ZASILACZE MODUŁOWE

www.ep.com.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA +FTP

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Luty ● 2/2022 ●

EP W TOKU NA EP.COM.PL

tylko Prenumeratorzy

mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP

inspirujące, użyteczne projekty

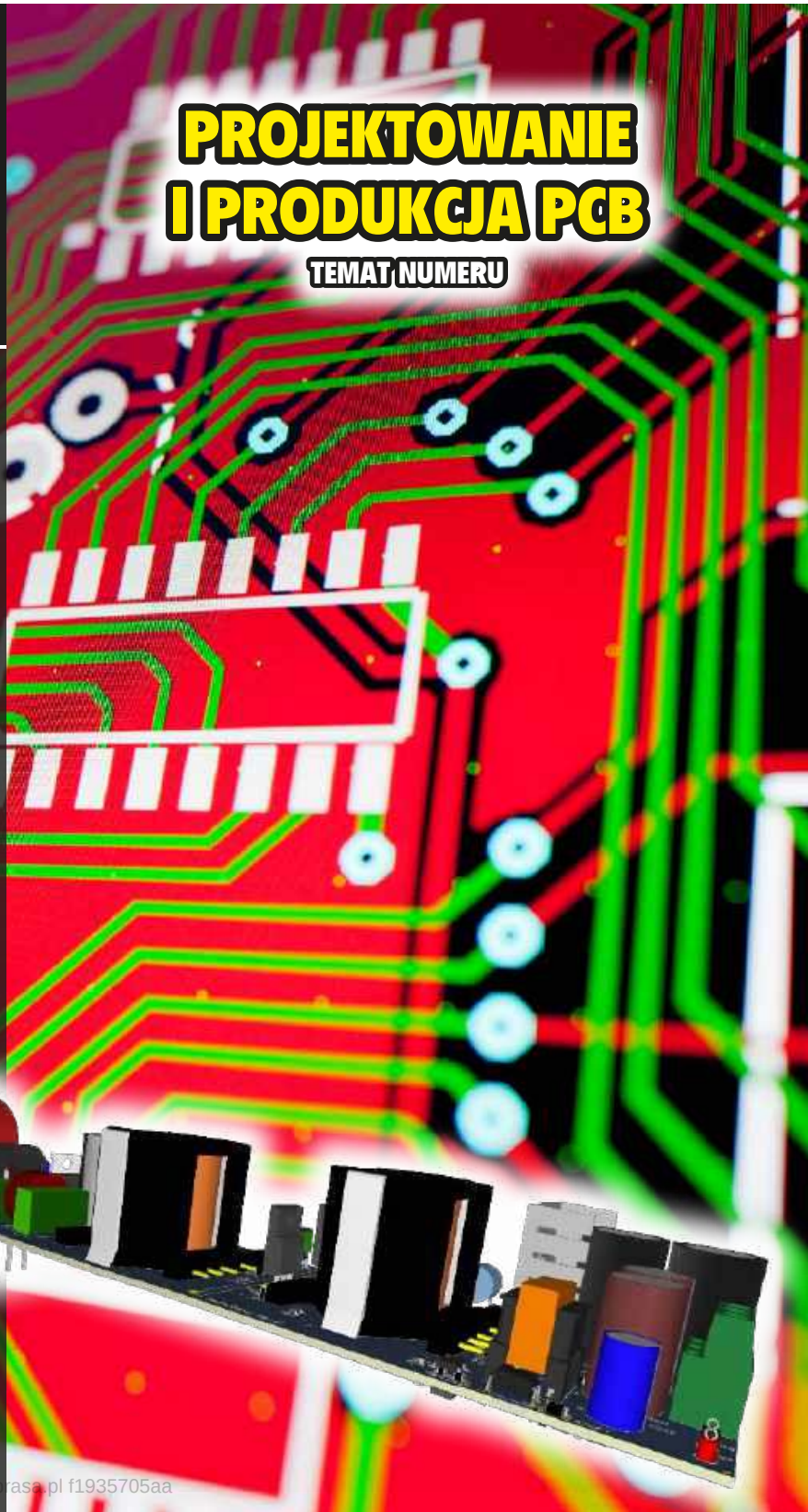
Mikroprocesorowa ładowarka do akumulatorków AA oraz AAA • Sterownik MIDI – midiMaster • Interfejs aparatury kontrolnej i sygnalizacyjnej standardu M22 • „Magiczne oczko" z wyświetlaczem OLED • Vintage audio DAC na TDA1387 • Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C • Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico • Regulator jasności LED sterowany pilotem TV • Wzmacniacz lampowy ze sprzężeniem katodowym • LED-owy fidget spinner • Happy Birds – karmnik IoT z systemem obserwacji ptaków

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Front-endy pojemnościowe • Zasilacze modułowe • Oprogramowanie do projektowania płytek drukowanych • Produkcja PCB – od projektu do montażu • Systemy naciągu szablonów SMT • Złączki PCB z dźwignią – nowa jakość pracy • Projektowanie PCB z Altium Designer 22 • Elektronika powinna być piękna

kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Superkondensator z przetwornicą dwukierunkową Continua MAX38889



18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR

ISSN 1230-3526 Indeks 357677

9 771230 352221 02 >

eprasa.pl f1935705aa

Zaprenumeruj „Elektronikę Praktyczną", a zawsze dostaniesz najnowszy numer wprost do Twojej skrzynki!

na start do 6* wydań gratis

po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty do 12* wydań gratis

* Cena prenumeraty rocznej **na start** wynosi 207,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 340,20 zł oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań „Elektroniki Praktycznej".

