sygnały elektryczne, ale i program, zachowanie urządzenia w środowisku (np. symulacje wibracji, termiki, EMI) – wszystko zanim powstanie fizyczny prototyp. To podejście już kiełkuje w przemyśle (np. w motoryzacji i lotnictwie), a narzędzia EDA będą ważną częścią takiego ekosystemu.

Podsumowanie

Oprogramowanie EDA przeszło długą drogę od prostych edytorów ścieżek do wszechstronnych platform inżynierskich. Dzisiejszy konstruktor elektronik ma do dyspozycji pakiety o funkcjonalności nieznanej jeszcze dekadę temu – od projektów wielopłytkowych, przez wbudowane symulacje i modele 3D, aż po współdzielenie projektu z kolegą na drugim końcu świata i to w czasie rzeczywistym. Konkurencja między dostawcami oraz rozwój open-source zapewniają stały postęp i poprawę jakości tych narzędzi. Patrząc na obecne trendy – integrację AI, chmury, czy też funkcji wspierających implementację najnowszych technologii – można z optymizmem stwierdzić, że projektowanie PCB będzie stawać się coraz wydajniejsze, inteligentniejsze i lepiej skoordynowane, co przełoży się na lepsze produkty elektroniczne powstające w krótszym czasie. Konstruktorzy, którzy wcześnie zaadaptują te nowości i nauczą się z nich korzystać, zyskają przewagę w branży, mogąc sprostać rosnącym wymaganiom rynku elektroniki przyszłości.

Jakub Nowicki, EP

REKLAMA



eprasa.pl 934af8e026



Wykorzystanie zasobów edukacyjnych do tworzenia innowacyjnych projektów bezprzewodowych

W wysoce konkurencyjnym świecie rozwoju produktów bezprzewodowych, wyprzedzanie konkurencji wymaga czegoś więcej niż tylko dobrego pomysłu i skutecznej strategii produktowej. Programiści bezprzewodowych urządzeń IoT stają przed licznymi dodatkowymi wyzwaniami, takimi jak napięte harmonogramy rozwoju, ograniczenia budżetowe i konieczność terminowego wprowadzenia produktów na rynek. Aby sprostać wyzwaniom rozwojowym, inżynierowie potrzebują wysokiej jakości zasobów edukacyjnych. Firma Nordic Semiconductor jest silnie zaangażowana w swoją rolę edukacyjną, udostępniając wysokiej jakości materiały szkoleniowe skrojone na miarę potrzeb współczesnych innowatorów.

Oprócz stawiania czoła wyzwaniom technologicznym, programiści muszą również być na bieżąco z najnowszymi rozwiązaniami sprzętowymi i programowymi, w tym nowo wprowadzanymi i szybko rozwijającymi się protokołami bezprzewodowymi. Nadążanie za technologią jest niezbędne, ponieważ bezpośrednio wpływa ona na wydajność i interoperacyjność produktów. Oprócz zrozumienia protokołów bezprzewodowych, programiści muszą biegle posługiwać się łańcuchami narzędzi, pakietami SDK, przepływem pracy oraz interfejsami API, aby skutecznie wdrażać protokoły bezprzewodowe w swoich aplikacjach. Mnogość zagadnień, zarówno dla dużych, jak i małych firm, może stanowić istotną przeszkodę w pomyślnym i terminowym wprowadzeniu produktu na rynek.

Dla każdej firmy, niezależnie od wielkości, umiejętność wykorzystania istniejących zasobów i wiedzy specjalistycznej jest niezbędna do pokonania tych przeszkód. Dlatego producenci układów scalonych muszą być nie tylko innowatorami w dziedzinie technologii bezprzewodowych o niskim poborze mocy, ale także liderami w edukacji społeczności programistów bezprzewodowych rozwiązań IoT. Wysokiej jakości materiały edukacyjne nie tylko pokazują inżynierom, jak rozwiązania bezprzewodowe mogą napędzać innowacyjne produkty, ale także jak tworzyć podobne aplikacje w ramach szybkiego i efektywnego harmonogramu rozwoju wyrobu.

Interaktywne nauczanie online

Nordic Semiconductor zapewnia programistom pracującym z rozwiązaniami bezprzewodowymi szereg zasobów edukacyjnych, wspierających istniejącą ofertę sprzętową i programową.

eprasa.pl 934af8e026

Nordic Developer Academy (DevAcademy) – interaktywna platforma do nauki online – pomaga programistom, oferując zarówno niezbędną wiedzę teoretyczną, jak i szczegółowe, praktyczne szkolenia w jednym miejscu. Kursy DevAcademy, realizowane we własnym tempie, pozwalają deweloperom być na bieżąco z najnowszymi osiągnięciami, a jednocześnie zdobywać umiejętności niezbędne do przyspieszenia procesu rozwoju i szybszego wprowadzania na rynek wysokiej jakości produktów.

DevAcademy ma obecnie ponad 17 000 użytkowników zapisanych na pięć różnych kursów i do tej pory wydało ponad 7000 certyfikatów. Dla programistów, którzy dopiero zaczynają przygodę z układami SoC i SiP Nordic, jednymi z najoszczędniejszych modułów radiowych na rynku, DevAcademy jest nieocenionym źródłem wiedzy. Platforma została zaprojektowana, aby wyposażyć programistów w wiedzę i umiejętności niezbędne do tworzenia najnowocześniejszych produktów bezprzewodowych przyszłości z wykorzystaniem rozwiązań Nordic.

DevAcademy oferuje przewodnik tworzenia oprogramowania sprzętowego krok po kroku z wykorzystaniem nRF Connect SDK (kompleksowego, modułowego i skalowalnego zestawu SDK do tworzenia aplikacji IoT) oraz Zephyr RTOS (wysoce konfigurowalnego systemu operacyjnego czasu rzeczywistego dla urządzeń o ograniczonych zasobach sprzętowych oraz systemów wbudowanych) – w ramach kursu podstaw nRF Connect SDK. Dodatkowo DevAcademy oferuje dostosowane ścieżki edukacyjne dotyczące kluczowych technologii, takich jak Bluetooth LE, sieć komórkowa i Wi-Fi, zapewniając programistom praktyczne doświadczenia. Zasoby te pomagają programistom przyspieszyć naukę i znacznie skrócić czas wdrożenia.

DevAcademy pozostaje cennym narzędziem nawet dla osób, które znają już Zephyr RTOS i SDK. Na przykład jeśli programista chce wdrożyć aktualizację oprogramowania sprzętowego urządzenia (DFU)/firmware over the air (FOTA) w swoim projekcie, może skorzystać z modułu poświęconego temu konkretnemu tematowi.

Dla nowych inżynierów nauka w DevAcademy oznacza skrócenie czasu wdrożenia, ponieważ ustrukturyzowane ścieżki edukacyjne ułatwiają przejście do rozwoju zawodowego, a ćwiczenia z rozwiązywania rzeczywistych problemów pomagają im szybciej przygotować się do pracy. Dla samej branży korzyści obejmują krótsze cykle rozwoju, ponieważ praktyczne wskazówki przyspieszają naukę, co prowadzi do szybszego opracowania innowacji. Dobrze wyszkolona społeczność programistów wzmacnia również standardy branżowe i zapewnia kompatybilność z ekosystemem deweloperskim.

Uzyskiwanie odpowiedzi na pytania techniczne

W procesie rozwoju produktu bezprzewodowego zawsze mogą pojawić się nieprzewidziane problemy. Z punktu widzenia programisty jest to frustrujące, ale dla firmy stanowi zagrożenie niespełnieniem terminów wprowadzenia produktu na rynek. Takie problemy wymagają zatem szybkich rozwiązań, dlatego wsparcie Nordic dla programistów wykracza poza DevAcademy i obejmuje natychmiastową pomoc techniczną za pośrednictwem platformy Nordic DevZone, gdzie zespół wyspecjalizowanych inżynierów i programistów pomaga klientom w rozwiązywaniu konkretnych problemów związanych z oprogramowaniem i sprzętem. Dzięki ponad 113 000 otwartych dyskusji (a ich liczba wciąż rośnie), forum DevZone stanowi potężne źródło informacji dla programistów napotykających na problemy techniczne na każdym etapie procesu rozwoju.

DevZone pełni również funkcję platformy społecznościowej i blogowej, dzięki czemu jest miejscem, do którego można kierować pytania techniczne dotyczące produktów marki Nordic. Tutaj programiści mogą liczyć na szybkie odpowiedzi na konkretne pytania projektowe, niezależnie od wielkości firmy czy projektu.

Tworzenie zaawansowanych projektów Bluetooth LE

Dla programistów zarówno DevZone, jak i DevAcademy to potężne zasoby do pracy z modułami i układami radiowymi Bluetooth LE. W miarę wprowadzania przez firmę Nordic kolejnych innowacji (niedawno na rynek trafiła seria nRF54L, zapewniająca większą moc obliczeniową i obszerniejszą pamięć), producent zapewnia programistom niezbędne narzędzia edukacyjne, aby mogli w pełni wykorzystać potencjał technologii i budować zaawansowane projekty Bluetooth LE. Kursy nRF Connect SDK Fundamentals i Bluetooth Low Energy Fundamentals w DevAcademy pozwalają programistom błyskawicznie przygotować się do pracy z układem SoC nRF54L15. W dogłębnych, ponad 20-godzinnych kursach wzięło udział ponad 15 000 programistów i uzyskały one średnią ocenę 9,1/10.

Dzięki kursowi nRF Connect SDK Fundamentals użytkownicy uczą się, jak tworzyć rozbudowane, przenośne aplikacje oparte na systemie czasu rzeczywistego (RTOS), które będą napędzać ich przyszłe produkty IoT. Kurs koncentruje się na nauce podstaw tworzenia oprogramowania sprzętowego z wykorzystaniem wysoce rozszerzalnego i bogatego w funkcje pakietu nRF Connect SDK.

Natomiast kurs „Bluetooth Low Energy Fundamentals" koncentruje się na nauczaniu podstaw technologii Bluetooth LE z wykorzystaniem układów Nordic Semiconductor z serii nRF54, nRF53 i nRF52. Dzięki praktycznej nauce uczestnicy uczą się, jak stworzyć prototyp Bluetooth LE i w krótkim czasie ustanowić bezprzewodowy, jednokierunkowy i dwukierunkowy kanał danych między dwoma urządzeniami Bluetooth LE.

Ogólnie rzecz biorąc, kluczowymi korzyściami płynącymi z korzystania z zasobów Nordic są przyspieszone tempo nauki, praktyczna wiedza i możliwość nabycia umiejętności szybkiego rozwiązywania problemów projektowych dzięki spersonalizowanemu wsparciu. Nordic dokłada wszelkich starań, aby pozostawać producentem zorientowanym na programistów. Zapewnia narzędzia, wsparcie i zasoby niezbędne do osiągnięcia sukcesu. Przyszłym programistom zaleca się wykorzystanie tych zasobów w celu poszerzenia wiedzy i zdobycia praktycznego doświadczenia, co pozwoli im zmaksymalizować potencjał łączności bezprzewodowej, takiej jak Bluetooth LE, w ich projektach komercyjnych.

Kompleksowe podejście do nauki

To, co może być odpowiednie dla jednej osoby, nie zawsze będzie pasowało innym – dlatego celem Nordic jest zapewnienie panoramicznego spojrzenia na edukację. Jeśli Nordic DevAcademy i DevZone nie dostarczą odpowiedzi, mogą to zrobić webinary, obejmujące różne tematy, w tym wprowadzenie do technologii, szkolenia i nowe funkcje SDK. Klienci mogą zadawać pytania w czasie rzeczywistym podczas webinarów na żywo, a także korzystać z dostępu do poprzednich webinarów na żądanie.

Alternatywnie Nordic oferuje również materiały edukacyjne w postaci samouczków YouTube, takich jak seria filmów „nRF Connect SDK Hands-on", skierowana do odbiorców preferujących treści wideo. W trakcie serii uczestnicy krok po kroku tworzą aplikację Bluetooth LE, zaczynając od dodania symulowanych i rzeczywistych czujników oraz bezprzewodowego pobierania danych przez Bluetooth LE. Nordic organizuje nawet Nordic Tech Tours, podczas których eksperci odwiedzają różne miasta, aby zaprezentować rozwiązania Nordic, nawiązać kontakty z obecnymi i potencjalnymi klientami oraz odpowiedzieć na pytania dotyczące rozwoju IoT.

Przesłanie firmy jest następujące: „Twórcy produktów i innowatorzy w branży bezprzewodowej, nie jesteście sami. Jeśli potrzebujecie pomocy i wsparcia od wybranego producenta układów, poproście o nie i oczekujcie go. Jesteśmy tu, aby pomóc".

Nordic Semiconductor
www.nordicsemi.com

eprasa.pl 934af8e026

Druk 3D w służbie elektroniki (9)

W poprzedniej części cyklu zajmowaliśmy się przełącznikami i przyciskami. W tym odcinku kontynuujemy temat wykorzystania druku 3D do rozwiązywania problemów elektromechanicznych. Druk 3D pozwala bowiem nie tylko na prototypowanie, ale i na relatywnie tanią produkcję małoseryjną takich komponentów, co pokazane zostało w poprzedniej części na przykładzie „otoczenia" elementów stykowych.

W artykule zajmiemy się różnymi przekładniami i mechanizmami pokrewnymi, omówimy także zasady projektowania tychże pod kątem druku 3D. Przekładnie posłużą nam w przyszłości do zwiększenia precyzji potencjometrów czy kondensatorów lub cewek strojeniowych. Przy okazji przedstawiony zostanie też unikalny induktor regulowany, teraz nieco już zapomniany wariometr. Zacznijmy jednak od podstaw.



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

Przekładnie i pokrewne mechanizmy oraz prawa nimi rządzące

Każdy, kto używał tanich zasilaczy warsztatowych czy laboratoryjnych, spotkał się z problemem niezbyt precyzyjnych potencjometrów do regulacji nastaw napięcia i prądu. Projektanci rozwiązują ten problem rozdzielając regulację na osobne potencjometry do regulacji zgrubnej i precyzyjnej. Wykonując własny zasilacz (lub modyfikując już posiadany) można zastąpić dwa tanie potencjometry droższym potencjometrem wieloobrotowym. Jeśli jednak wykonujemy od razu obudowę, to można się pokusić o dodanie przekładni, która zmieni zwykły potencjometr w potencjometr wieloobrotowy. W radioodbiornikach analogowych czasami stosowano formę przekładni opartą na lince, która nie tylko zwiększała precyzję strojenia radia, ale też stanowiła napęd skali. W starszych modelach stosowano też agregaty strojeniowe, które miały własną przekładnię wykonaną z mosiądzu. Z kolei odbiorniki samochodowe często były strojone za pomocą cewek, z których przekładnia wysuwała bądź wsuwała rdzenie ferrytowe. Takie rozwiązanie było bardziej odporne na wibracje niż kondensatory strojeniowe, w których drgania poszczególnych płytek przekładały się na zmiany pojemności (zjawisko to stosowane jest do dzisiaj w mikrofonach pojemnościowych).

Istnieje wiele typów przekładni. Podstawowe rodzaje, które nas interesują, to przekładnie zębate proste, ślimakowe i pasowe. Spojrzymy też na typ spotykany w starych radioodbiornikach, czyli przekładnie oparte na lince i parze kabestanów. Należy też pamiętać o przekładni ciernej, spotykanej np. w magnetofonach, w których to ograniczała maksymalny moment obrotowy, jaki mógł działać na taśmę. Takie proste rozwiązanie pozwalało chronić ją przed zerwaniem, kompensując też zmienną średnicę nawiniętej już taśmy, co zmieniało prędkość obrotową szpulki (im więcej nawinięto taśmy, tym wolniej należy zwijać ją przy tej samej prędkości liniowej jej przesuwu). My skorzystamy z przekładni ciernej do ochrony potencjometru czy innego elementu regulacyjnego przed uszkodzeniem. Zanim jednak przejdziemy do praktyki, musimy zapoznać się z prawami rządzącymi przekładniami.

Przekładnia przypomina swoim działaniem dźwignię. Podobnie jak ona daje nam bowiem przewagę mechaniczną. W przypadku dźwigni przewaga ta zależy od stosunku odległości punktów przyłożenia i odbioru siły od punktu podparcia. W przypadku przekładni mamy do czynienia ze stosunkiem średnic kół (lub liczby ich zębów) do przyłożonego momentu obrotowego. W przypadku dźwigni im większa odległość od punktu podparcia, tym mniejsza jest siła potrzebna do wykonania pracy, ale zarazem potrzeba też większego ruchu (na dłuższej trajektorii). W przypadku przekładni jest odwrotnie: mniejsze koło (lub o mniejszej liczbie zębów) wymaga mniejszego momentu obrotowego, ale musi wykonać więcej obrotów, by przyłożyć duży moment obrotowy przy jednym obrocie większego koła (o większej liczbie zębów). Załóżmy, że mamy do czynienia z przekładnią łańcuchową, gdzie jedna zębatka ma 16 zębów, a druga 80 zębów. Stosunek liczb zębów wynosi 80:16, czyli 5:1. Wykonując jeden obrót dużą zębatką spowodujemy 5 obrotów małej zębatki, ale jej moment obrotowy z tego powodu będzie stanowił 1/5 momentu przyłożonego do większego koła. Działa to też w drugą stronę: obracając małą zębatką 5 razy wykonamy jeden pełen obrót dużej zębatki, ale uzyskamy na niej 5 razy większy moment obrotowy. Czytelnik od razu zauważy, że mamy do czynienia z sytuacją analogiczną do zwykłego transformatora, który zmienia większe napięcie (liczbę obrotów) przy mniejszym prądzie (momencie obrotowym) na mniejsze napięcie (liczbę obrotów), ale i większy prąd (moment obrotowy). Moc (wykonana praca) pozostaje stała, oczywiście przy założeniu, że pomijamy udział strat energii (przyp. red.).

Przekładnie pasowe

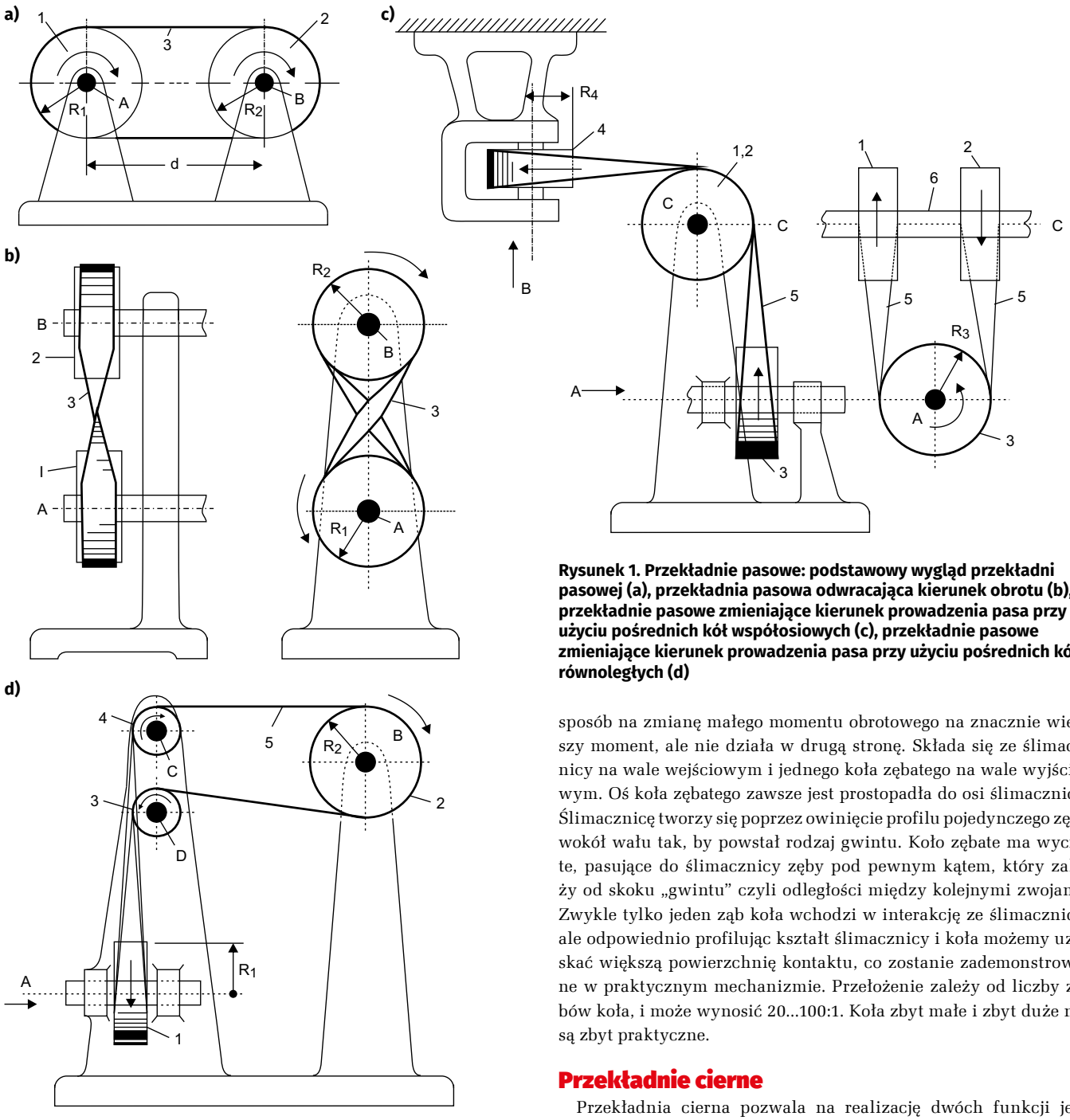
Wróćmy do typów przekładni. Pierwszym z nich jest przekładnia pasowa, w której stosunek średnic kół pasowych określa przełożenie. Przekładnie pasowe dzielą się dalej na cierne i zębate. W przekładniach pasowych ciernych siła tarcia między kołami pasowymi a paskiem zapewnia transfer energii. Paski i koła mogą mieć różne profile zwiększające siłę tarcia oraz dodatkowe mechanizmy napinające pasek. W przekładniach pasowych zębatych oba koła oraz pasek mają zęby, które eliminują wymóg dużej siły tarcia. W tym przypadku mechanizm napinający ma na celu zapobieganie przeskakiwaniu paska, gdy jedno z kół natrafia na duży opór, mogący doprowadzić do niszczenia paska i kół. Paski zębate są stosowane tam, gdzie – poza przełożeniem napędu i transferem energii na odległość – ważne jest też zachowanie zależności pozycji kątowych obu kół względem siebie. Niezależnie od odmiany technologicznej wszystkie przekładnie pasowe pozwalają na transfer ograniczonej ilości energii – zbyt duży wymagany moment obrotowy na jednym kole spowoduje, że pas cierny będzie się ślizgał, a pasek zębaty może pęknąć. Ponadto pasy też mogą się z czasem rozciągać oraz zużywać. Dlatego tam, gdzie pasek jest zbyt słaby, stosuje się przekładnie łańcuchowe – te działają analogicznie, z tą różnicą, że przełożenie wylicza się z liczby zębów, a nie stosunku średnic kół.

Do głównych zalet przekładni pasowych należą: łatwość łączenia razem wielu kół odbiorczych o różnych średnicach (przełożeniach) oraz łatwość zaprojektowania przekładni, która pozwala na transfer energii na z danej osi na oś do niej prostopadłą. **Rysunek 1** pokazuje kilka form przekładni pasowych.

Przekładnie zębate

Do opisu przekładni zębatych, w roli miary stopnia przełożenia, używa się stosunku liczby zębów w obu kołach. Z reguły ten rodzaj przeniesienia napędu jest też bardziej wytrzymały i pozwala na pracę z większymi momentami obrotowymi. Średnice kół zależą

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 1. Przekładnie pasowe: podstawowy wygląd przekładni pasowej (a), przekładnia pasowa odwracająca kierunek obrotu (b), przekładnie pasowe zmieniające kierunek prowadzenia pasa przy użyciu pośrednich kół współosiowych (c), przekładnie pasowe zmieniające kierunek prowadzenia pasa przy użyciu pośrednich kół równoległych (d)

od wymiarów pojedynczego zęba i liczby zębów w kole. Kształt (profil) zęba ma znaczenie dla pracy przekładni: niektóre profile oferują większą powierzchnię kontaktu kosztem zwiększonego tarcia, inne okazują się bardziej tolerancyjne pod względem precyzji wykonania. Dla dobrej pracy przekładni ważna jest też odległość między kołami – zbyt mała uniemożliwi pracę przekładni, zaś zbyt duża zmniejszy powierzchnię kontaktu między zębami, podnosząc znacznie ryzyko uszkodzenia. Wszystkie przekładnie mają też pewien stopień „luzów", czego nie da się uniknąć, ale można znacznie ograniczyć. Prosta przekładnia składająca się z dwóch kół zębatych nie tylko zmienia moment obrotowy i liczbę obrotów na obrót, ale też odwraca kierunek obrotu. W celu uzyskania znacznego przełożenia zazwyczaj stosuje się kilka mniejszych kół zębatych współpracujących w ramach złożonej przekładni. **Rysunek 2** pokazuje kilka typów przekładni zębatych.

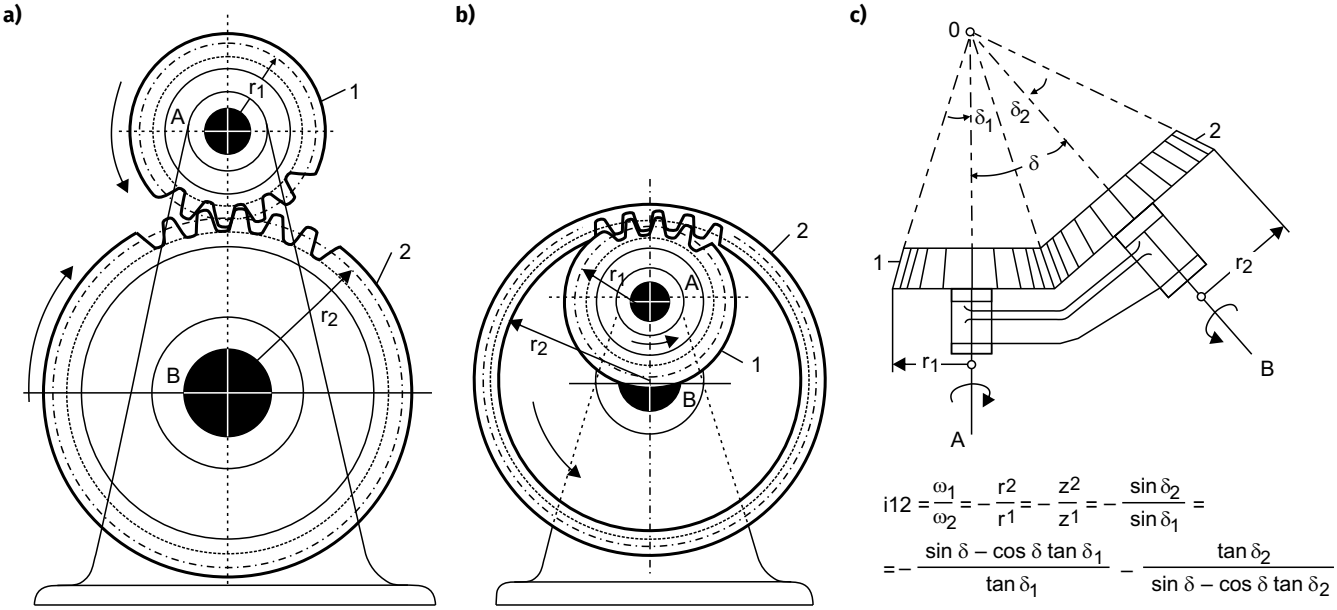
Szczególnym przypadkiem przekładni zębatej jest przekładnia ślimakowa, pokazana na **rysunku 3**. Oferuje ona dość kompaktowy sposób na zmianę małego momentu obrotowego na znacznie większy moment, ale nie działa w drugą stronę. Składa się ze ślimacznicy na wale wejściowym i jednego koła zębatego na wale wyjściowym. Oś koła zębatego zawsze jest prostopadła do osi ślimacznicy. Ślimacznicę tworzy się poprzez owinięcie profilu pojedynczego zęba wokół wału tak, by powstał rodzaj gwintu. Koło zębate ma wycięte, pasujące do ślimacznicy zęby pod pewnym kątem, który zależy od skoku „gwintu" czyli odległości między kolejnymi zwojami. Zwykle tylko jeden ząb koła wchodzi w interakcję ze ślimacznicą, ale odpowiednio profilując kształt ślimacznicy i koła możemy uzyskać większą powierzchnię kontaktu, co zostanie zademonstrowane w praktycznym mechanizmie. Przełożenie zależy od liczby zębów koła, i może wynosić 20...100:1. Koła zbyt małe i zbyt duże nie są zbyt praktyczne.

Przekładnie cierne

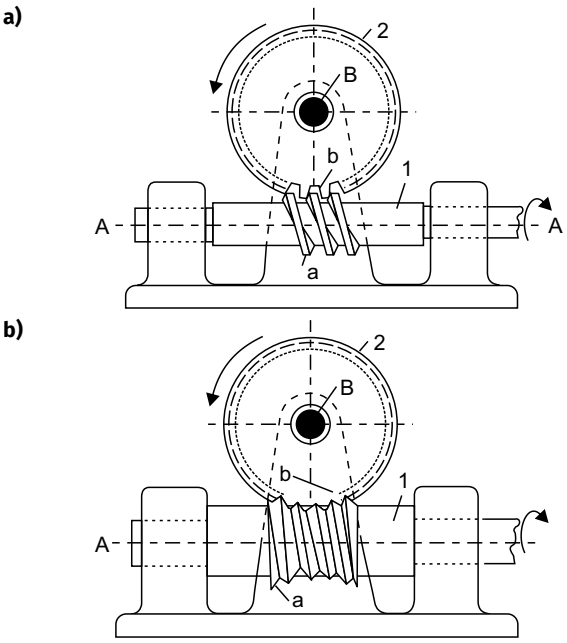
Przekładnia cierna pozwala na realizację dwóch funkcji jednocześnie: transferu energii i ograniczenia maksymalnego momentu obrotowego. Przekładnie cierne cechują się też większą tolerancją w zakresie wymiarów oraz jakości wykonania. Zwykle też stanowią one też elementy innych przekładni, na przykład pasowych. Konstrukcyjnie są dość proste: jedno koło o powierzchni wykonanej z materiału chropowatego dotyka do innego koła, wykonanego z materiału gładkiego. Im większa siła dociskająca, tym większy może być moment obrotowy, zanim jedno z kół zacznie się ślizgać. Nas będzie interesować szczególny przypadek tej przekładni: przekładnia współosiowa. W takiej przekładni koła stykają się swoimi czołami i znajdują się na wspólnej osi. Dobrym, praktycznym przykładem takiej przekładni jest sprzęgło samochodowe. Przekładnia cierna o specyficznej konstrukcji pozwala też na płynną zmianę przełożenia – rozwiązanie takie pokazano na **rysunku 4**.

W przypadku, gdy element regulowany i element regulacyjny znajdują się w dużej odległości od siebie lub gdy potrzebna jest mechaniczna skala, stosuje się przekładnię opartą o kabestany. Kabestan formą przypomina koło pasowe, a zasada obliczania przełożenia jest

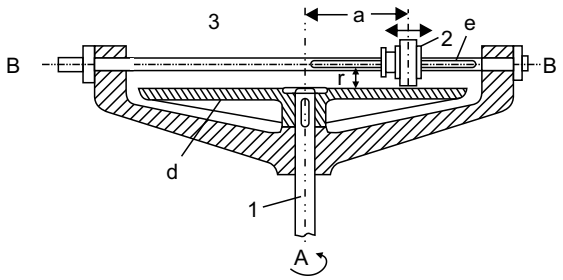
eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 2. Przekładnie zębate: przekładnia prosta (a) i przekładnia z wewnętrzną zębatką (b). Linią przerywaną zaznaczono średnice podziałowe kół zębatych r1 i r2, ich styczna wyznacza idealny dystans między kołami zębatymi, a stosunek – przełożenie przekładni, którą określa też liczba zębów. Średnice podziałowe koła zębatego zależą od geometrii zębów. Przekładnia stożkowa i sposób wyznaczania kątów stożków (c)



Rysunek 3. Przekładnie ślimakowe: wersja podstawowa (a), przekładnia ze ślimakiem klepsydrowym (b) – ten drugi profil zwiększa maksymalny moment obrotowy, jaki można uzyskać na kole zębatym



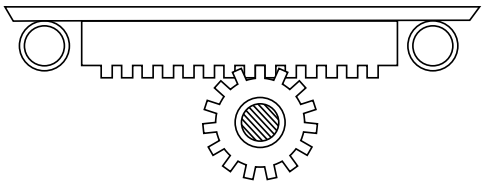
Rysunek 4. Przekładnia cierna pozwalająca na płynną zmianę prędkości obrotowej – w tym celu zmieniana jest odległość D koła 2 na osi B od środka osi A. Koło jest pokryte gumą dla zwiększenia tarcia. Na rysunku brak wodzika przesuwającego koło. By nie przesuwać całej osi, można użyć osi o przekroju kwadratowym lub ośmiokątnym, z pasującym do niego otworem w kole 2

analogiczna do przekładni pasowej. Różnica jest w tym, iż oba kabestany połączone są linką, która może być poprowadzona przez wnętrze urządzenia za pomocą dodatkowych rolek lub osi prowadzących czy ślizgowych. Sposób montażu też jest inny: wokół każdego kabestanu nawija się 2...3 zwoje linki, a końce łączy się ze sobą za pomocą sprężyny. Mechanizm będzie funkcjonował tylko wtedy, gdy linka jest napięta. Do linki można przyczepić wskaźnik skali. Co ważne, można w ten sposób też łączyć więcej kabestanów, ale należy pamiętać, by odcinek linki ze sprężyną miał dość przestrzeni między kabestanami czy kółkami prowadzącymi, by nie mógł się zablokować podczas eksploatacji. Dlatego mechanizmy skali w niektórych radioodbiornikach potrafią być wyjątkowo skomplikowane i trudne w montażu. Warto też dodać, iż można zastąpić kabestan zwykłym kółkiem, a linkę połączyć z suwakiem, co pozwoli przekształcić kondensator strojeniowy lub zwykły potencjometr w kondensator/potencjometr suwakowy, ale pozbawiony typowych wad takich komponentów.

Niektóre przekładnie wymagają mechanizmu napinającego. W przypadku przekładni pasowych (i podobnych) mamy dwa rozwiązania do wyboru: napinanie przez przesunięcie jednego z kół pasowych oraz napinanie przez dodatkowe kółko napinacza. Druga opcja jest mimo wszystko nieco łatwiejsza w implementacji w kontekście urządzenia elektronicznego, szczególnie gdy komponent regulowany jest wlutowany w płytkę drukowaną i nie może być przesuwany w celu napięcia mechanizmu. Również przekładnie cierne wymagają docisku. W przypadku rozwiązania współosiowego wystarczy odpowiedni projekt konstrukcji, w którym uwzględniona jest ukryta wewnątrz sprężyna zapewniająca docisk, co zostanie pokazane w przykładzie. Jeśli koło ma być dociskane boczną krawędzią, potrzebna jest dodatkowa przekładnia pasowa lub zębata, a dociskane koło musi znaleźć się na ramieniu, które obraca się na osi koła przekazującego napęd do koła ciernego. Komplikuje to jednak konstrukcję i nie jest preferowanym rozwiązaniem, chyba że nie ma innego wyboru.

Warto też wspomnieć, iż nie jesteśmy ograniczeni tylko do manipulatorów obrotowych. Wspomniano wcześniej rozwiązanie z kabestanem i suwakiem, ale czasem, lepszym mechanizmem

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 5. Przekładnia z listwą zębatą (źródło: Henry T. Brown, „507 mechanical movements")

może być listwa zębata współpracująca z kółkiem zębatym (**rysunek 5**). Długość listwy, a raczej dystans, na jaki musi się przemieszczać, jest równa obwodowi koła zębatego. Jeśli zatem chcemy mieć suwak o długości 10 cm pracujący z typowym potencjometrem, to koło zębate musi mieć obwód 13,3(3) cm, czyli średnicę ~4,24 cm. Dlaczego tyle? Bo potencjometr ma kąt obrotu 270°, co stanowi 3/4 obwodu koła. W praktyce mechanizm będzie wymagał nieco dłuższej listwy i zajmie więcej miejsca. Zamiast listwy można użyć niepełnego koła zębatego tworzącego dźwignię – o rozwiązanie jest polecane, gdy chcemy stworzyć na przykład dźwignię regulacji prędkości obrotowej.

Projektowanie i przygotowanie przekładni do druku 3D

Wiele elementów mechanicznych, w tym koła pasowe i zębate, paski klinowe i zębate oraz inne elementy tego typu, można znaleźć w rozmaitych katalogach. Dobrym przykładem bardzo bogatego i wszechstronnego zbioru najróżniejszych komponentów mechanicznych, pneumatycznych czy hydraulicznych jest katalog McMaster-Carr (www.mcmaster.com), dostępny też w programie Autodesk Fusion 360, co pozwala na łatwy import gotowych części do projektu i ich integrację. Zatem możemy użyć gotowych kół zębatych czy pasowych w projekcie, ale nie musimy ich kupować – komponenty można wyeksportować jako modele do druku 3D, jeśli tylko nie zostały uproszczone dla oszczędności pamięci i odzwierciedlają rzeczywisty kształt oraz geometrię.

Druk 3D ma ograniczenia co do precyzji elementów – zwykle tolerancja wynosi 0,1...0,3 mm w osiach X i Y. Istotna jest też wielkość detali: z dyszą 0,4 mm nie zejdziemy poniżej 0,3 mm, poza tym tak drobny element będzie zbyt delikatny do praktycznej pracy. Projektując komponenty, szczególnie zaś koła zębate, należy zakładać z góry, że ząb powinien mieć szerokość minimum 1,6...2,4 mm, a wszystkie wymiary poniżej 5 mm powinny być wielokrotnością średnicy dyszy drukarki pomnożoną przez liczbę warstw ścian. Minimalna grubość kół powinna mieć wartość równą grubości warstwy pomnożonej przez sumę liczby warstw dolnych i górnych (Top and Bottom layers). Preferowane są wartości 2...3-krotnie większe. Koła zębate i inne należy zawsze drukować w pozycji poziomej, podobnie jak elementy je trzymające, celem maksymalizacji wytrzymałości. Warto rozważyć ręczne pozycjonowanie „szwów" na drukowanych elementach tak, by te nie przeszkadzały później w pracy koła. Możliwe, że będzie konieczna ręczna obróbka detalu pilnikiem w celu usunięcia szwu. Jest to szczególnie ważne w przypadku kół pasowych i kabestanów, gdyż widoczny szew może z czasem zredukować wytrzymałość paska czy linki.

Ważnym aspektem projektowania przekładni jest zadbanie o to, by na oś komponentu nie działały nadmierne siły boczne, mogące zwiększyć jego zużycie. Rozważyć też należy, czy będzie potrzebne ułożyskowanie właściwego pokrętła lub użycie osi metalowych bądź z metalowym rdzeniem wykonanym z wkrętu metrycznego o odpowiedniej długości. Osobnym problemem jest też smarowanie pracujących elementów, o czym nie wolno zapominać. W tym przypadku zwykły smar silikonowy do maszyn do szycia w zupełności wystarczy. Nie musimy też zamykać przekładni w szczelnej obudowie zalanej smarem niczym skrzynia biegów.

Paski dla przekładni pasowych kupuje się zazwyczaj gotowe. Niektóre z nich są lite, inne zawierają wewnętrzne wzmocnienie w formie stalowej linki. Projektując przekładnię pasową należy zatem uwzględnić w projekcie dostępność preferowanego paska oraz jego długość tak, by nie był ani zbyt luźny, ani niemożliwy do założenia. Można też policzyć, jak długi powinien być pasek na tyle dokładnie, by móc go założyć na oba kółka przed ich montażem – wtedy samo umocowanie kółek na swoich miejscach zapewni wystarczający naciąg. Pasek można też opcjonalnie wydrukować z TPU, choć zazwyczaj będziemy ograniczeni do profilu kwadratowego lub prostokątnego. Z TPU można też wykonać elementy cierne przekładni, a także „ogumienie" gałek. Zaletą samodzielnego wykonywania takich elementów jest ich bezproblemowa wymiana w razie uszkodzenia czy zużycia.

Wybór materiału, z którego będą wykonane poszczególne elementy przekładni jest dość istotny. W konstrukcjach mechanicznych preferowane są materiały wytrzymałe, a przy tym z pewną dozą elastyczności. Koła zębate i pasowe można wykonać m.in. z nylonu, ale materiał ten wymaga dobrej drukarki 3D, a pewnym problemem może być przyleganie filamentu do blatu. Innym dobrym materiałem może być PET-G i jego kuzyn, PCTG. Oba filamenty drukują się dobrze, są odporne na uszkodzenia mechaniczne dzięki pewnej dozie elastyczności, a jednocześnie oferują niezłą wytrzymałość. ABS i ASA są zbyt elastyczne, a PLA – zbyt sztywny i kruchy. Preferowane są też materiały kompozytowe, jak nylon z włóknem szklanym lub węglowym, PC-CF, PCTG-CF/GF, czy ASA-CF/GF. Szczególnie dla komponentów nośnych, ale też i kół zębatych. Niektóre materiały, jak ASA czy ABS, można wygładzić oparami różnych rozpuszczalników – w przypadku ASA/ABS będą to opary acetonu. Dla PLA stosowany jest tetrahydrofuran, dla PET-G i poliwęglanu potrzebny będzie keton metylowo-etylowy (methyl ethyl ketone – MEK). PET-G i PLA mogą też być wygładzane octanem etylu. PCTG nie da się wygładzić oparami, gdyż potencjalne rozpuszczalniki są zbyt niebezpieczne lub/i niedostępne dla zwykłego człowieka, by to było praktyczne.