Przedłużasz prenumeratę? Aby otrzymać zniżkę lojalnościową, przedłuż prenumeratę po zalogowaniu się do swojego panelu na **www.ulubionykiosk.pl**, gdzie znajdziesz atrakcyjną ofertę prenumeraty, która uwzględnia przysługujące Ci zniżki za lojalność. Po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty otrzymasz **rabat 50%** na prenumeratę dwuletnią.

Oferta dotyczy prenumeraty drukowanej.

Wszystkie opcje prenumeraty i e-prenumeraty znajdziesz na stronie

www.UlubionyKiosk.pl

prenumerata@avt.pl

AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, konto 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

eprasa.pl f1935705aa

Inny wymiar PCB

W tym wydaniu „Elektroniki Praktycznej" omawiamy zagadnienia związane z projektowaniem i produkcją płytek PCB. Dzięki nowoczesnym narzędziom i liniom produkcyjnym tzw. obwody drukowane mogą być realizowane na różne sposoby. Wśród nowatorskich, ale coraz powszechniejszych technologii należy wymienić obwody nanoszone na powierzchni aluminium, które doskonale odprowadzają ciepło, oraz te, które mają postać cienkiej, elastycznej taśmy, tzw. rigid-flex PCB. Znacznie mniej znana, ale dająca zaskakujące możliwości, jest technologia MID (*Molded Interconnect Devices).*

MID można przetłumaczyć – jako urządzenie z uformowanymi połączeniami. Oznacza komponent uformowany z tworzywa sztucznego ze zintegrowanym odpowiednim wzorem z materiału przewodzącego. Komponent taki łączy w sobie funkcjonalność z zakresu wymagań mechanicznych i elektrycznych. W uproszczeniu jest to połączenie plastikowej podstawy lub obudowy i miedzianych ścieżek obwodu elektrycznego umieszczonych na jej powierzchni. Warstwa miedzi tworzy połączenia elektryczne oraz pady dla elementów elektronicznych. Po zamontowaniu elementów możemy otrzymać działające urządzenie z gotową obudową.

Fotografia 1. Komponent MID z gotową warstwą przewodzącą

Komponenty wykonane w technologii MID można znaleźć np. w produktach z branży medycznej czy motoryzacyjnej, a także w telefonach komórkowych i tabletach. Rozwiązania tego typu są stosowane głównie dla uzyskania nowoczesnych i eleganckich konstrukcji mieszczących się w bardzo ograniczonej przestrzeni. Zastosowanie komponentu MID w telefonie umożliwia zintegrowanie anteny z obudową, oszczędza miejsce, a nawet daje antenę działającą lepiej od klasycznych rozwiązań.

Fotografia 2. Komponent MID z zamontowanymi elementami

Technologia MID jest znana od wielu lat, ale ponieważ nie jest powszechnie stosowana, proces wytarzania nie jest szczegółowo zdefiniowany. Baza komponentu jest wytwarzana metodą formowania wtryskowego z dostępnego w handlu tworzywa sztucznego z odpowiednimi dodatkami. Następnie na powierzchni tworzywa wiązka laserowa strukturyzuje wzór przewodzący. Materiał termoplastyczny jest aktywowany energią lasera, a w wyniku reakcji fizykochemicznej powstają drobinki metaliczne – jest to proces aktywacji. Oprócz tego laser tworzy mikroporowatą powierzchnię, na której miedź mocno się zakotwicza podczas metalizacji. Metalizacja jest wykonywana w kąpielach miedzianych. Na koniec zwykle przeprowadza się nakładanie niklu. W tym procesie można również nakładać powłoki specyficzne dla aplikacji, takie jak Sn, Ag, Pd, Au. Należy podkreślić, że wiele aktywowanych laserowo tworzyw sztucznych o wysokiej odporności termicznej nadaje się do lutowania rozpływowego, a zatem są kompatybilne ze standardowymi procesami SMT.

Technologia MID raczej nie zastąpi w najbliższym czasie płytek drukowanych. Gęstość takich obwodów jest nieporównywalnie mniejsza niż w przypadku płytek PCB. Jednak jest doskonałym sposobem na rozszerzenie projektu całego systemu, zwłaszcza w dobie postępującej miniaturyzacji, która dopiero się rozpoczęła.