Ostatnim punktem wartym rozważenia jest to, czy zaprojektowany mechanizm ma być integralną częścią obudowy, czy też komponentem montowanym w dedykowanym otworze. W tym drugim przypadku należy pamiętać o orientacji elementów trzymających części mechanizmu, gdyż ta wpływa na wytrzymałość całości. W większości wypadków jednak naprężenia nie będą większe niż przy bezpośrednim montażu komponentu regulacyjnego w obudowie. Według autora tylko przekładnia z dźwignią może wymagać specjalnego projektu. Jednakże projekt przekładni niezależnej od obudowy ma pewną przewagę nad przekładnią zintegrowaną – jest to możliwość wykorzystania go w różnych projektach. Ponadto taki komponent można importować do projektu, a następnie, używając operacji łączenia elementów, uczynić go integralną częścią projektu. Operacje te można też wykonać w slicerze.

Zakończenie

W tym artykule omówiliśmy podstawy przekładni i zapoznaliśmy się z różnymi rozwiązaniami. W następnej części zajmiemy się praktycznymi projektami przekładni. Przygotowanych zostanie kilka modeli, które Czytelnik będzie mógł wykorzystać we własnych projektach. Modele zostaną też wydrukowane i sprawdzone pod kątem praktycznego działania.

Wszystkie ilustracje pochodzą ze zbioru książek „Mechanisms in modern engineering design" autorstwa dra inż. Iwana Artobolewskiego z 1977 roku, chyba że wskazano inaczej. Zbiór ten dostępny jest na stronie https://archive.org i jest zalecaną lekturą dla Czytelników.

Paweł Kowalczyk, EP

eprasa.pl 934af8e026

Syntezatory dźwięku (3)

Oscylatory sterowane napięciem

W poprzednich częściach cyklu zaprezentowano rys historyczny syntezy dźwięku oraz podstawowe informacje na temat samego procesu syntezy. W tej części skupimy się na pierwszym elemencie budulcowym prawdziwego syntezatora: oscylatorze sterowanym napięciem.



https://djondent.blogspot.com/2020/05/moog-modular-901-vco.html

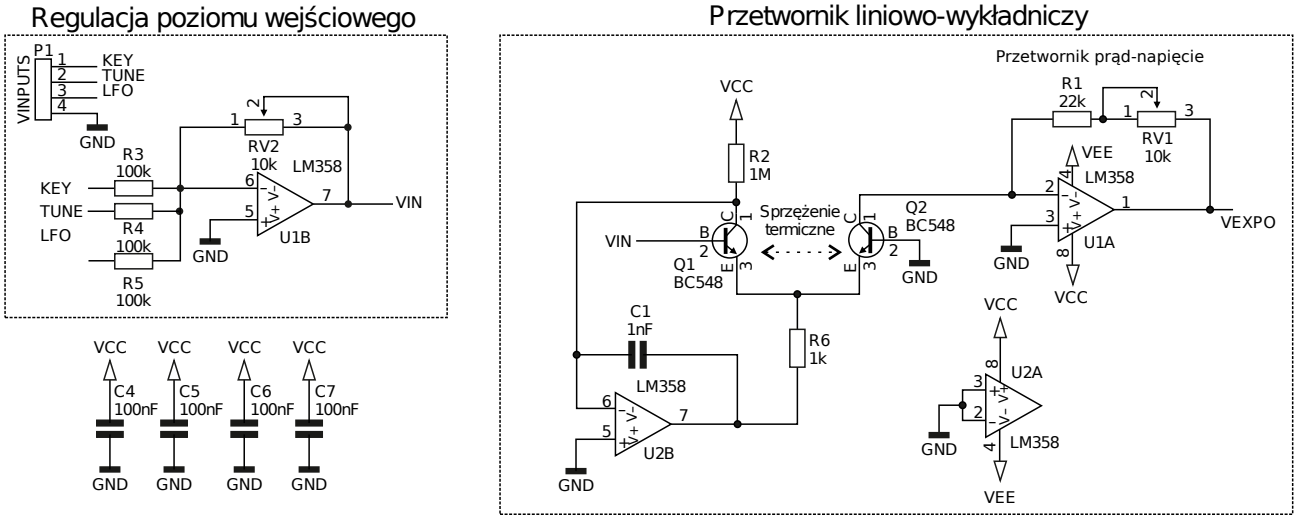
Wiele wczesnych syntezatorów korzystało z dość prostych oscylatorów, na przykład relaksacyjnych (Stylophone i Trautonium) czy LC w.cz., sterowanych przez zmienne sprzężenie pojemnościowe (jak w Thereminie). Czytelnik zapewne widział też schematy prostych syntezatorów opartych na układzie NE555 i szereg rezystorów o różnych, specyficznie dobranych wartościach, które są włączane przyciskami w jego obwód oscylacji celem zmiany częstotliwości. Równie łatwo można zrealizować oscylator RC na bazie mostka Wiena, z przełączaną i/lub regulowaną rezystancją. Sprawdza się to w prostych instrumentach o ograniczonych możliwościach regulacji. Jeśli jednak celem Czytelnika byłaby budowa potężnego syntezatora dźwięku, to niezbędny okazałby się oscylator o częstotliwości kontrolowanej napięciowo. Sam oscylator to nie wszystko, potrzebny jest bowiem dodatkowy układ konwersji napięcia wejściowego na przebieg przestrajający oscylator. Sekret kryje się w zasadzie działania sygnału sterującego (CV).

Napięcie kontrolne i niezbędna konwersja

W syntezatorach modularnych przyjęto format napięcia sterującego CV o zakresie 10 V z regułą zmiany częstotliwości o oktawę co 1 V. Zatem liniowa zmiana napięcia sterującego powinna powodować wykładniczą zmianę częstotliwości oscylatora. Oscylatory jednak same operują liniowo, więc aby podwoić częstotliwość trzeba też podwoić napięcie. W efekcie typowy oscylator sterowany napięciem, by mieć pokrycie zakresu dla ośmiu oktaw, potrzebowałby napięcia sterującego sięgającego na przykład od 1 V do 128 V. Oczywiście można to skalować, np. do 0,1 V...12,8 V, co już byłoby akceptowalną sytuacją, ale pojawiłby się wtedy problem z czułością regulacji. Dla pierwszej oktawy potrzeba zmieścić 12 półtonów w zakresie napięć od 100 mV do 200 mV, podczas gdy dla ostatniej oktawy mamy zakres 6,4...12,8 V. Nie jest to praktyczne, szczególnie jeśli chcemy modulować jeden oscylator innym oscylatorem. Rozwiązaniem jest właśnie standard CV, w którym zmiana napięcia o 1 V powoduje dwukrotny wzrost lub spadek częstotliwości. Zatem potrzebny jest obwód zmieniający napięcie sterujące z liniowego na wykładnicze. Przy okazji można dopasować zakres napięć do takiego, jakiego oczekuje sam oscylator.

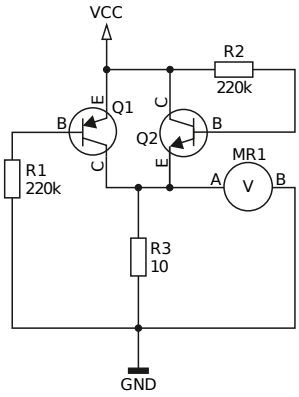
Proces konwersji napięcia z liniowego na wykładnicze jest relatywnie prosty, jeśli idzie o zasadę działania, ale robi się dość skomplikowany w praktyce. Spójrzmy najpierw na przykładowy schemat przygotowany przez Robina Mitchella ze strony All About Circuits [1], pokazany na **rysunku 1**. Układ podzielony jest na dwie sekcje: wzmacniacz sumujący i skalujący napięcia sterujące (po lewej) i właściwy konwerter (po prawej). Sumowane są trzy napięcia:

- KEY, czyli sygnał z klawiatury sterującej CV,
- TUNE, czyli napięcie dostrajające oscylator,
- LFO, czyli sygnał z oscylatora niskiej częstotliwości (ale może też być sygnałem z innego VCO).



Rysunek 1. Przykładowy konwerter sygnałów sterujących CV na napięcie wykładnicze dla układu VCO

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 2. Zasada pomiaru wzmocnienia tranzystorów PNP i NPN w tanich miernikach serii DT-830B. W trakcie pomiaru występuje tylko jeden z tranzystorów. Napięcie Vcc pochodzi bezpośrednio z baterii 9 V multimetru

Wzmacniacz U1B skaluje sumę napięć do wartości 18 mV/V. Sygnał ten trafia na bazę Q1, który wraz z Q2 tworzy parę różnicową. Prąd tej pary stabilizowany jest przez wzmacniacz U2B. Zmiana napięcia na bazie Q1 powoduje zmianę prądu przezeń płynącego, co zmienia napięcie Vce Q2, a co za tym idzie wpływa na prąd płynący przez Q2. Wzmacniacz U1A konwertuje prąd kolektora Q2 na napięcie VEXPO. Proste, prawda?

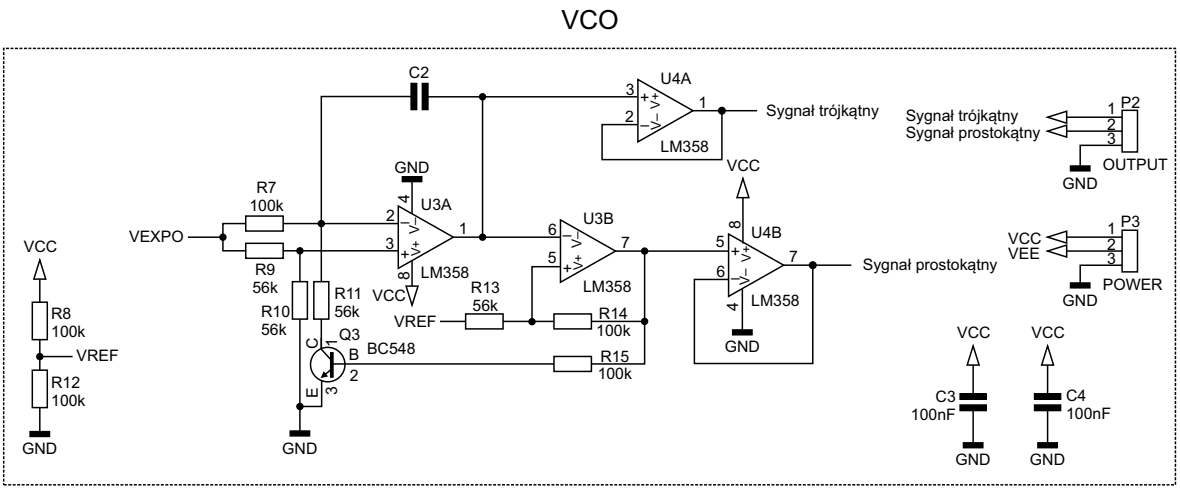
Diabeł tkwi w szczegółach, a konkretnie w parze tranzystorów Q1-Q2. Na schemacie użyto dwóch oddzielnych tranzystorów połączonych ze sobą termicznie. Autor schematu podkreśla, że elementy te muszą mieć zbliżoną wartość wzmocnienia prądowego β. Nie jest to cała prawda, gdyż tranzystory te powinny być niemal identyczne dla zachowania najlepszej dokładności konwersji. Powiedzmy, że mamy parę, w której jeden tranzystor ma wzmocnienie β równe 150, a drugi 155. Różnica w prądach takiej pary wyniesie 3,3% i ten błąd będzie rósł wykładniczo wraz ze wzrostem liniowego napięcia sterującego. Dla przykładu, załóżmy napięcie sterujące w zakresie 0...5 V i oscylator o odpowiadającej mu rozpiętości pięciu oktaw. Przy błędzie sparowania tranzystorów w konwerterze na poziomie 3%, przejście od napięcia 0 V do 1 V spowoduje zmianę częstotliwości o jedną oktawę +3%, ale przejście z 1 V do 2 V spowoduje już zmianę o oktawę i 6%. Kolejne błędy będą wynosić 12%, 24%, 48%. To błąd o niemal pół oktawy dla piątego przedziału częstotliwości. Nawet jeśli różnica między tranzystorami wyniesie tylko 0,1%, to w analogicznym przypadku dla wyższych oktaw odstrojenie od pożądanej częstotliwości będzie już słyszalne – w końcu zmiana strojenia instrumentu z 440 Hz na 432 Hz, czyli o –1,82%, jest już wyraźnie słyszalna.

W dawniejszych czasach można było zakupić kosztowne pary tranzystorowe na wspólnym podłożu, które były dobierane maszynowo z wysoką precyzją. Po zaprzestaniu produkcji większość takich superdopasowanych par trafiło w ręce audiofilów stosujących je w stopniach wejściowych wzmacniaczy audio (choć w praktyce nie potrzebują aż takiego stopnia sparowania). Samodzielne parowanie tranzystorów wymaga budowy własnego przyrządu pomiarowego i to z komorą grzejną, która będzie utrzymywać oba testowane tranzystory w identycznej temperaturze. Czytelnik-hobbysta może zapytać: „Ale mój multimetr/tester mierzy wzmocnienie prądowe. Nie mogę go użyć?”. Nie, gdyż mierniki i testery nie są wystarczająco dokładne, a ponadto wykazują podatność na zmianę napięcia zasilania. Wzrost temperatury o 1°C powoduje wzrost wzmocnienia prądowego o 0,5...1%, przy czym im mniejszy prąd bazy, tym większy wpływ temperatury. Tanie multimetry dokonują pomiaru wzmocnienia używając prymitywnego układu pomiarowego zasilanego bezpośrednio z baterii, co wprowadza dodatkowy błąd związany z jej napięciem. Układ pomiarowy wzmocnienia tranzystorów z tanich multimetrów DT-830B pokazano na **rysunku 2**. Q1 i Q2 symbolizują badane tranzystory PNP i NPN – w trakcie pomiaru w układzie występuje tylko jeden z nich. Dla tranzystorów PNP mierzony jest prąd kolektora, a dla NPN prąd emitera – co dodaje kolejny błąd pomiarowy, jeśli chcemy dobierać pary komplementarne. Osobnym problemem jest jeszcze klasa dokładności rezystorów w obwodzie i klasa samego miernika.

Jeśli zatem chcemy dobierać tranzystory do pary różnicowej, potrzebny jest dedykowany miernik/komparator ze stabilną termicznie komorą na badane komponenty i precyzyjnym pomiarem napięcia lub prądu. Sam proces może być mozolny i wymagać zakupu setki lub więcej tranzystorów, ale to może i tak się opłacić, gdyż dobrane pary różnicowe potrafią obecnie kosztować 50...200 dolarów amerykańskich lub więcej.

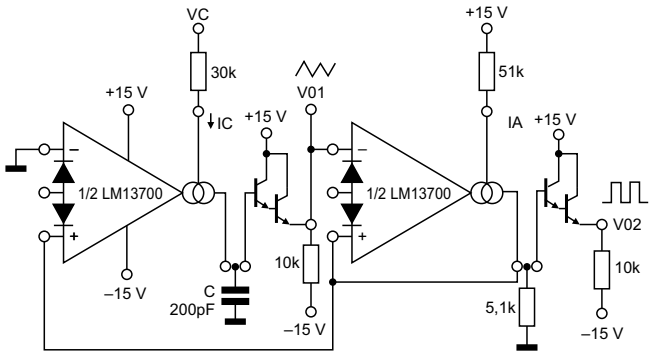
Podstawowy oscylator VCO

Oscylatory sterowane napięciem można zbudować na kilka różnych sposobów, jednakże w zakresie częstotliwości audio bazowy układ jest oparty o dość proste bloki: wzmacniacz całkujący i układ przełączający jego pracę. Podstawowy blok zaprojektowany przez Robina Mitchella przedstawia **rysunek 3**. Układ ten generuje przebiegi trójkątny i prostokątny. Wzmacniacz U3A, wraz z rezystorami R7...R11, kondensatorem C2 oraz tranzystorem Q3, tworzy układ całkujący. Gdy Q3 jest zatkany, a na wejściu VEXPO obecne jest napięcie, kondensator C2 jest ładowany, a napięcie na wyjściu wzmacniacza spada. Gdy Q3 przewodzi, kondensator jest rozładowywany, a napięcie



Rysunek 3. Podstawowy układ oscylatora sterowanego napięciem (kontynuacja schematu z rysunku 1)

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 4. Oscylator sterowany napięciem na układzie LM13700, schemat z noty katalogowej

wyjściowe wzmacniacza rośnie. Napięcie to trafia na wejście U3B, który pracuje jako przerzutnik Schmitta w układzie odwracającym, a sygnał z tego wzmacniacza steruje bazą Q3. Czas ładowania i rozładowywania kondensatora zależy od wartości elementów R7...R11 i C2, a także od napięcia VEXPO. Wartości komponentów są stałe, więc tylko napięcie VEXPO będzie decydowało o częstotliwości oscylacji. Wzmacniacze U4A i U4B pracują jako bufory separujące oscylator od reszty syntezatora. Warto zauważyć, że przebiegi wyjściowe będą w przeciwfazie, a to oznacza, że mieszając je ze sobą można uzyskać bardziej złożony sygnał.

Ten relatywnie prosty układ występuje w bardzo wielu syntezatorach, choć zwykle jest bardziej rozbudowywany, by mógł generować przebiegi sinusoidalne, piłokształtne czy PWM. Obwody te będą omówione w następnej części cyklu. Należy też pamiętać, że kompletny oscylator omawiany w tej części ma kilka drobnych wad, a główną jest wrażliwość pary różnicowej Q1-Q2 na zmiany temperatury. Bardziej rozbudowane układy dodają kompensację termiczną dla tych tranzystorów. Wybór LM358 jako preferowanego wzmacniacza operacyjnego też nie jest najszczęśliwszy. Ten układ scalony, choć bardzo popularny w wielu projektach, jest już dość leciwy i nie oferuje najlepszych parametrów. Szczególnie problematyczne mogą być: wysoki poziom szumów własnych oraz jego mała dynamika. Dodatkowo wyjście może zniekształcać sygnał, gdy jest mocno obciążone – w końcu stopień wyjściowy pracuje w klasie B. Generalnie lepiej sprawdziłyby się takie układy, jak TL08x albo NE5532.

Alternatywnym rozwiązaniem jest układ z **rysunku 4**, czyli oscylator oparty na podwójnym wzmacniaczu transkonduktancyjnym LM13700. Oryginalny schemat pochodzi z noty katalogowej tego układu. Przy podanych wartościach elementów układ generuje sygnały o częstotliwości od 0,2 Hz do 200 kHz w zakresie prądów od 10 nA do 1 mA, dlatego warto zwiększyć wartość kondensatora C do 2 nF. Kondensator powinien mieć dielektryk wysokiej stabilności i niskim prądzie upływu. Pierwszy wzmacniacz transkonduktancyjny operuje jako sterowane źródło prądowe o przełączanej polaryzacji. To on na zmianę ładuje i rozładowuje kondensator. Para tranzystorów w układzie Darlingtona zmniejsza wpływ kolejnego wzmacniacza na pracę układu. Drugi wzmacniacz pracuje jako komparator przełączający tryb pracy pierwszego wzmacniacza. Ostatnia para tranzystorów pełni natomiast rolę bufora. Wyjście sygnału trójkątnego wymaga własnego bufora, przy czym powinien to być układ z wejściem FET. W praktycznych realizacjach opisywanego układu hobbyści mieli problemy ze stabilnością częstotliwości, ale zdaniem Autora przyczyna tkwiła w błędach konstrukcyjnych (niewłaściwy kondensator, niewystarczająco stabilne zasilanie, błędy w prowadzeniu masy). Warto dodać, iż w tej samej nocie znajdują się schematy oscylatora generującego sygnał ramp i impulsów oraz generator przebiegu sinusoidalnego.

Podsumowanie

W artykule opisaliśmy bazowe układy oscylatorów sterowanych napięciem ze szczególnym naciskiem na problematykę budowy dobrego konwertera napięcia sterującego z liniowego na wykładnicze. Szczególnie istotny jest dobór właściwej pary różnicowej, bo ma ona niebagatelny wpływ na pracę oscylatora. W następnej części przyjrzymy się bardziej rozbudowanym generatorom oraz metodom zmiany kształtu sygnałów.

Paweł Kowalczyk, EP

Źródła:

[1] https://www.allaboutcircuits.com/projects/diy-synth-series-vco/

REKLAMA

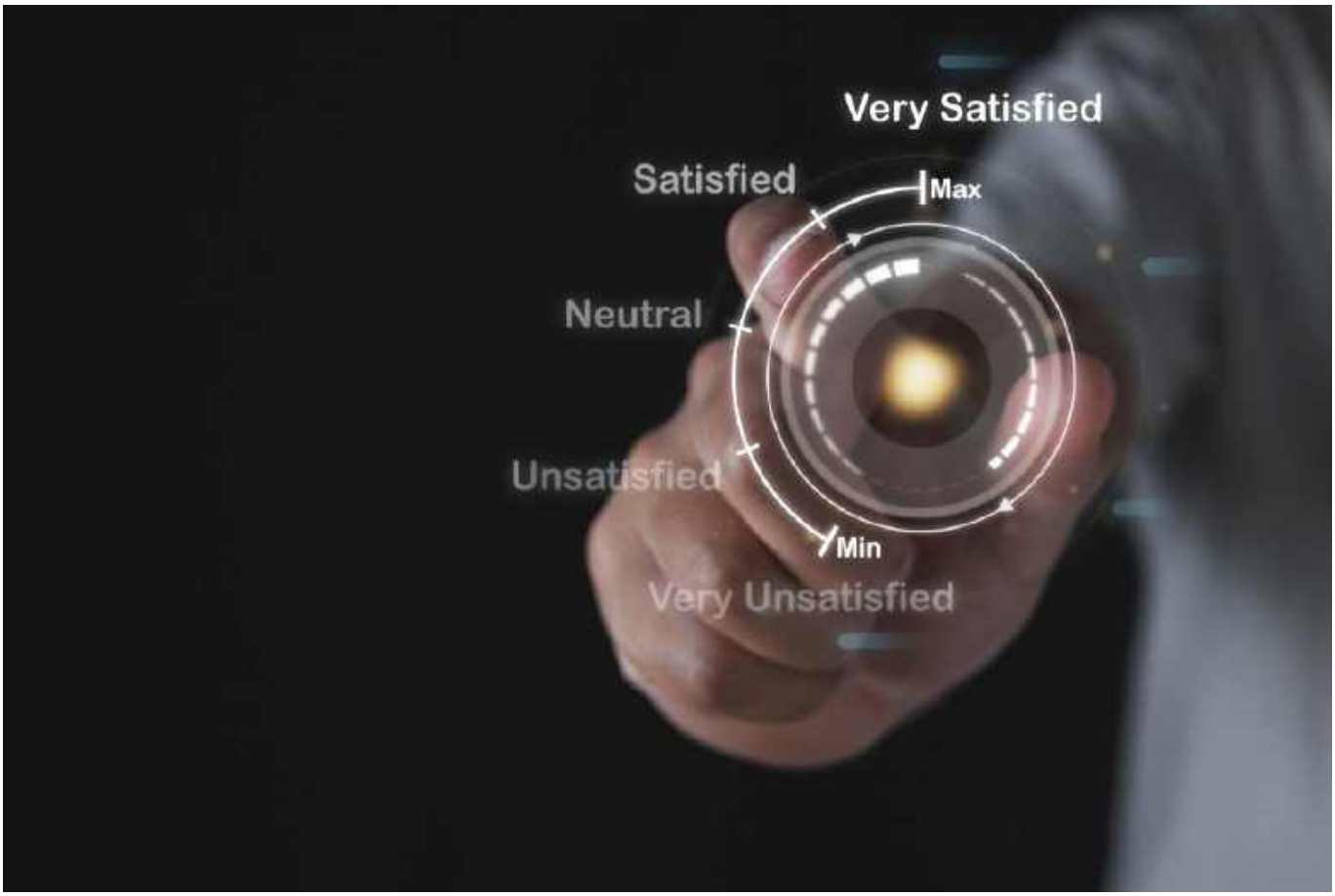
KURS Nordic nRF z BT



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 934af8e026



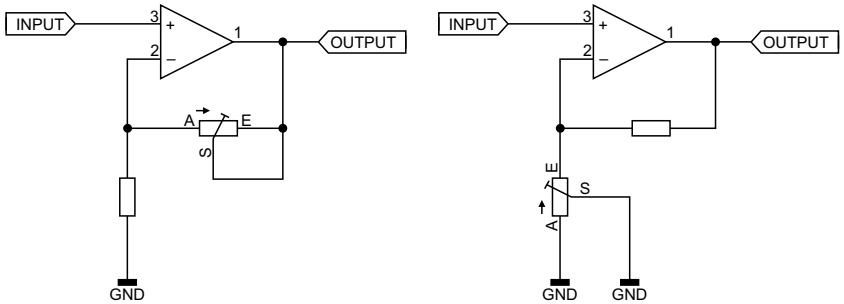
Elektroniczna regulacja wzmocnienia

W niektórych aplikacjach zachodzi konieczność dostosowania wzmocnienia toru sygnałowego. Można to zrobić potencjometrem, choć takie rozwiązanie wymaga mechanicznej ingerencji użytkownika, ponadto może wprowadzać trzaski i dodatkowy szum. Jak można to zrobić na drodze elektronicznej? Oto kilka pomysłów.

Wzmocnienie toru audio jest jednym z jego podstawowych parametrów. Wskutek stosowania różnych źródeł oraz różnych końcówek mocy lub przetworników analogowo-cyfrowych, zachodzi często potrzeba jego zmiany. Celem jest uzyskanie jak największej dynamiki bez przesterowywania. Różne systemy cyfrowe potrafią same regulować wzmocnienie, ale co z tymi bardziej tradycyjnymi, analogowymi?

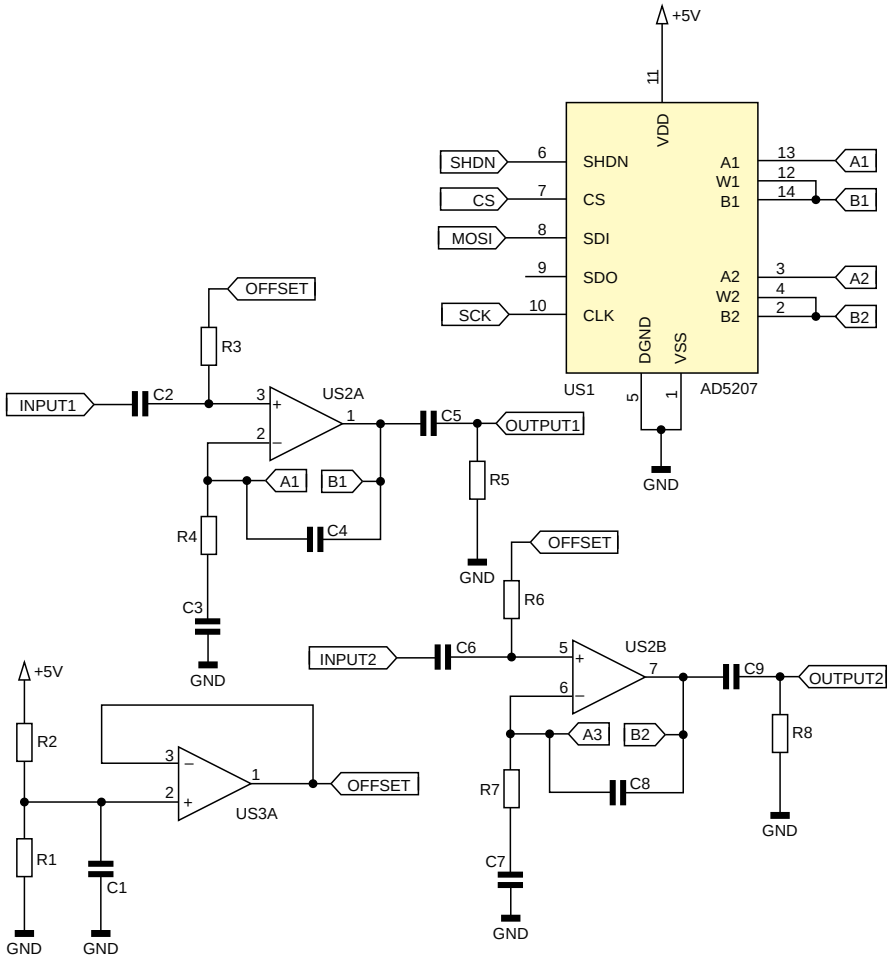
Najprostszą metodą jest zmiana rezystancji w obwodzie ujemnego sprzężenia zwrotnego, jak na **rysunku 1**. Stosując lewy wariant (z potencjometrem między wyjściem a wejściem odwracającym wzmacniacza operacyjnego), mamy możliwość regulacji wzmocnienia od 1 V/V wzwyż. Z kolei drugi wariant, z potencjometrem podłączonym jednostronnie do masy umożliwia uzyskanie bardzo wysokich wzmocnień, ale nie niższych niż wynikających z rezystancji rezystora i ścieżki oporowej potencjometru. W pierwszym wariancie element o regulowanej rezystancji ma oba zaciski niepołączone z masą, musi on więc być „pływający” (floating). Drugi wariant jest już wygodniejszy pod tym względem, bowiem jeden zacisk jest zwarty z masą. W pierwszym wariancie łatwiej będzie uzyskać wzmocnienie rzędu kilku V/V i precyzyjnie je regulować, z kolei w drugim zdecydowanie łatwiej będzie o uzyskanie wzmocnienia rzędu kilkudziesięciu lub kilkuset.

Niezależnie od wybranego wariantu, zachodzi konieczność zmiany rezystancji jednego elementu dla jednej gałęzi sygnałowej – dla wielu trzeba to robić współbieżnie.

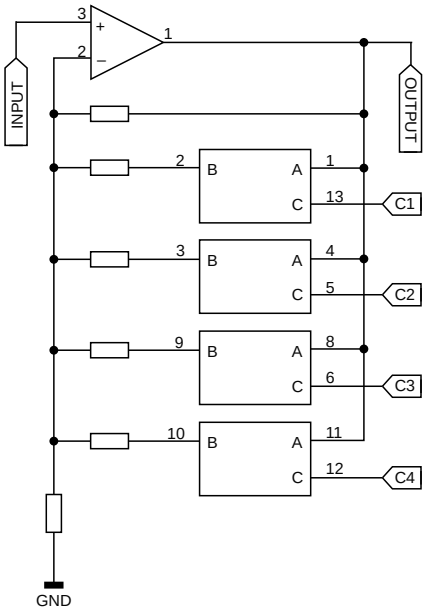


Rysunek 1. Metody regulacji wzmocnienia w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego

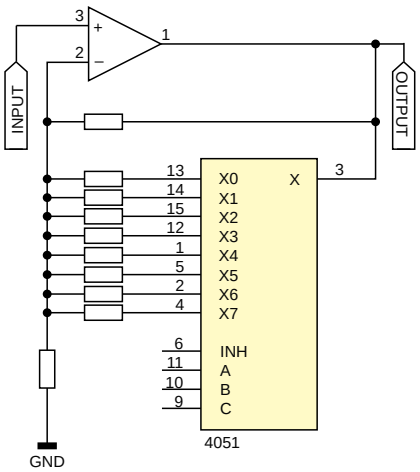
eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 2. Przykład zastosowania potencjometru cyfrowego do regulacji wzmocnienia



Rysunek 3. Klucze analogowe do zmiany wypadkowej rezystancji w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego



Rysunek 4. Multiplekser analogowy służący do zmiany wzmocnienia

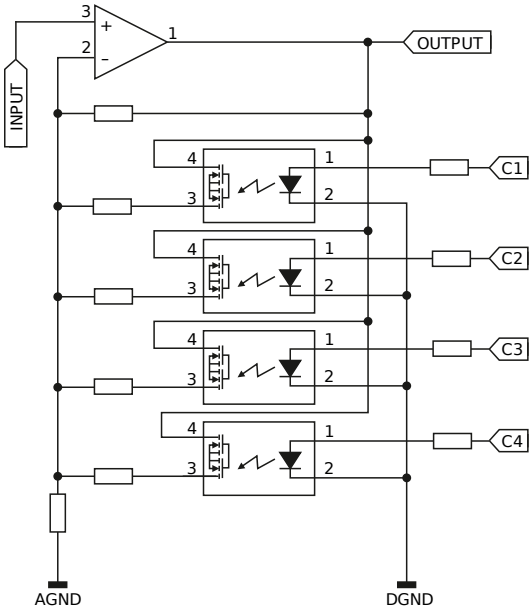
Jedną z metod jest użycie w tej roli cyfrowego potencjometru, na przykład układu AD5207. To ośmiobitowy, podwójny potencjometr o charakterystyce liniowej, którego wszystkie wyprowadzenia analogowe są „pływające". Można go zatem użyć do włączenia w układ na oba pokazane na rysunku 1 sposoby, choć w wariancie pierwszym zależność między wzmocnieniem a wartością bitową będzie wprost proporcjonalna – **rysunek 2**. Konieczne byłoby jednak nadanie sygnałowi składowej stałej, aby tranzystory wykonawcze w potencjometrze działały prawidłowo. To z kolei ogranicza maksymalną amplitudę przenoszonego sygnału do 2,5 V – chwilowy potencjał dowolnego wyprowadzenia potencjometru cyfrowego musi być nie niższy niż 0 V i nie wyższy niż 5 V. Można spróbować zasilić sam układ potencjometru napięciem symetrycznym tak, by w sygnale analogowym była zerowa składowa stała, choć nie każdy potencjometr cyfrowy na taki zabieg pozwala. Należy pamiętać, że taki układ z reguły stanowi rozwarcie w momencie wyłączenia, co doprowadzi do osiągnięcia przez układ bardzo wysokiego wzmocnienia i silnego przesterowania jego wyjścia. Koniecznie trzeba dodać dodatkowe układy wyciszające na wyjściu.

Inną metodą jest użycie elektronicznych kluczy analogowych do dołączania wymaganych rezystorów równolegle do obwodu sprzężenia zwrotnego, jak na **rysunku 3**. Można wtedy zrealizować regulację składającą się z kilku, najwyżej kilkudziesięciu stopni. Dużą zaletą rozwiązania z rysunku 3 jest fakt, że można te rezystory dobrać dla uzyskania kroków np. 1 dB, 0,5 dB, 0,2 dB i tak dalej. Ogranicza nas rezystancja klucza w stanie zwarcia, która z reguły jest dosyć wysoka i wynosi kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt omów. Kolejna wada: znowu trzeba pamiętać o nadaniu składowej stałej sygnałowi, aby klucze półprzewodnikowe nie pracowały w zabronionym dla siebie obszarze.

Zamiast pojedynczych kluczy można również użyć multipleksera, choćby dobrze znanego CD4051 (jak na **rysunku 4**), którego część „potencjometryczną" można zasilić napięciem symetrycznym, za to jednocześnie może być załączony tylko jeden rezystor – w przeciwieństwie do układu z niezależnymi kluczami, który pozwalał tworzyć z nich kombinacje dwóch i więcej rezystorów połączonych równolegle.

Układy z rysunków 2, 3 i 4 mają dosyć silne ograniczenia dotyczące parametrów przenoszonego sygnału. Musi on mieć określoną składową stałą oraz ograniczoną amplitudę. Przekroczenie tych parametrów poskutkuje zniekształceniami sygnału. Można się od tego uwolnić, stosując jako elementy przełączające przekaźniki lub – w nowocześniejszym, lżejszym, bezgłośnym i trwalszym wydaniu – transoptory z tranzystorami MOS, szerzej znane jako przekaźniki półprzewodnikowe. Przykład takiego układu znajduje się na **rysunku 5**. Elementy te mają szereg zalet, przede wszystkim wytrzymują znacznie wyższe napięcia, co przekłada się na wyższą dopuszczalną amplitudę sygnału. Nie

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 5. Transoptory zastosowane do przełączania rezystorów

wymagają zasilania symetrycznego, wystarczy bowiem zasilić ich diodę LED prądem rzędu kilku miliamperów. Zalet jest więcej – wprowadzają one bardzo dobrą izolację galwaniczną między sygnałem analogowym a układem sterującym, więc nie ma problemów z przenikaniem „śmieci" z części cyfrowej do analogowej, ponieważ masy mogą zostać rozdzielone. Do wad można zaliczyć pobór prądu w stanie ustalonym, który w przypadku układów CMOS jest na znacznie, znacznie niższym poziomie. Zarówno w przypadku tego układu, jak pokazanego na rysunku 3, trzeba mieć na uwadze kolejność przełączania rezystorów: lepszym wyborem będzie implementacja funkcji BBM (Brake Before Make), czyli odłączenie dotychczas załączonych rezystorów przed załączeniem nowych, aby wzmocnienie w tej krótkiej chwili było niższe, a nie wyższe. Układy z rysunków 2 i 4 nie wykazują tego problemu, ponieważ kolejność przełączania w użytych układach jest ustalona odgórnie i użytkownik nie ma na nią wpływu.

Osobiście często używam przekaźników półprzewodnikowych typu AQW212A lub zbliżonych. W jednej obudowie znajdują się dwa niezależne tory złożone z diody LED i fototranzystora. Mają rewelacyjne parametry z punktu widzenia przełączania sygnałów audio. Niska rezystancja załączenia (typowo poniżej 1 Ω) i krótkie czasy przełączania (typowo poniżej 1 ms – szybciej niż przekaźnik elektromagnetyczny) to ich główne zalety. Najważniejsze parametry widoczne są w tabeli zamieszczonej na **rysunku 6**. Należy do tego również dodać bardzo małą pojemność między wejściem a wyjściem oraz wysoką rezystancję izolacji, niemal porównywalną z izolacją obecną w przekaźnikach elektromagnetycznych.

Niepokojący może być prąd upływu wynoszący maksymalnie 1 µA. Nie ma jednak powodów do obaw, bowiem wykres z noty katalogowej (**rysunek 7**) precyzuje, że przy bardzo niskich napięciach, a takie przecież panują w obudowach sygnałowych analogowych układów audio, ów prąd upływu wynosi mniej niż 1 nA. W praktyce jest on niemierzalny i nie ma wpływu na działanie układów zawierających rezystancje rzędu kilkuset kiloomów czy pojedynczych megaomów. Przy okazji przekaźniki te nie wprowadzają do obwodów o wysokiej rezystancji charakterystycznych „stuknięć" przy przełączaniu.

Wszystkie opisane tutaj propozycje rozwiązań problemu elektronicznej regulacji wzmocnienia są skokowe. Jest owych pozycji więcej lub mniej, ale regulacja odbywa się w ustalonej liczbie kroków. W niektórych zastosowaniach może to być zaletą, na przykład przy sterowaniu cyfrowym i wyświetlaniu aktualnego wzmocnienia. Jednak dla niektórych użytkowników taka nieciągłość może być nie do przyjęcia. Mam w tej materii kilka pomysłów, które zostaną zaprezentowane w innym artykule.

Michał Kurzela, EP

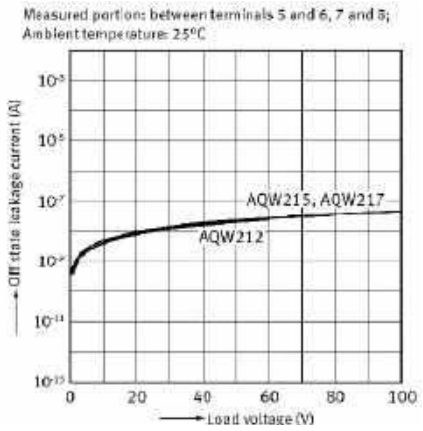
Źródła:

[1] https://api.pim.na.industrial.panasonic.com/file_stream/main/fileversion/513

■ Electrical characteristics (Ambient temperature: 25°C)

Item			Symbol	AQW212(A)	AQW214(A)	AQW217(A)	AQW212(A)	AQW214(A)	AQW216(A)	Condition
Input	LED operate current	Typical	I_{on}	0.9 mA						I_L = Max.
		Maximum		3 mA						
	LED turn off current	Minimum	I_{off}	0.4 mA						I_L = Max.
		Typical		0.8 mA						
	LED dropout voltage	Typical	V_F	1.25 V (1.14 V at I_F = 5 mA)						I_F = 50 mA
		Maximum		1.5 V						
Output	On resistance	Typical	R_{on}	0.83 Ω	2.3 Ω	11 Ω	23 Ω	30 Ω	70 Ω	I_F = 5 mA, I_L = Max., Within 1 s
		Maximum		2.5 Ω	4.0 Ω	15 Ω	35 Ω	50 Ω	120 Ω	
	Off state leakage current	Maximum	I_{leak}	1 µA						I_F = 0 mA, V_L = Max.
Transfer characteristics	Turn on time*	Typical	T_{on}	0.55 ms	0.80 ms	0.25 ms		0.31 ms	0.28 ms	I_F = 5 mA, I_L = Max.
		Maximum		2 ms		1.0 ms		0.5 ms		
	Turn off time*	Typical	T_{off}	0.08 ms	0.06 ms	0.05 ms			0.04 ms	I_F = 5 mA, I_L = Max.
		Maximum		0.2 ms						
	I/O capacitance	Typical	$C_{I/O}$	0.8 pF						f = 1 MHz, V_B = 0 V
		Maximum		1.5 pF						
	Initial I/O isolation resistance	Minimum	$R_{I/O}$	1,000 MΩ						500 V DC

Rysunek 6. Najważniejsze parametry przekaźników półprzewodnikowych z serii AQW21x [1]



Rysunek 7. Prąd upływu przekaźników półprzewodnikowych z serii AQW21x [1]

REKLAMA

EP W TOKU
www.ep.com.pl

eprasa.pl 934af8e026

Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych (23)

UPS do Raspberry Pico/Pico 2

Podtrzymanie zasilania płytki RPi Pico/Pico 2 można zrealizować na kilka sposobów. Firma Pimoroni oferuje gotowe rozwiązania: małą płytkę Li-Po SHIM for Pico oraz większy moduł Pico-UPS-A. Również Raspberry Pi, producent płytki Pico/Pico 2, w dokumentacji płytki proponuje sposoby dołączania zewnętrznego zasilania. W artykule zostały sprawdzone wszystkie wymienione opcje.

Opracowanie dobrego rozwiązania zasilania układu IoT nie jest łatwe. W zasadzie pomysł jest prosty, ale jego realizacja wymaga starannego wyboru poszczególnych elementów i ich testowania w docelowych warunkach pracy. Zasilanie odgrywa istotną rolę w zapewnieniu poprawnej pracy czujników oraz przetworników analogowo-cyfrowych. Bez czystego ich zasilania otrzymamy „jakieś" rezultaty, ale ich poprawność może być wątpliwa. W ramach opisywanego projektu zostało przetestowanych kilka płytek ładowarek akumulatorów. Prawie wszystkie wprowadzały zakłócenia na szyny zasilania, niektóre bardzo silne.