Damian Soskowski

Źródła:
- https://bit.ly/3sdcFCX
- https://bit.ly/3ASK89F
- https://bit.ly/3GkJ2Vj

eprasa.pl f1935705aa

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 2 (349) • Luty 2022

18

Mikroprocesorowa ładowarka do akumulatorków AA oraz AAA
Zaprezentowana ładowarka do akumulatorków, ma możliwość indywidualnego ładowania oraz rozładowania każdego z czterech ogniw. Jest wyposażona w kolorowy 4-calowy wyświetlacz dotykowy, na którym wyświetlana jest aktualna wartość prądu płynącego do akumulatorka, napięcie oraz ładunek. Urządzenie pozwala na ustawienie wartości prądu ładującego/rozładowującego oraz mierzy pojemność akumulatorka. Nowoczesny graficzny interfejs oraz sterowanie dotykowe sprawiają, że obsługa ładowarki jest łatwa i intuicyjna.

74

Happy Birds – karmnik IoT z systemem obserwacji ptaków
Obserwowanie ptaków to bardzo popularne hobby na całym świecie. Tak jak wiele innych dziedzin, także ono korzysta z postępów w technologii. Lornetki, aparaty, cyfrowe kamery – ornitolodzy-amatorzy chętnie sięgają po takie wyposażenie. W ostatnim czasie do ich asortymentu doszły nowoczesne systemy IoT.

Nie przeocz

Nowe podzespoły 5
Dodaj do obserwowanych 10
Konkurs 95
Koktajl niusów 96

Projekty

Mikroprocesorowa ładowarka do akumulatorków AA oraz AAA 18
Sterownik MIDI – midiMaster 25

Miniprojekty

Interfejs aparatury kontrolnej i sygnalizacyjnej standardu M22 30
„Magiczne oczko” z wyświetlaczem OLED 32
Vintage audio DAC na TDA1387 35
Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C 37
Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico 39
Regulator jasności LED sterowany pilotem TV 41

Projekty czytelników

Wzmacniacz lampowy ze sprzężeniem katodowym 44

Projekty soft

LED-owy fidget spinner 69
Happy Birds – karmnik IoT z systemem obserwacji ptaków 74

Temat numeru: Projektowanie i produkcja PCB

Oprogramowanie do projektowania płytek drukowanych 47
Produkcja PCB – od projektu do montażu 64

Prezentacje

Systemy naciągu szablonów SMT 56
Złączki PCB z dźwignią – nowa jakość pracy 58
Projektowanie PCB z Altium Designer 22 60
Elektronika powinna być piękna 62

Elektronika w praktyce

Zasilacze modułowe 80

Poradnik implementacji

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (11). Front-endy pojemnościowe 90

Kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy (57). Superkondensator z przetwornicą dwukierunkową Continua MAX38889 99

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Hity następnego numeru 105

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

eprasa.pl f1935705aa

Szczegóły na stronie 40

nowe podzespoły

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

Małogabarytowa antena SMD do urządzeń komunikacyjnych 4G/5G

Antenova powiększa ofertę miniaturowych anten do montażu na płytkach drukowanych o nowy model Allani (ozn. SR4L069). Jest to antena do aplikacji M2M i IoT, pokrywająca międzynarodowe zakresy częstotliwości 3G, 4G/LTE i 5G, w tym również pasmo 617...698 MHz używane w amerykańskich sieciach 5G. Jej wymiary wynoszą 45×10×3,3 mm. Model SR4L069 wymaga zapewnienia jedynie 3,25 mm odstępu z przodu obudowy i 15 mm po bokach, dzięki czemu doskonale nadaje się do montażu w ciasnych przestrzeniach. Bardzo dobre parametry w.cz. uzyskano tu pomimo relatywnie małej powierzchni i masy. Przykładowe zastosowania obejmują kamery monitoringu z komunikacją 4G/5G, hotspoty Wi-Fi, drony, miniaturowe stacje bazowe (pikokomórki) i terminale POS. Ważniejsze dane techniczne:

- zakresy częstotliwości: B71 (617...698 MHz), LTE 700, GSM850, GSM900, DCS1800, PCS1900, WCDMA2100, LTE B7 (2500...2690 MHz), LTE B40 (2300...2400 MHz), 5G B78 (3300...3800 MHz).
- polaryzacja: liniowa,
- zgodność z normami środowiskowymi: ISO16750-4 5.1.1.1/5.1.2.1/5.3.2.,
- impedancja: 50 Ω,
- zakres temperatury pracy: –40...+140°C,
- wymiary: 45×10×3,3 mm.

www.antenova.com

Detektory termoelektryczne do czujników stężenia CO_2

Do oferty firmy Renesas wchodzi nowa seria detektorów termoelektrycznych z termostosem do czujników stężenia CO_2. Ich oferta obejmuje wersje jednokanałowe (RH5Z1210D) i dwukanałowe (RH5Z1222D20), zamykane w obudowach TO-5, które mogą znaleźć zastosowanie w aplikacjach przemysłowych, medycznych i IoT, wymagających dużej stabilności i dokładności. Detektory RH5Z nadają się do pracy w temperaturze otoczenia od –50 do +125°C. Stężenie CO_2 jest głównym parametrem określającym jakość powietrza w pomieszczeniach (IAQ), a czujniki bazujące na termostosach są kluczowym elementem systemów pomiarowych stosowanych w aplikacjach HVAC i monitorowania jakości powietrza. Nowe detektory Renesas mają krótki czas reakcji i charakteryzują się dużym stosunkiem sygnału do szumu. Zapewniają dużą dokładność, wymaganą w zastosowaniach o znaczeniu krytycznym. Ważniejsze dane techniczne:

- napięcie wyjściowe: 150...230 μV,
- responsywność: 31,6...48,4 V/W,
- rezystancja: 80...115 kΩ
- pole widzenia: 61°/97°,
- częstotliwość środkowa filtra CO_2: 4,26 μm,
- wykrywalność: 0,87...1,61 108 cm*√Hz/Ω,
- napięcie szumu: 36,2...43,4 nV/√Hz,
- współczynnik temperaturowy: –0,04%/°C.

www.renesas.com

Kontrolery pojemnościowych ekranów dotykowych o przekątnej powyżej 10"

Microchip rozszerza swoją rodzinę kontrolerów pojemnościowych ekranów dotykowych maXTouch z certyfikatami bezpieczeństwa funkcjonalnego o dwa nowe modele: MXT448UD-HA i MXT640UD-HA, przeznaczone do współpracy z ekranami o przekątnej powyżej 10 cali. Oba spełniają wymogi normy IEC/UL 60730 Class B w zakresie bezpieczeństwa funkcjonalnego. Ponadto są zgodne ze specyfikacją IEC61000-4-6 klasy A w zakresie odporności na przewodzone zaburzenia elektromagnetyczne do 10 Vrms (poziom 3 do zastosowań przemysłowych), co pozwala na pracę w ciężkich warunkach przemysłowych. Zawierają interfejsy I²C i SPI pracujące równocześnie, co zapewnia redundancję dzięki możliwości równoczesnej komunikacji z kontrolerem host i kontrolerem bezpieczeństwa. W takiej konfiguracji zdarzenia wywołane dotknięciem ekranu są przesyłane do obu kontrolerów jednocześnie.

Układy MXT640UD-HA i MXT448UD-HA są przystosowane do współpracy z ekranami o współczynniku proporcji odpowiednio

eprasa.pl f1935705aa

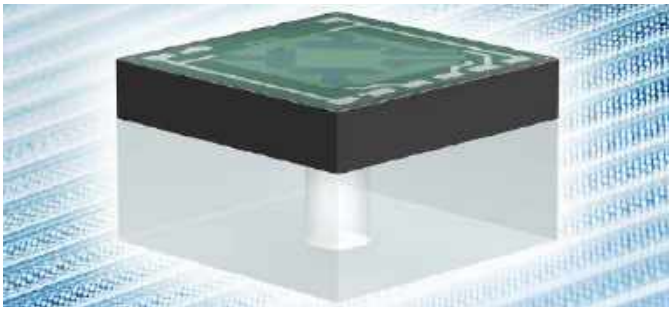
16:10 i 16:9. Mogą pracować w zakresie temperatury otoczenia do +105°C, co pozwala na zastosowania w pobliżu elementów grzewczych (m.in. w płytach kuchennych i piekarnikach). Ich ceny hurtowe zaczynają się od 2,40 USD przy zamówieniach 10 tys. sztuk. W ofercie Microchip dostępny jest też zestaw ewaluacyjny ATEVK-MXT640UD-A.

www.microchip.com

Miniaturowy oscylator MEMS z funkcją cyfrowego dostrajania częstotliwości

Standardy ładowania bezprzewodowego, takie jak Qi i AirFuel, opierają się na rezonansowym transferze mocy. Jednak zewnętrzne zaburzenia elektromagnetyczne mogą dynamicznie wpływać na rezonansową częstotliwość ładowania, co spowalnia ten proces. Nowy, miniaturowy oscylator MEMS SiT3901 firmy SiTime umożliwia dynamiczne dostrajanie częstotliwości rezonansowej, maksymalizując transfer mocy i skracając nawet do 25% czas ładowania. Wbudowana funkcja sterowania cyfrowego umożliwia dostrajanie częstotliwości wyjściowej w szerokim zakresie ±15%, eliminując potrzebę stosowania współpracujących elementów pasywnych. SiT3901 jest produkowany w wersjach o częstotliwości wyjściowej od 1 do 26 MHz i zamykany w miniaturowej obudowie SMD o powierzchni zaledwie 1,5×0,8 mm. Może pracować w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +85°C. Wyróżnia się bardzo małym poborem prądu, wynoszącym typowo 105 µA. Występuje w wersjach o dwóch klasach stabilności: ±50 i ±100 ppm. Ze względu na małe wymiary nadaje się idealnie do zastosowań w smartwatchach, aparatach słuchowych, trackerach fitness i innych urządzeniach przenośnych. W porównaniu z oscylatorami kwarcowymi pozwala zredukować pobór mocy i powierzchnię płytki drukowanej nawet o 90%.