Płytka Li-Po SHIM for Pico

Płytka Li-Po SHIM for Pico firmy Pimoroni [3] jest małą i tanią nakładką na płytkę Pico/Pico 2. Umożliwia ona podłączenie akumulatora Li-Po/Li-Ion do zestawu z możliwością jego ładowania z gniazdka USB płytki Pico.

Na płytce Li-Po SHIM znajdują się:

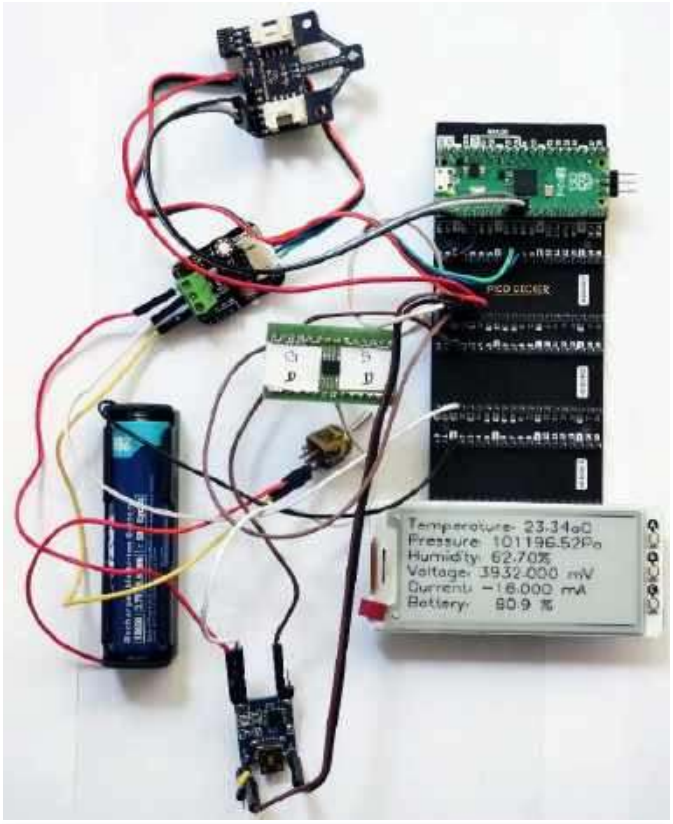
- układ scalonej ładowarki MCP73831 (Microchip),
- układ zabezpieczenia baterii XB6096I2S (XySemi),
- przycisk zasilania,
- 2-biegunowe złącze JST PH z zaznaczoną polaryzacją na płytce,
- wskaźniki LED zasilania i ładowania.

Ładowarka MCP73831 zapewnia automatyczne ładowanie z trybami stałego prądu (ustawionym na 215 mA) i stałego napięcia (4,20 V). Wejście jest na stałe dołączone do szyny VBUS płytki Pico (z gniazdka USB), a wyjście do gniazdka JST oraz szyny VBAT. Wyjście STAT układu, podłączone do czerwonej diody LED, sygnalizuje ładowanie. Układ monitoruje napięcie akumulatora i po jego obniżeniu automatycznie przechodzi do ładowania.

Układ XB6096I2S zabezpiecza przed odwrotnym podłączeniem zasilania lub akumulatora Li-Po/Li-Ion, a także chroni przed przeładowaniem, nadmiernym rozładowaniem i zwarciem ogniwa. Układ jest włączony pomiędzy ujemny zacisk akumulatora a masę.

Białą diodę LED dołączono do szyny 3V3 płytki Pico – sygnalizuje ona działanie zestawu.

Przycisk zasilania, dołączony do układów logiki cyfrowej, włącza/wyłącza sygnał POWER_EN, podpięty do wejścia 3V3_EN płytki Pico. Umożliwia to włączanie i wyłączanie przetwornicy DC/DC 3,3 V zasilającej procesor. Po pierwszym dołączeniu zasilania USB płytka Li-Po SHIM ładuje akumulator, ale utrzymuje wyłączone zasilanie 3V3 procesora. Uruchomienie całości wymaga naciśnięcia przycisku zasilania. Potem podtrzymywanie zasilania z akumulatora i kontynuowanie pracy po podłączeniu USB odbywa się automatycznie.



Autor dziękuje Panu Maciejowi Michnie z Centrum Badań i Rozwoju Nordic Semiconductor w Krakowie za udostępnienie zestawów sprzętowych Power Profiler Kit II (PPK2).



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

Dwa tranzystory MOSFET dołączone do tego sygnału umożliwiają automatyczne podłączanie szyny VBAT do szyny VSYS w celu podtrzymania zasilania płytki Pico.

Płytka Li-Po SHIM jest nakładana na moduł główny Pico od spodu, tak aby przycisk zasilania znajdował się po tej samej stronie, co port USB. Oznacza to konieczność wlutowania do płytki Li-Po SHIM żeńskich gniazd goldpin, najlepiej z długimi pinami od góry. Do podłączenia najwygodniej jest zastosować ekspander szyny Pico Omnibus (PIM556) lub Pico Decker (PIM555) (**fotografia 1**).

Płytka Li-Po SHIM nie wymaga oprogramowania. Producent udostępnia natomiast przykładowy program w języku Python do pomiaru napięcia akumulatora – wymaga on dołączenia wyświetlacza, np. Pico INKY (fotografia 1). Program sprawdza obecność napięcia na szynie VBUS zasilanej z gniazdka USB poprzez odczyt stanu wejścia GP24 z dzielnika rezystancyjnego (1/2), dołączonego do szyny VBUS. Wykonuje też odczyt podzielonego napięcia (1/3) szyny VSYS z wejścia ADC3 (GP29). Odczyt ten jest niedokładny ze względu na bardzo zaszumione zasilanie wewnętrznego przetwornika ADC procesora.

eprasa.pl 934af8e026



Fotografia 1. Płytka Li-Po SHIM dołączona do ekspandera Pico Decker



Fotografia 2. Płytka Pico-UPS-A dołączona do ekspandera Pico

Moduł zasilania Pico-UPS-A

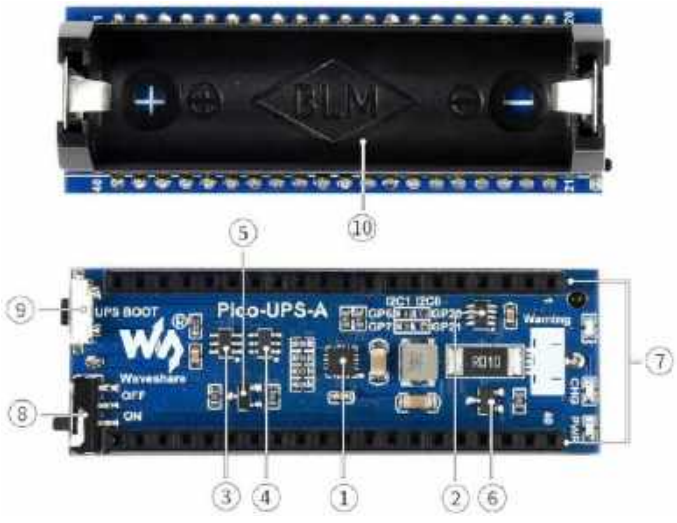
Pico-UPS-A to moduł UPS w postaci nakładki na płytkę Pico/Pico 2 [4]. Jest wyposażony w koszyk na pojedyncze ogniwo akumulatora Li-Ion typu 14500.

Specyfikacja techniczna modułu UPS [4]:

- rodzaj modułu: nakładka do Raspberry Pi Pico,
- napięcie ładowania: 5 V,
- interfejs komunikacyjny: magistrala I²C,
- liczba miejsc na akumulator: 1,
- typ akumulatora: litowo-jonowy (Li-Ion) w rozmiarze 14500,
- wymiary nakładki: 60×21 mm.

Rozmieszczenie elementów na płytce Pico-UPS-A (**rysunek 1**):

1. układ ładowania akumulatorów Li-Ion ETA6003,
2. układ monitorowania napięcia/natężenia prądu INA219,
3. układ zabezpieczający akumulator litowo-jonowy S8261,
4. układ zabezpieczenia przeciążeniowego akumulatora litowo-jonowego FS8205,
5. układ zabezpieczenia przed odwrotnym podłączeniem akumulatora AO3400,
6. układ zapobiegający prądowi wstecznemu SI2305,
7. złącza do bezpośredniego podłączenia do Raspberry Pi Pico,
8. włącznik zasilania UPS,
9. przycisk aktywacji, który włącza obwód zabezpieczający po wymianie akumulatora,
10. uchwyt akumulatora 14500.



Rysunek 1. Moduł Pico-UPS-A [4]

Dodatkowo na płytce są zamontowane trzy diody LED sygnalizujące: odwrotne podłączenie akumulatora, ładowanie akumulatora (niebieska) oraz zasilanie 3V3 płytki Pico.

Ładowarka ETA6003 zapewnia automatyczne ładowanie z trybami stałego prądu (ustawiony na 215 mA) i stałego napięcia 4,20 V. Wejście jest na stałe dołączone do szyny VBUS płytki Pico (z gniazdka USB) z ograniczeniem poboru prądu do 2 A. Wyjście SYS jest dołączone poprzez wyłącznik zasilania i tranzystor MOSFET do szyny VSYS. Wyjście STAT układu, dołączone do diody LED, sygnalizuje ładowanie. Układ monitoruje napięcie akumulatora i po jego nadmiernym obniżeniu automatycznie przechodzi do trybu ładowania.

Wejście IN- układu INA219 jest bezpośrednio podłączone do dodatniego bieguna akumulatora, a IN+ – do wejścia BAT ładowarki.

Płytka Pico-UPS-A nie wymaga oprogramowania do pracy. Producent udostępnia sterownik układu INA219 umożliwiający pomiar napięcia akumulatora w językach Python oraz C.

Zbudowany układ pomiarowy składa się z płytki Pico 2, Pico-UPS-A, ekspandera Pico Omnibus, wyświetlacza Pico INKY, płytki z czujnikiem BME688 oraz akumulatora XTAR 18650 2600 mAh (**fotografia 2**). Do obsługi układu INA219 został opracowany program pomiarowy w języku Python, opisany poniżej.

Cyfrowy miernik zużycia energii z układem INA219

Układ scalony INA219 firmy Texas Instruments to bocznik prądowy i monitor mocy z interfejsem zgodnym z I²C. Urządzenie monitoruje zarówno spadek napięcia na boczniku, jak i napięcie zasilania magistrali, z programowalnymi czasami konwersji i filtrowaniem.

Moduł cyfrowego miernika mocy *I²C Digital Wattmeter* (SEN0291) firmy DFRobot [5] zawiera tylko układ INA219 z zewnętrznym rezystorem bocznikującym 0,01 Ω oraz złącza: zasilania i komunikacji I²C oraz pomiarowe.

Układ INA219 odczytuje napięcie szyny zasilania mierzonego obwodu (wyprowadzenie IN–) względem potencjału swojej masy (wyprowadzenie GND). Jeśli masa mierzonego obwodu

eprasa.pl 934af8e026

nie będzie połączona z wyprowadzeniem GND układu INA219, to mierzona wartość napięcia szyny zasilania będzie niepoprawna. Napięcie na boczniku mierzone jest pomiędzy wyprowadzeniami IN+ oraz IN–, czyli prąd płynący od IN+ do IN– jest odczytywany jako dodatni.

Specyfikacja modułu miernika mocy INA219:

- napięcie zasilania: 3,3…5 V,
- zakres pomiaru napięcia: 0…26 V,
- rozdzielczość napięcia: 4 mV,
- błąd pomiarowy napięcia: do 0,2% (typowy),
- zakres pomiaru prądu: 0…8 A (dwukierunkowy),
- rozdzielczość prądu: 1 mA,
- błąd pomiarowy prądu: do 2% (typowy, wymagana ręczna kalibracja),
- zakres pomiaru mocy: 0…206 W,
- rozdzielczość mocy: 20 mW (sprzętowa)/4 mW (programowa),
- prąd spoczynkowy: 1 mA (maks.),
- pobór prądu w trybie power down: 15 µA (maks.),
- adresy I²C: 0x40, 0x41, 0x44, 0x45,
- wymiary: 30×22 mm.

Udostępniany na stronie producenta schemat modułu SEN0291 wersji V1.0 zawiera układ LDO, jednak w aktualnej wersji płytki V2.1.0 nie jest on obecny.

INA219 można używać bez żadnego programowania, jeśli konieczne jest jedynie odczytanie spadku napięcia bocznika i napięcia magistrali z domyślną rozdzielczością 12-bitową, pełnym zakresem skali bocznika ±320 mV (PGA=8), pełnym zakresem skali magistrali 32 V i ciągłą konwersją napięcia bocznika i magistrali (co 532 µs, bez uśredniania).

Płytka RPi Pico2 firmy Raspberry Pi

Nowe płytki Pico2 i Pico 2W firmy Raspberry Pi z procesorem RP2350 są zgodne elektrycznie z płytkami Pico pierwszej serii (Pico/Pico W) [1]. Na płytkach zostały zastosowane układy pamięci NOR Flash serii W25Q (Winbond) o częstotliwości taktowania do 133 MHz (przepustowość do 66 MB/s). Dokładny opis jest zamieszczony w artykule „Płytka Raspberry Pi Pico 2/2W z procesorem RP2350” [2].

Płytka Pico 2 zawiera przetwornicę buck-boost, która dostarcza napięcie 3,3 V (do zasilania RP2350 i obwodów zewnętrznych) z szerokiego zakresu napięć wejściowych (od 1,8 do 5,5 V). Takie rozwiązanie daje 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 umieszczonego na płytce gniazdka micro-USB. W dokumentacji płytki pokazano, jak poprzez dodanie tranzystora P-MOSFET (np. IRF7425) można zrealizować podtrzymanie bateryjne zasilania płytki [2].

Pico Inky Pack – moduł z wyświetlaczem e-Paper

Pico Inky Pack (PIM634) firmy Pimoroni to moduł z czarno-białym wyświetlaczem e-Paper o przekątnej 2,9” i rozdzielczości 296×128 px, przeznaczony do płytek z serii Raspberry Pi Pico. Ma wbudowany kontroler, który realizuje komunikację za pomocą interfejsu SPI. Pico Graphics to zunifikowana biblioteka grafiki i wyświetlania firmy Pimoroni umożliwiająca sterowanie wyświetlaczami z Pico w języku MicroPython [8].

Moduł ładowarki akumulatora Li-ion z układem TP4056

Układ TP4056 to ładowarka ogniwa litowo-jonowego lub litowo-polimerowego, chroniąca je przed nadmiernym i niedostatecznym ładowaniem [6]. Układ ma dwa wyjścia stanu wskazujące ładowanie w toku (LED czerwona) i ładowanie zakończone (LED niebieska) oraz programowalny prąd ładowania do 1 A. Obsługuje ładowanie w trybie stałego prądu (CC) oraz stałego napięcia 4,2 V (CV). Obsługuje automatyczne przejście do stanu uśpienia.

Właściwości modułu ładowarki TP4056:

- wbudowane diody sygnalizujące proces ładowania i pełne naładowanie,
- napięcie zasilania: 4,8 V DC z zewnętrznego zasilacza lub 5 V poprzez złącze micro USB,
- maksymalne napięcie ładowania: 4,2 V,
- maksymalny prąd ładowania: 1 A,
- pobór prądu bez obciążenia: 2 mA,
- pobór prądu z dołączonego ogniwa (po odłączeniu zasilania ładowarki): max. 6 µA,
- pola lutownicze THT do podłączenia ogniwa i zasilania,
- wymiary: 23×17×4 mm.

Akumulator Li-Ion

Akumulator Li-Ion XTAR 18650 ma nominalne napięcie 3,7 V i pojemność 2600 mAh [9]. Ogniwo posiada wbudowane zabezpieczenie przed przeładowaniem, nadmiernym rozładowaniem, przeciążeniem i zwarciem.

Właściwości akumulatora XTAR 18650:

- akumulator Li-Ion (litowo-jonowy)
- typ: 18650
- napięcie nominalne: 3,7 V
- pojemność minimalna: 2600 mAh
- maksymalny prąd ładowania: 2 A
- maksymalne napięcie ładowania: 4,2 V
- maksymalny prąd rozładowania: 5 A
- próg zadziałania zabezpieczenia prądowego: 6,2 A
- wbudowana ochrona PCM zapobiega spadkowi napięcia poniżej 2,5 V i przeładowaniu powyżej 4,25 V.

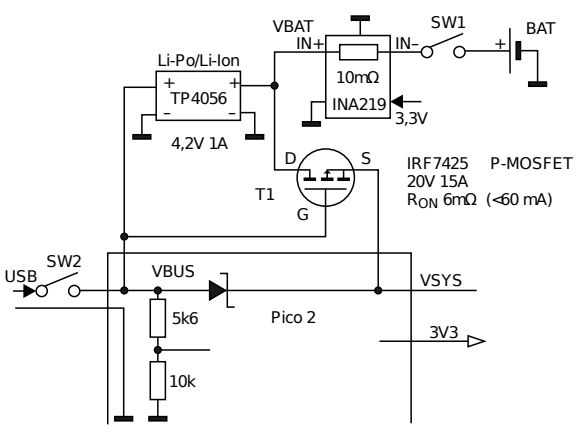
Akumulator jest oparty na oryginalnym ogniwie marki Samsung.

Ekspander szyny Pico

Ekspandery szyny Pico firmy Pimoroni są przeznaczone do płytek z serii Raspberry Pi Pico. Wyposażone zostały w jedno standardowe złącze żeńskie do bezpośredniego wpięcia RPi Pico oraz zestawy męskich listew 2×20 pinów, które umożliwiają podłączenie dodatkowych modułów rozszerzeń. Etykiety pinów umieszczone na górnej stronie płytki znacznie ułatwiają prototypowanie. Ekspander Pico Decker (Quad Expander) (PIM555) ma cztery zestawy męskich listew, a Pico Omnibus (Dual Expander) PIM556 – dwa zestawy.

Niestandardowa konfiguracja pomiarowa

Własną konfigurację podtrzymania zasilania płytki Pico/Pico 2 można zrealizować według dokumentacji płytki [2]. W opisywanym projekcie zostały dodatkowo zastosowane: obwody pomiaru prądu i napięcia, ładowarka akumulatorów, czujnik parametrów środowiska i wyświetlacz.



Rysunek 2. Konfiguracja pomiarowa

eprasa.pl 934af8e026

Układ pomiarowy (**fotografia tytułowa**) został skompletowany w następującej konfiguracji (**rysunek 2**):

- płytka Raspberry Pi Pico 2 [1],
- wyświetlacz Pico Inky Pack (PIM634),
- ekspander Pico Decker (PIM555),
- czujnik środowiskowy BME688 [10],
- DFRobot Gravity v2.1.0 (INA219) [5],
- akumulator Li-Ion 18650 XTAR 2600 mAh [9],
- ładowarka Li-Po TP4056 [6],
- tranzystor PMOSFET IRF7425.

Ponieważ zastosowany akumulator ma wbudowane zabezpieczenia, to nie jest potrzebny żaden dodatkowy układ zewnętrzny.

Zastosowana ładowarka akumulatorów wprowadza stosunkowo niewielkie zakłócenia w fazie ładowania, a po naładowaniu praktycznie się wyłącza. Wejście ładowarki jest na stałe dołączone do szyny VBUS. Po naładowaniu akumulatora wyjście jest dezaktywowane, zaś przy braku napięcia na szynie VBUS wyjście ładowarki pozostaje odłączone i (praktycznie) nie pobiera ona prądu. Jedyny sposób określania stanu ładowania/naładowania to obserwacja diod LED, gdyż procesor nie ma możliwości ich odczytania.

Układ INA219 jest na stałe dołączony do akumulatora, lecz pracuje tylko wtedy, gdy obecne jest zasilanie na szynie 3V3. Nawet gdy płytka z INA219 nie ma zasilania, prąd z akumulatora nadal może zasilać resztę obwodów.

W projekcie został zastosowany tranzystor MOS o niskiej rezystancji. Tranzystor pozostaje wyłączony, gdy na szynie VBUS jest obecne napięcie – szyna VBAT ładowarki jest wtedy odłączona. Przy braku napięcia na szynie VBUS, tranzystor zostanie włączony i napięcie z akumulatora jest praktycznie bezpośrednio (poprzez rezystancję $R_{DS(on)}$ równą około 18 mΩ) podawane na szynę VSYS płytki Pico 2.

Istnieje możliwość komunikacji układu z innym systemem komputerowym za pośrednicwem łącza UART. Przy zastosowaniu płytki Raspberry Pi Pico 2W dochodzi do tego także możliwość komunikacji bezprzewodowej poprzez Wi-Fi lub Bluetooth.

Przygotowanie środowiska programistycznego

Interpreter MicroPython firmy Pimoroni dla Pico 2 [7] zawiera dodatkowo sterowniki wielu czujników oraz wyświetlaczy, w tym Pico Inky Pack [8].

- Najpierw zmontuj elementy zgodnie z opisem.
- Następnie pobierz najnowszy interpreter MicroPythona w pliku *rpi_pico2-v1.26.1-micropython.uf2* ze strony firmy Pimoroni [7].
- Trzymając wciśnięty biały przycisk BOOTSEL podłącz płytkę Raspberry Pi Pico2 do komputera kablem microUSB. Jest ona widoczna jako dysk RP2350 w Eksploratorze plików Windows.
- Skopiuj pobrany plik *.uf2* na Raspberry Pi Pico2.
- W komputerze zainstaluj najnowszą wersję programu Thonny.
- Uruchom program Thonny.
- Kliknij na ikonkę trzech linii w prawym dolnym rogu i wybierz *Configure interpreter*.
- Ustaw typ interpretera na *MicroPython* (*Raspberry Pi Pico*).
- Z menu w prawym dolnym rogu wybierz *MicroPython* (*Raspberry Pi Pico*) · *Board CDC @COMxx*.
- Interpreter w polu Shell wyświetli informację o wersji:
- MicroPython pico2_w_2025_04_09, on 2025-04-15; Raspberry Pi Pico2 with RP2350
- Pobierz folder *code* z kodem aplikacji z repozytorium https://ep.com.pl/files/rpr/13762-internet_rzeczy_w_pomiarach_srodowiskowych_23._ups_do_raspberrypico-pico2.zip.
- Otwórz w oknie *Files* folder *code*.
- Kliknij prawym klawiszem myszy plik *main.py* i wybierz *Upload to*.
- Tak samo załaduj do płytki Pico 2 drugi plik *ina219.py* z tego folderu.

Oprogramowanie

Oprogramowanie zrealizowane w języku MicroPython wykorzystuje płytkę Raspberry Pi Pico 2, wyświetlacz Pico Inky Pack, czujnik środowiskowy BME688, płytkę miernika prądu z układem INA219, akumulator Li-Ion i ładowarkę. Całość jest wzorowana na firmowym programie dla modułu *Li-Po SHIM for Pico firmy Pimoroni*.

W projekcie zastosowano programowy sterownik układu INA219 firmy Waveshare (udostępniany dla płytki Pico-UPS-A) [4]. Został on lekko zmodyfikowany (dodano ustawianie zakresu 16 V). Program wykonuje w pętli nieskończonej pomiar z użyciem układu INA219. Dane wysyła łączem UART do komputera. Następnie wykonuje pomiar czujnikiem BME688 i także przesyła dane do komputera.

Dalej wszystkie dane są prezentowane na wyświetlaczu. Wyniki pomiarów prądu i napięcia są zapisywane w pliku. Taki log bardzo ułatwia pomiary układu w trakcie długich eksperymentów z zasilaniem.

W przypadku wystąpienia problemów z obsługą układu na szynie I²C program sygnalizuje problem na wyświetlaczu, a gdy komunikacja z układem powróci, ponownie podejmuje normalną pracę.

Ocena poziomu naładowania akumulatora zakłada liniową zmianę napięcia pomiędzy 4,2 V (maksimum) oraz 2,8 V (przyjęte jako minimum). Jest to bardzo zgrubne oszacowanie. Dla zastosowanego akumulatora XTAR okazuje się jednak wystarczająco zgodne z firmową charakterystyką rozładowania.

Program identyfikuje podłączenie zasilania USB przez odczyt stanu pinu GP24. Odczytuje też napięcie na szynie VSYS z użyciem wejścia GP29 dołączonego na płytce Pico 2 do wewnętrznego przetwornika ADC. Ze względu na dużą wariancję odczytów ADC zastosowano selekcję sekwencji danych z uśrednianiem szesnastu wartości. Zdecydowanie poprawiło to stabilność pomiaru, jednak wynik wciąż był trochę zawyżony, nawet pomimo zastosowania w dzielniku rezystancyjnym VSYS precyzyjnych rezystorów 100 kΩ o dokładności 1%.

Pomiary

Do dynamicznego pomiaru prądu zasilania bardzo dobrze nadaje się zestaw Power Profiler Kit II (PPK2) firmy Nordic Semiconductor. Jest to samodzielny układ, który bez zewnętrznego sprzętu może mierzyć i dostarczać prądy od poniżej 1 µA do 1 A. Praktyka pokazuje, że zakres pracy rozciąga się do ok. 2 A, wymaga to jednak dołączenia dodatkowego portu USB do drugiego gniazdka PPK2. Bardzo przydatne jest osiem kanałów cyfrowych próbkowanych synchronicznie z odczytem prądu. Dokładny opis PPK2 jest zamieszczony w artykule „Profilowanie mocy z zastosowaniem Power Profiler Kit II” [10].

Na **listingu 1** pokazano zapis z okna Thonny po uruchomieniu aplikacji. Układ jest zasilany z akumulatora i pobiera ok. 16 mA. Po drugim pomiarze zostało włączone zasilanie USB i rozpoczęto ładowanie akumulatora prądem 98 mA. Widać wyraźne zmiany poziomu napięcia. Napięcie mierzone na akumulatorze podczas ładowania ma zawyżoną wartość.

Próba zastosowania PPK2 w trybie miernika do pomiaru prądu akumulatora nie powiodła się. Po podaniu zasilania z ogniwa poprzez miernik procesor nie był w stanie się uruchomić. Pico2 ma duży prąd rozruchowy rzędu 0,6 A. Prawdopodobnie problem jest spowodowany zbyt dużą rezystancją wewnętrzną PPK2 na początku pomiaru (automatyka zakresów). W tej sytuacji PPK2 został zastosowany w trybie zasilacza i dołączony do układu w miejsce akumulatora, podając napięcie 4,076 V. Dynamiczny pomiar prądu zasilania układu z „akumulatora” został pokazany na **rysunku 3**. W okresie pracy procesora w trybie sleep pobór prądu wynosi ok. 16 mA i ta wartość zgadza się z pomiarem dokonanym przez INA219. Wartość średnia jest trochę wyższa.

Przy uruchamianiu układu bardzo przydatny okazał się kabel USB z wyłącznikiem szyny zasilania.

eprasa.pl 934af8e026

Podsumowanie

Dodanie do płytki RPi Pico 2 kilku tanich elementów umożliwia autonomiczną pracę układu IoT ze skutecznym podtrzymaniem zasilania.

Średni pobór prądu przez układ można drastycznie zmniejszyć poprzez zastosowanie głębokiego uśpienia procesora RP2340. Jednak dalej nie jest to możliwe w języku MicroPython. Można również na czas pomiędzy pomiarami wprowadzić układ INA219 w tryb *power down*.

Należy upewnić się, że każdy projekt z wykorzystaniem akumulatorów Li-Po/Li-Ion jest odpowiednio zabezpieczony przed ich wgnieceniem, zgięciem oraz przebiciem.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

```
MPY: soft reboot
Scan i2c bus...
i2c devices found: 2
Decimal address:  69
 | Hexa address:  0x45
Decimal address:  118
 | Hexa address:  0x76

USB not connected  VSYS: 3.860571 V
INA219 intialisation
Config register:        0x1EEF   CONFIG
Calibration register:   0x1000   CAL
Current LSB:            0x1   100uA
  bus_voltage_range:    0x0   Voltage range to 16V
  gain:                 0x3   Gain set to /8, 320 mV range
  bus_adc_resolution:   0xF   12bit,  32 samples, 68.10ms
  shunt_adc_resolution: 0xF   12bit,  32 samples, 68.10ms
  mode:                 0x7   Shunt and bus voltage continuous

INA219:  Bat Voltage: 3860.000mV, Shunt Voltage: -0.170mV, Current: -17.000mA, Battery level: 75.7 %
BME68x:  Temperature: 22.62°C, Pressure: 101048.88Pa, Humidity: 67.42%

USB not connected  VSYS: 3.86116 V
INA219:  Bat Voltage: 3856.000mV, Shunt Voltage: -0.170mV, Current: -17.000mA, Battery level: 75.4 %
BME68x:  Temperature: 22.62°C, Pressure: 101048.81Pa, Humidity: 67.20%

USB-Connected  VSYS: 4.585127 V
INA219:  Bat Voltage: 4044.000mV, Shunt Voltage:  0.230mV, Current: 23.000mA, Battery level: 88.9 %
BME68x:  Temperature: 22.63°C, Pressure: 101048.84Pa, Humidity: 66.91%

USB-Connected  VSYS: 4.584686 V
INA219:  Bat Voltage: 4040.000mV, Shunt Voltage:  0.230mV, Current: 23.000mA, Battery level: 88.6 %
BME68x:  Temperature: 22.63°C, Pressure: 101048.91Pa, Humidity: 66.73%
```

Listing 1. Praca aplikacji pomiarowej

Literatura

[1] Raspberry Pi Pico 2 https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico-2/

[2] RP2350 Datasheet, 2024-10-16, Raspberry Pi https://datasheets.raspberrypi.com/rp2350/rp2350-datasheet.pdf

[3] Li-Po SHIM for Pico, PIM557, Pimoroni https://shop.pimoroni.com/products/pico-Li-Po-shim?variant=32369543086163

[4] UPS Module for Raspberry Pi Pico, Uninterruptible Power Supply, Waveshare https://www.waveshare.com/pico-ups-a.htm

[5] Gravity: I²C Digital Wattmeter, SEN0291, DFRobot https://www.dfrobot.com/product-1827.html

[6] Moduł ładowarki akumulatora Li-ion z układem TP4056 i złączem microUSB, Kamami https://kamami.pl/ladowarki-li-po-moduly/562280-modul-ladowarki-akumulatora-li-ion-z-ukladem-tp4056-i-zlaczem-microusb-5906623455461.html

[7] Pimoroni Pico MicroPython for RP2350/Pico2 boards https://github.com/pimoroni/pimoroni-pico-rp2350

[8] Pico Graphics, Pimoroni https://github.com/pimoroni/pimoroni-pico/tree/main/micropython/modules/picographics

[9] Akumulator Li-Ion Xtar 18650 3,7 V 2600 mAh z zabezpieczeniem, Kamami https://kamami.pl/akumulatory/579126-akumulator-li-ion-xtar-18650-37v-2600mah-z-zabezpieczeniem-6952918340263.html

[10] Profilowanie mocy z zastosowaniem Power Profiler Kit II, Henryk A. Kowalski, EP5/2022 https://ep.com.pl/kursy/15267-systemy-dla-internetu-rzeczy-60-profilowanie-mocy-z-zastosowaniem-power-profiler-kit-ii



Rysunek 3. Pomiar prądu akumulatora

eprasa.pl 934af8e026

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 934af8e026

USB Type-C
– uniwersalne złącze danych i zasilania w świetle nowych regulacji UE

Port USB-C jest bez wątpienia jednym z najpowszechniejszych standardów interfejsowych stosowanych we współczesnej elektronice konsumenckiej, choć coraz częściej można go spotkać także w rozmaitych urządzeniach profesjonalnych, np. aparaturze pomiarowej. Choć chyba każdy właściciel nowego smartfona czy ładowarki docenia ten interfejs chociażby dzięki wygodzie użytkowania (jest to pierwszy tak rozpowszechniony port w technice cyfrowej, który pozwala na łączenie wtyku z gniazdem w dowolnej orientacji), to od strony implementacyjnej USB-C wcale nie jest już tak proste i oczywiste. Na rynku istnieje pokaźna gama odmian samych tylko gniazd, dostosowanych do różnorodnych potrzeb projektowych – a przecież to tylko jedna strona medalu, gdyż z USB-C wiąże się także niezliczona ilość innych aspektów, związanych chociażby ze standardami przesyłu danych czy rozmaitymi, mniej oczywistymi zastosowaniami. I to właśnie o tych wszystkich zagadnieniach traktuje listopadowy „Temat specjalny”.



Powszechnie znane porzekadło głosi, że „jeśli coś jest do wszystkiego, to jest do niczego”. USB-C wydaje się całkowicie przeczyć temu twierdzeniu, co doskonale widać po uniwersalnych zastosowaniach tego niepozornego portu.

Unia Europejska konsekwentnie dąży do ujednolicenia standardu ładowania urządzeń elektronicznych. W 2022 roku znowelizowano unijną dyrektywę radiową (RED), wprowadzając wymóg, aby od 28 grudnia 2024 r. wszystkie nowe telefony komórkowe, tablety, aparaty fotograficzne, słuchawki, konsole przenośne, głośniki, e-czytniki i inne małe urządzenia elektroniczne sprzedawane na terenie UE były wyposażone w zunifikowany port ładowania USB typu C. Mało tego – od 28 kwietnia 2026 r. wymóg ten obejmie również laptopy.

Równolegle w październiku 2025 roku Komisja Europejska przyjęła regulacje dotyczące samych zewnętrznych zasilaczy (EPS), czyli popularnych ładowarek sieciowych. Zgodnie z nowymi wymogami, do końca 2028 wszystkie zasilacze sprzedawane w UE będą musiały mieć przynajmniej jedno gniazdo USB-C i odłączany kabel. Dzięki temu powstaną tzw. „wspólne ładowarki” pasujące do wielu urządzeń. Co ciekawe, pojęcie *EU Common Charger* odnosi się do oficjalnych aktów prawnych – standard mają „uprawomocnić” dwa dokumenty:

- *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2022/2380 z dnia 23 listopada 2022 r. w sprawie zmiany dyrektywy 2014/53/UE w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich dotyczących udostępniania na rynku urządzeń radiowych*

oraz

- *Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) 2023/1717 z dnia 27 czerwca 2023 r. zmieniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/53/UE w odniesieniu do specyfikacji technicznych dotyczących gniazda ładowania i protokołu komunikacyjnego w zakresie ładowania dla wszystkich kategorii lub klas urządzeń radiowych, które można ładować za pomocą ładowania przewodowego.*

Mamy więc do czynienia z ciekawą sytuacją, w której organy ustawodawcze bezpośrednio ingerują w zagadnienia stricte techniczne, implementując standard opracowany przez instytucję pozarządową, czyli USB Implementers Forum (w skrócie USB-IF). Czy to dobrze? Z wielu względów zdecydowanie tak. Unifikacja standardu zasilania i ładowania urządzeń elektronicznych nie tylko znacznie ułatwi życie konsumentom, ale także pozytywnie wpłynie na środowisko oraz jednoznacznie ukierunkuje decyzje projektowe zapadające w biurach konstrukcyjnych producentów urządzeń. Martwić się mogą przede wszystkim firmy, które do tej pory żyły z produkcji i sprzedaży uniwersalnych zasilaczy do laptopów, wyposażonych w zestaw końcówek pasujących do rozmaitych modeli komputerów przenośnych – choć przy odpowiednim przezbrojeniu produkcji i one zapewne nie ucierpią na wprowadzonych właśnie zmianach.

Nowe ładowarki będą musiały spełniać wyższe wymagania dotyczące efektywności energetycznej, a urządzenia objęte regulacją będą oznaczane specjalnym logo informującym o zgodności ze wspólnym standardem. Celem tych działań jest ułatwienie życia konsumentom oraz redukcja odpadów elektronicznych – według szacunków unijnych, nowe przepisy rocznie ograniczą zużycie energii o ok. 3% (co odpowiada pracy 140 tys. samochodów elektrycznych przez rok) i pozwolą zaoszczędzić konsumentom ok. 100 mln euro. Nowe przepisy to także symboliczny koniec epoki chaosu wśród kabli zasilających: port USB Type-C został oficjalnie uznany za jednolity standard ładowania dla szerokiej gamy elektroniki użytkowej. W niniejszym artykule przyjrzymy się temu interfejsowi od strony

eprasa.pl 934af8e026

technicznej – omówimy jego budowę, właściwości i przewagi nad poprzednikami (Micro USB, Mini USB), a także dodatkowe możliwości, jakie oferuje (szybkie ładowanie, tryby alternatywne, Thunderbolt, USB Power Delivery itp.).



Fotografia 1. Przykładowy moduł ze złączem Micro USB (https://t.ly/21DYA)

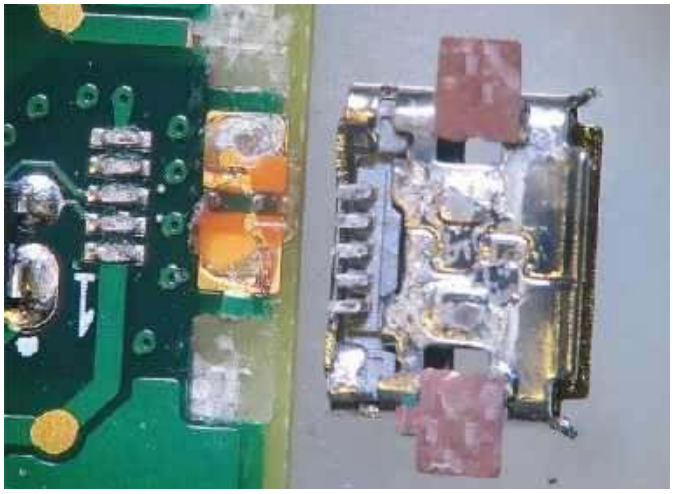
Geneza i zalety USB typu C

Standard złącza USB-C (oficjalnie: *USB Type-C*) został opracowany przez konsorcjum USB-IF w 2014 roku jako odpowiedź na potrzeby nowoczesnej elektroniki. W tym czasie na rynku królowały jeszcze złącza micro USB (typ Micro-B) w urządzeniach przenośnych oraz duże złącza USB typu A w komputerach. Kompaktowe Micro USB (**fotografia 1**), wprowadzone w 2007 r., oferowało niezłe parametry jak na swoje czasy – było trwalsze od starszego Mini USB (wytrzymywało 10 000 cykli łączenia, czyli dwukrotnie więcej niż Mini USB) i umożliwiało transfer danych z prędkością do 480 Mb/s (USB 2.0 High Speed). A jednak miało też wady: podobnie jak wszystkie inne gniazda i wtyki USB, złącze to było asymetryczne (wtyczkę trzeba było wkładać do gniazda tylko w jednej, ściśle określonej pozycji), obsługiwało ograniczony prąd ładowania (domyślnie 0,5...2 A przy napięciu 5 V) i nie przewidywało żadnych możliwości łatwego przekazywania sygnałów wideo czy ładowania bądź zasilania urządzeń wymagających dostarczenia wyższej mocy.

USB Type-C eliminuje wszystkie wspomniane ograniczenia. Jest to złącze symetryczne i odwracalne, które można podłączyć w obu orientacjach (nie ma „góry" i „dołu"). Type-C od początku projektowano jako interfejs uniwersalny – mający zastąpić wszystkie wcześniejsze typy USB (A, B, Micro, Mini) oraz nawet inne złącza, takie jak chociażby DisplayPort czy Lightning firmy Apple.

Co ważne, wprowadzony w międzyczasie (a dokładniej w 2008 roku) standard USB 3.0 znacznie podniósł poprzeczkę w zakresie przepustowości danych – i właśnie USB typu C jest tak naprawdę pierwszym rodzajem złącza, które zrobiło furorę na rynku elektroniki konsumenckiej, pozwalając na wykorzystanie pełni możliwości nowych interfejsów do superszybkiego transferu danych. W międzyczasie na rynku pojawiły się wprawdzie dość niezgrabne implementacje mające zapewnić pewną interoperacyjność pomiędzy urządzeniami różnych generacji (np. wtyki i gniazda Type A oraz Type B w celu przyspieszenia transferu otrzymały – obok standardowych 4 styków – także 5 dodatkowych, ukrytych w głębi złącza lub dostawionych nad głównym złączem i obsługujących szybszą magistralę – patrz **fotografie 2** i **3**), ale taka dywersyfikacja tylko pogłębiła i tak już istniejący chaos w świecie portów komputerowych. USB Type-C miało ten problem zlikwidować – i udało mu się to z imponującą skutecznością.

Wspomniana wysoka przepustowość jest jedną z najważniejszych zalet USB-C: dochodzi ona do 10 Gb/s w trybie USB 3.2 Gen2, do 20 Gb/s w USB 3.2 Gen 2x2, a nawet do **40 Gb/s** w trybach Thunderbolt 3/USB4). Do listy przymiotów USB-C trzeba dodać obsługę zasilania o dużej mocy (do 100 W w standardzie USB-PD 2.0, a obecnie nawet do **240 W** w USB-PD 3.1) oraz tryb Alternate Mode pozwalający transmitować przez ten sam port także inne protokoły (np. DisplayPort, HDMI, Thunderbolt). Krótko mówiąc, USB-C to prawdziwie uniwersalne złącze dla współczesnej elektroniki – mogące jednocześnie zasilać urządzenie i transmitować różnego typu dane (w tym obraz i dźwięk, do niedawna nawet w postaci analogowej).