www.sitime.com



Miniaturowy czujnik ciśnienia MEMS o zakresie pomiarowym 0...100 mb

Firma TDK powiększa ofertę piezoelektrycznych czujników ciśnienia serii C35 o nowy model B58601E35xx, zrealizowany w technologii MEMS. Może on znaleźć zastosowanie w motoryzacji, medycynie i przemyśle do prowadzenia pomiarów ciśnienia nieagresywnych cieczy i gazów w zakresie 0...100 mb. Jest przeznaczony do pracy w konfiguracji mostkowej w zakresie napięcia zasilania do 10 V. Model B58601 E35xx może pracować w temperaturze otoczenia od –40 do +150°C. Jest zamykany w obudowie chipowej o wymiarach 2,05×2,05×1,2 mm. Charakteryzuje się dużą czułością, wynoszącą 110 mV/V/b. Jego stabilność długoterminowa wynosi 0,1% FS.

www.tdk-electronics.tdk.com

Transceivery RS485/422 odporne na impulsy EFT do ±5 kV i ESD do ±16 kV

Renesas powiększa ofertę różnicowych transceiverów RS485/422 o nową serię RAA78815xx. Obejmuje ona 5-woltowe transceivery do zastosowań przemysłowych i motoryzacyjnych, wyróżniające się dużą odpornością na impulsy EFT (do ±5 kV) i ESD (do ±16 kV). Układy te nadają się idealnie do zastosowań wszędzie tam, gdzie urządzenia są często włączane i wyłączane lub dodawane i odłączane od systemu. Oferta obejmuje wersje full-duplex (RAA788150, RAA788153, RAA788156) i half-duplex (RAA788152, RAA788155, RAA788158), zamykane w obudowach SOIC (8,6×6,0 mm) i MSOP (5×3 mm). Wszystkie charakteryzują się małym poborem prądu, wynoszącym 550 µA w stanie aktywnym i 70 nA w trybie shutdown.

www.renesas.com

Czujnik obrazu o rozdzielczości 3848×2168 i szerokim zakresie dynamicznym

ON Semiconductor powiększa ofertę czujników obrazu CMOS o nowy model AR0821CS formatu 1/1,7" o szerokim zakresie dynamicznym. Jest to czujnik typu rolling shutter, zapewniający szybkość rejestracji 60 fps przy rozdzielczości 3848×2168 pikseli, mogący znaleźć zastosowanie w systemach wizyjnych, wysokiej klasy dronach, systemach monitoringu i fotografii lotniczej. Został wyposażony w technologię eHDR (*embedded High Dynamic Range*), zapewniającą bardzo

eprasa.pl f1935705aa

dobrą jakość obrazu w wymagających warunkach oświetleniowych. Pozwala uzyskać szerokość zakresu dynamicznego przekraczającą 140 dB. Oferuje zestaw zaawansowanych funkcji (binning, okienkowanie, sumowanie, tryby wideo i pojedynczej klatki), umożliwiających pracę w wielu trybach ROI.

www.onsemi.com

Wysokonapięciowe, miniaturowe dzielniki rezystorowe w obudowach SMD rozmiaru 4527

Firma Vishay Techno opracowała serię dzielników rezystorowych o napięciu pracy do 1500 V i małych gabarytach, mogących znaleźć zastosowanie w przemyśle i motoryzacji. Dzielniki CDMM są produkowane w technologii grubowarstwowej. Uzyskały kwalifikację AEC-Q200. Są odporne na działanie siarki i mogą pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –55 do +155°C. Ich zaletą są małe gabaryty (11,6×7,0×4,2 mm), pozwalające na ograniczenie wymaganej powierzchni płytki drukowanej i zastąpienie pojedynczym elementem kilku rezystorów dyskretnych. Dzielniki CDMM występują w wersjach o rezystancji od 500 kΩ do 50 MΩ oraz o współczynniku podziału do 500:1. Charakteryzują się tolerancją od ±0,5%, współczynnikiem temperaturowym ±100 ppm/°C, różnicą współczynników TCR wewnętrznych rezystorów wynoszącą ±10 ppm/°C i drogą upływu 12,5 mm.

www.vishay.com

Miniaturowy czujnik światła o dużej czułości z kwalifikacją AEC-Q100

Oddział optoelektroniczny firmy Vishay prezentuje nowy, miniaturowy czujnik światła z kwalifikacją AEC-Q100, zamykany w obudowie SMD o wymiarach 2,67×2,45×0,6 mm. Został zaprojektowany z myślą o zastosowaniach w aplikacjach konsumenckich i samochodowych, w których wymagana jest bardzo duża czułość. Charakteryzuje się charakterystyką widmową zbliżoną do charakterystyki ludzkiego oka. VEML6031X00 zawiera fotodiodę o dużej czułości, wzmacniacz niskoszumowy, 16-bitowy przetwornik A/C, interfejs I²C i linię przerwania. Zapewnia bardzo dobrą liniowość w zakresie od 0 do 228 tys. lx i dużą czułość (0,0034 lx), co eliminuje potrzebę stosowania algorytmów korygujących i umożliwia montaż za ciemnymi panelami o małej przepuszczalności światła.

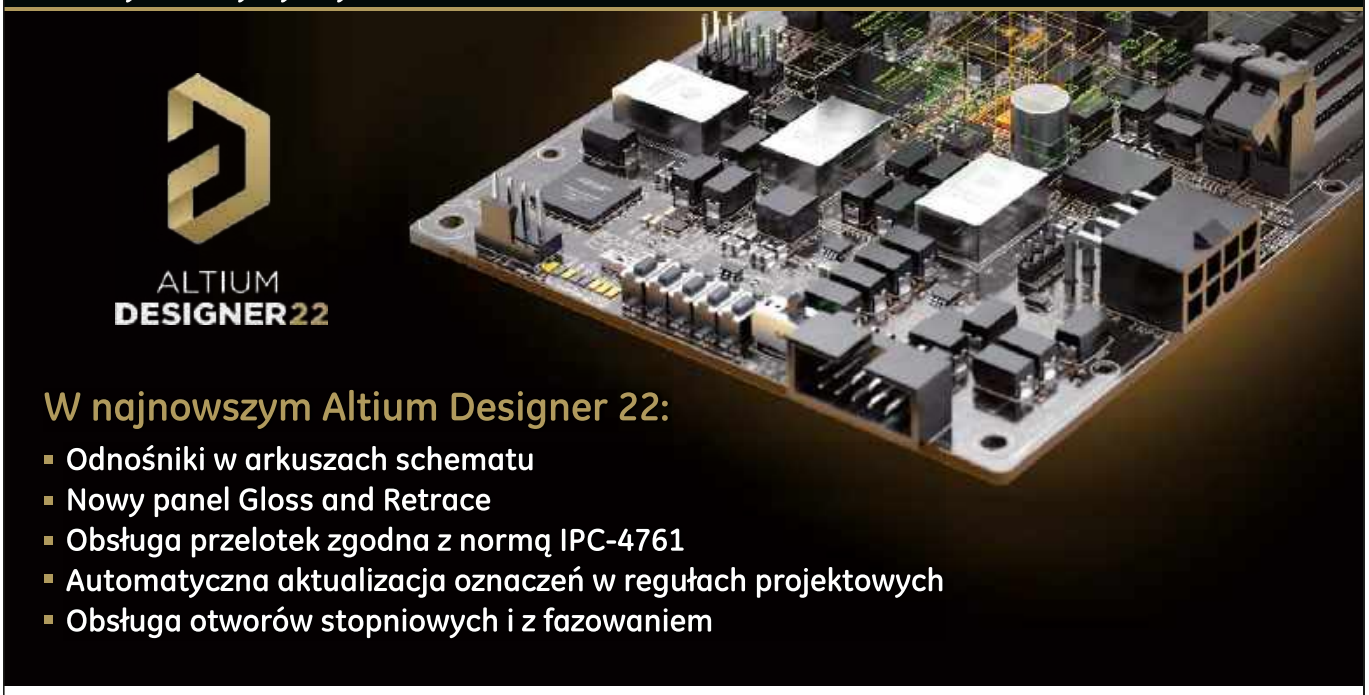
Czujnik VEML6031X00 jest polecany do zastosowań w motoryzacji, m.in. w przyciemnianych lusterkach wstecznych, systemach informacyjno-rozrywkowych oraz układach sterowania oświetleniem wewnętrznym i układach regulacji podświetlenia ekranów. Charakteryzuje się krótkim czasem integracji (3,125 ms), zapewniającym szybką odpowiedź na zmiany jasności oświetlenia. Zawiera interfejs I²C umożliwiający podłączenie kilku czujników do wspólnej szyny. Pracuje z napięciem zasilania 2,5...3,6 V przy poborze prądu wynoszącym typowo 280 μA w stanie aktywnym i 0,5 μA w trybie shutdown. Jest przystosowany do pracy w temperaturze otoczenia do +110°C.

www.vishay.com

REKLAMA

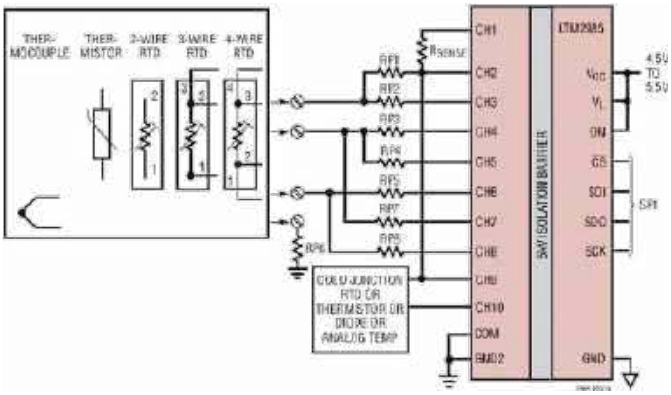
COMPUTER CONTROLS

Autoryzowany dystrybutor Altium w Polsce



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

eprasa.pl f1935705aa



10-kanałowy przetwornik temperatury do współpracy z termoparami i czujnikami RTD

Układ LTM2985 to izolowany 10-kanałowy przetwornik temperatury do współpracy z termoparami i czujnikami RTD, generujący na wyjściu cyfrowym wynik pomiaru w °C lub °F. Zapewnia dokładność pomiaru równą 0,1°C i rozdzielczość 0,001°C. Może współpracować z termoparami typu B, E, J, K, N, S, R i T, zapewniając automatyczną kompensację temperatury zimnego złącza i linearyzację wyników. Współpracuje też z 2-, 3- i 4-przewodowymi czujnikami RTD oraz z diodami. Zawiera wbudowane źródła napięcia pobudzającego i detektory błędów, odpowiednie do poszczególnych typów czujników. Pozostałe cechy układu:

- izolacja do 5 kV,
- interfejs SPI,
- wewnętrzna pamięć EEPROM na dane konfiguracyjne i dane użytkownika,
- wewnętrzne źródło referencyjne o stabilności 15 ppm/°C,
- tłumienie częstotliwości 50/60 Hz.

www.analog.com

Przekaźniki kontaktronowe dużej mocy o prądzie przełączania do 1 A i prądzie przewodzenia do 3 A

Firma Pickering Electronics wprowadziła na rynek nową serię przekaźników kontaktronowych dużej mocy, przystosowanych do przełączania prądów o natężeniu do 1 A (w zakresie mocy do 40 W) i przewodzenia prądów ciągłych o natężeniu do 3 A. Dzięki zastosowaniu najwyższej klasy przełączników z napylonymi stykami rutenowymi przekaźniki serii 100HC nadają się do przełączania sygnałów niskonapięciowych oraz do pracy w trybie Dry Contact. Na tle innych przekaźników elektromechanicznych o zbliżonych parametrach wyróżniają się dwukrotnie większą rezystancją cewki, pozwalającą ograniczyć emisję ciepła. Zawierają wewnętrzny ekran ze stopu niklu i żelaza (mu-metal), umożliwiający ciasny montaż zespołów przekaźnikowych bez ryzyka pojawienia się problemów związanych z oddziaływaniem magnetycznym. Występują w wersjach NO i NC, jedno- i dwukanałowych o napięciu cewki 5, 12 i 24 V.

www.pickeringrelay.com

Ultraenergooszczędny odbiornik L1/L5 GNSS

Układ BCM4778 to ultraenergooszczędny, miniaturowy odbiornik GNSS 3. generacji firmy Broadcom, produkowany w technologii CMOS 7 nm i zamykany w obudowie FCBGA o wymiarach zaledwie 2,7×2,4×0,65 mm. Jest odbiornikiem dwuzakresowym (L1, L5), zapewniającym dużą dokładność pozycjonowania w aplikacjach lokalizacyjnych, którego pobór mocy jest 5-krotnie mniejszy niż układów wcześniejszej generacji i wynosi zaledwie 4 mW w paśmie L1 oraz 6 mW w pasmach L1+L5. BCM4778 został wyposażony w filtr przeciwzakłóceniowy oraz filtr sygnałów LTE z pasma 13 i 14. Może znaleźć zastosowanie w urządzeniach bateryjnych z funkcją lokalizacji, zapewniając dużą szybkość i precyzję również w gęstej zabudowie miejskiej, dzięki nowej technologii śledzenia Grid Tracking. Nie wymaga stosowania zewnętrznych regulatorów napięcia, wzmacniaczy niskoszumowych ani filtrów SAW.

www.broadcom.com

Jednoosiowy akcelerometr MEMS o zakresie pomiarowym ±14 g z równoważeniem siły

Jednoosiowy akcelerometr MEMS Tronics AXO315 z oferty firmy TDK, wraz z zestawem ewaluacyjnym na platformę Arduino, jest już dostępny w masowej sprzedaży m.in. w ofercieh Digi-Key, Mouser i Farnell. Jest to czujnik o zakresie pomiarowym ±14 g, zaprojektowany do pracy w najbardziej wymagających środowiskach, m.in. w przemyśle wydobywczym, transporcie kolejowym, pojazdach budowlanych oraz wszędzie tam, gdzie występuje oddziaływanie ekstremalnych temperatur i silnych wibracji. Charakteryzuje się bardzo dobrą stabilnością długoterminową w zakresie temperatury pracy od –55 do +105°C i przy wibracjach sięgających 4 g. Pracuje w pętli z zastosowaniem układu równoważenia siły, kompensującego siłę działającą na masę elementu ruchomego poprzez przyłożenie napięcia przeciwdziałającego jego wychyleniu. Napięcie to jest wprost proporcjonalne do przyspieszenia.

Układ AXO315 komunikuje się przez interfejs SPI. Oferuje parametry dorównujące akcelerometrom analogowym z rezonatorem kwarcowym oraz inklinometrom mechanicznym przy jedynie ułamku ich masy (<1,4 g vs 50 g), objętości (<0,8 cm^3 vs <10 cm^3) i ceny. Pod względem dokładności i stabilności przewyższa wszystkie dostępne komercyjnie czujniki MEMS, a równocześnie jest łatwiejszy w integracji od czujników analogowych. Jest zamykany w hermetycznej, ceramicznej obudowie SMD o wymiarach 12×12×5 mm z wyprowadzeniami J-lead, których zaletą jest tani montaż i bardzo dobra stabilność na płytce drukowanej, nawet przy gwałtownych zmianach temperatury.

www.tdk-electronics.tdk.com

eprasa.pl f1935705aa

Pojemnościowe akcelerometry MEMS do montażu SMT o bardzo dobrej stabilności termicznej