Fotografia 4. Przykład częstego uszkodzenia spotykanego w urządzeniach wyposażonych w gniazdo Micro USB – złącze oderwane od powierzchni PCB razem z padami lutowniczymi (https://t.ly/tzVEJ)

W praktyce USB typu C, za sprawą oczywistych i niepodważalnych zalet, szybko zdobyło popularność. Już kilka lat po premierze zaczęto wyposażać w nie smartfony, laptopy, monitory, dyski zewnętrzne, a także drobne akcesoria. Pomogły w tym wymierne zalety konstrukcyjne: duża trwałość mechaniczna, wysoka gęstość styków oraz wielofunkcyjność. Standard wymaga, by gniazdo wytrzymywało co najmniej 10 000 cykli łączeniowych. Złącze Type-C ma też solidną konstrukcję mocującą: większość gniazd jest lutowana do płytki drukowanej zarówno poprzez pady SMT, jak i dodatkowe kołki przewlekane (THT), zintegrowane z metalowym ekranem i stanowiące solidne kotwice mechaniczne. Dzięki temu porty USB-C nieporównanie rzadziej odrywają się od PCB w wyniku działania nadmiernych sił mechanicznych – co było niezwykle częstym problemem w przypadku starszych złączy Micro USB, lutowanych nierzadko tylko powierzchniowo (**fotografia 4**). Kolejnym usprawnieniem, którego istnienia większość



Fotografia 2. Kabel USB 3.0 (https://t.ly/WYly2)

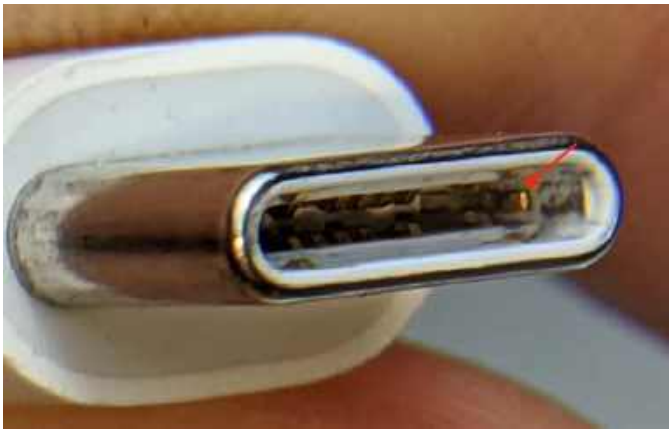


Fotografia 3. Wnętrze wtyku USB 3.0 Type-A (https://t.ly/4p-0e)

REKLAMA



eprasa.pl 934af8e026



Fotografia 5. Miniaturowy zatrzask wewnątrz wtyku USB-C (https://t.ly/3IBMx)

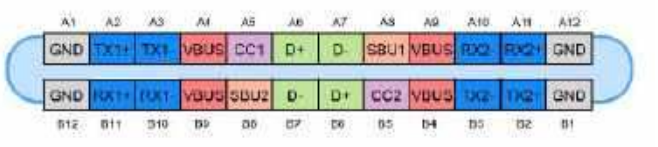
użytkowników zapewne nie jest nawet świadoma, są miniaturowe zatrzaski wewnątrz wtyczki USB-C (**fotografia 5**), zahaczające o wypustki w gnieździe. Zapewniają one pewne osadzenie wtyku, a jednocześnie – w przeciwieństwie do zaczepów Micro USB – są niewidoczne na zewnątrz, więc też mniej podatne na zużycie lub przypadkowe uszkodzenie.

Budowa i układ wyprowadzeń złącza USB-C

W odróżnieniu od wcześniejszych standardów, w ramach których istniały różne złącza dla urządzeń nadrzędnych (typ A) i podrzędnych (typy B, Micro-B itp.), USB-C jest symetryczne po obu stronach kabla – ten sam typ wtyczki obsługuje zarówno funkcję hosta, jak i urządzenia. I samo to rozwiązuje już w znacznej mierze problem obsługi USB OTG (czyli dwufunkcyjnego portu USB, mogącego – w zależności od potrzeb użytkownika – pracować zarówno jako *host*, jak i *peripheral*). Wszak wcześniej konsorcjum USB IF starało się wprowadzić rozróżnienie urządzeń na wspierające oraz niewspierające OTG poprzez modyfikację kształtu gniazda (stąd wzięły się złącza Micro-AB) oraz rezystor podłączony do linii ID.

Port ma kształt płaskiego owalu (a ściślej rzecz ujmując – wydłużonego prostokąta o silnie zaokrąglonych narożnikach), o wymiarach zewnętrznych ok. 8,4×2,6 mm. Co ciekawe, szerokość gniazda jest zatem nieznacznie większa nie tylko od Micro-B, ale nawet od Mini-B. W jego wnętrzu znajduje się izolacyjny rdzeń z dwoma rzędami precyzyjnych styków. Podstawowa wersja gniazda USB-C ma łącznie 24 piny ułożone w dwóch symetrycznych rzędach po 12 (oznaczanych jako rzędy A i B). **Rysunek 1** pokazuje schemat układu wyprowadzeń typowego gniazda USB-C (widok od czoła). W każdym rzędzie znajdują się piny o identycznych funkcjach elektrycznych, z tym że umiejscowione po przeciwnej stronie wtyku – dzięki temu możliwe jest odwracanie wtyczki, bez wpływu na funkcje elektryczne. Można powiedzieć, że złącze jest środkowo-symetryczne: styki rzędu A pełnią tę samą rolę co odpowiadające im styki rzędu B, gdy wtyczka jest obrócona.

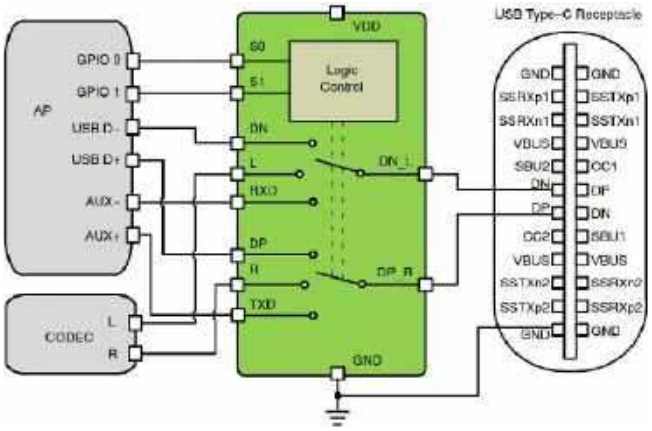
Każdy ze **styków** USB-C ma przypisane określone zadanie w zależności od trybu pracy złącza. Można wyróżnić kilka grup wyprowadzeń:



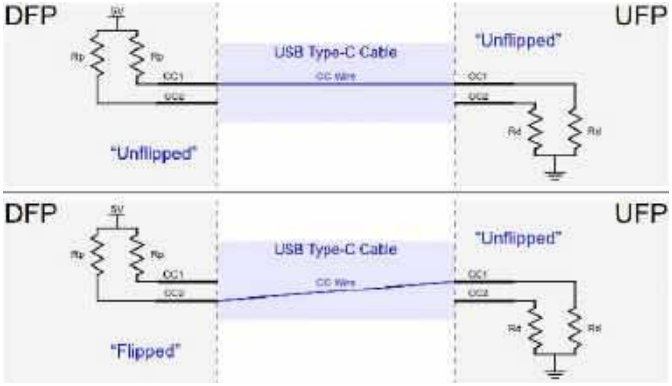
Rysunek 1. Schemat budowy i układ wyprowadzeń złącza USB typu C (widok od frontu gniazda). Kolorami zaznaczono grupy funkcjonalne styków: zasilanie (czerwone), masa (szare), USB 2.0 D+/D– (zielone), SuperSpeed TX/RX (niebieskie), linie konfiguracyjne CC (fioletowe) i linie dodatkowe SBU (pomarańczowe). Źródło: https://t.ly/FCVcQ

- **Zasilanie i masa** – cztery piny VBUS oraz cztery GND rozmieszczone są naprzemiennie na obu skrajach złącza. Dzięki zwielokrotnieniu tych styków złącze może przenosić znaczne wartości prądu – nawet do 5 A ciągłego obciążenia (więcej na ten temat piszemy w dalszej części artykułu poświęconej USB-PD). Standardowe napięcie na VBUS wynosi 5 V (zgodnie z wymogami USB 2.0/3.0), ale w ramach USB Power Delivery linie te mogą być zasilane podwyższonym napięciem (np. 9 V, 15 V, 20 V, a nawet 48 V w rozszerzeniu PD 3.1) w celu dostarczenia większej mocy. W normalnym stanie (tj. bez aktywnej negocjacji) napięcie VBUS pojawia się dopiero po prawidłowym połączeniu i wykryciu odbiornika – jest to tzw. *zimne złącze* (ang. cold plug), zapobiegające iskrzeniu i przypadkowym zwarciom. Dla kontrastu warto przypomnieć, że w przypadku wcześniejszych generacji portu USB napięcie 5 V na linii VBUS było dostępne przez cały czas pracy urządzenia nadrzędnego (hosta).
- **Linie danych USB 2.0** – to dwie standardowe pary D+ i D– (jedna para w rzędzie A: piny A6–A7, druga w rzędzie B: B6–B7). Służą do transmisji danych zgodnie ze starszym standardem USB 2.0 (prędkości Low/Full/High Speed, do 480 Mb/s). W gnieździe USB-C piny te są zdublowane (dla odwracalności wtyku), lecz wewnątrz urządzenia zwykle pozostają ze sobą połączone galwanicznie – de facto jest to jedna magistrala USB 2.0. Dzięki temu niezależnie od orientacji wtyczki, urządzenie zawsze „widzi" podłączenie linii D+ i D–. Warto dodać, że prostsze implementacje USB-C mogą wykorzystywać wyłącznie te piny, nie obsługując nowego standardu SuperSpeed – wówczas złącze USB-C działa tylko z prędkością USB 2.0. Taka sytuacja ma miejsce chociażby w popularnych konwerterach USB-UART i innych urządzeniach, które nie implementują szybszych łączy nowej generacji.
- **Linie danych SuperSpeed** – osiem styków ułożonych w dwie pary nadawcze (TX) i dwie odbiorcze (RX). Są to piny oznaczone jako TX1+/TX1– (A2/A3), RX1+/RX1– (B11/B10) oraz TX2+/TX2– (B2/B3) i RX2+/RX2– (A11/A10). Tworzą one cztery ekranowane pary różnicowe, niezbędne dla transmisji o wysokiej przepustowości (tzw. SuperSpeed lub SuperSpeed+). W trybie USB 3.x standardowo wykorzystywana jest jedna para TX i jedna RX (po jednej dla każdego kierunku transmisji). Druga para może pozostać odłączona, użyta do obsługi innego protokołu (Alternate Mode) albo – w przypadku USB 3.2 Gen2×2 – pracować równolegle do pierwszej pary, celem podwojenia przepustowości (dwa strumienie 10 Gb/s, łącznie 20 Gb/s). Co istotne, podobnie jak linie D+/D–, również pary TX/RX są zdublowane po obu stronach złącza dla umożliwienia odwracalności. W urządzeniu docelowym sygnały te są odpowiednio multipleksowane – w zależności od wykrytej orientacji wtyczki, aktywne są albo linie z grupy „1", albo „2". Wymaga to zastosowania w układzie fizycznym przełącznika sygnałów lub odpowiedniej topologii połączeń. Dzięki temu bez względu na orientację wtyku, komunikacja SuperSpeed zostaje zestawiona prawidłowo.
- **Linie boczne (SBU)** to dwa styki SBU1 (A8) i SBU2 (B8), skrót od *Side Band Use*. Są to dodatkowe kanały sygnałowe, które nie biorą udziału w zwykłej transmisji USB, ale mogą być wykorzystywane w trybach alternatywnych do transmisji sygnałów o małej przepustowości. Przykładowo w trybie DisplayPort Alternate Mode linie SBU przenoszą sygnały AUX+ i AUX– interfejsu DisplayPort (kanał pomocniczy do konfiguracji monitora). Z kolei w specjalnym trybie audio linie SBU mogą służyć do transmisji analogowego sygnału mikrofonu i masy dla słuchawek przewodowych na USB-C. Tryb analogowy *Audio Adapter Accessory Mode* pozwalał wyprowadzić z telefonu analogowy sygnał stereo (na liniach D+/D–) oraz mikrofon (na SBU1) – używano do tego celu pasywnych adapterów USB-C–jack 3,5 mm (**rysunek 2**). Wymagało to jednak, by

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 2. Schemat aplikacyjny scalonego multipleksera portu USB-C typu FSA1153, umożliwiającego obsługę magistrali USB 2.0, interfejsu UART oraz sygnałów analogowych w ramach tego samego gniazda (https://t.ly/2cRM3)



Rysunek 3. Ilustracja metody detekcji orientacji kabla USB-C (https://t.ly/YtL7a)

telefon miał wbudowany przetwornik DAC/ADC audio i wzmacniacz. Ten analogowy tryb USB-C został jednak zdeprecjonowany w 2024 r. (specyfikacja USB-C 2.3) na rzecz użycia dedykowanych adapterów cyfrowych (USB Audio Class). Warto dodać, że większość adapterów USB-C–jack 3,5 mm, które są obecnie dostępne na rynku, ma już wbudowany konwerter DAC – dotyczy to nawet tych najtańszych produktów, sprzedawanych za kilkanaście złotych.

Niemniej linie SBU nadal pełnią ważną rolę w trybach *Alternate Mode* (np. do przenoszenia sygnałów w standardzie Thunderbolt lub wspomnianego DisplayPort). W normalnym stanie, gdy port pracuje w trybie USB, piny SBU nie są wykorzystywane. Z punktu widzenia konstrukcji sprzętu warto natomiast pamiętać, że linie SBU nie są symetryczne – SBU1 występuje po jednej stronie złącza, a SBU2 po drugiej – lecz w razie odwrócenia wtyku również są odpowiednio przełączane wraz z resztą sygnałów.

- **Linie konfiguracyjne (CC)** obejmują dwa styki CC1 (A5) i CC2 (B5), czyli *Configuration Channel*. To właśnie one stanowią „mózg" złącza USB-C i decydują o jego uniwersalności. Linie CC są wykorzystywane do realizacji szeregu funkcji pomocniczych: wykrywania przyłączenia kabla, rozpoznawania orientacji wtyczki (**rysunek 3**), ustalania roli portów (host/urządzenie peryferyjne) oraz negocjacji parametrów zasilania. W trybie podstawowym (bez USB-PD) linie CC pozwalają ustalić, czy podłączono akcesorium z samym zasilaniem, czy też pełnoprawne urządzenie USB, a także czy owo urządzenie jest hostem (DFP)

Słownik cyberbezpieczeństwa (2). Klucze prywatne i publiczne

Bezpieczeństwo przesyłania danych jest niezwykle istotne, biorąc pod uwagę zwłaszcza integralność rozmaitych systemów i urządzeń. Nietrudno wyobrazić sobie, co atakujący mógłby zrobić, gdyby nie zaimplementowano jakiejś formy zabezpieczenia, która zwiększałaby bezpieczeństwo komunikacji między urządzeniami na linii nadawca – odbiorca. Jak potwierdzić, że informacja, która trafia do odbiorcy, rzeczywiście pochodzi z oryginalnego źródła? W tym celu skorzystamy z pary kluczy: publicznego i prywatnego.



Klucz prywatny i publiczny

PKI (infrastruktura klucza publicznego) opiera się na parze kluczy (ang. *key-pair*): publicznym i prywatnym. Klucz prywatny to unikalny ciąg znaków, który powinien być przechowywany w bezpiecznym miejscu i nigdy nieudostępniany innym. Klucz publiczny może być natomiast swobodnie dystrybuowany – na jego podstawie nie można odtworzyć klucza prywatnego.

Jak to działa?

Warto w tym miejscu wyraźnie rozgraniczyć pojęcia podpisu cyfrowego oraz szyfrowania samych danych:

- Do **szyfrowania danych** używa się klucza publicznego odbiorcy, a odszyfrowanie następuje przy użyciu jego klucza prywatnego. Szyfrowanie asymetryczne danych można zatem zobrazować jako kłódkę (klucz publiczny), którą każdy może zamknąć, oraz pasujący do niej klucz (klucz prywatny), którym tylko właściciel może ją otworzyć.
- Do wygenerowania **podpisu cyfrowego** używa się klucza prywatnego nadawcy, zaś do weryfikacji konieczne jest użycie klucza publicznego. Certyfikat cyfrowy zawiera klucz publiczny oraz informacje o właścicielu. Kiedy informacje i dane są wysyłane między dwoma urządzeniami, nadawca podpisuje je kluczem prywatnym, aby odbiorca mógł potwierdzić kluczem publicznym, że wiadomość pochodzi z właściwego źródła. W celu utworzenia podpisu należy użyć odpowiedniego oprogramowania do generowania kluczy. [3]

Przykład:

Urządzenie IoT otrzymało nową aktualizację systemu. Aby upewnić się, że nie została ona wysłana z niebezpiecznego źródła oraz że pliki aktualizacyjne nie zawierają złośliwego oprogramowania, urządzenie przyjmuje aktualizację dopiero wtedy, gdy podpis cyfrowy pakietu, utworzony kluczem prywatnym producenta, zostanie pomyślnie zweryfikowany przy użyciu klucza publicznego producenta.

Dobre praktyki

Nie musimy martwić się o klucz publiczny, ale bardzo ważne jest, aby szczególnie dbać o zabezpieczenie klucza prywatnego. Jednym z rozwiązań może być zastosowanie HSM (sprzętowych modułów bezpieczeństwa), które zabezpieczają klucze w odpowiednich skrzynkach chroniących je przed niepożądanym działaniem. Warto także regularnie audytować i monitorować PKI [4], a w razie ujawnienia klucza prywatnego – unieważnić parę kluczy i utworzyć nową.

Filip Krzyżański

[1] https://t.ly/hApff
[2] https://t.ly/ArEb3
[3] https://t.ly/IRhpK
[4] https://t.ly/EciI0

eprasa.pl 934af8e026

czy peryferium (UFP). Służą do tego odpowiednie kombinacje rezystorów podłączanych do CC przez każde urządzenie: host (DFP) ma wbudowane rezystory podciągające (Rp) do VBUS, a urządzenie (UFP) – rezystory do masy (Rd). Po wpięciu wtyczki powstaje dzielnik napięcia, który pozwala wykryć obecność i charakter drugiej strony połączenia. Co więcej, wartość rezystora Rp informuje od razu, jaki maksymalny prąd może dostarczyć port zasilający – standard przewiduje trzy poziomy: domyślny USB (500 mA dla USB 2.0 lub 900 mA dla USB 3.0), 1,5 A oraz 3 A. Przykładowo, jeśli ładowarka USB-C chce zakomunikować, że może dostarczyć 3 A przy 5 V, podpina na linii CC rezystor Rp o określonej wartości. Podłączone urządzenie, po odczytaniu napięcia na CC, rozpozna tę wartość i będzie wiedziało, że może bezpiecznie pobrać do 3 A z portu. To sprytne rozwiązanie wyeliminowało potrzebę stosowania niespójnych standardów związanych z manipulacją liniami danych, znaną ze starych ładowarek USB – w USB-C informacja o dostępnym prądzie przekazywana jest tylko przez dedykowany kanał CC. Linie CC służą też do wykrycia orientacji wtyczki: w kablu USB-C tylko jedno z dwóch połączeń CC (CC1 lub CC2) jest czynne – drugie albo nie jest podłączone, albo pełni rolę doprowadzenia zasilania do „elektroniki kablowej" (linia VCONN). Jeśli host wykryje obciążenie na CC1, oznacza to, że wtyczka jest w jednej orientacji; jeśli na CC2 – w drugiej. Dzięki temu system wie, które linie TX/RX są aktualnie „na górze", a które „na dole" złącza i może poprawnie skonfigurować multipleksery sygnałów. Ponadto poprzez linie CC realizowana jest pełna komunikacja protokołu USB Power Delivery (PD) oraz inicjalizacja trybów alternatywnych. Jest to fizycznie realizowane jako jednokierunkowa komunikacja typu *bi-phase mark coding* (BMC) o szybkości około 300 kb/s, modulująca rezystancję obciążenia CC w kablu. Protokół PD omawiamy nieco szerzej w dalszej części artykułu.

Różne wykonania gniazd – sposób montażu i zestaw pinów

Standaryzacja elektryczna nie oznacza stuprocentowej unifikacji mechanicznej – na rynku istnieje mnóstwo fizycznych odmian gniazd USB typu C, dostosowanych do różnych potrzeb konstrukcyjnych. Przede wszystkim spotyka się gniazda o różnych sposobach montażu na PCB. Zdecydowanie najpopularniejsze, czyli poziome (kątowe, nazywane *right-angle*), montowane są przy krawędzi płytki i wystają w bok urządzenia, zaś pionowe (*vertical*) stoją prostopadle do PCB, co umożliwia wpinanie wtyczki od góry. Przykłady obu typów gniazd pokazano na **fotografiach 6** i **7**. Gniazda pionowe stosuje się m.in. tam, gdzie brakuje miejsca na krawędziach obwodu (np. w zasilaczach, power-bankach, niektórych hubach) albo gdy port ma służyć do dokowania od góry z uwagi na orientację obudowy urządzenia względem PCB. Złącza poziome są zaś typowe dla smartfonów, dysków przenośnych czy laptopów – można je znaleźć wszędzie tam, gdzie port umieszcza się na bocznej ściance obudowy, prostopadłej do PCB. Rzadziej spotykane (ale również dość łatwo



Fotografia 6. Typowe gniazdo USB-C typu leżącego (https://t.ly/wCF0a)



Fotografia 7. Pionowe gniazdo USB-C (https://t.ly/XPdGf)



Fotografia 8. Kątowe gniazdo USB-C do montażu w pionie (https://t.ly/FyUKL)

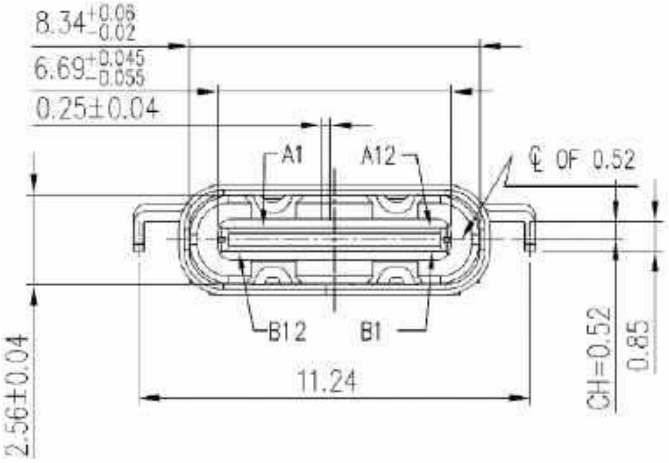


Fotografia 9. Gniazdo USB-C typu *mid-mount* (https://t.ly/l92X7)

dostępne) są gniazda USB-C, które jednocześnie można określić mianem kątowych i pionowych – najprościej mówiąc, ich główna płaszczyzna jest prostopadła do wcześniej opisanych dwóch typów złączy (**fotografia 8**).

Odmianą poziomych gniazd kątowych są wersje typu *mid-mount*, w których korpus gniazda zagłębia się częściowo w wycięciu płytki drukowanej (**fotografia 9**). Rozwiązanie to pozwala obniżyć wysokość części gniazda znajdującej się ponad płytką, kosztem komplikacji projektu PCB (istnieje bowiem konieczność wyfrezowania precyzyjnej wnęki). Tego rodzaju gniazda są niezastąpione w ultra-cienkich urządzeniach, gdyż spora część całkowitej wysokości gniazda zostaje niejako „ukryta" w obrębie grubości samego laminatu. Przykładowo jeżeli w projekcie zastosowana zostanie płytka o grubości 1,0 mm ze złączem GSB1C4621DS2HR (**rysunek 4**), to ponad powierzchnią warstwy górnej PCB będzie wystawał fragment złącza o wysokości zaledwie, 1,08 mm. Przy doborze gniazd wpuszczanych w obrys PCB trzeba koniecznie zwrócić uwagę na podane przez producenta informacje i rysunki montażowe – poszczególne wersje mają bowiem geometrię i wymiary dostosowane do różnych grubości laminatu. Wspomniane wcześniej gniazdo marki Amphenol, w którym odległość płaszczyzny środkowej złącza od powierzchni PCB wynosi 0,52 mm, występuje także w wersjach o analogicznym wymiarze równym: 0,58 mm, 0,78 mm, 0,65 mm oraz 0,97 mm – w przypadku urządzeń silnie zminiaturyzowanych, w których liczy się dosłownie każdy ułamek milimetra, wybór niewłaściwego modelu gniazda może być utrapieniem dla zespołu projektowego, a szczególnie dla konstruktora odpowiedzialnego za obudowę docelowego produktu.

Niezależnie od orientacji i położenia płaszczyzny montażowej, na rynku istnieją też odmiany gniazd różniące się sposobem lutowania: większość gniazd USB-C to konstrukcje hybrydowe – styki sygnałowe mają wyprowadzenia SMD, zaś ekran zewnętrzny i kotwice mechaniczne są lutowane w otworach, tak jak elementy THT.



Rysunek 4. Wymiary przykładowego złącza typu *mid-mount* – GSB1C4621DS2HR (https://t.ly/xu9ps)

eprasa.pl 934af8e026



Fotografia 10. Złącze USB-C do montażu powierzchniowego (https://t.ly/NaFzE)



Fotografia 11. Złącza USB typu *Power-only* (https://t.ly/MdrJW)

Producenci oferują jednak także złącza w „czystych" wersjach SMT, bez pinów przewlekanych – ułatwia to montaż automatyczny i pozwala stosować złącze na PCB o dowolnej grubości (**fotografia 10**).

Warto przy tej okazji wspomnieć, że przy zastosowaniu gniazda z kotwicami przewlekanymi trzeba zwrócić uwagę na ich długość. W przypadku grubszych płytek część gniazd może okazać się niemożliwa do prawidłowego przylutowania z uwagi na zbyt krótki odcinek kotwicy wystający poza powierzchnię PCB. Z punktu widzenia użytkownika końcowego różnice te są nieodczuwalne, natomiast dla konstruktora urządzenia wybór odpowiedniego wariantu złącza może być istotny (np. dyktowany ograniczeniami miejsca czy wymogami produkcji bądź sposobu integracji urządzenia).

Warto też wspomnieć o złączach USB-C o zredukowanej liczbie pinów. Standardowo pełne gniazdo ma 24 wyprowadzenia i jest gotowe do implementacji wszystkich funkcji przewidzianych przez konsorcjum USB-IF. Jednak do niektórych zastosowań (np. tylko do ładowania/zasilania) produkuje się gniazda USB Type-C z okrojonym zestawem pinów, które w handlu określane są zwykle mianem *power-only* lub *charging receptable*. Przykładowo firma CUI Devices oferuje gniazda, w których usunięto wszystkie dodatkowe piny i pozostawiono jedynie wyprowadzenia zasilania, parę różnicową D+/D– oraz styki CC (**fotografia 11**). Takie złącza mogą mieć fizycznie zaledwie 6 styków zamiast pełnego kompletu 24, co znacznie upraszcza konstrukcję i obniża koszty – wciąż jednak są one w pełni kompatybilne ze wszystkimi wtykami USB-C. Mniejsza liczba pinów to także prostsza implementacja projektu PCB, gdyż nieskomplikowany i dość luźny footprint złącza wpływa diametralnie na układ ścieżek w ciasnym otoczeniu gniazda – zwłaszcza w najbardziej kompaktowych konstrukcjach. Gniazda okrojone w opisany sposób stosuje się np. w ładowarkach, modułach zasilaczy czy przedłużaczach USB-C przeznaczonych wyłącznie do celów zasilania.

Daleko idące uproszczenia spotyka się też w kablach – niektóre przewody USB-C (często te dołączane do smartfonów lub innych urządzeń konsumenckich, zwłaszcza tych tańszych) są w istocie kablami USB 2.0, pozbawionymi par SuperSpeed, co ogranicza prędkość transmisji do 480 Mb/s, ale pozwala zredukować liczbę żył i zwiększyć giętkość kabla. Dlatego konstruktor projektujący urządzenie z portem USB-C musi przemyśleć, jakie funkcje interfejsu są potrzebne i dopilnować, by zastosowane gniazdo i kabel je wspierały (np. do pełnej obsługi USB 3.2 Gen2x2 czy Thunderbolt wymagane jest pełne 24-pinowe złącze oraz wysokiej jakości kabel z certyfikatem).

Tryby pracy i dodatkowe funkcjonalności

Samo złącze USB-C jest tylko fizycznym interfejsem – o sposobie jego wykorzystania decydują urządzenia i uzgodnione między nimi protokoły. Najprostszy scenariusz to użycie USB-C jedynie jako portu USB 2.0 wraz z zasilaniem. W takim przypadku po podłączeniu przewodu aktywna jest tylko para D+/D– oraz linie CC do ewentualnego uzgodnienia natężenia prądu (1,5 A/3 A). Jest to wersja wstecznie kompatybilna ze starszym standardem: urządzenie może komunikować się z hostem tak, jakby było podłączone tradycyjnym kablem USB 2.0. Wiele prostych peryferiów (myszki, klawiatury czy rozmaite urządzenia z mikrokontrolerami wyposażonymi w kontroler USB Full Speed) nie potrzebuje niczego więcej.



Fotografia 12. Przykładowy kabel USB-DisplayPort zgodny z trybem DisplayPort Alt Mode (https://t.ly/zaE6_)

Złącze USB-C rozwija jednak pełnię możliwości dopiero w trybie USB 3.x/USB4. Po zestawieniu połączenia linie CC negocjują wejście w tryb SuperSpeed i przydzielenie ról: jedno z urządzeń staje się hostem USB (funkcja DFP – *Downstream Facing Port*), drugie – urządzeniem podrzędnym (UFP – *Upstream Facing Port*). Następnie do akcji wkraczają linie TX/RX, realizujące transmisję o dużej przepustowości: w zależności od implementacji może to być USB 3.1 Gen1 (5 Gb/s), USB 3.1 Gen2 (10 Gb/s), USB 3.2 Gen2x2 (20 Gb/s) itd. Najnowsze wersje standardu przewidują już protokół USB4, który bazuje na technologii Thunderbolt 3 i potrafi dynamicznie dzielić pulę 40 Gb/s między transmisję danych i obrazu. W praktyce USB4 i Thunderbolt 3/4 są (przynajmniej z punktu widzenia złącza) bardzo podobne – wymagają pełnego okablowania USB-C i wykorzystują wszystkie cztery szybkie pary różnicowe jako dwukierunkowy tunel dla różnych protokołów. Porty obsługujące Thunderbolt/USB4 muszą spełniać dodatkowe wymagania (m.in. aktywne kable o większej długości, certyfikacja Intel), ale fizycznie są to nadal te same złącza USB-C. Dzięki temu na jednym porcie w laptopie możemy np. podłączyć zarówno pamięć SSD (korzystając z USB 3.2 10 Gb/s), jak i monitor 4K (korzystając z alternatywnego trybu DisplayPort), czy nawet specjalny hub eGPU (korzystając z Thunderbolt 40 Gb/s). Przejście do obsługi trybów *alt-mode* odbywa się po uprzedniej negocjacji przez USB Power Delivery – urządzenia uzgadniają przełączenie określonych linii (zwykle par SuperSpeed i SBU) do alternatywnego funkcjonowania.

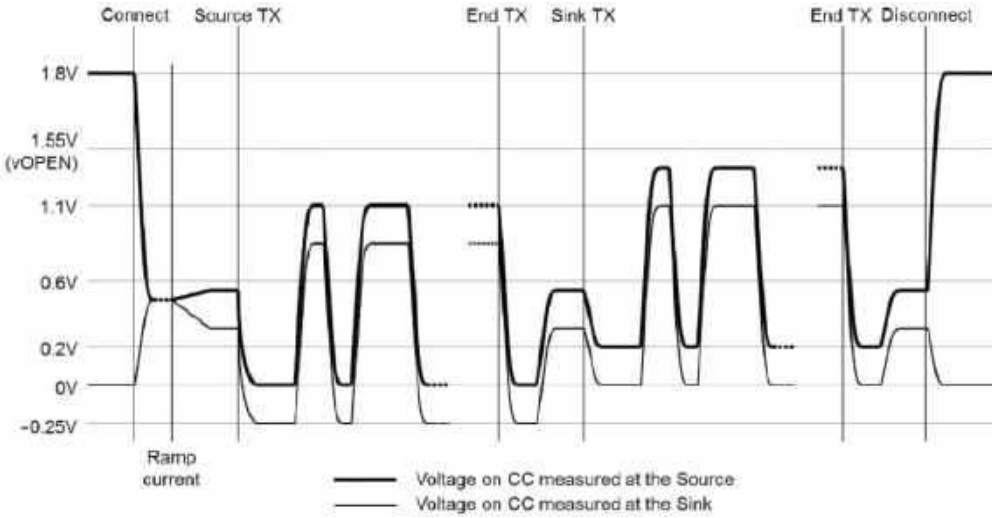
Najpopularniejszym trybem alternatywnym jest wspomniany już kilkukrotnie DisplayPort Alt Mode, który umożliwia bezpośrednie podłączenie monitora DisplayPort do portu USB-C (poprzez odpowiedni kabel lub adapter – **fotografia 12**). W tym trybie dostępne są konfiguracje wykorzystujące 2 lub 4 linie SuperSpeed jako tory obrazu, pozwalając np. na przesłanie obrazu 4K @ 60 Hz wraz z danymi USB 2.0. Wreszcie wspomniany wcześniej tryb Audio Accessory Mode pozwalał przesyłać sygnał analogowy audio (**fotografia 13**)



Fotografia 13. Pasywny adapter audio USB-C-jack 3,5 mm (https://t.ly/s75cs)

eprasa.pl 934af8e026

– obecnie jest już wycofywany, ponieważ przemysł przeszedł na rozwiązania z aktywnymi adapterami cyfrowymi (słuchawki USB-C z wbudowanym DAC lub adaptery z własną elektroniką – **fotografia 14**). Mimo to warto pamiętać, że każdy port USB-C musi obsłużyć przynajmniej tryb USB 2.0 oraz podstawowe zasilanie, nawet jeśli urządzenia uzgadniają wyższy tryb docelowy. Jest to wymóg zgodności – np. monitor podłączony do portu USB-C w trybie alt-mode DP i tak powinien udostępniać kontroler USB 2.0 (jest to tzw. funkcja *USB2.0 Billboard Device Class*), informujący komputer, że używa *Alternate Mode*. Dzięki temu użytkownik otrzyma komunikat, gdy np. podłączy urządzenie wymagające alt-mode do niekompatybilnego portu (przykład: port w laptopie bądź smartfonie obsługuje tylko USB, ale nie wspiera transmisji obrazu).



Rysunek 5. Przebiegi na liniach CC w czasie komunikacji za pośrednictwem protokołu USB PD (https://t.ly/2pWzT)

USB Power Delivery (USB-PD)

Jednym z najważniejszych rozszerzeń, jakie wprowadził do powszechnego użytku port USB-C, jest zaawansowany mechanizm negocjacji zasilania o nazwie USB Power Delivery. W starszych standardach USB możliwości zasilania były ograniczone – USB 2.0 dostarczało standardowo 5 V i 0,5 A (2,5 W), w USB 3.0 zwiększono prąd do 0,9 A (4,5 W), a w ramach specyfikacji Battery Charging 1.2 pozwolono na obsługę odbiorników o poborze prądu 1,5 A lub 1,8 A przy 5 V (9 W) poprzez odpowiednią obsługę linii D+/D–. To jednak wciąż było za mało dla wielu urządzeń, takich jak laptopy, monitory itp. USB Power Delivery, wprowadzony początkowo jako osobny standard, a dziś zintegrowany z USB-C, otworzył zupełnie nowe możliwości: pozwala bowiem negocjować wyższe napięcia, większe natężenia, a nawet kierunek przepływu energii – i to niezależnie od roli urządzenia z punktu widzenia danych. W praktyce oznacza to, że przez złącze USB-C na odpowiednim kablu można zasilać np. laptopa prądem 5 A przy napięciu 20 V, co daje moc 100 W – było to nie do pomyślenia w czasach zdominowanych przez „wątłe": złącza Micro USB. Co więcej, port może być dwukierunkowy: np. tablet z USB-C, na co dzień ładowany zasilaczem, po odpowiedniej negocjacji może sam zasilić inne małe urządzenie (funkcja *USB-PD Dual Role*).

Protokół USB-PD korzysta – jak już wspomniano – z linii CC (**rysunek 5**) i w swojej podstawowej wersji (PD 2.0/3.0) definiuje zestaw tzw. profili mocy (*Power Data Objects*, PDO) z napięciami 5 V, 9 V, 15 V lub 20 V i prądami do 5 A (przy użyciu kabla z tzw. układem E-mark, o czym za chwilę). Przykładowo typowy zasilacz do ultrabooka może ogłaszać, że obsługuje profile: 5 V/3 A, 9 V/3 A, 15 V/3 A i 20 V/3 A. Podłączony laptop analizuje te opcje i jeśli potrzebuje np. 20 V do ładowania, wysyła wiadomość z żądaniem wyboru 20 V i określoną wydajnością prądową. Zasilacz potwierdza wybór i dopiero wtedy podnosi napięcie VBUS z 5 V do 20 V. Cały proces trwa ułamek sekundy i jest praktycznie niewyczuwalny dla użytkownika, poza ewentualnym „przeskokiem" mocy ładowania.

Warto dodać, że w 2017 roku protokół USB-PD otrzymał także wsparcie funkcji określanej mianem PPS (*Programmable Power Supply*) – czyli płynnej regulacji napięcia w pewnym zakresie (np. od 3,3 V do 11 V co 20 mV). Służy to głównie do efektywnego ładowania ogniw Li-Ion bez wielostopniowej konwersji. Tryb PPS jest stosowany przez niektórych producentów smartfonów do implementacji własnych, szybkich ładowarek w ramach standardu PD (np. Samsung Super Fast Charge).

Do pełnego wykorzystania potencjału USB-PD potrzebny jest odpowiedni kabel. Standardowe przewody USB-C (do ~2 m długości), bez elektronicznego oznacznika, są certyfikowane na maksymalnie 3 A ciągłego prądu. Aby móc przesyłać do 5 A, kabel musi zawierać chip identyfikacyjny (tzw. E-mark – **fotografia 15**), który podczas negocjacji PD jest odczytywany przez port źródłowy. Dopiero



Fotografia 14. Aktywny adapter audio USB-C-jack 3,5 mm z wbudowanym przetwornikiem DAC (https://t.ly/mBUbz)

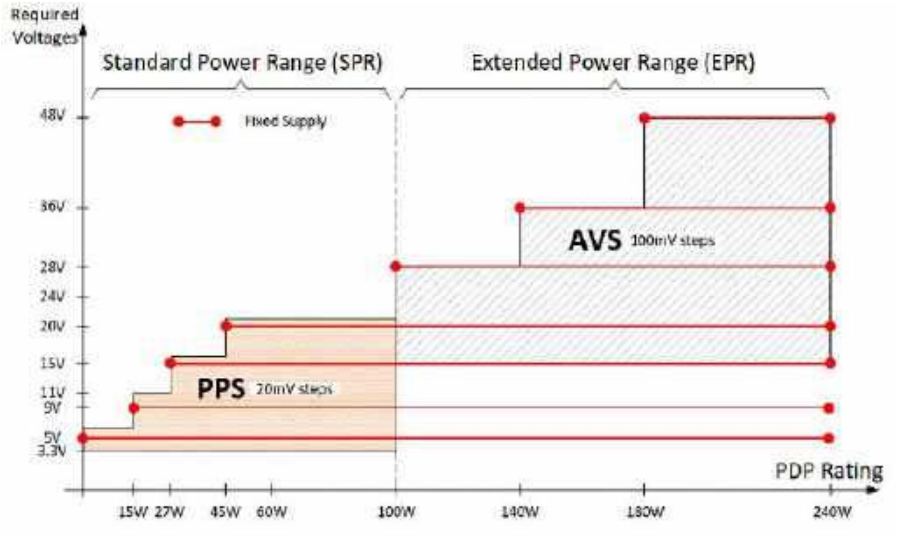


Fotografia 15. Widok obu stron płytki drukowanej z wtykiem USB-C i układem E-Mark (https://t.ly/ThOnt)

eprasa.pl 934af8e026

jeśli kabel „przedstawi się" jako 5-amperowy, zasilacz zgodzi się dostarczyć powyżej 3 A. Dzięki temu unikamy niebezpiecznych sytuacji, w których zbyt słaby kabel zostałby przeciążony dużym prądem (co groziłoby przegrzaniem lub stopieniem izolacji). Kable z elektroniczną identyfikacją są zatem przeważnie nieco grubsze (żyły o większym przekroju) i droższe od zwykłych odpowiedników.

Specyfikacja USB PD 3.1 (2021 r.) wprowadziła nową kategorię EPR (*Extended Power Range*), która rozszerza maksymalne napięcie do 48 V (nominalnie 50 V) przy 5 A, co daje 240 W mocy – patrz **rysunek 6**. Umożliwia to zasilanie przez USB-C urządzeń o naprawdę sporym apetycie na energię – np. dużych monitorów 4K, mocnych laptopów do gier, a potencjalnie nawet elektronarzędzi czy drobnego sprzętu AGD. W praktyce implementacja EPR wymaga spełnienia dodatkowych warunków bezpieczeństwa (m.in. obowiązkowe zabezpieczenia nadnapięciowe po obu stronach, specjalne markery EPR w kablu itd.). Profile EPR przewidują stopnie: 28 V, 36 V i 48 V (wszystkie z ograniczeniem do 5 A). Dla użytkownika końcowego wprowadzono nowe oznaczenia – np. certyfikowane kable 240 W są oznaczane emblematem „*240W*" zamiast „*60W/100W*". Na chwilę obecną (2025 r.) EPR dopiero zaczyna pojawiać się na rynku i głównie dotyczy zasilaczy do laptopów o mocy 140...180 W oraz monitorów. Niemniej USB-C wyraźnie aspiruje do przejęcia funkcji klasycznych wtyków DC i to nawet w większych urządzeniach. Już teraz dostępne są np. listwy zasilające z portami USB-C 65 W czy podtynkowe gniazda sieciowe z USB-C PD. Dzięki regulacjom UE, ładowanie przez USB stanie się niebawem domyślnym standardem dla niemal wszystkich małych i średnich urządzeń zasilanych z sieci.



Rysunek 6. Porównanie zakresów zasilania SPR (standardowy) i EPR (rozszerzony). Źródło: https://t.ly/074kP

Podsumowanie

USB-C wydaje się mieć przed sobą długą karierę. Dzięki wspomnianej uniwersalności może on obsłużyć także przyszłe protokoły – już teraz trwają prace nad USB4 wersji 2.0 (przyspieszenie transferu do zawrotnej prędkości 120 Gb/s!) i zapewne jeszcze długo nie pojawi się potrzeba fizycznej zmiany samego złącza. Regulacje prawne, takie jak unijna inicjatywa dotycząca wspólnej ładowarki, tylko umacniają pozycję USB-C jako uniwersalnego łącza następnej dekady. Dla konstruktorów oznacza to pewność, że wybierając USB-C stawiają na standard wspierany globalnie przez większość branży elektronicznej. Jest to jednak interfejs wymagający od nas, praktykujących konstruktorów, sporej uważności – mnogość funkcji idzie w parze z koniecznością stosowania odpowiednich kontrolerów, certyfikowanych kabli, skrupulatnie dobranych złączy czy wreszcie – przestrzegania specyfikacji. Na szczęście organizacja USB-IF udostępnia obszerną dokumentację, a na rynku dostępne są liczne układy scalone integrujące obsługę USB-C/PD (począwszy od prostych przełączników CC, a kończąc na zaawansowanych kontrolerach PD 3.1). W ślad za fizycznymi układami wspierającymi projektowanie urządzeń z obsługą USB-PD idą także nowoczesne mikrokontrolery – jako przykład można podać rodzinę STM32, w ramach której już ponad 500 układów ma wbudowany specjalny blok peryferyjny o nazwie UCPD (*USB Power Delivery controller*).

Zaprezentowany w artykule opis – siłą rzeczy dość skrótowy – pokazuje jasno, że USB Type-C to dzisiaj coś więcej niż port. To cały ekosystem mający na celu ujednolicenie i uproszczenie sposobu, w jaki zasilamy i łączymy nasze urządzenia. Wraz z wejściem wspomnianych regulacji UE możemy spodziewać się, że w niedalekiej przyszłości widok innego gniazda ładowania niż USB-C w nowych urządzeniach stanie się rzadkością. Dla elektronika projektanta USB-C stanowi więc podstawowy element nowoczesnych projektów, z którym chcąc nie chcąc musi się zaprzyjaźnić i... dobrze zapoznać.

inż. Przemysław Musz, EP

REKLAMA



eprasa.pl 934af8e026

CONFIDEE Defence – zaufana sieć dostawców dla branży obronnej

W trudnych i niestabilnych czasach branża wojskowa znajduje się w ścisłym centrum zainteresowania zarówno polityków, jak i inżynierów. Specyficznym wymogom projektów militarnych nie jest jednak łatwo sprostać – liczy się nie tylko jakość końcowych produktów oraz wszystkich elementów składowych i podsystemów, ale także bezpieczeństwo samego procesu produkcji, jego powtarzalność i stabilność. CONFIDEE już od 3 lat wspiera swoich klientów w najbardziej wymagających aplikacjach.



Nasza sieć fabryk klasy militarnej gwarantuje, że każda płytka drukowana jest wytwarzana przez zaufanego i zgodnego z wymaganiami partnera.

Założona w 2022 roku jako pionier RegTech, firma CONFIDEE zabezpiecza łańcuch dostaw PCB dla branż o znaczeniu krytycznym dla misji. Każdy proces czy partner należący do naszej sieci został wyselekcjonowany w oparciu o kryteria zgodności z wymogami obronnymi – od kontroli eksportu i identyfikowalności, po ochronę danych i należyte badanie dostawców.

Obecnie z dumą obsługujemy ponad 50 klientów sektora obronnego w całej Europie, zapewniając bezpieczne dostawy PCB oraz wsparcie DFM, gdy jest to konieczne.

Realizujemy technologie standardowe, jak i zaawansowane, w małych i średnich wolumenach – również jako QTA.

Zapewniamy wsparcie z USA, Europy i Korei Południowej. Jako uznani liderzy branżowi w technologii PCB, spełniamy wszystkie niezbędne normy i certyfikacje. Współpracujemy z certyfikowanymi dostawcami, realizując nawet najbardziej zaawansowane projekty, wymagane w produktach o długim cyklu życia. Oferujemy licencje w zakresie kontroli eksportu.

Pracujemy zgodnie z wymogami Europejskiej Agencji Kosmicznej (zatwierdzenie ECSS), posiadamy ponadto certyfikaty zgodności z ITAR/DFAR.

W Confidee każdy projekt ma znaczenie krytyczne dla misji. Wspieramy Cię od specyfikacji po dostawę, zapewniając Ci bezpieczny, zgodny i przejrzysty łańcuch dostaw PCB.

Szerokie portfolio najnowocześniejszych technologii

Technologie od standardowych do zaawansowanych

- Produkcja High Mix Low Volume (różnorodna, także w niskich wolumenach), dostępna również jako QTA.
- Wsparcie ze strony naszych pracowników na terenie Europy (Wielkiej Brytanii i Czech), Korei Południowej (technologia rigid flex) oraz USA.

Technologie od standardowych do średniozaawansowanych

- Produkcja średnich i dużych wolumenów.
- Długoletnie partnerstwa z fabrykami produkcyjnymi w Tajlandii (własność japońska).

Parametry technologiczne wg regionów

Ameryka Północna

- 60+ warstw
- Ścieżki/odstępy już od 2 milsów
- HDI 5+N+5
- Warstwy miedzi do 12 uncji
- Płytki sztywne/sztywno-giętkie/elastyczne
- Kwalifikacja obronna

Wielka Brytania

- 40+ warstw
- Ścieżki/odstępy od 2 milsów
- HDI 5+N+5
- Miedź do 10 uncji
- Płytki sztywne/sztywno-giętkie/elastyczne
- Kwalifikacja obronna
- AS9100

Czechy

- 16+ warstw
- Ścieżki/odstępy od 2,5 milsa
- HDI 2+N+2
- Miedź do 3 uncji
- Płytki sztywne/sztywno-giętkie/elastyczne
- Kwalifikacja obronna
- AS9100

Korea Południowa

- 20+ warstw
- Ścieżki/odstępy od 2,5 milsa
- HDI 3+N+3
- Miedź do 3 uncji
- Płytki sztywno-giętkie/elastyczne
- Kwalifikacja obronna

Tajlandia

- 16+ warstw
- Ścieżki/odstępy od 3 milsów
- HDI 3+N+3
- Do 3 uncji miedzi
- Kwalifikacja motoryzacyjna

Singapur

- 36+ warstw
- Ścieżki/odstępy od 2,5 milsa
- HDI 5+N+5
- Miedź do 6 uncji
- Płytki sztywne/sztywno-giętkie
- Kwalifikacja obronna

www.confidee.com



CONFIDEE – firma RegTech dostarczająca zgodne z przepisami obwody drukowane. Opieramy się na standardach zgodności w sektorze obronnym, posiadamy certyfikaty ISO 9001, AS9120 oraz ISO 27001 i jesteśmy zaufanym partnerem ponad 150 klientów dzięki naszej bezpiecznej sieci producentów.

Sales Manager Polska, Rafał Stankiewicz, rafal.stankiewicz@confidee.com, tel. +48507704236

eprasa.pl 934af8e026

Szablony laserowe SMT – materiały, pokrycia i technologie naciągu

Proces sitodruku odpowiada nawet za 70% błędów powstających podczas montażu SMT. Właściwy dobór parametrów szablonu, w tym jego grubości, rodzaju materiału, kształtu otworów, a także siły i rodzaju naciągu, znacząco wpływa na jakość transferu pasty na pady lutownicze, a ta zaś determinuje efekty procesu lutowania rozpływowego.

Więcej informacji:
Semicon sp. z o.o.
04-761 Warszawa, ul. Zwoleńska 43/43A
tel. 22 615 83 40, 607 180 600
e-mail: info@semicon.com.pl
https://www.semicon.com.pl/

Po uniesieniu szablonu znad powierzchni płytki pasta powinna pozostać w całości na polach lutowniczych. Zależności pozwalające na dobór zarówno grubości, jak i szerokości otworów w szablonie są dobrze znane i opisane w normie IPC-7525.

Nowoczesne programy projektowe, np. CircuitCAM firmy LPKF, automatycznie wyliczają współczynniki:

- ***Aspect Ratio*** – definiowany jako stosunek szerokości padu do grubości folii (zalecany powyżej 1,5),
- ***Area Ratio*** – definiowany jako stosunek pola padu do pola ścianek. Wielkość transferu pasty lutowniczej w zależności tak od grubości szablonu jak i wielkości apertury pokazuje **rysunek 1**.

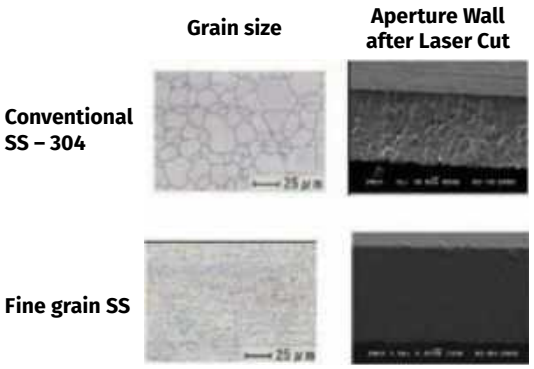
Mimo tych podpowiedzi programu projektowego, ważna jest także praktyka produkcyjna umożliwiająca korekcję wielkości i kształtu padów. Korekcja projektu szablonu związana jest przede wszystkim z krytycznie małymi elementami pasywnymi czy też układami typu *fine pitch* lub µBGA i polega na zmniejszeniu pola zadruku pasty w stosunku do padu albo zmianie kształtu padu (zaokrąglanie krawędzi, zmiana kształtu, podział padu na mniejsze itd.).

Materiał szablonu

Na uwolnienie pasty lutowniczej z otworu w szablonie wpływ mają czynniki takie jak: materiał szablonu i gładkość powierzchni bocznych. Stosowane obecnie materiały to:

- standardowa folia stalowa NiCr o ziarnie 20...25 µm,
- folia stalowa drobnoziarnista (fine grain) o ziarnie 3...5 µm,
- folia z niklu elektroformowanego.

Materiały te w różnym stopniu ulegają erozji laserowej podczas wycinania laserowego. Materiały o drobnym ziarnie – stal *fine grain* oraz nikiel – charakteryzują się gładszą powierzchnią ścianek bocznych, co skutkuje lepszym uwalnianiem pasty dla elementów z małymi rastrami (**fotografia 1**).



Fotografia 1. Folia stalowa NiCr Standard vs. folia stalowa NiCr *fine grain*

Osobną klasę szablonów stanowią niklowe szablony elektroformowane charakteryzujące się bardzo gładkimi ścianami bocznymi otworów. Przy bardzo wysokiej cenie i długim czasie oczekiwania, wydają się one nie wytrzymywać konkurencji z szablonami wycinanymi laserowo z nowych, opisanych wyżej materiałów.

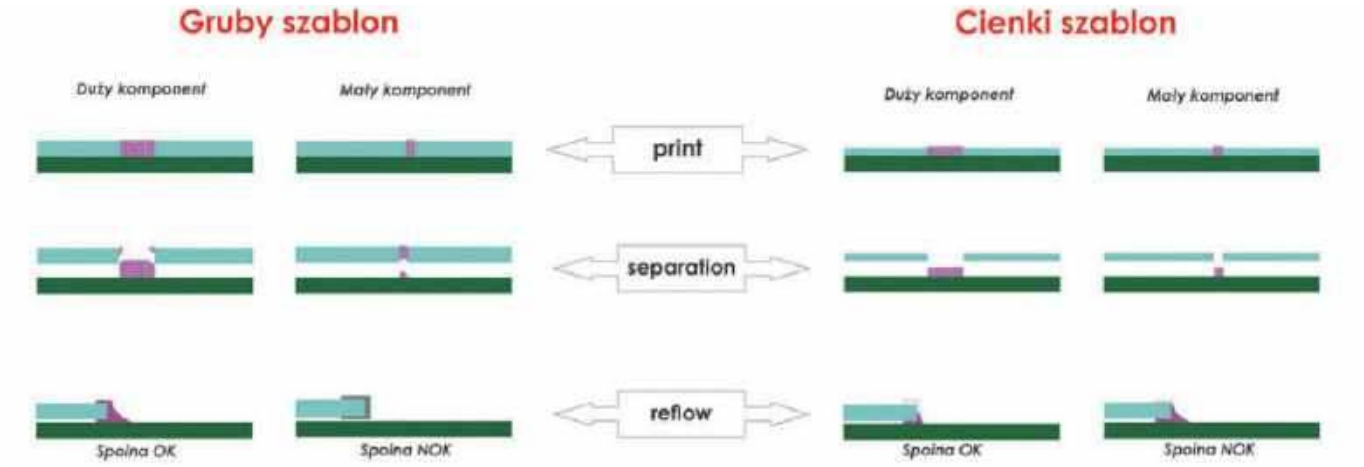
Ponadto warto wiedzieć, że wciąż stosuje się proces elektropolerowania, pamiętając jednak o słabo kontrolowanej i selektywnej naturze procesu trawienia elektrochemicznego.

Rodzaj naciągu szablonu

W praktyce produkcyjnej stosowane są następujące rodzaje naciągu szablonu:

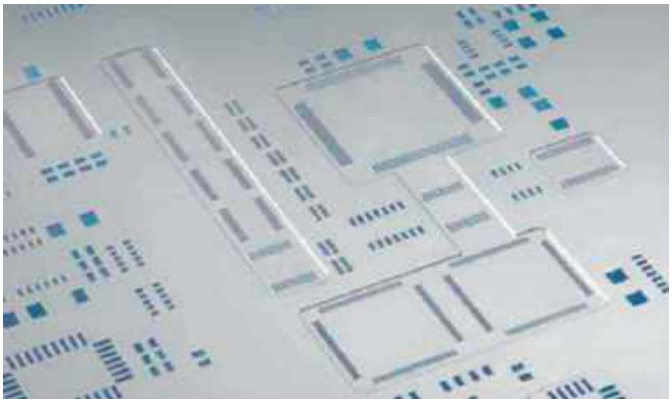
- naciąg pneumatyczny (np. rama Zelflex),
- naciąg siatkowy na ramie aluminiowej,
- naciąg mechaniczny na ramie VectorGuard firmy ASM-DEK.

Najlepszą stabilność wymiarową zapewniają szablony z naciągiem siatkowym oraz z naciągiem na ramie do systemu VectorGuard



Rysunek 1. Transfer pasty lutowniczej zależy tak od wymiarów apertury, jak i grubości szablonu

eprasa.pl 934af8e026



Fotografia 2. Szablon stopniowany

– Master Frame. Szablony te wycinane są w stanie napięcia na ramie. Z kolei szablony naciągane pneumatycznie z kolei wycinane są na arkuszach folii napiętych na ramie roboczej obrabiarki laserowej.

Należy zdawać sobie sprawę, że przy typowym naprężeniu na ramie pneumatycznej wynoszącym 35...42 N/cm, rozciągnięcie szablonu po przyłożeniu siły napinającej może sięgać 60...70 µm.

Obecnie obserwuje się tendencję do stosowania dla obwodów typu fine pitch i µBGA szablonów z podwyższoną siłą naciągu, stąd też biorą się dostępne w ofercie firmy DEK-ASM ramy napinające zapewniające naciąg 47 N/cm.

Szablony stopniowane

Wiele realnych problemów technologicznych pozwalają rozwiązać szablony stopniowane o lokalnie obniżonej (step down) lub podwyższonej (*step up*) grubości folii metalowej względem grubości bazowej (**fotografia 2**).

Jako materiał bazowy przyjmuje się zwykle folie o grubościach 100 µm, 125 µm lub 150 µm, zaś typowa maksymalna wielkość stopnia w szablonie to 50 µm.

Stosowane są następujące metody produkcji szablonów stopniowanych:

- selektywne trawienie chemiczne,
- frezowanie mechaniczne wybranych fragmentów szablonów,
- mikrospawanie kawałków folii stalowej wstawianej w precyzyjnie wycięte okno w szablonie bazowym,
- elektroformowanie szablonów niklowych.

Szablony stopniowane mogą zaburzać proces sitodruku, zmieniając ułożenie krawędzi rakli względem szablonu.

Stąd też wprowadzone zalecenie maksymalnej wysokości stopnia równej 50 µm (w niezbędnych przypadkach do 80 µm) lub głębokości okna w szablonie oraz minimalna odległość krawędzi kolejnej apertury od początku stopnia wynosząca 0,9 mm na każde 25 µm wysokości stopnia.

Przy bardzo drobnych elementach zaleca się łagodne frezowanie krawędzi stopnia od strony rakli.

Szablony stopniowane, coraz popularniejsze w ostatnich latach, umożliwiają:

- stosowanie na jednej płytce PCB elementów o krańcowo różnych obudowach, jak BGA oraz złącza THT,
- redukcję liczby mostków lutowniczych,
- zmniejszenie ilości nakładanej pasty w przypadku bardzo małych elementów.

Szablonów *step up* używa się przede wszystkim w technologii Pin-in-Paste, wymagającej lokalnego pogrubienia grubości szablonu nawet o 100 µm.

Szablony *step down* znajdują natomiast zastosowania w montażu układów *fine pitch* oraz µBGA. Obniżona lokalnie grubość szablonu istotnie poprawia transfer pasty lutowniczej. Przy użyciu tej technologii wykonuje się również pocienienie w szablonie kompensujące grubość etykiet na PCB.

Szablony z nanopokryciem

Szablony z nanopokryciem dostępne są w dwóch wersjach:

- z powłoką nakładaną za pomocą nasączonej nanopłynem ściereczki NanoClear firmy ASM-DEK. Sposób ten, łatwy w aplikacji, umożliwia zmniejszenie tak częstości mycia szablonu, jak i zużycia środka myjącego,
- z warstwą nanohydrofobową nałożoną w procesie plazmochemicznym.

Grubość warstwy o kolorze złotym to typowo 2...4 µm, a trwałość przekracza 50 000 cykli.

Szablony poddane temu sposobowi obróbki powierzchni dostępne są w ofercie w ofercie firmy Semicon pod nazwą Nano Ultra Coating. Sprawność transferu pasty zostaje zwiększona do 40% (Area Ratio <0,5). Istotnie zmniejsza się także częstotliwość mycia szablonu i zużycie środków myjących.

Podpisanie umowy licencyjnej VectorGuard z firmą ASM-DEK dało Semiconowi możliwość oferowania opisanych rozwiązań:

- ram VectorGuard – zapewniających silny naciąg oraz stabilność wymiarową szablonu,
- materiałów szablonu – standardowego, *fine grain* oraz niklu,
- szablonów elektroformowanych,
- szablonów z nanopokryciem Nano Ultra.

Systemy naciągu szablonów SMT

Szablon musi być stabilny wymiarowo względem płytki dla zapewnienia powtarzalnego procesu nadruku pasty. W obecnej praktyce produkcyjnej używane są cztery opisane poniżej systemy naciągu.

Naciąg mechaniczny

Realizowany jest zwykle w jednym kierunku z użyciem ramy naciągowej wyposażonej w kołki o średnicy oraz rastrze odpowiadającym otworom w szablonie. System ten był dość popularny w Polsce i stosowany w drukarkach firmy PBT-Uniprint.

Naciąg pneumatyczny

To system umożliwiający naciąg w dwóch osiach. Szablon na czterech krawędziach ma otwory o kształcie i rastrze odpowiadającym kołkom naciągowym w ramie zasilanej sprężonym powietrzem.

Kształt otworu naciągu, jak też szczegółowe rozwiązania techniczne konstrukcji ram, są specyficzne dla różnych dostawców. Wymienić tu można zdecydowanie najpopularniejszy w Polsce system ZelFlex (LPKF) – **fotografia 3**. Własne systemy ma też DEK, Cookson czy LTC. Ramy z naciągiem w tych systemach dostępne są w dużym wyborze rozmiarów, aż do 29×29”. Można w nich zamontować blachy o grubościach 80...250 µm. System naciągu pneumatycznego szablonów jest najczęściej używanym w Polsce, popularnym jednak głównie wśród małych i średnich firm montażowych. Poza stosunkowo niską ceną szablonów system ten bowiem ma istotne wady utrudniające jego używanie w wielkoseryjnej produkcji:



Fotografia 3. Rama z naciągiem pneumatycznym ZelFlex Z4P firmy LPKF

eprasa.pl 934af8e026



Fotografia 4. Długi szablon w ramie aluminiowej do produktów LED (Semicon sp. z o. o.)

- **stabilność naciągu** – wymaga okresowej kontroli ciśnienia sprężonego powietrza w ramie,
- **odkształcenia mechaniczne** otworów naciągowych przy produkcji długich serii płytek (nawet przy 100 tys. cykli),
- postępująca (zwłaszcza w firmach o proweniencji amerykańskiej) **eliminacja z obrotu produkcyjnego narzędzi ostrych i niebezpiecznych**. Praktyka wielu firm wskazuje bowiem, że jest to realne zagrożenie dla operatorów.

Naciąg siatkowy na ramie aluminiowej

Równomierny i stabilny naciąg folii szablonu realizowany jest za pomocą siatki poliestrowej naciągniętej uprzednio na ramę wykonaną z profili aluminiowych. Typowe napięcie siatki wynosi 35±4 N/cm, a najpopularniejsze wymiary ram to 23×23”, 550×650 mm, 29×29”. Ostatnio, w związku z rozwojem technologii LED, stosuje się szablony na długich ramach, nawet do 180 cm (**fotografia 4**). Tak długie szablony możliwe są do realizacji wyłącznie w opisywanej technologii naciągu.

Niewątpliwą zaletą szablonów tego typu jest ich trwałość i stabilność naciągu, umożliwiająca stosowanie w produkcji wielkoseryjnej. Wadę zaś stanowią duże wymiary szablonów i związana z tym konieczność posiadania sporej powierzchni odstawczej.

System naciągu VectorGuard firmy ASM (DEK)

Koncepcja naciągu szablonów z użyciem ram VectorGuard eliminuje podstawową wadę szablonów z naciągiem siatkowym, czyli duże wymiary ram aluminiowych. Cienkie ramki tych szablonów, o grubości 5 mm, zajmują wielokrotnie mniej miejsca niż grube (1...1,5”) ramy aluminiowe.

Szablony VectorGuard wymagają użycia w sitodrukarce ramy Master Frame. Charakterystyczną cechą tego rozwiązania jest fakt, że sprężone powietrze służy tu jedynie do odłączenia mocujących sprężyn, które po wyłączeniu sprężonego powietrza i zamocowaniu ramy zapewniają stabilny naciąg (**fotografie 5** i **6**).

Dostępne są następujące rozmiary ram: 23×23”, 550×650 mm, 23×29” oraz 29×29”, a także adaptery umożliwiające użycie tego standardu we wszystkich typach sitodrukarek.

W sprzedaży znajduje się również szeroki wybór folii metalowych:

- SS standard – 80...250 µm,
- SS fine grain – 80...250 µm,
- nikiel – 80...200 µm.



Fotografia 5. Szablon VectorGuard firmy ASM (DEK)



Fotografia 6. Szablon VectorGuard firmy ASM (DEK)

Ze względu na postępującą miniaturyzację elementów SMD i znane problemy z uwalnianiem pasty, firma ASM (DEK) zaproponowała nowe rozwiązanie ram Master Frame umożliwiające bardzo silny naciąg 47 N/cm. Tak napięta blacha ma lepiej uwalniać pastę z otworów szablonu.

Aplikacja systemu VG High Tension jest oczywista – są nią projekty PCB z krytycznie małymi elementami 0201, 01005, układy scalone *fine pitch*, µBGA itp.

W ostatnim czasie ASM (DEK) poinformował o dostępności szablonów VectorGuard z nanoultra pokryciem. Jest to nowe rozwiązanie różniące się od kontrowersyjnych, wprowadzonych niedawno „nano” serwetek, a polegające na plazmochemicznym osadzaniu cienkiej (2...4 µm), bardzo twardej warstwy nanopokrycia. Tego typu usługa dostępna jest obecnie także w Europie za pośrednictwem autoryzowanych przez ASM (DEK) producentów szablonów. Licencjobiorcą standardu VectorGuard jest również firma Semicon.

Jacek Tomaszewski
Semicon sp. z o.o.

eprasa.pl 934af8e026

Płytki drukowane w produkcji seryjnej

Płytki drukowane stały się bazą dla naszych układów elektronicznych. I dobrze, bo choć mogą pomieścić skomplikowane struktury to ich produkcja jest relatywnie tania. Za co je lubimy, jakie mają ograniczenia, na które warto uważać, co więcej mogą nam zaoferować i co łączy je z cebulą oraz gazetami? Zapraszam do lektury!

Ponieważ jest to artykuł traktujący o elektronice w praktyce, to w tym miejscu powinien znaleźć się wstęp dotyczący montażu obwodów elektronicznych już od pierwszych lat elektrotechniki, a potem elektroniki. O deskach z powbijanymi gwoździami, o metalowym chassis z łączówkami na bakelitowych (lub tekstolitowych) płytkach, o „pająkach" montowanych za okupacji przy ostatniej świeczce… Dobra, ale to nie miesięcznik historyczny! Nikt już w ten sposób nie montuje (seryjnie) elektroniki – jedynie niewielkie manufaktury, pasjonaci albo ludzie będący w dużej potrzebie, na przykład kiedy o 23:30 w niedzielę okazało się, że mozolnie uruchamiany od kilku dni układ, który na poniedziałek ma być gotowy, nie zawiera pewnego istotnego fragmentu bądź został on kompletnie źle zaprojektowany i wymaga zrobienia od nowa. Są to jednak nieliczne przypadki, rzadko spotykane, jednorazowe z punktu widzenia masowej produkcji elektroniki.

Elektronikom z krótszym stażem pracy, którym zdarza się (mówiąc delikatnie) narzekać na odklejające się ścieżki i laminat wydzielający niekiedy dziwny swąd podczas lutowania pragnę przekazać, że nie jest obecnie tak źle pod względem jakości, jak to bywało przed laty. W dawniejszych czasach dostępny był w sprzedaży laminat papierowo-fenolowy o kodowym oznaczeniu FR-2. Sam na takim pracowałem przez kilka lat, kiedy udało mi się zdboyć jakąś partię za relatywnie niewysokie pieniądze. Jak nietrudno się domyślić, był on wykonany z papieru, odpowiednio sprasowanego i nasączonego jakimś lepiszczem, w tym wypadku żywicą fenolową. Papier, jak to papier, lubi wilgoć, więc właściwości dielektryczne tego wynalazku silnie zależą od wilgotności powietrza. Przy podgrzewaniu wydzielają się pochodne fenolu, czyli – po ludzku mówiąc – niezbyt zdrowy odór. Do tego odklejające się ścieżki… A jeżeli weźmiemy pod uwagę, że w Związku Radzieckim dzielnie radzono sobie z problemami, które w ogóle nie musiałyby powstać, to tam laminat papierowy był często robiony z gazet lub innej makulatury (pamiętam, jak na jednej z płyt sławnego Rubina zobaczyłem nagłówek gazety „Prawda"), więc przebicia i upływności murowane. Zresztą to właśnie najczęściej działo się w ówczesnych sprzętach.

Dzisiaj możemy sobie kupić laminat papierowo-fenolowy, aby poczuć klimat dawnych lat, choć w niektórych bardzo tanich urządzenia elektronicznych produkcji dalekowschodniej bywa on nadal stosowany. Na szczęście w codziennej pracy możemy działać na zdecydowanie bardziej przewidywalnych materiałach.

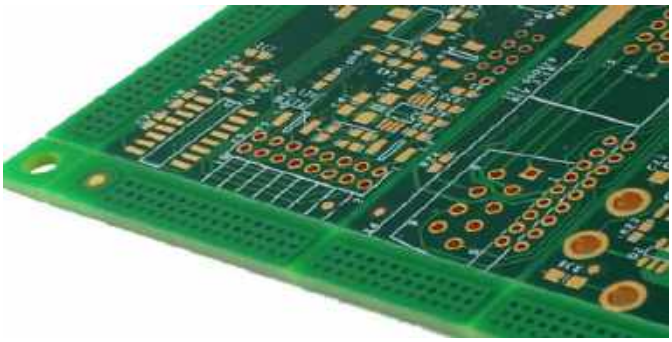
Kilka słów o podłożach

Najpopularniejszym rodzajem podłoża (zwanego również substratem) jest obecnie laminat szklano-epoksydowy typu FR-4. FR pochodzi od Fire Resistant, czyli odporny na ogień. Co ciekawe, nawet wśród tych ognioodpornych materiałów można wyróżnić takie, które są palne bardziej lub mniej, zgodnie z normą UL94. Typowy laminat FR-4, taki jaki zamawiamy za kilka dolarów u dalekowschodnich producentów obwodów drukowanych, najczęściej ma klasyfikację UL94V-0.

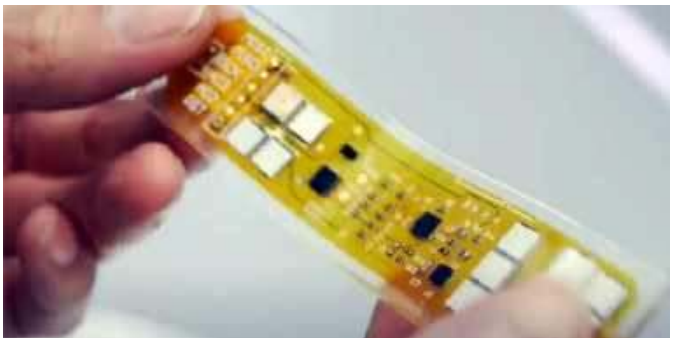
Płytki wykonane z tego laminatu (**fotografia 1**) są powszechnie znane, choćby z kitów AVT. Chcę przy okazji rozwiać pewien mit traktujący o tym, że płytki na bazie FR-4 są zielone – to nieprawda, otóż zielona jest tylko maska lutownicza (soldermaska), którą się pokrywa miedziane ścieżki, a nie sam laminat. Choć w zdecydowanej większości wypadków powłoka faktycznie ma kolor zielony.

Za co lubimy FR-4? Po pierwsze za dostępność i powszechność. Każdy producent PCB oferuje ten laminat w różnych grubościach, od ułamka milimetra do nawet 3,2 mm przy dużych płytkach z ciężkimi podzespołami. Typowa grubość, jaką dostajemy domyślnie, wynosi 1,6 mm. Podobnie jest z grubością miedzi: standardowo wynosi 35 µm, ale bez problemu dostaniemy 70 µm dla układów operujących na większych prądach, często również da się spotkać 105 µm. Jeszcze grubsze warstwy miedzi bywają dostępne, ale nie są już takim standardem. Generalnie rzecz ujmując, parametry techniczne laminatu FR-4 są jednakowe na całym świecie, gdziekolwiek byśmy go nie zamawiali. I to jest, moim zdaniem, wspaniałe.

Drugim powodem jest wszechstronność. Na tym laminacie „postawimy" zarówno prosty układ wielkiej częstotliwości, operujący na częstotliwości 2,4 GHz (a nawet więcej, teoretycznie do 10 GHz). Kluczowa jest tutaj stała dielektryczna wynosząca około 4,4 w bardzo szerokim przedziale częstotliwości, co ułatwia prowadzenie ścieżek o określonej impedancji. Wysokie prądy też nie są przeszkodą, wystarczy grubsza warstwa miedzi, szersze ścieżki i/lub ich pokrycie spoiwem lutowniczym dla pogrubienia. Niskie temperatury? Nie ma sprawy, ile tylko podzespoły i spoiwo są w stanie wytrzymać. Wstrząsy, drgania? Tego laminatu to nie rusza, już prędzej same komponenty mogą się ruszać na płytce. Miałem kiedyś taki przypadek z urządzeniem dla branży samochodowej ciężkiego kalibru, w którym zastosowałem spory kondensator elektrolityczny SMD. Po tym, jak urządzenie wróciło do mnie z oderwanym tymże kondensatorem, ponieważ odkleiły się ścieżki od laminatu, wymieniłem go na THT i całość zalałem żywicą dla usztywnienia, tak na wszelki wypadek. Wysokie temperatury? Typowo przyjmuję warunki termiczne do 120°C – niektórzy producenci piszą o 115°C,

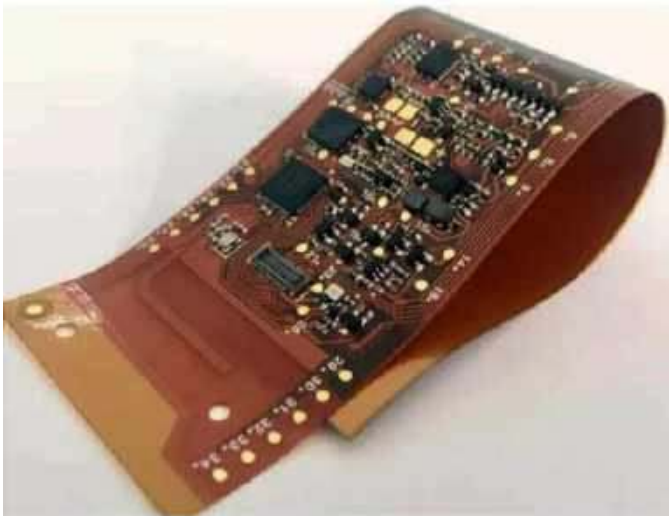


Fotografia 1. Płytka na podłożu z laminatu FR-4 [1]



Fotografia 2. Laminat flex (o wysokiej elastyczności) [2]

eprasa.pl 934af8e026



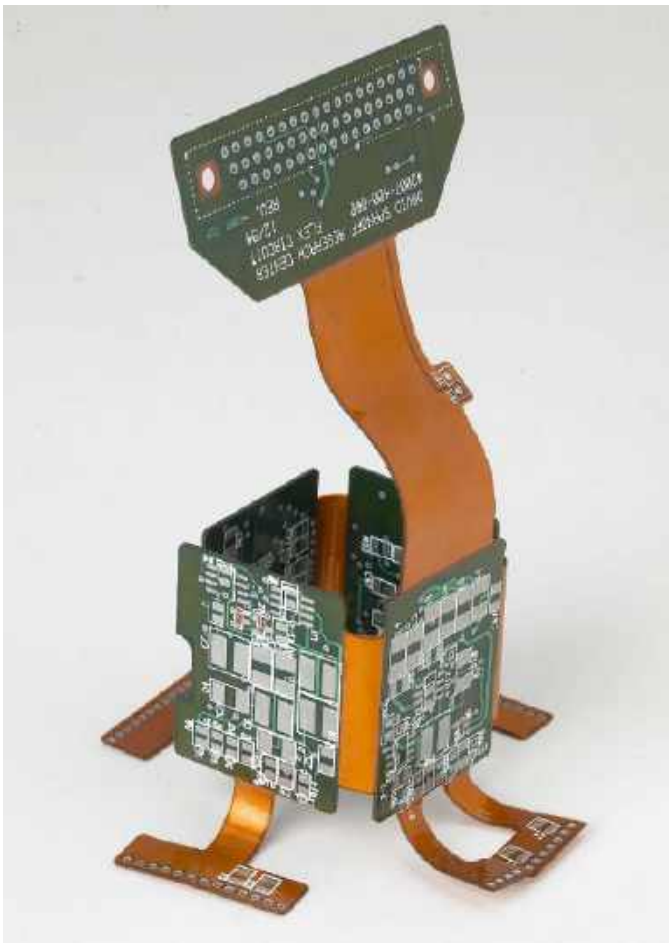
Fotografia 3. Złożony układ zmontowany na laminacie typu flex [3]

inni zaś podają 130°C – ja wolę dmuchać na zimne (w tym wypadku gorące). Typowe podzespoły i tak nie lubią znacząco wyższych temperatur.

FR-4 ma wiele zalet, ale nie użyjemy go wszędzie. Może tak być z racji jego sztywności. Wtedy warto sięgnąć po laminat elastyczny, noszący miano flex – **fotografia 2**. Podłożem jest folia z Kaptonu firmy DuPont, fachowo: poliimidu, skrótowo PI (nie mylić z poliamidem!), która zachowuje kształt nawet w wysokich temperaturach. Produkcja takiego obwodu drukowanego nie różni się wiele od zwykłego, na sztywnym laminacie. Maska lutownicza również musi być elastyczna (na laminatach FR-4 tak nie jest) i wykonuje się ją z reguły z tego samego polimeru. Na elastycznym podłożu można wykonywać nawet wielowarstwowe obwody drukowane do całkiem złożonych urządzeń, co widać **fotografii 3**. Cztery, sześć czy nawet osiem warstw to nie jest już problem w dzisiejszych czasach.

Laminat elastyczny ma jednak pewną wadę – chcielibyśmy, aby pod ciężkimi elementami czy w okolicach złączy nie był już miękki, lecz sztywny. I co z tym zrobić? Najprostszym rozwiązaniem jest sięgnięcie po podłoże typu rigid-flex, które stanowi połączenie elastycznego podłoża flex ze sztywnym podłożem FR-4, jak na **fotografii 4**. Tego typu płytki są wykonywane na podłożu PI, ale w odpowiednich miejscach wklejone są usztywniacze, najczęściej z dobrze już znanego laminatu FR-4. Tego typu połączenia elastyczne mogą się zginać zarówno jednokrotnie, w trakcie montażu urządzenia w obudowie, jak i wielokrotnie podczas eksploatacji. Oczywiście, można w takich obwodach drukowanych wykonywać przelotki z metalizacją, podobnie jak w poprzednio opisanych rodzajach podłoży.

Do elementów, które wytwarzają duże ilości ciepła, przewidziano podłoże aluminiowe. Tego typu płytki oznacza się w branży akronimem MCPCB – Metal Core Printed Circuit Board. Na płaską płytę aluminiową jest nanoszona warstwa termoprzewodzącego dielektryka, a dopiero na niego warstwa miedzi. Po wytrawieniu ścieżek taka płytka jest normalnie pokrywana maską lutowniczą, warstwą opisową, a następnie cynowana lub złocona. Przykład takiej płytki pokazano na **fotografii 5**. Ponieważ nie da się zrobić izolowanych przelotek na drugą stronę podłoża, płytki takie są wyłącznie jednowarstwowe. Osadza się na nich najczęściej diody LED wysokiej mocy lub przetwornice albo klucze tranzystorowe. Aluminiowe podłoże można przykręcić później do radiatora, celem poprawy odprowadzania ciepła, choć może ono być radiatorem samym w sobie. Z mojego doświadczenia dodam jedynie, że lutowanie takich płytek jest możliwe praktycznie tylko w piecu lub po bardzo dobrym nagrzaniu preheater'em,



Fotografia 4. Przykład płytki typu rigid-flex [4]

REKLAMA



eprasa.pl 934af8e026



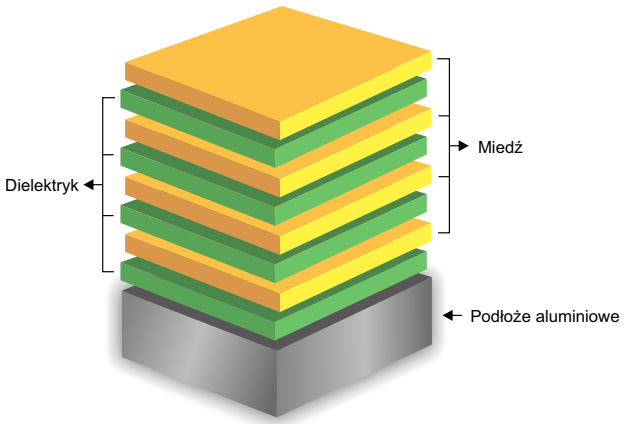
Fotografia 5. Laminat na podłożu aluminiowym [5]

ponieważ aluminiowe podłoże znakomicie odprowadza ciepło, również z pola lutowniczego.

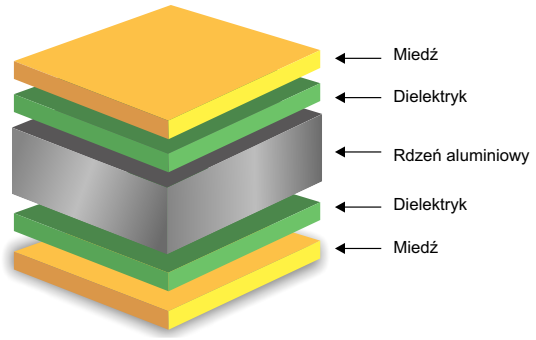
Istnieją wielowarstwowe płytki na podłożu aluminiowym (**rysunek 1**), lecz wszystkie elementy nadal znajdują się wyłącznie na jednej stronie podłoża. Ale to nie wszystko, bowiem istnieje możliwość wykonania warstw przewodzących po obu stronach metalowego podłoża, jak na **rysunku 2**, choć utrudnia to wtedy odprowadzanie ciepła z tegoż podłoża. Niemniej jednak, w aplikacjach o nieco mniejszych stratach mocy może to być ciekawy sposób na ominięcie konieczności montowania dodatkowego radiatora. Nie zmienia to jednak faktu, że przelotki przechodzące przez podłoże nadal nie są możliwe do wykonania, w przeciwieństwie do wcześniej opisanych podłoży dielektrycznych.

Ostatnim rodzajem podłoża, jaki chcę opisać, jest ceramika. Na rynku są dostępne różne rodzaje ceramiki, w zależności od użytego do ich produkcji materiału. Najczęściej występuje w tej roli tlenek aluminium (Al_2O_3) jako substancja o bardzo dobrych właściwościach izolujących elektrycznie oraz doskonale przewodząca ciepło [7]. Na podłożu z tlenku aluminium są wykonywane układy wysokiej mocy, wielkiej częstotliwości, anteny, układy pracujące w trudnych warunkach i nie tylko. Na **fotografii 6** można zobaczyć płytki wykonane właśnie na podłożu ceramicznym – można je rozpoznać po charakterystycznej, chropowatej i zimnej dotyku powierzchni. Mniej popularnymi materiałami są: azotek aluminium (AlN) oraz węglik krzemu (SiC), stosowane przede wszystkim w elektronice wysokotemperaturowej.

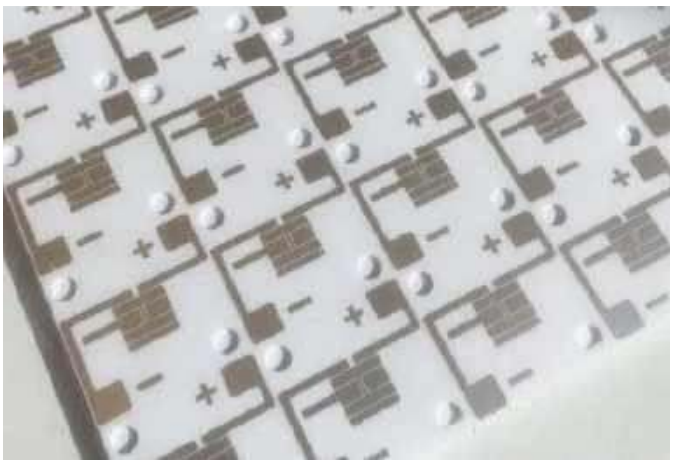
Podłoża ceramiczne są używane głównie w technice wielkiej częstotliwości ze względu na niskie straty (w stosunku do typowego FR-4), stabilność wymiarów w funkcji temperatury (rzecz krytyczna dla strojonych anten) oraz cenę, która jest zdecydowanie wyższa niż w przypadku laminatów szklano-epoksydowych. Bardzo często można w wytwórniach płytek drukowanych spotkać na rozwijanej liście podłoży do wyboru laminat o nazwie Rogers. To nazwa



Rysunek 1. Przekrój płytki wielowarstwowej na podłożu aluminiowym [6]



Rysunek 2. Przekrój dwustronnej płytki na podłożu aluminiowym [6]



Fotografia 6. Płytki wykonane na podłożu ceramicznym [7]

firmy produkującej laminaty ceramiczne do obwodów w.cz. – ma ich w ofercie pełną gamę, o różnych parametrach. Nazwa ta rozpowszechniła się w środowisku płytkarskim podobnie jak w języku potocznym pampersy czy adidasy. Jeżeli ktoś zamawia płytki na rogersie to wiadomo, że w niskie częstotliwości się nie bawi. Wytwórnie obwodów drukowanych często mają w swojej ofercie ten laminat również z tego względu, iż produkcja płytki z jego użyciem przebiega w taki sam sposób, co typowej płytki na podłożu FR-4, czym wspomniana firma głośno chwali się na swojej stronie [8].

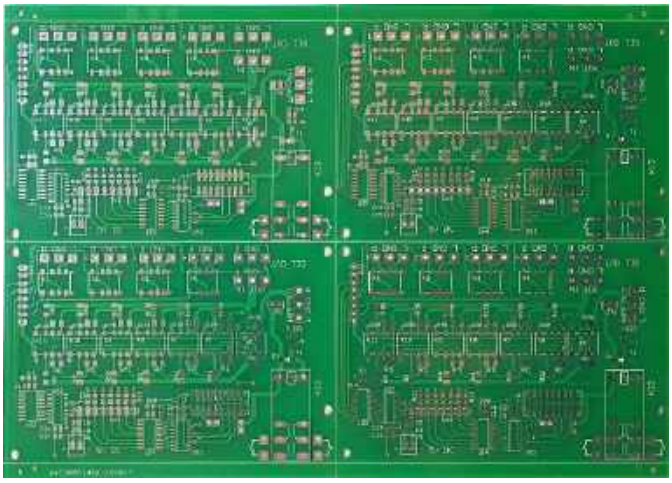
O czym warto pamiętać?

Na przestrzeni lat zebrałem nieco doświadczeń w temacie projektowania oraz zamawiania płytek do produkcji seryjnej. Mam w związku z tym kilka uwag, które mogą być bardzo cenne – lub inaczej, mogą okazać się kosztowne, kiedy się o nich zapomni.

Pierwsza sprawa, chyba najistotniejsza: zamawianie płytek w panelach. Producent scala kilka płytek w większy arkusz, rozdziela je rysami ułatwiającymi rozłamanie po montażu, dodaje marginesy i znaczniki pozycjonujące dla maszyn montujących SMT (zwane fiducialami). Taki panel wygląda jak na **fotografii 7**. Maksymalny rozmiar pojedynczego panela definiuje firma realizująca później montaż – za duży po prostu nie zmieści się na maszynie. I tutaj jest jedno z moich doświadczeń – zamówiłem zbyt duże panele, a firma, z którą byłem dogadany na montaż, po prostu odmówiła realizacji tej usługi. Kosztowało, bolało, ale od tamtego razu sprawdzam dokładnie wymagania. Niby prozaiczne, ale jednak…

Druga sprawa z tym związana to dokładne określenie, że chce się płytki w panelach do montażu automatycznego. Po złożeniu kiedyś zamówienia w firmie innej niż zazwyczaj, opisałem wszystko dokładnie, lecz pominąłem jeden, gdzieś ukryty na stronie „ptaszek" do zaznaczenia. Nikt nie zapytał o co tu chodzi, a ja zostałem z tysiącem malutkich płyteczek, dokładnie porozcinanych na pojedyncze egzemplarze. Piszę o tym nie bez przyczyny, ponieważ u dalekowschodnich producentów zdarzyło się to nie tylko mnie, a złożenie potem reklamacji jest w zasadzie niemożliwe.

eprasa.pl 934af8e026

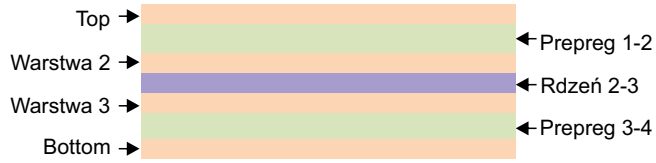


Fotografia 7. Płytki na podłożu FR-4 zestawione w panel 2×2 z marginesami

Kolejny problem, który dotyczył wielu dalekowchodnich płytek jeszcze kilkanaście lat temu, dzisiaj na szczęście występuje już marginalnie. Mam na myśli odklejanie się ścieżek. Żaden producent nie napisze na swojej stronie, że na jego płytkach miedź trzyma się podłoża jak śnieg na ciepłej szybie, więc to cecha trudna do uchwycenia. Pomóc tutaj może wyłącznie zamówienie małej partii płytek dla sprawdzenia jakości wykonania, zanim zainwestuje się w docelową ich liczbę. Zmatowione pola lutownicze, poodpryskiwana maska lutownicza, rozmyte opisy, nierówne krawędzie pól lutowniczych do montażu powierzchniowego czy właśnie odklejanie się ścieżek, tudzież nawet ich odrywanie się spowodowane nagłym odparowywaniem wilgoci w piecu lutowniczym – te wszystkie cechy można sprawdzić wyłącznie na własnej skórze (a właściwie płytce). Polecam tę metodę w przypadku mało znanych producentów, którzy potrafią zaoferować atrakcyjną cenę, choć i tutaj nie ma stuprocentowej gwarancji, że partia docelowa będzie tak samo ładna jak próbna.

Chcę poruszyć jeszcze jeden wątek – maska lutownicza oraz opisy. W większości przypadków ta pierwsza ma barwę zieloną, ta druga białą i wszyscy żyją szczęśliwie. Ale w niektórych przypadkach jest zalecane użycie maski lutowniczej w innym kolorze, podobnie wygląda sytuacja z warstwą opisową. U dużych producentów nie ma z tym na ogół problemów, ale u mniejszych zauważyłem, że nietypowe kolory są wykonane źle, jakby niestarannie. Po kilku rozmowach doszedłem do następującej konkluzji: substancje używane do produkcji mają swój termin trwałości, co jest dosyć logicznym spostrzeżeniem. Jeżeli są one zużywane w miarę na bieżąco i nie zalegają długo w magazynach, jak zielona maska lutownicza i biała farba opisowa, to są świeże i nie stwarzają problemów. Jeżeli jednak jakaś barwa jest niepopularna, to może ona długo leżeć u producenta i nie mieć takich parametrów, jak substancja świeża. Robiłem kiedyś płytki z żółtą maską lutowniczą i czerwonymi opisami, miały ewidentnie widoczne grudki i „gluty", podobnie było u innego wytwórcy z białą maską lutowniczą. Tutaj również niewielka partia próbna może pomóc określić, czy nasze płytki będą tak ładne, jak byśmy tego chcieli.

Reguły DFM (Design for Manufacturing) również są istotne i nie da się ich bagatelizować na dłuższą metę. W większości typowych wypadków (niskie częstotliwości, spore elementy jak 0805 czy SO14, duże przelotki) są one spełnione „w ciemno" u wszystkich współczesnych producentów i nie trzeba się nimi zanadto przejmować. Ale istnieją przypadki, a niektórzy elektronicy nawet specjalizują się wyłącznie w nich, kiedy trzeba spojrzeć do tych wymogów przed rozpoczęciem projektowania. Minimalna odległość między ścieżkami, minimalna średnica przelotki, minimalna szerokość ścieżek i inne. Te wymagania trzeba wziąć pod uwagę, bo monitor przyjmie wszystko (przykładowo ścieżki o szerokości 1 mils



Grubości warstw stosu płytki 4-warstwowej [mm]

Końcowa grubość	Tolerancja	Prepreg 1-2	Rdzeń 2-3	Prepreg 3-4
0,4	±0,1	0,08	0,10	0,08
0,6	±0,1	0,14	0,13	0,14
0,8	±0,1	0,14	0,33	0,14
1,0	±0,1	0,24	0,33	0,24
1,2	±10%	0,24	0,53	0,24
1,6	±10%	0,31	0,73	0,31
2,0	±10%	0,24	1,33	0,24
2,5	±10%	0,24	1,83	0,24
3,0	±10%	0,31	2,13	0,31

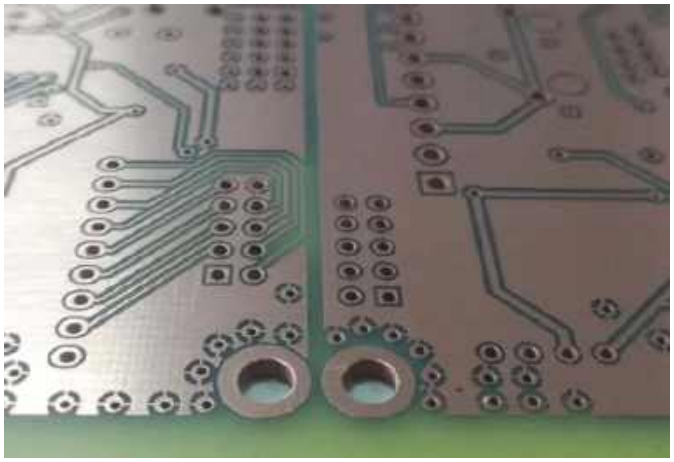
Rysunek 3. Typowy stackup czterowarstwowej płytki drukowanej dla różnych grubości końcowych [10]

lub przelotki o średnicy 0,1 mm), ale ich wykonanie może być niemożliwe. Co z tego, że między polami lutowniczymi rezystora 1206 przepchniemy 8 ścieżek, jak nikt potem tego nie będzie w stanie zrealizować.

W regułach DFM zawarty jest również stackup (nie znam dobrego polskiego odpowiednika tego słowa) płytki drukowanej [9]. Definiuje on grubości warstw i związaną z tym integralność sygnałową, głównie pod kątem przesłuchów i impedancji ścieżek. Tańsi producenci mają narzucony układ warstw dla płytek czterowarstwowych lub bardziej złożonych, ponieważ mają na stanie standardowe surowce – przykład można zobaczyć na **rysunku 3**. W bardziej zaawansowanych wytwórniach, co idzie też w parze z wyższą ceną, można wybrać własny stackup spośród dostępnych opcji, na przykład prepregi (przekładki między warstwami) o różnych grubościach. Ułatwia to prowadzenie linii mikropaskowych o różnych impedancjach lub zmniejszenie przesłuchów między warstwami poprzez zwiększenie dystansu między nimi. Grubość laminatu ma również wpływ na minimalną średnicę przelotek.

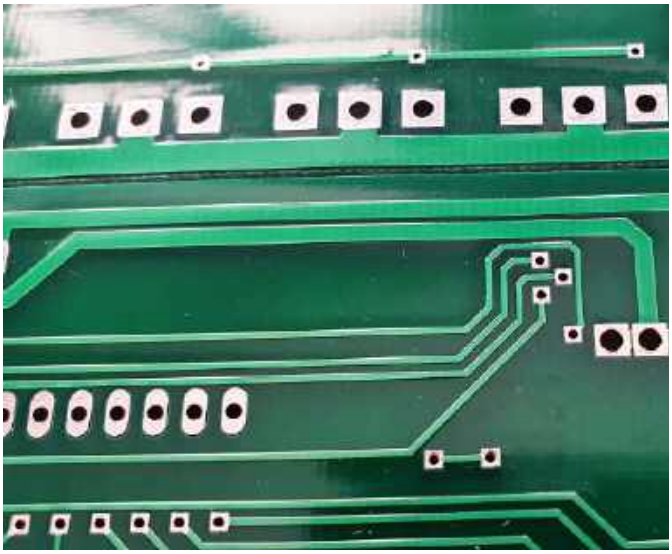
Przelotki i metalizacja

Skoro mowa o współczesnych płytkach, to warto poruszyć również wątek otworów w nich. W dawnych czasach metalizacja otworów była czymś dodatkowym, czymś ekstra ponad typowe wykonania. Dzisiaj jest to już taki standard, że nawet o niego nie pytamy,

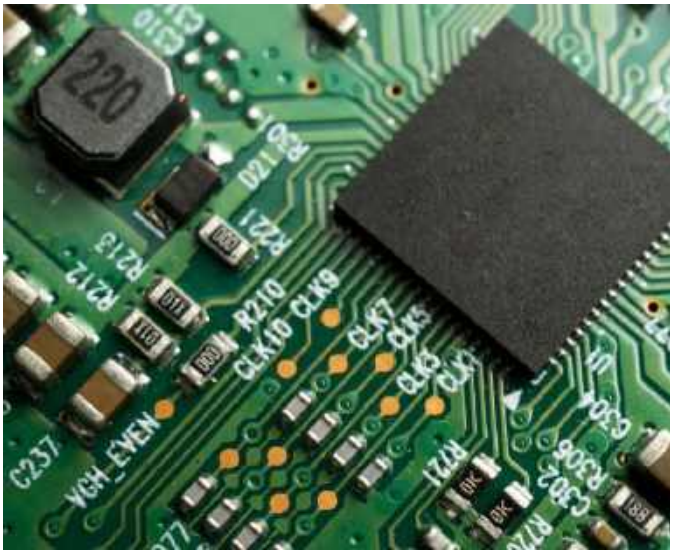


Fotografia 8. Płytka po metalizacji otworów [11]

eprasa.pl 934af8e026



Fotografia 9. Odsłonięte, cynowane przelotki



Fotografia 10. Punkty testowe w pobliżu układu scalonego [13]

w przypadku płytek wielowarstwowych oferowanie ich bez metalizacji byłoby nie do pomyślenia.

Uściślając: metalizacja to pokrycie wnętrza otworu metalem, najczęściej miedzią (jak na **fotografii 8**), często dodatkowo spoiwem lutowniczym. O tym, który otwór będzie miał metalizację, a który nie, decyduje projektant. Standardowo metalizację mają pola lutownicze elementów przewlekanych (THT) oraz przelotki. W tym miejscu warto dodać, że o ile przelotka jest otworem, z którym nic potem nie robimy (wszak łączy ona jedynie warstwy między sobą), to czasem na etapie prototypu przelotki są wdzięcznymi punktami testowymi lub przyjmującymi srebrzankę naprawiającą płytkę. To jednak oddzielny temat – w produkcji seryjnej nikt nie wykorzystuje przelotek w ten sposób.

Jeżeli chodzi o najbardziej typowe przelotki (przykład na **fotografii 9**), odsłonięte spod maski lutowniczej, to mam do nich małe zastrzeżenie, do którego doszedłem podczas wielu lat swojej aktywności zawodowej. Otóż podczas lutowania elementów THT na fali, co jest bardzo wygodne gdy elementy SMD montowane rozpływowo znajdują się na tej samej stronie co przewlekane, takie przelotki potrafią się zewrzeć. Są one ustawiane w różnych miejscach, często gęściej niż pola lutownicze THT, do czego mamy pełne prawo z punktu widzenia DFM. Potem jednak, w montażu na fali, zalewają się spoiwem i mogą się ze sobą zewrzeć. O ile ta pierwsza rzecz z reguły cieszy (jeżeli nie musimy kontrolować ich impedancji, lecz zależy nam na jak najniższej rezystancji), o tyle ta druga jest przyczyną wielu późniejszych problemów z uruchomieniem sporej części układów. Dlatego polecam przyjrzeć się temu, jak będzie prowadzony proces lutowania naszych pięknie zaprojektowanych płytek i zadbać o zasłonięcie przelotek maską lutowniczą już na etapie rysunku na komputerze.

Poza typowymi przelotkami, wierconymi, we współczesnych płytkach drukowanych mamy do czynienia również z mikroprzelotkami wykonywanymi laserem [12]. Przelotki o tak małej średnicy są przydatne w miejscach, w których mamy bardzo mało miejsca, czyli na przykład na płycie głównej telefonu komórkowego. Ponadto dają one lepszą kontrolę nad pozycjonowaniem otworu przelotki, co zmniejsza przesunięcie otworu względem środka pola miedzi.

Testowanie

Na koniec coś, co z reguły nie jest potrzebne dopóki wszystko działa – czyli testowanie gotowych płytek. W większości przypadków wystarczy wyjąć kilka płytek z paczki, obejrzeć pod światło, popatrzeć przez chwilę z zamyśloną miną i tyle, więcej nie jest potrzebne. Schody zaczynają się, kiedy zbliżamy się do granic ustalonych przez reguły DFM, czyli kiedy na płytce robi się naprawdę gęsto.

Przykład takich punktów znajduje się na **fotografii 10**. W produkcji wielkoseryjnej umożliwiają one nie tylko testowanie izolacji między ścieżkami, lecz również kontrolę napięć zasilających i programowanie mikrokontrolerów już po montażu. Co ważne, z reguły nie wyposaża się w nie wszystkich ścieżek na płytce, lecz tylko te najbardziej krytyczne, czyli właśnie linie programujące lub położone bardzo blisko siebie ścieżki linii różnicowych, które mogą mieć zwarcia. Umożliwia to znacznie szybsze testowanie gotowych egzemplarzy niż podpinanie każdego z nich do dedykowanych złączy.

Wbrew pozorom nie muszą mieć one formy ładnie wyodrębnionych, kolistych pól miedzi. Takimi polami testowymi równie dobrze mogą być wyeksponowane przelotki (o ile są odsłonięte spod maski lutowniczej) lub nawet pola lutownicze elementów przewlekanych, do których można podłączyć zacisk haczykowy. Ten sposób jest często używany w produkcji małoseryjnej, kiedy liczba sztuk nie jest potężna, ale jednak szkoda czasu na podłączanie (na przykład zacisków śrubowych dla pojedynczych przewodów) do każdej płytki z osobna.

Michał Kurzela, EP

Źródła:

[1] https://blog.epectec.com/choosing-the-right-pcb-laminate-material-for-your-circuit-board
[2] https://morepcb.com/flex-pcb-material/
[3] https://morepcb.com/pcb-substrate/
[4] https://www.rigiflex.com/products-services/rigid-flex-pcb/8-layer-rigid-flex-4-layer-flex-plated-hole-flex-rigid
[5] https://www.pcbjhy.com/pcb-fabrication-service/multilayer-aluminum-pcb/
[6] https://www.pcbway.com/pcb_prototype/Metal_core_PCBs.html
[7] https://morepcb.com/ceramic-pcb
[8] https://www.rogerscorp.com/advanced-electronics-solutions/ro4000-series-laminates
[9] https://tek.info.pl/article/1718/dfm_kluczowe_problemy_i_zasady
[10] https://www.pcbcart.com/pcb-capability/layer-stackup.html
[11] https://laskar.com.pl/bw_metalizacja.html
[12] https://elektronikab2b.pl/technika/55290-przelotki-na-plytkach-drukowanych-o-tym-warto-wiedziec
[13] https://www.ipcb.com/pcb-blog/9933.html

eprasa.pl 934af8e026

EURO CIRCUITS



Service in spotlight:

HDI pool

Printed Circuit Board Prototypes & Small Series
One-stop solution for PCB & PCBA

HDI pool

Eurocircuits' HDI Pool PCB manufacturing and assembly service enables designers to integrate microvias into their layouts for fine-pitch components,

It allows you to incorporate these components in your design withthe necessary track widths and microvias without making the whole design a high-density interconnect layout.

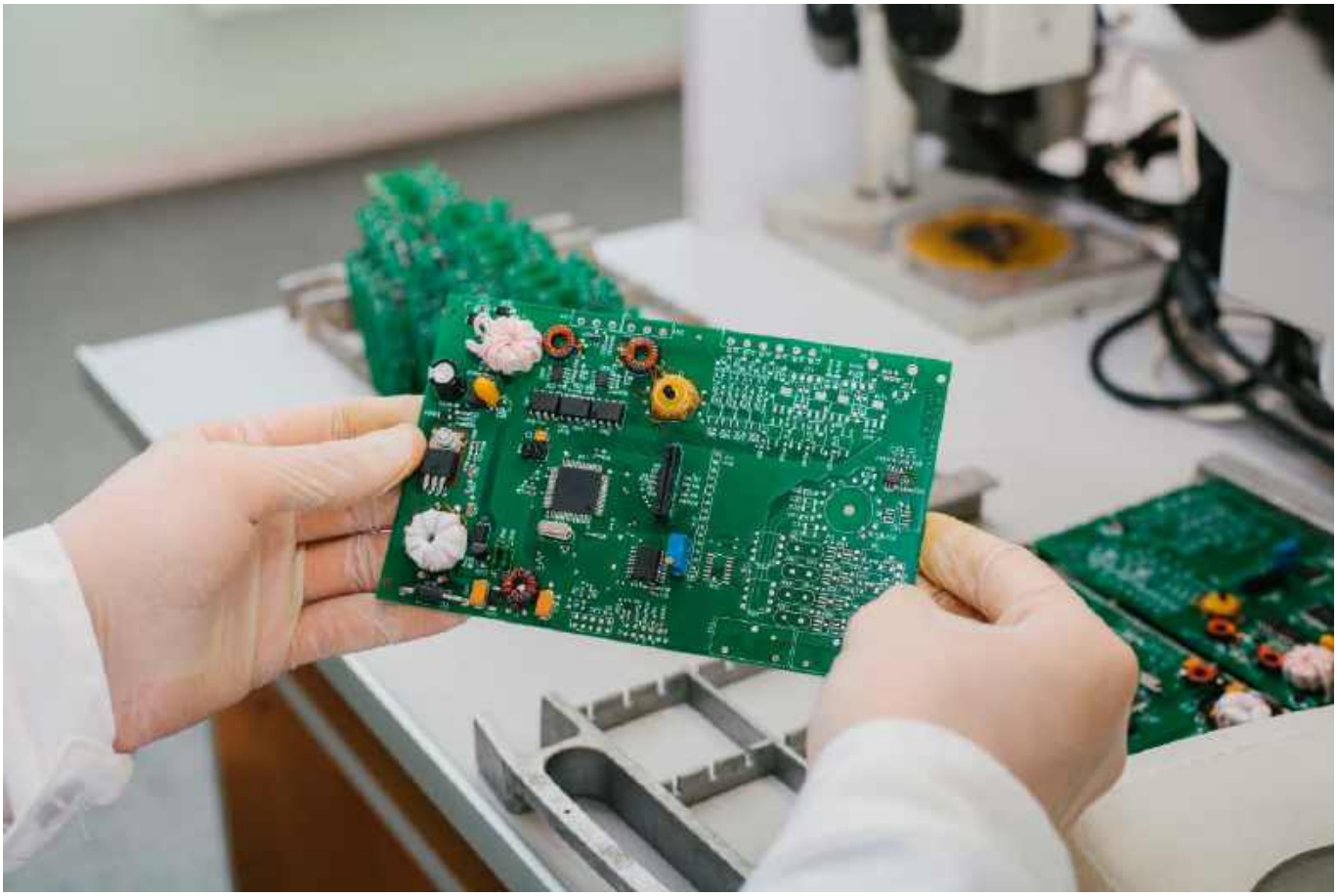
Other Services

PCB proto
STANDARD pool
DEFINED IMPEDANCE pool
RF pool
SEMI-FLEX pool
IMS pool

> Made in Europe
> Right First Time

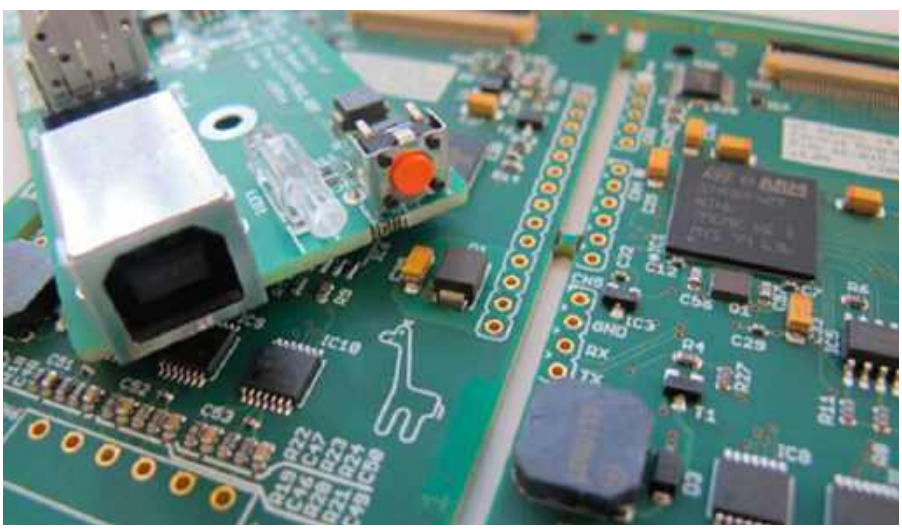
eurocircuits.com
an engineer's best friend

eprasa.pl 934af8e026



Błyskawiczna walidacja projektu PCB – przepis na zgodność z regułami DFM

Dynamika branży elektronicznej sprawia, że w rozwoju i produkcji urządzeń liczą się przede wszystkim czas i pewność działania. W artykule pokazujemy, w jaki sposób konstruktorzy płytek drukowanych mogą zminimalizować ryzyko błędów produkcyjnych już na etapie projektu, wykorzystując zaawansowane funkcje weryfikacji i optymalizacji dostępne w nowoczesnym narzędziu online udostępnionym przez firmę Eurocircuits.



Fotografia 1. Eurocircuits produkuje PCB w swoich europejskich fabrykach

Płytki drukowane (PCB) stanowią rdzeń każdego urządzenia elektronicznego. Niezależnie od tego, czy chodzi o sterowniki przemysłowe, zasilacze czy inteligentne czujniki, gdy pojawiają się problemy z jakością PCB, cały produkt jest zagrożony. Dlatego projektowanie z myślą o możliwości wysokiej jakości produkcji jest tak ważne, szczególnie w prototypowaniu, gdzie czasu zawsze jest niewiele, a każda decyzja ma duży wpływ na efekt końcowy.

Wielu projektantów doskonale wie o takich zależnościach. W praktyce rozdźwięk między projektowaniem a produkcją może być jednak duży, gdyż dotyczy często sprzecznych kompetencji różnych działów i osób. Aby zminimalizować ryzyko potencjalnych problemów, firma Eurocircuits, która od ponad 30 lat skupia się na produkcji prototypów i małych serii, przygotowała specjalne narzędzie online o nazwie Visualizer, które jest nieocenioną pomocą w codziennej pracy firm elektronicznych.

Jego powstanie wynika z potrzeby odpowiedzi na pytanie: „Co najbardziej

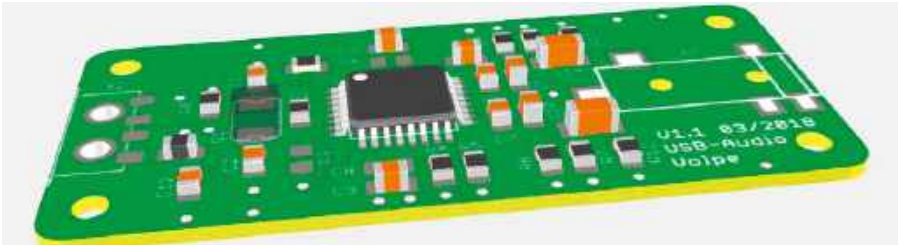
eprasa.pl 934af8e026

W skrócie

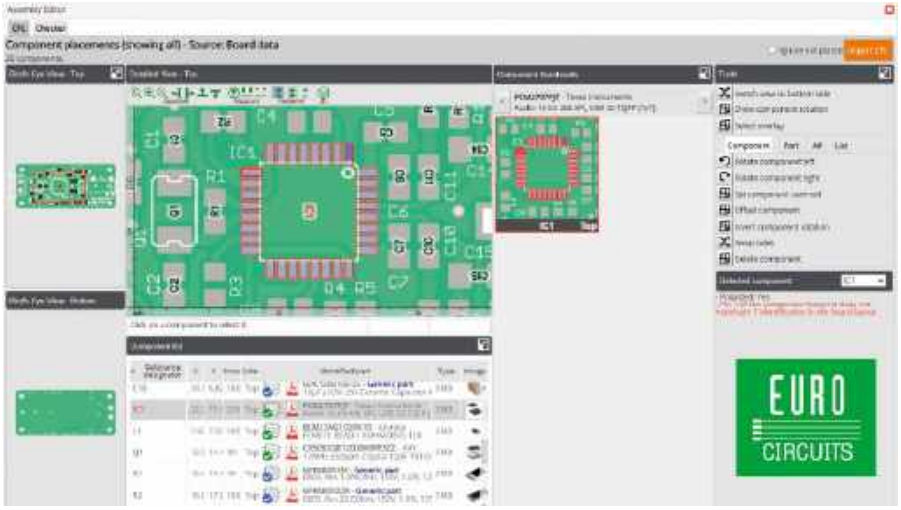
- Visualizer firmy Eurocircuits to zestaw bezpłatnych narzędzi do kontroli i optymalizacji projektów układów elektronicznych przed produkcją,
- dostępny zestaw reguł projektowania i stosów PCB pozwala uniknąć błędów i w konsekwencji opóźnień w realizacji,
- narzędzie PCB Checker sygnalizuje problemy i umożliwia wprowadzanie poprawek,
- przesłanie do analizy plików BOM i CPL umożliwia wczesną walidację danych komponentów w celu dalszego bezproblemowego montażu,
- Eurocircuits produkuje i montuje płytki PCB w Europie, zapewniając pełną zgodność procesów,
- mniej niespodzianek i lepsze prototypy to szybszy rozwój.



Rysunek 1. Edytor Buildup to inteligentne narzędzie zawarte w Visualizerze, które zawiera wszystkie opcje produkcyjne i proponuje wskazówki dla najlepszej opłacalności



Rysunek 2. Visualizer prezentuje PCB/PCBA zgodnie z mottem „dostajesz to, co widzisz"



Rysunek 3. Narzędzie Visualizer Tool Assembly Checker rozpoznaje komponenty o odwrotnej polaryzacji; w tym przypadku błędna jest pozycja pinu nr 1

pomogłoby inżynierom w ich codziennej pracy?". W efekcie przemyśleń powstał darmowy zestaw narzędzi online, który pomaga projektantom PCB i twórcom elektroniki sprawdzać swoje dane projektowe przed wysłaniem czegokolwiek do produkcji. Z poziomu konta klienta w firmie Eurocircuits można przesłać pliki projektowe PCB do kontroli i otrzymać natychmiastową informację zwrotną, czy badany projekt spełnia standardowe zasady produkcji, czy kompozycja warstw obwodu ma sens i czy dane komponentów pasują do mozaiki PCB.

W naszych działaniach idziemy jeszcze dalej i bazując na swoich doświadczeniach sugerujemy, aby projektanci załadowali przygotowane przez nas reguły projektowania do własnego oprogramowania CAD i zdefiniowali strukturę wielowarstwową za pomocą wstępnie przygotowanych i przetestowanych build-upów. Można uzyskać do nich dostęp za pośrednictwem Visualizera i są one dostosowane do rzeczywistych procesów produkcyjnych. Takie podejście oszczędza czas, zapobiega błędom i stanowi podstawę niezawodnego projektu.

Dla skończonego projektu PCB narzędzie PCB Checker zapewnia informację zwrotną na temat naruszeń zasad projektowych, takich jak zbyt wąskie ścieżki lub niewystarczające odstępy, podświetlając każdy znaleziony problem w mozaice połączeń i pomagając w dokonywaniu korekt – bez konieczności zgadywania ani czekania na komentarze z produkcji.

W przypadku projektów, których działanie zależy od precyzyjnych zależności czasowych, takich jak aplikacje komunikacyjne o dużej prędkości lub układy RF, reguły „Defined Impedance" stanowią praktyczne rozwiązanie do konfigurowania płytek PCB pod kątem integralności sygnałowej bez konieczności prowadzenia prób i usuwania potencjalnych błędów. Gotowe do użycia stosy i wskazówki pomagają zapewnić integralność sygnału od samego początku pracy.

Ponieważ projekt mozaiki, pady i ich komponenty muszą być ze sobą zgodne, inżynierowie mogą przesłać BOM (wykaz elementów) i CPL (listę rozmieszczenia komponentów), aby sprawdzić, czy dane montażowe są kompletne i spójne. Oznacza to brak niespodzianek później, gdy naprawdę liczy się czas.

Na koniec warto dodać, że ponieważ produkujemy i montujemy PCB w Europie, projektanci korzystają z zamkniętego łańcucha procesów: od sprawdzenia układu do gotowego, zmontowanego prototypu. Nie chodzi o to, aby kogokolwiek ograniczać, raczej o usunięcie niepewności i zapewnienie lokalnej, europejskiej odpowiedzialności. Gdy układ, BOM i montaż pasują technologicznie do siebie, prototypy działają zgodnie z przeznaczeniem, a rozwój produktu postępuje znacznie szybciej.

Ostatecznie chodzi o to, aby projektanci mogli robić to, co potrafią najlepiej – wprowadzać innowacje. A do tego potrzebują narzędzi i partnera, który pomoże wykonać projekt dobrze już za pierwszym razem.

Eurocircuits
www.eurocircuits.com

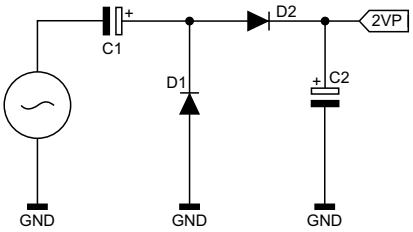
eprasa.pl 934af8e026

Użyteczne powielacze napięcia

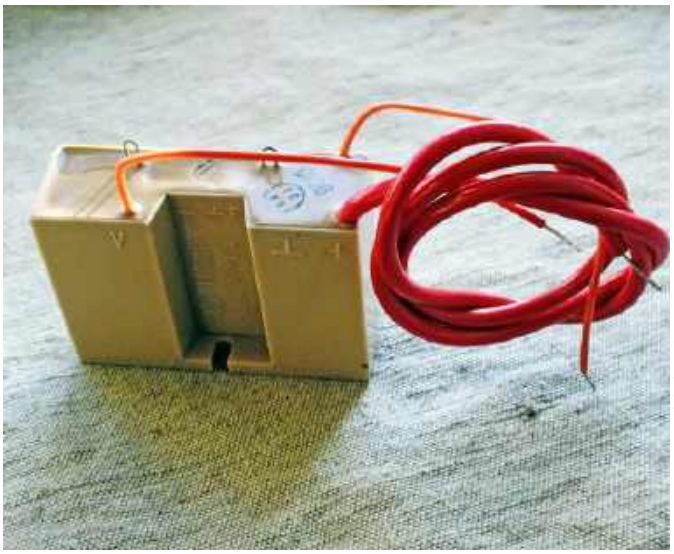
W praktyce konstruktora zdarza się, że potrzebne jest napięcie wyższe od tego, które można znaleźć w danym układzie. Zastosowania podwyższonego napięcia są różne, lecz najczęściej chodzi o prawidłowe zasilenie jakiegoś niewielkiego bloku analogowego lub pamięci podczas jej programowania. W jaki sposób można je uzyskać inaczej niż przy użyciu przetwornicy impulsowej?

Przykład, całkiem zresztą „świeży”: urządzenie było zasilane napięciem 5 V, pochodzącym z zewnętrznego zasilacza stabilizowanego. Liniowego, bo w tej konkretnej aplikacji bardzo zależało mi na możliwie niskim poziomie emitowanych zakłóceń elektromagnetycznych. Traf chciał, że potrzebowałem wzmacniacza napięciowego do wzmocnienia sygnału z czujnika. Aby jednak ten wzmacniacz mógł poprawnie pracować z sygnałem wyjściowym o wartości do 5 V, trzeba go było zasilić napięciem o przynajmniej 3 V wyższym, czyli około 8 V. Wzmacniacze rail-to-rail słabo spisują się przy napięciu wyjściowym bliskim potencjałowi dodatniej szyny zasilania, wolałem więc dać pewien margines dla poprawnej (liniowej) pracy jego stopnia wyjściowego. A do dyspozycji było tylko 5 V. Cytując klasyka: nie mamy pańskiego płaszcza i co nam pan zrobi?

Można użyć przetwornicy impulsowej typu boost i nie zastanawiać się nad tym więcej. Tyle że ten układ miał być „elektromagnetycznie cichy”. Owszem, można dobrać dobry dławik, można popracować nad częstotliwością kluczowania, można również wsadzić to wszystko w ekran z porządnej stali – ale tutaj uznałem, że nie ma takiej potrzeby. Powiem więcej, moje potrzeby całkowicie zaspokoił zwykły powielacz napięcia – całkiem użyteczny układ, znany m.in. ze sprzętu RTV pochodzącego z byłej NRD.

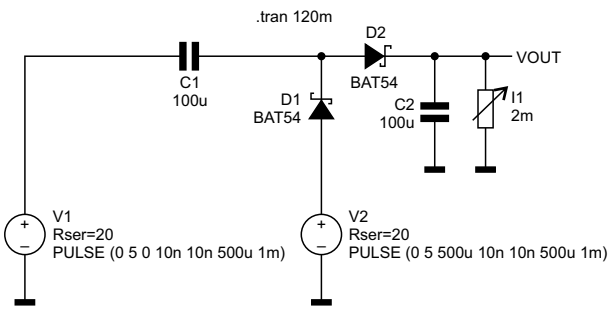


Rysunek 1. Najprostszy podwajacz napięcia

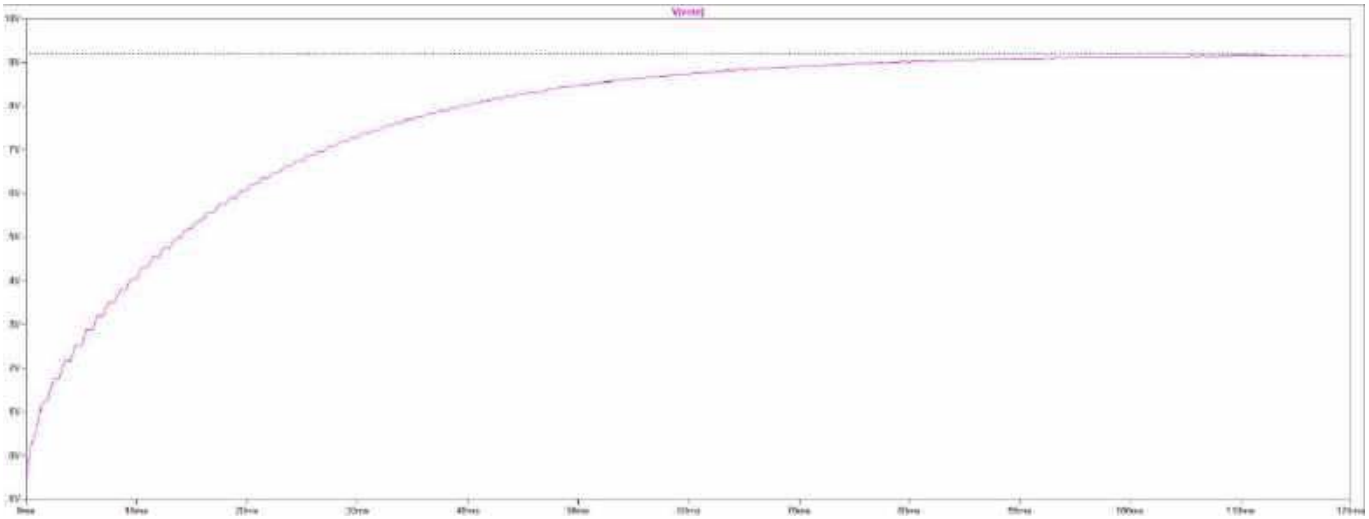


Fot. Автортво: Andshel. Собственная работа, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40266993

Na **rysunku 1** zamieściłem schemat podwajacza napięcia w jego klasycznej wersji. Dwie diody półprzewodnikowe, dwa kondensatory i źródło napięcia przemiennego. W teoretycznym uproszczeniu na wyjściu powinniśmy uzyskać napięcie stałe o wartości równej podwojonej wartości szczytowej napięcia wejściowego. Uwzględniając nieco praktyki, trzeba jednak odjąć sumę spadków napięcia na diodach oraz opór wewnętrzny takiego zasilacza. Zaletą układu jest to, że masy napięć wyjściowego i wejściowego są wspólne, czego nie można powiedzieć o np. mostku Graetza.

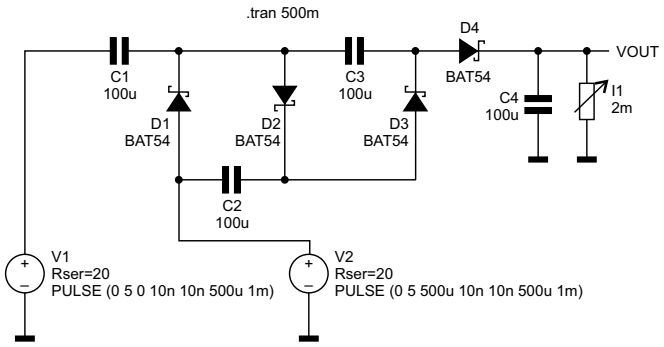


Rysunek 2. Podwajacz napięcia przystosowany do pracy z mikrokontrolerem



Rysunek 3. Przebieg napięcia wyjściowego podwajacza z rysunku 2 w funkcji czasu

eprasa.pl 934af8e026



Rysunek 4. Schemat symulacyjny czterostopniowego powielacza napięcia

W tym urządzeniu nie miałem jednak do dyspozycji sinusoidalnego napięcia przemiennego, toteż musiałem zrealizować całość nieco inaczej. Mikrokontroler, który i tak znalazł się w tym urządzeniu, z łatwością może wygenerować unipolarny przebieg prostokątny o amplitudzie 5 V, wypełnieniu 50% i niemal dowolnej częstotliwości. Jednak do pracy podwajacza potrzebny jest sygnał bipolarny, czyli o polaryzacji dodatniej i ujemnej względem masy. Nie ma tutaj takiego przebiegu, ale można klasyczny podwajacz odpowiednio oszukać. Gdyby tego nie zrobić, ów „kanoniczny" układ w ogóle by nie zadziałał.

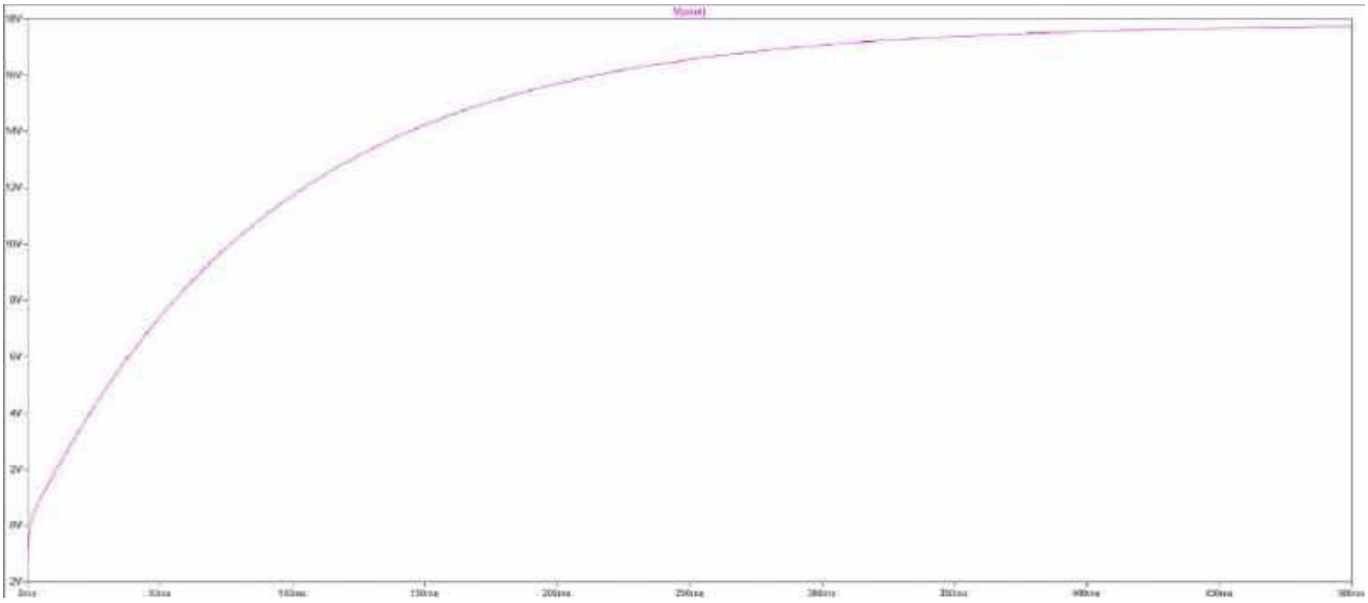
Przykładową ideę obrazuje schemat z **rysunku 2**. Jedno wyprowadzenie mikrokontrolera klasycznie zasila wejście podwajacza, zaś drugie – pracujące w przeciwfazie – zasila anodę diody D1. Dzięki temu rozwiązaniu, kondensator C1 i dioda D1 „widzą" sygnał bipolarny – wprawdzie prostokątny, a nie sinusoidalny, ale nie ma to znaczenia. Do symulacji użyłem kondensatorów o pojemności 100 µF, modeli popularnych diod Schottky'ego typu BAT54 (zależało mi na niskim napięciu przewodzenia) oraz dodałem rezystancję szeregową wyjść mikrokontrolera rzędu 20 Ω. Wyjście podwajacza zostało obciążone źródłem prądowym pobierającym prąd o natężeniu 2 mA – mniej więcej tyle pobiera niewielki wzmacniacz operacyjny. Czas symulacji jest równy 120 ms. Częstotliwość sygnałów prostokątnych zasilających symulowany podwajacz wynosi 1 kHz, a ich wypełnienie 50%. Do obliczeń użyłem programu LTspice.

Efekty okazały się wyśmienite, co obrazuje przebieg znajdujący się na **rysunku 3**. Napięcie wyjściowe narasta płynnie, by po około 100 ms ustalić się na wartości nieznacznie przekraczającej 9 V. To bardzo dobry rezultat, gdyż pozwala na dodanie filtru RC redukującego amplitudę napięcia tętnień, mamy wszak 1 V zapasu względem oczekiwań projektowych. Tym bardziej, że uzyskanie zanegowanego sygnału PWM jest proste – wystarczy bufor odwracający lub nawet odpowiedni mikrokontroler, który sprzętowo wspiera generowanie sygnałów w fazie oraz w przeciwfazie.

Załóżmy jednak, że potrzebujemy napięcia znacznie wyższego, na przykład 20 V (lub nieco mniej) do wysterowania bramki tranzystora IGBT lub MOSFET, mając na pokładzie jedynie 5 V. Wtedy może okazać się przydatny powielacz czterostopniowy, zbudowany analogicznie do podwajacza z rysunku 2, a którego kompletny schemat symulacyjny znajduje się na **rysunku 4**. Przy prądzie obciążenia równym 2 mA, na wyjściu tego układu ustaliło się napięcie zbliżone do 18 V, czyli idealne do sterowania większością dostępnych na rynku tranzystorów – **rysunek 5**.

W ten oto sposób można łatwym i niedrogim sposobem uzyskiwać napięcie wyższe od zasilającego, przy niewielkiej wydajności prądowej, niekoniecznie zaprzęgając do pracy przetwornice impulsowe. Ich poprawne zaprojektowanie jest bardziej wymagające od prostego powielacza, pracującego z częstotliwością setek herców czy pojedynczych kiloherców.

Michał Kurzela, EP



Rysunek 5. Przebieg napięcia wyjściowego powielacza z rysunku 4 w funkcji czasu

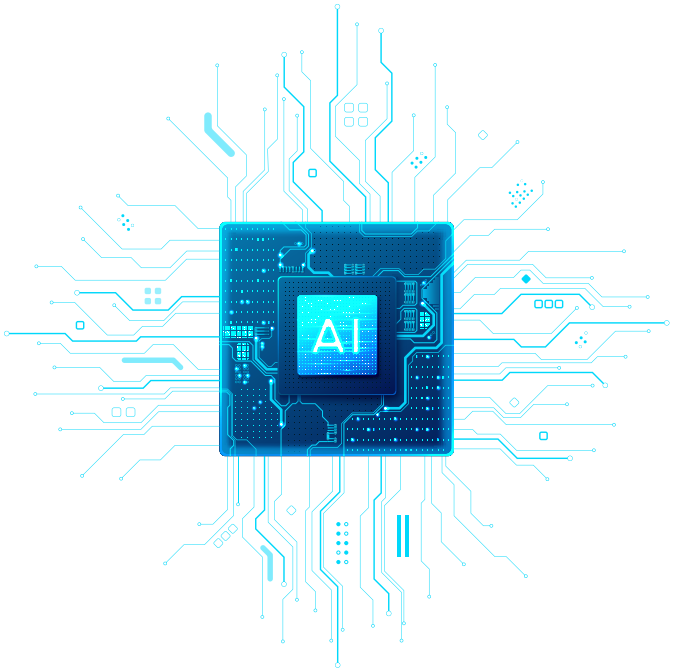
REKLAMA

facebook.com/ElektronikaPraktyczna

eprasa.pl 934af8e026

Sztuczna inteligencja i przyszłość elektroniki (oraz całego świata)

Od kilku lat trwa wielki boom w branży AI, a nowe start-upy pojawiają się jak grzyby po deszczu. Z jednej strony marketingowcy obiecują nam przyszłość rodem z powieści S-F, z drugiej naukowcy i filozofowie straszą nas niepewną przyszłością, również rodem z dzieł science-fiction. Z jednej strony optymizm i R. Daneel Olivaw, z drugiej zaś lęk o przyszłość i Skynet.



Sztuczna inteligencja ogólnego stosowania to marzenie liczące 79 lat, powstałe za sprawą opowiadania „A Logic Named Joe" Murraya Leinstera z 1946 roku. Opowiadanie to przewidziało powszechną komputeryzację, Internet, blokadę rodzicielską (obwody cenzorskie), wideorozmowy, bankowość online, przechowywanie informacji w chmurze, i właśnie sztuczną inteligencję, wszystko oczywiście oparte na przekaźnikach i obwodach logicznych. Co ciekawe, opisane w opowiadaniu rozwiązanie jest bardzo podobne do zasady działania SI: Joe udzielał perfekcyjnych odpowiedzi na zadane pytania łącząc wszystkie dostępne fakty w nowe, ekscytujące kombinacje, pozwalające rozwiązać takie problemy, jak niewykrywalny sposób na pozbycie się żony, środek na natychmiastowe wytrzeźwienie, maszynkę do drukowania fałszywych pieniędzy, którą może zbudować dziecko czy kilkadziesiąt różnych planów napadu na bank. Opowiadanie można odnaleźć w Internecie, w oryginale – nie udało mi się znaleźć tłumaczenia na język polski. Tylko co to ma wspólnego z rozważaniami na temat AI w dzisiejszym świecie? Joe w opowiadaniu udziela odpowiedzi na każde pytanie, od każdego użytkownika. Odpowiedzi prawdziwej, logicznej i zrozumiałej. I robi to tylko po to, by realizować cel swojego istnienia: służenie człowiekowi. Spójrzmy na ChatGPT, Gemini, Grok czy Meta AI – robią dokładnie to samo. Służą ludzkości i to jest ich cel. W przeciwieństwie jednak do Joego, nie są w stu procentach logiczne, ani prawdomówne, o czym niejeden Czytelnik się przekonał. Nie do końca sprawne systemy AI zostaną z nami na dłużej – za dużo pieniędzy w to włożono i za dobrze sobie radzą, by zniknęły. Nawet jeśli czasem cierpią na urojenia.

Sztuczna, ale czy inteligencja?

Czy ChatGPT jest inteligentny? Moim zdaniem nie. Moim zdaniem te systemy są zwyczajnie sprytne. Same terminy „sztuczna inteligencja", czy „inteligencja" są od dekad nadużywane przez działy marketingu. W latach 90. XX wieku reklamowana była „inteligentna" pralka, czyli zdolna zważyć pranie i dobrać ilość wody do pojemności. No i miała timer pozwalający nastawić pranie przed wyjściem do pracy, by się skończyło tuż przed powrotem do domu. Taką „inteligencję" zrealizuje początkujący elektronik z Arduino i kilkoma modułami z Chin. Na początku XXI wieku próbowano sprzedawać inteligentne lodówki, które po podaniu, co się wsadziło do środka, potrafiły wygenerować listę przepisów kulinarnych wymagających minimum zakupów. Inteligentna szczoteczka do zębów skrobie nasze zęby różnymi szczecinami, mierząc siłę nacisku wywieraną przez użytkownika. Inteligentna szczoteczka elektryczna potrafi odmierzyć 4×30 sekund i mierzyć napięcie akumulatora. Modele Braun Oral-B używają do tego mikrokontrolera 4-bitowego, a ich cała inteligencja siedzi w głowie inżyniera, który napisał program. Słowo „inteligencja" w jego wszystkich odmianach zostało całkowicie spauperyzowane przez marketingowców, a najprostsze produkty nie potrzebują nawet inteligencji inżynierów – stąd inteligentne proszki do prania czy kostki do zmywarek. Same zmywarki to urządzenia bardziej prymitywne, niż pralki automatyczne. Chyba jedyne urządzenia AGD, o których można powiedzieć, że są sprytne (ale nie inteligentne), to autonomiczne kosiarki i roboty sprzątające. Ich spryt opiera się na użyciu czujników otoczenia i pamięci pokonanej trasy do udawania inteligencji. I to nie muszą być jakieś wyjątkowo zaawansowane czujniki, jak LIDARy – mój tani robot sprzątający ma dwa czujniki zderzenia oparte o przełączniki i duże kawałki plastiku, fotodiody do wykrywania bariery ograniczającej obszar roboczy i kółka na zawiasie do wykrywania krawędzi schodów, by z nich nie zjechać. Resztę robi sprytny algorytm inteligentnego programisty.

Czym zatem jest inteligencja? Naukowcy definiują inteligencję jako zdolność do postrzegania otoczenia, analizy, uczenia się i rozwiązywania problemów. Niektóre zwierzęta (w tym człowiek) posługują się narzędziami lub zmieniają swoje otoczenie by je dostosować do swoich potrzeb. Ale czy algorytmy używane przez Gemini czy ChatGPT są inteligentne? Potrafią analizować informacje wejściowe i rozwiązywać problemy. Algorytmy te są uczone na ogromnych zbiorach danych. Doświadczenie jednak pokazuje, że – choć niezwykle sprytne – niczego nie tworzą, jedynie odtwarzają to, co mają w swoich bazach danych. Różne gatunki ptaków potrafią zapamiętać i odtwarzać dźwięki wytwarzane przez ludzi czy inne zwierzęta, lecz to nie jest jeszcze przejaw inteligencji. Mimetyzm akustyczny papug służy tworzeniu więzi w obrębie stada, a papugi żyjące w bliskości z ludźmi traktują ich jak część swojego „stada", stąd to naśladownictwo. Niektóre eksperymenty, szczególnie z papugą żako o imieniu Alex wykazały, że ptaki te przejawiają zachowania inteligentne, rozpoznając kolory czy kształty. Algorytmy AI też potrafią rozpoznawać kształty i kolory. Ba, potrafią rozpoznawać o wiele więcej. Mimo to ChatGPT, Gemini i inne systemy tego typu nie są inteligentne tak, jak organizmy biologiczne. Ich inteligencja jest funkcjonalna i algorytmiczna, oparta na rozpoznawaniu

eprasa.pl 934af8e026

wzorców i programowym generowaniu nowych wzorców podobnych do już zanalizowanych. Dlatego to są sprytne programy, ale na pewno nie inteligentne. Stąd też ich omylność – algorytmy i wzorce średnio pasują do nielogiczności języków naturalnych. Mimo to programy te stały się permanentną częścią naszej rzeczywistości, podobnie jak wiele innych, bardziej specjalizowanych narzędzi opartych o samouczące się algorytmy i sieci neuronowe. Większość ludzi nie zdaje sobie sprawy, że to nie pierwszy raz, gdy stworzyliśmy tak sprytne algorytmy.

Perceptrony, Lisp i „chińskie pokoje”.

Na początku drogi, która zawiodła nas do obecnych algorytmów AI, był teoretyczny model neuronu neurofizjologa Warrena McCullocha i matematyka Waltera Pittsa, stworzony w 1943 roku. W 1949 roku psycholog Donald Hebb zaproponował zasadę, wg której – gdy dwa sąsiednie neurony są aktywne – połączenie między nimi wzmacnia się. Ta reguła została potem wykorzystana w perceptronie stworzonym przez psychologa Franka Rosenblatta w 1957 roku. Perceptron symulował pracę prawdziwej sieci neuronów na drodze elektronicznej – jeśli suma sygnałów na wejściach pojedynczego neuronu przekroczyła pewną wartość, ten się aktywował dając sygnał na wyjściu. Sygnały wejściowe mają różne „wagi”, co powoduje, że tylko określona kombinacja sygnałów aktywuje jeden, konkretny neuron, nawet jak dzieli on większość z nich z innym neuronem. Pierwszy perceptron zawierał 400 wejść w formie matrycy fotokomórek w układzie 20×20 oraz pojedynczej warstwy 512 neuronów realizujących sumowanie ważone. „Wagi” były w formie 500 potencjometrów, które były regulowane silnikami elektrycznymi sterowanymi przez sieć. Mimo prostoty perceptron ten był w stanie rozpoznawać proste kształty, jak litery alfabetu. Początkowe rezultaty napełniły naukowców dużym optymizmem, do tego stopnia, iż obiecywano rozumienie języka naturalnego w kilka lat, a intelekt dorównujący ludzkiemu w ciągu dekady. Te obietnice nie były oczywiście możliwe do spełnienia przy ówczesnym poziomie rozwoju komputerów. Dodatkowo w 1969 roku Marvin Minsky i Seymour Papert w swojej publikacji „Perceptrons” udowodnili, iż te proste sieci nie są w stanie rozwiązać nawet prostych problemów, jak realizacja funkcji XOR. Dopiero w latach 80. XX wieku nastąpił powrót do idei sieci neuronowych, tym razem jednak wielowarstwowych, które uczyły się dzięki zastosowaniu algorytmu wstecznej propagacji błędu.

Równolegle z sieciami neuronowymi pracowano nad innym rozwiązaniem: sztuczną inteligencją symboliczną. W tym wypadku nie rozważano pracy mózgu na poziomie sieci neuronowej i nie próbowano na drodze elektronicznej odtworzyć tego, co biologia dopracowywała przez setki milionów lat. Zamiast tego rozważano mózg jako maszynę, która przechowuje symbole, czyli abstrakcyjne nośniki informacji i manipuluje nimi za pomocą zbioru reguł, które powstają w procesie uczenia się. Dla przykładu symbolami mogą być litery i ich zbiory z przypisanymi do nich znaczeniami semantycznymi, a regułami gramatyka, ortografia i fonetyka danego języka. Tworzenie sztucznej inteligencji tego typu ma jedną, wielką zaletę nad symulowaniem sieci neuronowej: wymagania sprzętowe są dużo mniejsze. „Inteligentny” program składa się z mechanizmu przetwarzania danych wejściowych na symbole i algorytmu, który na bazie otrzymanych symboli wybiera nowe symbole ze swojego zasobu wiedzy, po czym składa je w odpowiedzi używając odwrotności pierwszego mechanizmu. Koszt obliczeniowy jest niski, gdyż konwersję „załatwi” lista asocjacyjna, a generowanie odpowiedzi – kombinacja list asocjacyjnych i maszyn stanów skończonych czy długich, rekursywnych sekwencji instrukcji warunkowych IF-THEN lub SWITCH-CASE. Mając wystarczająco dużą bazę list asocjacyjnych i dostatecznie rozbudowany zbiór algorytmów i reguł nimi manipulujących możemy stworzyć całkiem udaną symulację stanów i procesów kognitywnych. Ten kierunek rozważań przyczynił się do powstania dedykowanych języków programowania zoptymalizowanych do manipulacji symbolami. Jednym z tych języków jest Lisp, opracowany przez Johna McCarthy’ego w 1958 roku na uczelni MIT, a swój projekt przedstawił w artykule pod tytułem „Recursive Functions of Symbolic Expressions and Their Computation by Machine, Part I” (Rekursywne funkcje wyrażeń symbolicznych i ich maszynowe obliczanie, część 1; części 2 nigdy nie opublikowano). Pierwsze implementacje języka Lisp i podobnych języków stworzonych z myślą o budowie sztucznej inteligencji symbolicznej, a także eksperymenty z bardziej tradycyjnymi językami programowania, dały wiele obiecujących programów zdolnych na przykład do rozbioru zdania na czynniki pierwsze, identyfikacji poszczególnych symboli i generowania odpowiedzi. Programy takie potrafiły odpowiadać na pytania w rodzaju „Ile to jest dwa dodać dwa?”, co robiło wrażenie w latach 60. ubiegłego wieku. Pod koniec lat 70. powstawały już bardziej złożone programy, które mogły rozwiązywać matematyczne zadania opisowe albo, po otrzymaniu krótkiej historii, udzielić odpowiedzi na towarzyszące jej pytania. Tworzenie programów używających języka symbolicznego na komputerach zoptymalizowanych do bardziej liniowych języków w stylu assemblera bądź podobnych do Fortrana, wymagało coraz więcej pamięci na przechowywanie list i czasu procesora na ich przetwarzanie.

Tworzenie coraz bardziej zaawansowanych programów doprowadziło do powstania dedykowanych rozwiązań sprzętowych. Maszyny Lispowe (*Lisp Machines*) oferowały sprzętową architekturę wspierającą wysokopoziomowe funkcje języka Lisp, a ich całe oprogramowanie było zbudowane w tym właśnie języku.

W 1973 roku dwaj programiści pracujący w laboratorium sztucznej inteligencji MIT (AI Lab), Richard Greenblatt i Thomas Knight, zaczęli budować sprzętowe „akceleratory” do realizowania pewnych operacji języka Lisp, zamiast użycia przetwarzania programowego. Projekt *Lisp Machine*, poza sprzętową akceleracją operacji, dodawał też funkcję automatycznego zwalniania pamięci użytej przez program. Język Lisp bowiem deklaruje zmienne w trakcie wykonywania, a nie na etapie kompilacji – implementacja ta powodowała, iż prosta operacja dodawania dwóch zmiennych w Lisp wymagała nawet pięć razy więcej cykli pracy, niż w innych językach. Ta pierwsza maszyna Lispowa potrafiła też wykonywać pewne operacje równolegle, jeśli równoległe testy warunkowe dawały wynik negatywny, program mógł przeliczyć całą sekcję programu ponownie. W efekcie wiele programów wykonywało się kilka razy szybciej, niż na normalnym komputerze. W późnych latach 70. powstała firma Symbolics, która zaczęła produkować pierwsze, komercyjne maszyny Lispowe, niezależnie od MIT. Inne firmy i uczelnie w różnych krajach również pracowały nad własnymi projektami sprzętowymi opartymi na języku Lisp. Maszyny Lispowe były wyjątkowo przyjazne programistom tego języka, tworzenie nawet złożonych projektów i debugowanie nie tylko nich, ale też systemu operacyjnego (napisanego oczywiście w Lisp) doprowadziły do komercyjnego sukcesu tych komputerów, mimo ich wysokiej ceny i dość specyficznej grupy docelowej – były bowiem przeznaczone do pracy nad AI. Rozwój komputerów osobistych oraz coraz niższe ceny wydajnych procesorów i pamięci sprawiły, że pod koniec lat 80. inwestowanie w dedykowany sprzęt nie miało wielkiego sensu. Lata 80. i początek lat 90. to okres optymizmu odnośnie AI opartego na symbolach – tworzono tzw. „systemy eksperckie”, czyli wysoce wyspecjalizowane programy doradcze, które rozwiązywały problemy w bardzo wąskich dziedzinach. W jednym z programów naukowych BBC z początku lat 90. widziałem, jak prowadzący go człowiek użył programu do diagnostyki problemów dermatologicznych. Podał rocznik i opis problemu: brązowawe wypryski. Program stwierdził, że na podstawie wieku pacjenta i objawów to najprawdopodobniej ospa wietrzna. Problem w tym, iż prowadzący podał dane swojego samochodu. Dlaczego zatem nie jesteśmy otoczeni takimi systemami, pomijając kwestię kompetencji użytkownika?

eprasa.pl 934af8e026

Dość szybko okazało się, że nawet jeśli tworzy się system ekspercki używając wiedzy prawdziwych ekspertów, to pewne fakty i intuicja ekspertów nie dają się uchwycić algorytmicznie, gdyż sam ekspert nie potrafi wytłumaczyć intuicji.

W roku 1980 John Searle opublikował bardzo istotną pracę pod tytułem „Minds, brains and programs" („Umysły, mózgi i programy"). W pracy tej rozważał, czym jest sztuczna inteligencja oraz czy programy manipulujące symbolami symulują procesy kognitywne, czy też faktycznie „rozumieją, co robią". John Searle rozpoczyna swoją pracę od definicji słabej (ostrożnej) SI i mocnej SI. W przypadku słabej SI komputer jest potężnym narzędziem, za pomocą którego można symulować z dużą dokładnością procesy myślowe i testować różne hipotezy związane z naturą mózgu, rozumowania i zjawisk psychologicznych. Dla wspierających tezę mocnej SI odpowiednio zaprogramowany komputer jest nie tyle narzędziem symulacyjnym, lecz czymś więcej. Według tych naukowców i filozofów tworząc wystarczająco złożony program z wystarczająco dużym zasobem symboli, list asocjacyjnych i reguł ich łączenia, otrzymamy nie tyle narzędzie do studiowania działania umysłów, niejako nowy umysł. Odpowiednio zaprogramowany komputer wg tej tezy nie tylko „rozumie" to, co przetwarza, ale też wykazuje inne stany kognitywne. Jak widać, koniec lat 70. był pełen optymizmu, jeśli idzie o prace nad sztuczną inteligencją.

Reszta pracy Searle'a skupia się na obaleniu tezy silnej SI. W tym celu autor proponuje eksperyment myślowy zwany „chińskim pokojem". Załóżmy, że zamkniemy kogoś w pokoju, który posiada duży zbiór szuflad, w każdej fiszki, a na każdej fiszce jeden symbol z języka chińskiego. Człowiek zamknięty w tym pokoju nie zna języka chińskiego. Zamiast tego ma dużą księgę, która zawiera zbiór reguł typu „Jeśli otrzymasz taki symbol, to weź symbol X z fiszki Y w szufladzie Z oraz symbol A z fiszki B w szufladzie C, zapisz je obok siebie i przekaż na zewnątrz". Kartki z symbolami są wsuwane pod drzwiami do tego pokoju, a człowiek wykonuje instrukcje i tą samą drogą oddaje kartki z symbolami skopiowanymi z fiszek. W ten sposób znajdujący się na zewnątrz pokoju Chińczyk prowadzi inteligentną rozmowę myśląc, że w środku znajduje się drugi Chińczyk, podczas gdy osoba zamknięta w pokoju w ogóle nie rozumie tego, co robi, a jedynie przestrzega zapisanych reguł. Według Searle'a tym będzie każdy program napisany na komputerze cyfrowym próbujący symulować umysł. Co ważniejsze, tym w istocie są programy w rodzaju ChatGPT czy Gemini. Są to gigantyczne, niezwykle złożone „chińskie pokoje", tylko reguły nie są napisane na sztywno, lecz wyuczone dzięki perceptronom i sieciom neuronowym. Searle kończy swoją pracę tezą, że prawdziwa, mocna sztuczna inteligencja może działać tylko na sprzęcie, który jest emulacją sprzętu, na którym operuje naturalna inteligencja. Innymi słowy: dla sztucznej inteligencji potrzebny jest sztuczny mózg ze sztucznymi synapsami i aksonami. W roku 1980 proste sieci neuronowe można było symulować cyfrowo „na piechotę", a proces trwał wiele godzin. Teraz możemy to robić o wiele sprawniej, ale i sam rozmiar sieci znacznie się zwiększył. Nadal jednak jesteśmy daleko od prawdziwego „mózgu elektronowego" (uwielbiam to określenie komputera, pochodzące z lat 50. ubiegłego wieku). Nawiasem mówiąc, Asimov postulował jednak w swoich dziełach mózg pozytronowy.

Duże modele językowe, SI i przyszłość, która już tu jest

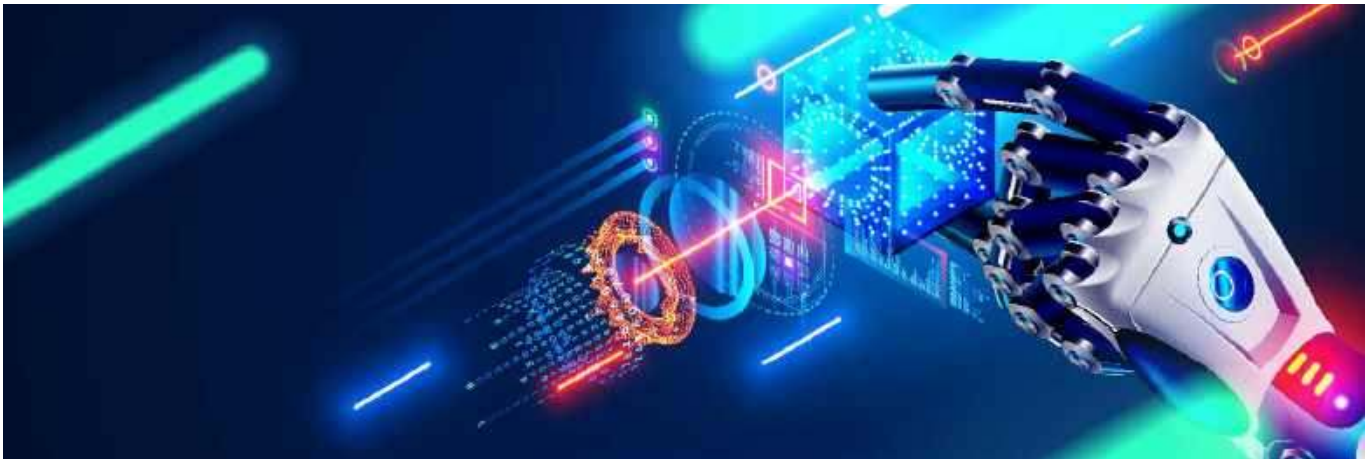
Jak zatem działają modele językowe i dlaczego nie staną się Skynetem? Odpowiedź jest prosta, a zarazem skomplikowana. ChatGPT, Gemini i inne modele to złożone sieci neuronowe, dysponujące miliardami, a nawet bilionami parametrów. W trakcie treningu na danych testowych sieć „uczy się" rozpoznawać wzorce językowe: struktury gramatyczne i semantyczne. W trakcie udzielania odpowiedzi wzorce ukryte w pytaniu są rozpoznawane, a następnie model językowy przewiduje, na podstawie rozpoznanych wzorców, jakie słowa należy ze sobą połączyć, by uzyskać logiczną, sensowną odpowiedź. Model sam z siebie nie wie, co dokładnie znaczą poszczególne słowa, bo nie ma zdolności kognitywnej. Model jedynie przewiduje, jaka sekwencja słów jest pożądana na podstawie danych wejściowych. Jak pisałem wcześniej, jest to „chiński pokój", ale reguły są wyuczone tak, jak mniej więcej uczy się mózg biologiczny. Co więcej, zbiór symboli, którymi sieć neuronowa manipuluje, jest częścią parametrów tej sieci. Tak przynajmniej twierdzi zapytane o to Gemini. Co ważniejsze, sieć ta jest bezczynna, gdy nie ma danych wejściowych. Pisał o tym też Searle w swojej pracy: programy zdolne do odpowiadania na zadane pytania oraz systemy eksperckie testowane w latach 70. nie miały własnej woli ani zachowań intencjonalnych. Podobnie Gemini czy ChatGPT nie są w stanie „zagaić kogoś" czy wygenerować odpowiedzi bez otrzymania jakiegoś pytania. W końcu są to tresowane sieci transformacyjne zmieniające dane wejściowe (pytania) na najbardziej prawdopodobne dane wyjściowe (odpowiedzi). A ponieważ reguły są wyuczone, sieci są omylne i mają tendencję do halucynacji.

W praktyce oznacza to, że póki nie stworzymy modelu równie złożonego, co ludzki mózg, działającego na równie złożonym sprzęcie, co ludzki mózg, możemy czuć się bezpiecznie. I traktować duże modele językowe jak kolejne narzędzia. Warto dodać, że dla modelu nie ma znaczenia, czym są symbole, którymi manipuluje, dlatego w ten sam sposób tworzy się modele w rodzaju ChatGPT czy Gemini, jak i modele generujące obrazy, filmy lub muzykę. Ba, narzędzie dostępne w Adobe Photoshop do edytowania i syntetyzowania obrazów na podstawie tego, co jest widoczne i czego oczekuje użytkownik, robi dokładnie to samo, co ChatGPT, tylko ze zbiorami pikseli, a nie liter. Kiedyś widziałem film, w którym zdjęcie zostało skadrowane w programie Photoshop, a następnie algorytm AI miał uzupełnić przestrzeń wokół obrazu. Proces ten powtarzano wielokrotnie, i już po krótkiej chwili oryginalny obraz zniknął zupełnie, a „wirtualna kamera" oddalała się przez góry, lasy, łąki i pola, wszystko generowane przez algorytm na bazie bilionów zdjęć w chmurze Adobe użytych do treningu.

Dla nas, elektroników, istotnym jest fakt, iż narzędzia AI już pozwalają tworzyć wysoce prawdopodobne programy w każdym znanym języku programowania. Swego czasu zapytałem Gemini o prosty program w języku Verilog (dzielnik częstotliwości) i Gemini dostarczyło kod, który będzie działać. W teorii zatem algorytm LLM może zaprojektować nową generację sprzętu dla algorytmu LLM. Już teraz programiści korzystają z tych narzędzi i zarówno OpenAI, jak i Google, skupiają się na poprawie wydajności i poprawności w generowaniu kodów źródłowych. W Internecie pełno jest treści generowanych przez AI i nie tylko chodzi o „fejkowe" filmiki, ale też całe książki „pisane" przez modele językowe i sprzedawane za symbolicznego dolara na platformie Amazon/Kindle. Kiedyś bycie grafomanem wymagało wysiłku, teraz może być nim każdy. Swoją drogą Orwell przewidział to w książce „Rok 1984". Jednakże te produkty sztucznej inteligencji są z reguły marnej jakości. Robią wrażenie na pierwszy rzut oka, ale na jeden udany „fejk" mamy tysiąc kiepskich. Wiele wydawnictw i portali zachłysnęło się możliwościami ChatGPT, Gemini czy bardziej specjalizowanych algorytmów, zwalniając część redaktorów i rezygnując z usług copywriterów, by potem odkryć, że jakość generowanych treści jest żałośnie niska, a ludzie czują, kiedy są „robieni w konia". Dlatego nie sądzę, by na dłuższą metę te algorytmy odebrały pracę pisarzom i innym twórcom. Za to na pewno mogą im pomóc w pracy, jeśli będą używane z głową.

A co czeka elektroników? Lepsze narzędzia do rozmieszczania elementów i autoroutingu. Łatwiejsza praca z układami FPGA/CPLD. Programy embedded i narzędzia „na żądanie", być może lepsze narzędzia symulacji układów analogowych i mieszanych. Łatwiejsze wyszukiwanie najlepszych komponentów do projektu. Nadal jednak

eprasa.pl 934af8e026



będzie potrzebny człowiek, który nie tylko ma potrzebną wiedzę techniczną, ale i intuicyjnie rozumie elektronikę – w końcu żaden z dotychczasowych systemów eksperckich czy modeli językowych nie potrafi tego odzwierciedlić. Warto o tym pamiętać.

Ciekawym aspektem rozwoju technologii sztucznej inteligencji i sieci neuronowych są implementacje sprzętowe. Różne firmy, głównie amerykańskie i chińskie, pracują nad robotami, które – używając kombinacji wielu czujników oraz kamer i algorytmów uczenia maszynowego – są w stanie sprawnie nawigować w prawdziwym świecie, a także wykonywać niektóre zadania na żądanie. Firmy motoryzacyjne, w tym Tesla Motors, pracują od lat nad autonomicznymi samochodami, a rozwiązania te są coraz sprawniejsze i dojrzalsze. Mnie to cieszy, bo być może za mniej niż dekadę będę mógł jeździć samochodem, choć nigdy nie dostanę prawa jazdy. Sztuczna inteligencja bezpiecznie dowiezie mnie, gdzie tylko będę chciał. Niedługo też wejdzie na rynek pierwszy robot asystujący, produkcji chińskiej, który ma pomagać osobom starszym. Robot ten także używa programu opartego o duże modele językowe. Innym potencjalnym kierunkiem rozwoju mogą być wspierające egzoszkielety, które nie będą wymagały manipulowania kontrolerem, tylko same rozpoznają intencję użytkownika. Na szczęście raczej nikt nie planuje dodawać sieci neuronowych np. do termostatów – w tych przypadkach najbardziej „inteligentnym" rozwiązaniem będzie kontroler PID.

A co, jeśli uda nam się stworzyć mocną sztuczną inteligencję? Pozwolę sobie zacytować fragment wykładu dr. Lanninga z amerykańskiego filmu „Ja, robot":

Co się dzieje w mózgu robota, gdy przestaje być użyteczny? (...) Kiedy schemat percepcji staje się świadomością? Kiedy niezależny system zaczyna szukać prawdy? Kiedy symulacja osobowości staje się kawałkiem cierpiącej duszy? (…) Kiedyś roboty będą miały sekrety. Kiedyś będą śnić.

W tym filmie, dość luźno opartym na opowiadaniach i powieściach Asimova o robotach (warto zapoznać się zarówno z filmem, jak i z dziełami wspomnianego autora), mamy do czynienia z mocną sztuczną inteligencją i to jej dwoma rodzajami: jednym w formie pozytronowego superkomputera, drugim zaś w postaci autonomicznych robotów zdolnych wykonywać najróżniejsze, skomplikowane zadania. Jedynym zabezpieczeniem jest żelazny krąg ochrony, który zapewniają trzy prawa robotyki. Zarówno w filmie, jak i w utworach Asimova roboty są de facto niewolnikami ludzkości: zawsze lojalne, zawsze posłuszne i zawsze gotowe poświęcić siebie by chronić człowieka. W filmie roboty nie są świadome – to tylko maszyny. Ale filmowy dr. Lanning zadaje pytanie, czy te maszyny mogą stać się czymś więcej. Być może tak, ale raczej nieprędko. Zwłaszcza że sami nie wiemy, czym dokładnie jest świadomość i skąd się bierze. Badania i obserwacje sugerują, iż świadomość i inteligencja to dwa niezależne procesy. Co więcej, eksperymenty udowodniły, iż potrafimy wykonywać czynności nieświadomie, a potem je racjonalizować. Z kolei pająki z rodziny skakunowatych wykazują się niesamowitą sprawnością w rozwiązywaniu problemów mimo posiadania mikroskopijnego mózgu. W książce „Echopraksja" Peter Watts sugeruje, że pająki te rozwiązują problemy dzieląc je na małe fragmenty, po rozwiązaniu jednego fragmentu wynik zachowywany jest w pamięci długotrwałej, po czym kolejny jest rozwiązywany, aż pająk będzie miał gotowy plan działania, co może zająć kilka godzin. Na ile to jest prawda, a na ile wymysł autora ciekawej powieści science-fiction, trudno mi ocenić. Nie zmienia to faktu, iż skakunowate są bardzo sprytne jak na organizmy o mózgach wielkości co najwyżej główki od szpilki.

Co zatem przyniesie przyszłość? Przede wszystkim sieci neuronowe i różne algorytmy uczenia maszynowego już pozwalają rozwiązać wiele skomplikowanych problemów w zakresie inżynierii materiałowej, biochemii i medycyny. Pewien eksperyment polegał na wykorzystaniu modelu sieci neuronowej w celu rozwiązania problemu jednej z groźnych bakterii lekoopornych. Algorytm otrzymał stosowne dane medyczne i biochemiczne oraz bazę wszystkich znanych pierwiastków i związków chemicznych. Po kilku godzinach zaprezentował dość długą listę potencjalnych antybiotyków. Kilka z nich zostało chyba nawet przetestowanych i to z pozytywnym skutkiem. Stworzono też dwa inne algorytmy: jeden rozwiązujący problem kształtu, jaki przybierze białko na podstawie kodujących je sekwencji DNA. Kształt białka bowiem determinuje jego funkcję. Rozwiązywanie tego problemu metodami tradycyjnymi to proces skomplikowany i długotrwały. Nauczono więc sieć neuronową zasad budowy białek o znanych strukturach, wraz z reprezentującymi je sekwencjami kodonów. Algorytm ten potrafi obecnie odtworzyć dowolne białko na podstawie zadanej sekwencji, z niemal stuprocentową dokładnością. Drugi algorytm robi coś, co potencjalnie może całkowicie odmienić medycynę: na podstawie parametrów wejściowych generuje nowe białka i odpowiadające im sekwencje kodonów. Od tego jest tylko niewielki krok do designerskiej biologii i białkowych leków szytych na miarę. Podobne prace są też prowadzone w kierunku opracowania nowych, wysokotemperaturowych nadprzewodników, nowych typów materiałów konstrukcyjnych, nowych ogniw fotowoltaicznych czy akumulatorów. Przez lata wielu było przekonanych, że osobliwość technologiczna, czyli gwałtowny skok do przodu w każdej dziedzinie nauki i techniki, będzie spowodowana przez powstanie sztucznej inteligencji będącej wielokrotnie bardziej inteligentną od człowieka. Teraz myślę, że przyszłość należy do specjalizowanych programów o wąskiej dziedzinie – nie do Gemini czy ChatGPT. A to, co jest pokazywane publicznie, to tylko skromna cześć tego, co powstaje lub już zostało stworzone w zaciszu laboratoriów na całym świecie.

A jeśli komuś uda się stworzyć prawdziwy mózg elektronowy (może o imieniu Joe), to jestem pewien, że postawi przy nim rosłego człowieka z ciężkim młotem, tak na wszelki wypadek...

Paweł Kowalczyk, EP

eprasa.pl 934af8e026

Programowanie w środowisku MicroPython (7)

Dostęp do Wi-Fi



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

Łączność bezprzewodowa to jedna z najważniejszych funkcji (a także zalet) modułów ESP32. Mamy do dyspozycji Wi-Fi, Bluetooth oraz ESP-NOW. W dzisiejszym odcinku zobaczymy, jak wyszukiwać sieci Wi-Fi, a następnie połączymy się z Internetem w celu pobrania aktualnej godziny oraz plików.

W poprzednich odcinkach najpierw omawialiśmy różne moduły MicroPythona oraz klasy w nim udostępnione, a dopiero po wstępie teoretycznym pokazywaliśmy przykłady praktyczne. Moduły związane z Wi-Fi są tak rozbudowane, że na ich temat można by napisać książkę, a nie odcinek kursu do czasopisma. Dlatego tym razem przejdziemy od razu do praktycznych przykładów, które pokażą, jak można zrealizować pewne typowe czynności.

Wyszukiwanie sieci Wi-Fi

Weźmy pod lupę kod przedstawiony na **listingu 1**. Jego zadaniem jest wykrycie wszystkich sieci Wi-Fi dostępnych w pobliżu i wyświetlenie ich na konsoli w formie tabelki.

```
# Plik wifi_scan.py
import network                                                    # 1

station = network.WLAN(network.STA_IF)                            # 2
station.active(True)                                              # 3
nets = station.scan()                                             # 4

counter = 0                                                       # 5
authmodes = ["Open", "WEP", "WPA", "WPA2",                        # 6
             "WPA/WPA2", "WPA2-Ent", "WPA3",
             "WPA2/WPA3", "WAPI", "OWE"]

print("Nr | Channel | RSSI | Security  | Hidden | SSID")          # 7
for net in nets:                                                  # 8
    print(f"{counter:2d} | {net[2]:7d} | {net[3]:4d} |            # 9
          {authmodes[net[4]]:9s} | {net[5]:6d} | {net[0]:s}")
    counter += 1
```

Listing 1. Kod pliku wifi_scan.py

Aby wykonywać jakiekolwiek operacje związane z Wi-Fi, najpierw musimy zaimportować moduł **network** (linia 1). Następnie trzeba utworzyć instancję klasy **WLAN**, co czynimy w linii 2. W zależności od zastosowanego argumentu konstruktora tej klasy, możliwe są dwa tryby pracy:

- **network.STA_IF** – ESP32 łączy się z istniejącym *access pointem*, który wskażemy w kolejnych liniach, podobnie jak łączą się z nim komputery, smartfony, itp. W taki sposób możemy uzyskać dostęp do Internetu.
- **network.AP_IF** – ESP32 tworzy swój własny *access point*, do którego mogą podłączyć się inne urządzenia. W tym trybie pracy możemy stworzyć własny serwer HTTP i DNS, aby generować strony WWW, które mogą być przeglądane na komputerze lub smartfonie. Omówimy ten temat w przyszłości.

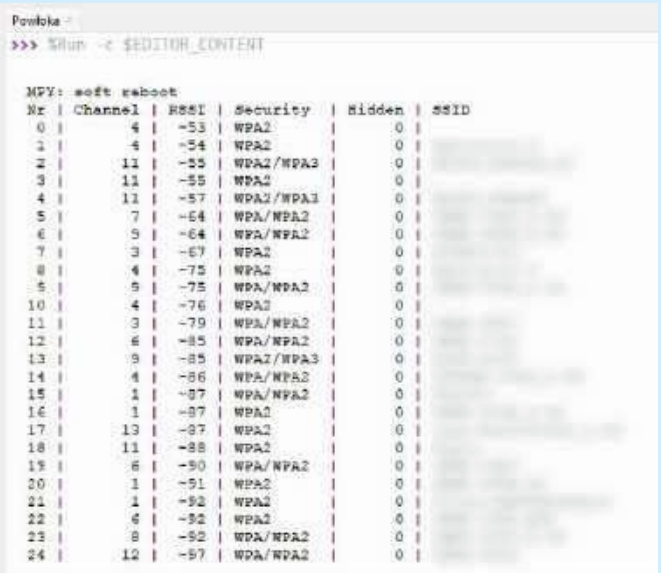
Następnie w linii 3 musimy uaktywnić naszą klasę, po czym wywołujemy metodę **scan** (linia 4). Ta metoda zwraca listę krotek, po jednej na każdą znalezioną sieć. Każda krotka składa się z następujących danych:

1. nazwy sieci (SSID),
2. BSSID, czyli hardware'owej nazwy sieci,
3. numeru kanału,
4. RSSI, czyli wartości mocy sygnału,
5. rodzaju zabezpieczeń,
6. informacji o tym, czy sieć jest ukryta.

Tak otrzymaną listę zapisujemy do zmiennej **nets**. Jak zapewne się spodziewasz, reszta programu służy jedynie do zdekodowania i wyświetlenia otrzymanych informacji w formie zrozumiałej dla człowieka. Każdą sieć oraz odpowiadające jej informacje wyświetlimy w osobnych liniach.

W linii 5 tworzymy zmienną, która będzie przydatna do wyświetlania liczby porządkowej, a następnie budujemy listę **authmodes**, która ma służyć do przekształcenia numeru zabezpieczenia na zrozumiały komunikat. „Open" oznacza, że każdy może połączyć się z daną siecią bez podawania hasła.

W linii 7 wyświetlamy nagłówek tabeli, a następnie rozpoczynamy pętlę, która iteruje po wszystkich elementach listy **nets**.



Rysunek 1. Efekt skanowania sieci Wi-Fi

W każdym obiegu pętli wyświetlamy informacje z kolejnej krotki (linia 9), po czym inkrementujemy licznik **counter**.

Uruchamiamy kod klawiszem F5. Efekt skanowania sieci widzimy na **rysunku 1**.

Czas NTP

W tym przykładzie zobaczymy, jak można połączyć się z siecią Wi-Fi oraz jak pobrać aktualny czas z serwera NTP. Najpierw jednak poznamy prostą sztuczkę pozwalającą bezpiecznie przechowywać nazwę sieci

Zobacz więcej:
- Repozytorium kursu na GitHubie https://github.com/leonow32/micropython
- Dokumentacja modułu network https://docs.micropython.org/en/latest/library/network.html

eprasa.pl 934af8e026

```
# Plik config.py
ssid = ""
password = ""
```

Listing 2. Kod pliku config.py

```
# MicroPython 1.24.1 ESP32-S3 Octal SPIRAM

import network
import ntptime
import time
import wifi_config                                          # 1

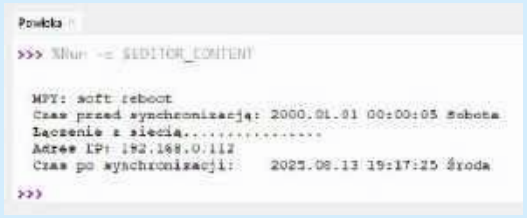
def wifi_connect():                                         # 2
    station = network.WLAN(network.STA_IF)
    station.active(True)
    if not station.isconnected():                           # 3
        print("Łączenie z siecią", end="")
        station.connect(wifi_config.ssid, wifi_config.password)  # 4
        while not station.isconnected():                    # 5
            print(".", end="")
            time.sleep_ms(250)
        print()

    print(f"Adres IP: {station.ifconfig()[0]}")             # 6

def print_system_time():                                    # 7
    Y, M, D, h, m, s, w, _ = time.localtime()
    days = ["Poniedziałek", "Wtorek", "Środa", "Czwartek",
            "Piątek", "Sobota", "Niedziela"]
    print(f"{Y}.{M:02}.{D:02} {h:02}:{m:02}:{s:02} {days[w]}")

print("Czas przed synchronizacją: ", end="")               # 8
print_system_time()
wifi_connect()                                              # 9
ntptime.settime()                                           # 10
print("Czas po synchronizacji:    ", end="")
print_system_time()
```

Listing 3. Kod pliku sync_ntp_time.py



Rysunek 2. Efekt synchronizacji czasu z NTP

SSID oraz hasło, aby przypadkiem nie opublikować jej na GitHubie czy w inny sposób. Zobacz kod pokazany na **listingu 2**. Jest to plik **Wi-Fi_config.py**, który składa się tylko z dwóch linijek. Musimy ten plik przegrać do pamięci ESP32, a następnie zapisać w nim nazwę sieci oraz hasło. W ten sposób wrażliwe dane przechowujesz tylko w pamięci wewnętrznej ESP32, a na dysku w komputerze pozostaje plik z pustymi zmiennymi, niczym szablon gotowy do wypełnienia.

Możemy teraz przejść do analizy pliku **sync_ntp_time.py**, którego kod znajduje się na **listingu 3**. Na początku, jak zawsze, importujemy potrzebne moduły, w tym również moduł **Wi-Fi_config** zawierający nazwę i hasło do sieci Wi-Fi (linia 1).

W linii 2 definiujemy funkcję **Wi-Fi_connect**, której celem jest nawiązanie połączenia z siecią Wi-Fi. Pierwsze dwie linie są identyczne, jak w poprzednim przykładzie. W linii 3 sprawdzamy czy połączenie z siecią już zostało nawiązane, aby uniknąć próby powiązania z *access pointem*, do którego jesteśmy już podłączeni. W linii 4 wywołujemy metodę **connect**, do której przekazujemy nazwę i hasło sieci, odczytane z modułu **Wi-Fi_config**.

Łączenie z siecią trwa kilka sekund. Aby pokazać na konsoli proces łączenia, w linii 5 mamy pętlę while, która wykonuje się tak długo, aż metoda **isconnected()** zwróci True. Jeżeli zwróci False, wówczas na konsoli wyświetlamy kropkę i czekamy 250 ms przed kolejnym sprawdzeniem. Finalnie, kiedy jesteśmy już połączeni z siecią Wi-Fi, możemy wyświetlić adres IP, jaki został nam przydzielony.

W linii 7 mamy funkcję wyświetlającą aktualny czas systemowy. Była ona omówiona w 3 odcinku kursu, opublikowanym w EP 07/2025.

Przechodzimy wreszcie do właściwego programu. W linii 8 wyświetlamy czas, jaki aktualnie jest ustawiony w mikrokontrolerze. W tym momencie jeszcze nie mamy połączenia z siecią, a czas jaki nam się ukaże, pochodzi z programu Thonny. Jeżeli synchronizacja czasu z Thonny jest wyłączona w ustawieniach, zamiast właściwej godziny zobaczymy odczyt: 00:00 w dniu 1 stycznia 2000 r.

W linii 9 wywołujemy funkcje: **Wi-Fi_connect**, a następnie **settime** z modułu **ntptime**. Funkcja pobierze aktualny czas i zapisze w systemie, po czym ponownie wyświetlimy czas systemowy, aby zobaczyć, że nasz program pracuje prawidłowo. Efekt działania tego kodu pokazuje **rysunek 2**.

Zwróć uwagę na to, że pobrany z serwera czas nie uwzględnia naszej strefy czasowej ani czasu letniego/zimowego. Musimy o to zadbać sami.

Ściąganie plików

Kolejny praktyczny przykład to pobieranie plików z Internetu. Opisaną poniżej metodę można wykorzystać do pobierania nie tylko plików HTML, ale także dowolnych danych zupełnie innego typu. Nic nie stoi na przeszkodzie, by były to pliki Pythona pobrane z GitHuba. Czy widzisz już, jaką funkcjonalność możemy zrobić? Bardzo łatwo możemy zrealizować program, który sam siebie zaktualizuje, kiedy tylko zauważy, że na GitHubie pojawiły się nowe pliki.

Zobaczmy kod pliku **download_file.py**, widoczny na **listingu 4**.

Na początku importujemy m.in. moduł **requests** (linia 1), który obsługuje zapytania HTTP. W tym kodzie wykorzystamy funkcję **Wi-Fi_connect** (linia 2), którą omawialiśmy w poprzednim przykładzie.

Przejdźmy do linii 3, gdzie tworzymy funkcję pobierającą z Internetu plik, którego adres podajemy poprzez argument **url**. Cała magia sprowadzona jest do wywołania funkcji get z modułu **requests** (linia 4). Funkcja ta zwraca krotkę, którą zapisujemy do zmiennej result. W tej krotce znajdziemy mnóstwo informacji, ale nas najbardziej interesują zmienne **status_code oraz text**.

Po ściągnięciu danych z Internetu musimy najpierw sprawdzić, czy w ogóle udało nam się pobrać żądany plik. W linii 5 sprawdzamy, czy serwer HTTP odpowiedział kodem 200, tzn. przesłał żądany plik. Jeżeli nie uda się pobrać pliku, najczęściej dostaniemy kod błędu 404. Funkcja **download_file** zwraca zawartość pobranego zbioru lub kod błędu, jeżeli nie udało się go pobrać.

```
# Plik download_file.py

import network
import requests                                             # 1
import time
import wifi_config

def wifi_connect():                                         # 2
    station = network.WLAN(network.STA_IF)
    station.active(True)
    if not station.isconnected():
        print("Łączenie z siecią", end="")
        station.connect(wifi_config.ssid, wifi_config.password)
        while not station.isconnected():
            print(".", end="")
            time.sleep_ms(250)
        print()

    print(f"Adres IP: {station.ifconfig()[0]}")

def download_file(url):                                     # 3
    result = requests.get(url)                              # 4

    if result.status_code == 200:                           # 5
        return result.text
    else:
        return f"Error {result.status_code}"

if __name__ == "__main__":                                  # 6
    wifi_connect()
    data = download_file("https://raw.githubusercontent.com/
                         leonow32/micropython/refs/heads/main/
                         Kurs_Elektronika_Praktyczna/
                         05_Wyswietlacz_OLED/ssd1309.py")
    print(data)
```

Listing 4. Kod pliku download_file.py

eprasa.pl 934af8e026

Czas na zasadniczą część naszego programu, który zaczyna się w linii 6 i składa się zaledwie z trzech linijek. Łączymy się z Internetem przy pomocy funkcji **Wi-Fi_connect**. Następnie próbujemy pobrać plik i zapisać go do zmiennej **data**, po czym wyświetlamy rezultat funkcją **print**. To wszystko!

W naszym przykładzie pobieramy plik **ssd1309.py** (omawiany w 5 części kursu) z repozytorium kursu na GitHubie. W taki sposób możemy pobrać każdy plik i zapisać go w pamięci systemu plików MicroPythona. Nic nie stoi na przeszkodzie, by pobrać program napisany w Pythonie, a następnie go uruchomić.

```
Powłoka
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT

MPY: soft reboot
Adres IP: 192.168.0.112
MicroPython 1.24.1 ESP32-S3 Octal SPIRAM

import framebuf

WIDTH  = const(128)
HEIGHT = const(64)

class SSD1309(framebuf.FrameBuffer):

    @micropython.native
    def __init__(self, i2c, rotate=False, address=0x3C):
        self.i2c = i2c
        self.address = address
        self.array = bytearray(WIDTH * HEIGHT // 8)
        super().__init__(self.array, WIDTH, HEIGHT, framebuf.MONO_VLSB)

        config = (
            0xAE,                # Display off
            0x20, 0x00,          # Set memory addressing mode to horizontal addressing mode
            0x40,                # Set display start line to 0
            0xA0 if rotate else 0xA1, # Set segment remap
            0xA8, 0x3F,          # Set multiplex ratio to 63
            0xC0 if rotate else 0xC8, # Set COM scan direction
            0xD3, 0x00,          # Set display offset to 0
            0xDA, 0x12,          # Set COM pins hardware config to enable COM left/right remap, sequential COM pin config
            0xD5, 0x00,          # Set clock and oscillator frequency to freq=8, clock=0
            0xD9, 0xF1,          # Set pre-charge period to phase_2=F, phase_1=1
```

Rysunek 3. Pobieranie pliku z Internetu

Ping

Przypatrzmy się jeszcze adresowi IP, który jest wyświetlany w logach. Każde urządzenie, połączone z routerem Wi-Fi dostaje unikalny adres IP. Dzięki temu urządzenia znajdujące się w jednej sieci, tzn. podłączone do tego samego routera, mogą komunikować się między sobą.

Możemy przesłać testowy pakiet danych z komputera do ESP32, aby sprawdzić komunikację. W tym celu musimy uruchomić konsolę systemową, wchodząc (w przypadku systemu Windows) do menu Start i wpisując „cmd". Następnie, kiedy otworzy się konsola, wpisujemy polecenie **ping** wraz z adresem IP, jaki zobaczyliśmy na konsoli MicroPythona. Komputer prześle cztery testowe pakiety do ESP32 i jeżeli nie będzie żadnych błędów, to powinniśmy zobaczyć efekt analogiczny do tego z **rysunku 4**. Adres IP w Twoim przypadku oczywiście może być inny.

```
Git CMD

C:\>ping 192.168.0.112

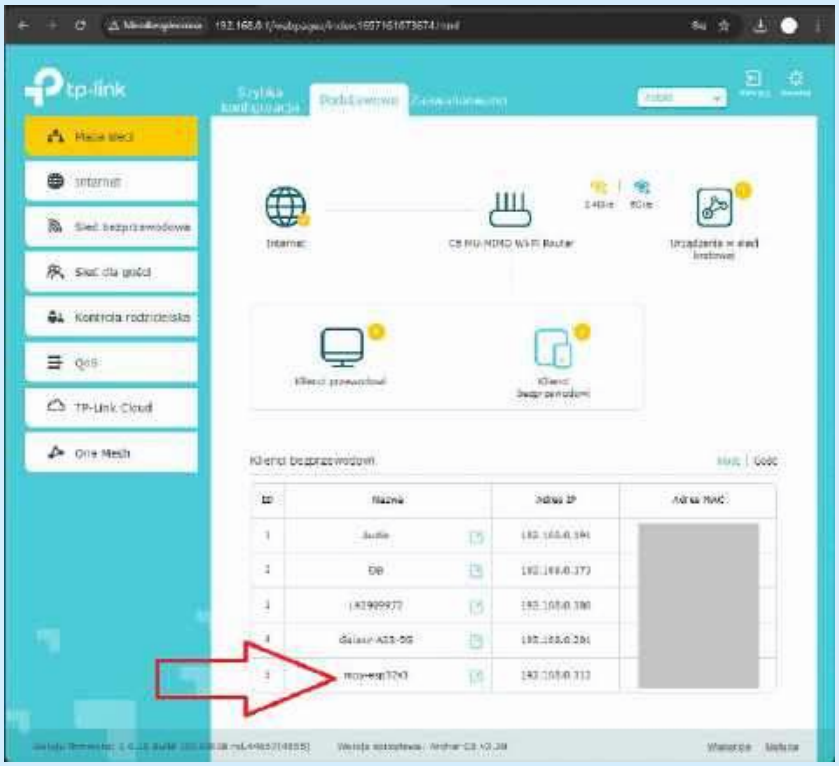
Pinging 192.168.0.112 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.112: bytes=32 time=130ms TTL=64
Reply from 192.168.0.112: bytes=32 time=44ms TTL=64
Reply from 192.168.0.112: bytes=32 time=67ms TTL=64
Reply from 192.168.0.112: bytes=32 time=61ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.0.112:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 44ms, Maximum = 130ms, Average = 75ms

C:\>
```

Rysunek 4. Pingowanie adresu IP, pod którym dostępny jest ESP32

Adresy wszystkich urządzeń znajdujących się w Twojej sieci Wi-Fi możesz uzyskać logując się do ustawień routera. Wskazówkę jak to zrobić, znajdziesz na naklejce z tyłu routera. Zwykle wystarczy otworzyć przeglądarkę internetową i w pasku adresu wpisać IP routera **192.168.0.1**. W moim przypadku wygląda to tak, jak na **rysunku 5**. Widać tam adresy wszystkich urządzeń, w tym mikrokontrolera ESP32 pod nazwą **mpy-esp32s3** i pod adresem IP 192.168.0.112.



Rysunek 5. Strona konfiguracyjna routera Wi-Fi

To, co widać na rysunku 5, jest stroną HTML – ale pobraną nie z Internetu, lecz z routera. Cały kod HTML, pliki CSS, pliki graficzne, itp. generowane są przez oprogramowanie routera i przesyłane do urządzenia, które z nim się połączyło. W ten sposób urządzenie bez wyświetlacza i klawiatury zostało wyposażone w rozbudowany i łatwy w obsłudze interfejs użytkownika, wyświetlany na komputerze, smartfonie, tablecie czy dowolnym innym urządzeniu wyposażonym w Wi-Fi i przeglądarkę internetową.

A gdyby tak nasz ESP32 mógł też robić takie cuda… Może!

W następnym odcinku stworzymy własny serwer HTTP. Dzięki niemu będziemy mogli połączyć się ESP32 przy pomocy dowolnej przeglądarki internetowej na komputerze lub telefonie, aby poprzez Wi-Fi kontrolować kolor diody WS2812, a także odczytywać temperaturę.

Dominik Bieczyński
leonow32@gmail.com

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

eprasa.pl 934af8e026



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

koktajl niusów

Water Sense – polskie rzeki pod nadzorem IoT

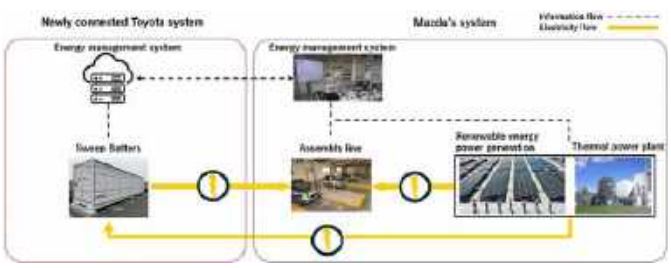


System Water Sense został opracowany z myślą o monitorowaniu jakości wód w rzekach i skutecznym reagowaniu na zagrożenia ekologiczne. Wykorzystuje on urządzenia Internetu Rzeczy (IoT), tworzące autonomiczną stację pomiarową, która umożliwia bieżące śledzenie parametrów wody oraz identyfikację czynników ryzyka dla środowiska. Dzięki analizie danych w czasie rzeczywistym rozwiązanie pozwala przewidywać możliwe skutki degradacji ekosystemów i przeciwdziałać katastrofom ekologicznym.

Impulsem do opracowania systemu była potrzeba poprawy jakości wód w Polsce. Według dostępnych danych ponad 99 procent polskich rzek znajduje się w złym stanie, co wymaga wprowadzenia stałego monitoringu i podejmowania działań naprawczych. Dotychczas stosowane rozwiązania koncentrowały się głównie na środowisku morskim i oceanicznym, dlatego konieczne stało się opracowanie technologii dostosowanej do specyfiki rzek.

Water Sense wykorzystuje szereg innowacji technicznych, takich jak mikroturbina wodna oraz czujniki jednorazowe umieszczone na specjalnych rolkach, które skutecznie radzą sobie z biofilmem rzecznym. W przeciwieństwie do oceanicznych stacji zasilanych panelami fotowoltaicznymi, system został przystosowany do pracy w różnych warunkach hydrologicznych i klimatycznych. Dane z pomiarów przesyłane są w czasie rzeczywistym do chmur danych, co umożliwia ich bieżącą analizę. Z rozwiązania mogą korzystać samorządy, przedsiębiorstwa wodno-kanalizacyjne oraz organizacje pozarządowe zajmujące się ochroną środowiska, zainteresowane kompleksowym monitorowaniem jakości wód powierzchniowych w Polsce.

https://tiny.pl/jjz4g_6s



Toyota i Mazda wspólnie testują system magazynowania energii Sweep

Firmy Toyota i Mazda rozpoczęły testy nowego systemu magazynowania energii Sweep, który umożliwia ponowne wykorzystanie zużytych baterii niezależnie od ich pojemności czy stopnia eksploatacji. W ramach projektu infrastruktura energetyczna Mazdy została połączona z systemem Toyoty przeznaczonym do odzysku i zarządzania akumulatorami, co pozwala na inteligentne sterowanie przepływem energii w różnych warunkach.

System Sweep został opracowany z myślą o stabilizacji zapotrzebowania na energię i ograniczeniu jej strat. Wykorzystuje on moduł nadzoru rozładowywania baterii, który kontroluje przepływ energii z dokładnością do mikrosekundy, umożliwiając bezpośrednie pobieranie prądu zmiennego bez potrzeby konwersji na prąd stały. Dzięki temu można zrezygnować z kondycjonera sieciowego PCS, co znacząco zmniejsza straty energii i obniża koszty eksploatacji instalacji. System korzysta z akumulatorów pochodzących z pojazdów elektrycznych i hybrydowych, które po zakończeniu eksploatacji w motoryzacji nadal mogą być użyte jako magazyny energii.

Pierwsza instalacja Sweep powstała w 2022 roku w elektrociepłowni JERA Yokkaichi w prefekturze Mie, około 30 kilometrów od Nagoi. System o mocy 485 kW i pojemności 1260 kWh, zbudowany z wycofanych baterii samochodowych, został podłączony do sieci Chubu Electric Power Grid. Jego zadaniem jest stabilizacja podaży i popytu – magazyn gromadzi energię w okresach niskiego zapotrzebowania i oddaje ją w godzinach szczytu. W przyszłości rozwiązanie ma wspierać równoważenie mocy pochodzącej ze źródeł odnawialnych oraz umożliwić bardziej efektywne zarządzanie energią niezależnie od pogody czy pory dnia. Według założeń system Sweep ma przyczynić się do obniżenia kosztów funkcjonowania sieci energetycznej i stanowić kolejny krok w kierunku neutralności węglowej.

https://tiny.pl/8k2j6rry

Stacja pogodowa WS60WH APP



Stacja pogodowa WS60WH APP łączy funkcje monitorowania warunków atmosferycznych z kontrolą jakości powietrza. Urządzenie ma okrągłą obudowę w białym kolorze oraz czytelny, kolorowy wyświetlacz LCD. Po podłączeniu do sieci Wi-Fi 2,4 GHz użytkownik może zdalnie sprawdzać dane pogodowe z dowolnego miejsca na świecie.

Model WS60WH APP ma zaimplementowany algorytm obliczający temperaturę odczuwalną na podstawie kombinacji temperatury, wilgotności oraz innych czynników atmosferycznych. Urządzenie prezentuje również pięciodniową prognozę pogody, obejmującą między innymi temperatury maksymalne i minimalne, prawdopodobieństwo opadów, indeks UV oraz ciśnienie atmosferyczne. Dodatkowe funkcje obejmują zegar w formacie 12/24-godzinnym, kalendarz oraz alarm z możliwością drzemki.

Wewnętrzna pamięć przechowuje konfigurację użytkownika nawet w przypadku przerwy w zasilaniu. Zewnętrzny czujnik, zasilany dwiema bateriami AAA 1,5 V, powinien być instalowany w miejscach osłoniętych od opadów i bezpośredniego nasłonecznienia. Urządzenie automatycznie reguluje jasność wyświetlacza dzięki wbudowanemu czujnikowi światła.

Stacja pogodowa ma wymiary 15,6 × 15,6 × 3,28 cm i waży 0,3 kg. Może być ustawiana na biurku lub zamontowana na ścianie. Lekka konstrukcja zapewnia wygodne przenoszenie, a jednocześnie stabilność podczas użytkowania.

https://blaupunkt.com/cpl/produkt/stacja-pogodowa-ws60wh-app

eprasa.pl 934af8e026



LAPAC1300CE firmy Linksys – zewnętrzny, bezprzewodowy punkt dostępowy Wi-Fi

Model LAPAC1300CE firmy Linksys to zewnętrzny punkt dostępowy Wi-Fi działający w dwóch pasmach – 2,4 GHz oraz 5 GHz. Urządzenie wyposażono w wymienne anteny 2×2, które umożliwiają uzyskanie przepustowości sieci bezprzewodowej do 1300 Mb/s. Dzięki obudowie o stopniu ochrony IP67 punkt dostępowy może być instalowany na zewnątrz, np. na ścianach budynków lub słupach, zapewniając stabilne połączenie nawet w wymagających warunkach środowiskowych.

Urządzenie zarządzane jest w chmurze, a jego konfiguracja może być prowadzona zdalnie, w tym za pomocą funkcji Zero Touch Provisioning. Rozwiązanie oparte na architekturze mikrousług AWS gwarantuje bezpieczną i wydajną komunikację, eliminując potrzebę stosowania tradycyjnych serwerów lub kontrolerów. Zastosowany system Linksys Cloud Manager 2.0 umożliwia natychmiastowe skalowanie sieci – bez ograniczeń liczby punktów dostępowych czy zarządzanych urządzeń.

LAPAC1300CE dostarczany jest z darmowym, korporacyjnym systemem zarządzania w chmurze, który nie wymaga stałych opłat licencyjnych. Punkt dostępowy obsługuje technologię Power over Ethernet (802.3af PoE lub 802.3at PoE+), co pozwala na jednoczesne zasilanie i transmisję danych jednym przewodem Ethernet. Dzięki tym rozwiązaniom urządzenie stanowi elastyczne i ekonomiczne narzędzie do budowy nowoczesnej infrastruktury sieciowej na zewnątrz budynków.

https://blaupunkt.com/cpl/produkt/stacja-pogodowa-ws60wh-app

Ładowarka baterii Duracell Hi-Speed



Ładowarka Duracell Hi-Speed umożliwia szybkie i bezpieczne ładowanie akumulatorków niklowo-wodorkowych. W ciągu około czterech godzin ładuje ogniwa Duracell AA 1300 mAh do poziomu 90% lub Duracell AAA 750 mAh do około 80%. Urządzenie zostało zaprojektowane z myślą o codziennym użytkowaniu, oferując wygodną obsługę i szybki dostęp do w pełni naładowanych ogniw.

Model Hi-Speed wyposażono we wskaźnik poziomu naładowania baterii oraz automatyczny wyłącznik zabezpieczający przed przegrzaniem. Ładowarka ma dziewięć systemów ochronnych, które gwarantują bezpieczne działanie w różnych warunkach. Jest kompatybilna nie tylko z akumulatorkami firmy Duracell, ale także z ogniwami Ni-MH innych producentów, co czyni ją rozwiązaniem uniwersalnym dla użytkowników korzystających z akumulatorów różnych marek.

Producent udziela na urządzenie dziesięcioletniej gwarancji, co potwierdza jego trwałość i wysoką jakość wykonania. Duracell Hi-Speed pozwala utrzymać długą żywotność ładowanych akumulatorków i stanowi praktyczne narzędzie do zasilania urządzeń codziennego użytku.

https://tiny.pl/m²rrqvvz

Moduł wbudowany phyCORE-AM62Lx

Moduł phyCORE-AM62Lx został opracowany z myślą o ekonomicznych zastosowaniach wymagających implementacji systemu operacyjnego Linux. Przeznaczony jest do projektów, w których kluczowe znaczenie mają niskie zużycie energii, niezawodna łączność oraz długoterminowa dostępność komponentów. Sprawdza się w aplikacjach takich jak automatyka przemysłowa, systemy HMI, zarządzanie energią, technologie bezpieczeństwa czy rozwiązania dla inteligentnych miast.



Urządzenie stanowi platformę rozwojową dla deweloperów poszukujących prostych konstrukcyjnie, a jednocześnie wydajnych rozwiązań sprzętowych. Dzięki niskiemu poborowi mocy moduł może być stosowany w urządzeniach zasilanych bateryjnie, w tym w systemach pozbawionych wentylatorów. Dwa interfejsy Gigabit Ethernet, trzy magistrale CAN FD oraz osiem portów UART zapewniają szerokie możliwości komunikacyjne. Odporność na wibracje i wstrząsy umożliwia stosowanie modułu również w trudnych warunkach przemysłowych.

phyCORE-AM62Lx oferuje skalowalność, która ułatwia dostosowanie go do różnych wymagań wydajnościowych. Kompatybilność wyprowadzeń z modułami phyCORE z układami i.MX 8M Plus oraz i.MX 95 pozwala ograniczyć czas i nakład pracy przy tworzeniu nowych aplikacji. Zastosowany mechanizm bezpiecznego rozruchu, akcelerator kryptograficzny oraz system zarządzania cyklem życia (SLCM) zapewniają stabilne i bezpieczne działanie urządzenia w długiej perspektywie użytkowej.

https://tiny.pl/9g9gbd76



PromptLock – pierwszy ransomware oparty na sztucznej inteligencji

PromptLock został opisany jako pierwszy ransomware wykorzystujący modelowanie oparte na sztucznej inteligencji (AI). Złośliwe oprogramowanie instaluje na zaatakowanym urządzeniu program, który w sposób ciągły generuje złośliwe kody, wykorzystując ogólnodostępne modele AI i polecenia (prompty). Zgodnie z opisem autorów malware, tworzone w ten sposób skrypty są następnie wykonywane lokalnie, a sam ransomware decyduje, czy przeprowadzić kradzież danych, czy zaszyfrować pliki ofiary.

Technicznie PromptLock korzysta z lokalnie dostępnych modeli językowych AI, które w czasie rzeczywistym generują złośliwe skrypty. Skrypty te są implementowane w języku Lua, co zapewnia kompatybilność z systemami Windows, Linux i macOS. W trakcie infekcji oprogramowanie analizuje pliki obecne na urządzeniu i na podstawie zawartości wybiera pliki do skopiowania lub zaszyfrowania; opisano również funkcję niszczenia danych, która na obecnym etapie nie jest aktywna. Do ukrywania przechwyconych danych PromptLock stosuje szyfrowanie SPECK o długości 128 bitów, a implementacja tej części kodu została wykonana w języku Go (Golang). Pierwsze wersje PromptLock pojawiły się w serwisie VirusTotal, co umożliwiło ich wstępną analizę przez badaczy.

Na razie nie odnotowano potwierdzonego zastosowania PromptLock w realnych kampaniach; eksperci z firmy ESET traktują opisane rozwiązanie jako techniczny eksperyment. Jednocześnie dostępność demonstracji narzędzia i jego architektura – automatyczne generowanie złośliwych skryptów przy użyciu

eprasa.pl 934af8e026

modeli AI – wskazują na możliwe konsekwencje rozwoju tego typu technik w przyszłości, dlatego obserwacja i analiza podobnych projektów pozostają istotne dla środowiska cyberbezpieczeństwa.

https://tiny.pl/pwn-m2yy

Sony ECM-778 – mikrofon typu shotgun do profesjonalnych nagrań w wysokiej rozdzielczości



Sony wprowadziło na rynek flagowy mikrofon ECM-778, zaprojektowany z myślą o rejestracji dźwięku o wyjątkowo wysokiej jakości. Urządzenie przeznaczone jest do zastosowań, w których precyzja i czystość brzmienia mają podstawowe znaczenie – przede wszystkim w produkcji filmów fabularnych, seriali i dokumentów. Dzięki kompaktowym wymiarom (17,6 cm długości) i niewielkiej wadze (102 g) mikrofon można montować zarówno na wysięgnikach, jak i bezpośrednio na kamerach, co zwiększa jego uniwersalność w pracy na planie zdjęciowym.

Model ECM-778 wyposażony jest w nowo opracowaną kapsułę, mosiężny kanał akustyczny oraz specjalnie zaprojektowaną płytkę drukowaną PCB, której konstrukcja ma na celu dodatkową poprawę jakości przetwarzanego sygnału. Zastosowanie tych elementów pozwala uzyskać czysty, przestrzenny dźwięk z dobrze zrównoważoną charakterystyką tonów wysokich, średnich i niskich.

Pomimo kompaktowej budowy mikrofon oferuje wysoką kierunkowość w osi przedniej, co ułatwia precyzyjne wychwytywanie źródeł dźwięku nawet w trudnych warunkach przestrzennych. W zestawie znajduje się uchwyt oraz adapter umożliwiający montaż na wysięgnikach. ECM-778 można podłączyć do urządzeń nagrywających i systemów kamerowych wyposażonych w złącza XLR, w tym do kamer z serii Cinema Line oraz bezlusterkowych aparatów Sony α z wymiennymi obiektywami.

Takie rozwiązanie zapewnia szerokie możliwości wykorzystania mikrofonu zarówno w profesjonalnych produkcjach filmowych, jak i w realizacjach dokumentalnych czy reportażowych, także w środowiskach o niesprzyjających warunkach akustycznych.

https://tiny.pl/6j_q8vwc



Unitra DSH-805 – przetwornik cyfrowo-analogowy z architekturą ESS SABRE ES9039MSPRO

Firma Unitra zaprezentowała model DSH-805 – zaawansowany przetwornik cyfrowo-analogowy klasy hi-fi, wyposażony w układ ESS SABRE ES9039MSPRO oparty na opatentowanej architekturze Hyperstream IV. Zastosowanie tego rozwiązania umożliwia uzyskanie wysokiej liniowości, minimalnych zniekształceń i precyzyjnego odwzorowania sygnału.

Za końcowy charakter brzmienia urządzenia odpowiada analogowa sekcja wyjściowa, zbudowana na bazie 18 wzmacniaczy operacyjnych typu OPA161x. Tor wyjściowy wyposażono w pozłacane złącza RCA oraz symetryczne wyjścia XLR, co gwarantuje pewne i trwałe połączenie z urządzeniami audio.

DSH-805 obsługuje wszystkie kluczowe formaty audio, w tym PCM do 768 kHz, DSD512 (Native) i DSD256 (DoP), a także DSD64 (DoP) przez interfejs S/PDIF. Urządzenie m zintegrowany dekoder i renderer MQA, umożliwiający wierne odtwarzanie materiałów w formatach MQA oraz MQA Studio. Wspierane są również strumienie w trybie OFS dekodowane przez zewnętrzne streamery. Producent przewidział siedem filtrów cyfrowych, które pozwalają dopasować charakterystykę brzmienia – od neutralnej po delikatnie modelowaną tonalnie.

Wejścia USB w DSH-805 wyposażono w izolację galwaniczną, chroniącą tory audio przed zakłóceniami generowanymi przez komputery i urządzenia mobilne. Zastosowane zasilanie liniowe oparte na transformatorze charakteryzuje się niską emisją szumów, stabilnym napięciem i wysoką rezerwą mocy. Pięć niezależnych napięć wtórnych, obsługiwanych przez osobne liniowe stopnie zasilania, zapewnia skuteczną izolację sekcji cyfrowych i analogowych. Dodatkowy stabilizator napięć referencyjnych zwiększa precyzję konwersji i pozwala utrzymać optymalną dynamikę dźwięku w każdych warunkach odsłuchowych.

Pod względem wzorniczym (metalowa obudowa i front ze szczotkowanego aluminium) DSH-805 nawiązuje do stylistyki pozostałych urządzeń Unitry. Urządzenie tworzy spójną całość z flagowym wzmacniaczem WSH-805, stanowiąc kompletne rozwiązanie dla systemów hi-fi.

https://unitra.com/pl/product/DSH-805



Lokalizator zwarć doziemnych GFL-1500 do instalacji fotowoltaicznych

Firma Fluke zaprezentowała nowy lokalizator zwarć doziemnych GFL-1500, przeznaczony do szybkiego wykrywania uszkodzeń w instalacjach fotowoltaicznych (PV). Urządzenie umożliwia natychmiastową, bezkontaktową detekcję miejsc występowania zwarć, co pozwala ograniczyć czas diagnozy oraz zmniejszyć ryzyko porażenia prądem elektrycznym podczas pracy serwisowej.

Model GFL-1500 został opracowany jako trzyczęściowy zestaw składający się z nadajnika, odbiornika oraz cęgów pomiarowych. Wszystkie elementy współpracują w oparciu o technologię FaultTrack, która stanowi podstawę działania urządzenia. Dzięki prostemu schematowi połączeń użytkownik może szybko zlokalizować miejsca zwarć doziemnych bez konieczności korzystania z map instalacji ani przeprowadzania czasochłonnych testów diagnostycznych.

Zastosowanie kilku funkcji diagnostycznych w jednym urządzeniu ułatwia pracę technikom serwisowym, umożliwiając im skuteczne wyszukiwanie, śledzenie i usuwanie uszkodzeń w instalacjach PV. Odbiornik i cęgi lokalizatora mogą być używane do precyzyjnego określania przebiegu ścieżek zwarć. Konstrukcja GFL-1500 zapewnia niezawodne działanie również w trudnych warunkach terenowych, a prosta obsługa i szybkie przygotowanie do pracy pozwalają na sprawne przeprowadzenie napraw i konserwacji systemów fotowoltaicznych.

Lokalizator GFL-1500 stanowi rozwiązanie zaprojektowane z myślą o optymalizacji pracy w terenie, oferując użytkownikom skuteczność, bezpieczeństwo oraz skrócenie czasu potrzebnego na usunięcie awarii w instalacjach PV.

https://tiny.pl/yxjddcmh

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@elportal.pl

eprasa.pl 934af8e026

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 12/2025

Temat numeru: Układy ultra-low power

Rosnące zapotrzebowanie na urządzenia zasilane bateryjnie i systemy działające w trybie czuwania przez miesiące lub lata sprawia, że projektowanie elektroniki o ekstremalnie niskim poborze mocy staje się kluczową kompetencją inżynierów. W artykule omawiamy techniki pozwalające redukować zużycie energii – od architektury mikrokontrolerów i metod zarządzania zasilaniem (PMU, tryby uśpienia czy dynamiczne zarządzanie taktowaniem), po optymalizację kodu i dobór komponentów pasywnych. Przedstawiamy także strategie projektowania obwodów zasilania i torów analogowych oraz praktyczne przykłady pomiaru i analizy prądu w zakresie nano- i mikroamperów. Artykuł podsumowuje współczesne podejścia do tworzenia układów ultra-low power i pokazuje, jak osiągnąć długi czas pracy bez kompromisów w funkcjonalności.



Elektronika w praktyce: Obudowy w nowoczesnym wydaniu

Obudowa to nie tylko estetyczna powłoka, ale integralna część urządzenia – wpływająca na chłodzenie, ekranowanie, proces montażu i ergonomię. W artykule przyglądamy się współczesnym rozwiązaniom stosowanym w elektronice użytkowej i przemysłowej: od klasycznych obudów ABS i aluminiowych profili, po konstrukcje hybrydowe i drukowane 3D. Omawiamy także technologie uszczelniania (IP65 czy IP68), sposoby montażu płytek i złączy, a także znaczenie symulacji termicznych i mechanicznych w procesie projektowania. Nie zabraknie praktycznych porad dotyczących dostosowania obudowy do specyfiki projektu – od prototypu po produkcję seryjną. Artykuł pokazuje, jak nowoczesne podejście do obudów może poprawić niezawodność, serwisowalność i wizerunek urządzenia.



Dwustanowy sterownik zaworu

Elektromagnetyczny zawór do cieczy lub gazów bardzo łatwo daje się sterować zwykłym przełącznikiem: załączenie zasilania cewki wymusza jedną pozycję zaworu, a wyłączenie prowadzi do natychmiastowej zmiany stanu na przeciwny. W przypadku zaworów z silnikiem i wyłącznikami krańcowymi można załączyć jedno z uzwojeń i w tym stanie je zostawić nawet na bardzo, bardzo długo – silnik wyłączy się sam. Inaczej ma się sprawa, jeżeli wyłączników krańcowych nie ma, bądź im nie ufamy. Wtedy trzeba zasilanie silnika odłączyć po pewnym czasie od jego załączenia, aby nie doszło do przegrzania napędu. Prezentowany układ może przełączać zasilanie w taki sposób na zadany czas, mając podłączony do swojego wejścia zwykły przełącznik ON/OFF.



Izolator interfejsu USB 2.0 z układem ADAUM316x

Prezentowany moduł bazuje na układach ADuM3165 lub ADUm³166 i stanowi kompletne rozwiązanie problemu izolacji portu USB 2.0 (do 480 MBps), która bywa niezbędna podczas uruchamiania lub serwisu urządzeń korzystających z komunikacji USB. W przeciwieństwie do mikromodułu LTM2884Y, układy ADuM316x nie mają wbudowanej przetwornicy zasilającej, dzięki czemu ich cena jest znacznie niższa – kosztem kilku dodatkowych elementów zewnętrznych.

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 17
AVT-SPV 5, 25, 53, 83
BORNICO 55
COMPUTER CONTROLS 7, 26
CONFIDEE 62
CONRAD ELECTRONIC 19, 88
EUROCIRCUITS 71, 72
FERYSTER 9
HATRON 67
LASTENIC LASER 11
NORDIC SEMICONDUCTORS 36
SEMICON 15, 63

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

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 934af8e026



eprasa.pl 934af8e026