Firma Silicon Designs wprowadza do masowej produkcji trzy typy pojemnościowych akcelerometrów MEMS do montażu SMT. Model 1521 występuje w 8 wersjach o zakresie pomiarowym od ±2 do ±400 g. Wszystkie zawierają różnicowe wyjście ±4 V i są oferowane w dwóch typach hermetycznych obudów z tłumieniem azotem: LCC-20 i SMD z wyprowadzeniami J-lead. Cechą wyróżniającą ten czujnik jest zintegrowanie wysokiej jakości pojemnościowego sensora MEMS ze wzmacniaczem i czujnikiem temperatury. Model 1521 zapewnia bardzo dobrą stabilność długoterminową, niezawodność, odporność na wstrząsy do 5000 g i zerową degradację sygnału. Pracuje z napięciem zasilania +5 VDC, pobierając typowo 5 mA prądu. Nadaje się do prowadzenia testów w zakresie małej i średniej częstotliwości (0...2 kHz) wszędzie tam, gdzie priorytetem są małe szumy w sygnale wyjściowym i bardzo dobra stabilność długoterminowa. Gęstość szumu wyjściowego dla tego modelu wynosi typowo 7 μg/√Hz dla wersji o zakresie pomiarowym ±2 g. Zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –55 do +125°C.

Akcelerometry serii 1522, również dostępne w 8 wersjach o zakresie pomiarowym od ±2 do ±400 g, są produkowane tylko w jednym wariancie obudowy (LCC-20). Podobnie jak 1521 mogą pracować w zakresie temperatury otoczenia od –55 do +125°C. Wyróżniają się zwiększoną odpornością na duże i gwałtowne zmiany temperatury. Aby zapewnić ich maksymalną niezawodność i dokładność pomiaru w zmiennych warunkach termicznych, każdy chip jest indywidualnie testowany, programowany, kalibrowany i weryfikowany w komorze klimatycznej.

Wysokotemperaturowe akcelerometry pojemnościowe MEMS serii 1531 są oferowane w siedmiu zakresach pomiarowych od ±5 g do ±400 g. Wyróżniają się jeszcze szerszym zakresem temperatury pracy od wersji 1521 i 1522, wynoszącym od –55 do +175°C. Zapewniają niemal identyczne parametry jak model 1521, natomiast charakteryzują się lepszą długoterminową stabilnością termiczną.

www.silicondesigns.com

Ekran 43-calowy dla digital signage

Firma AUO ponownie wprowadza zmiany w swoim katalogu. Kolejny raz dotyczą one produktów przeznaczonych przede wszystkim dla obszaru digital signage. Starsze rozwiązania zostają zastąpione przez nowy model – następcą 43-calowych P430HVN03.0 oraz P430HVN01.3 będzie wysokokontrastowy wyświetlacz LCD P430HVN01.4 o tych samych rozmiarach. Starsze modele przestaną być produkowane do marca 2022 roku. To dobry moment, żeby zapoznać się lepiej z ich zamiennikiem. 43-calowy wyświetlacz LCD P430HVN01.4 oferuje zwiększoną jasność, wysoki kontrast oraz pełne kąty obserwacji. Takie parametry zapewniają pełną czytelność zaprezentowanych treści nawet w intensywnie oświetlonych pomieszczeniach. Najważniejsze parametry modelu P430HVN01.4:

- przekątna: 43.0”,
- rozdzielczość: 1920×1080,
- proporcje: 16:9,
- obszar aktywny: 940,9(H)×529,25(V) mm,
- jasność: 500 cd/m²,
- kontrast: 4000:1,
- kąty obserwacji: 89°/89°/89°/89°,
- orientacja: dowolna,

- powierzchnia: Anti-Glare, 3H,
- interfejs: LVDS,
- wymiary: 961,4(H)×555,78(V)×29,87(D) mm,
- zakres temperatur pracy: 0...50°C,
- czas życia LED: 50 000 godz.,
- waga: 7,35 kg.

Ze względu na ograniczony zakres temperatur pracy (od 0°C do 50°C), wyświetlacz LCD P430HVN01.4 najlepiej sprawdzi się w aplikacjach wewnętrznych. Model ten dopasuje się zarówno do wymagań sektora publicznego, jako nośnik informacji w przychodniach, szpitalach, dworcach oraz lotniskach, jak i komercyjnego – w handlu, a także w restauracjach lub kawiarniach. Długa żywotność LED, wynosząca w przypadku tego rozwiązania co najmniej 50 000 h, umożliwia bezawaryjną pracę wyświetlacza LCD w trybie ciągłym przez całą dobę.

Produkty AUO mogą być stosowane w wielu różnych aplikacjach dzięki swoim zróżnicowanym kształtom i rozmiarom. Przykładami wszechstronności tego producenta są chociażby rozwiązania z serii TARTAN oraz szerokoformatowe modele zawierające technologię hiTNI. Niezależnie od swoich wymiarów zawsze są to produkty wysokiej jakości. Produkty AUO są dostępne w ofercie Unisystemu.

www.unisystem.pl

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

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

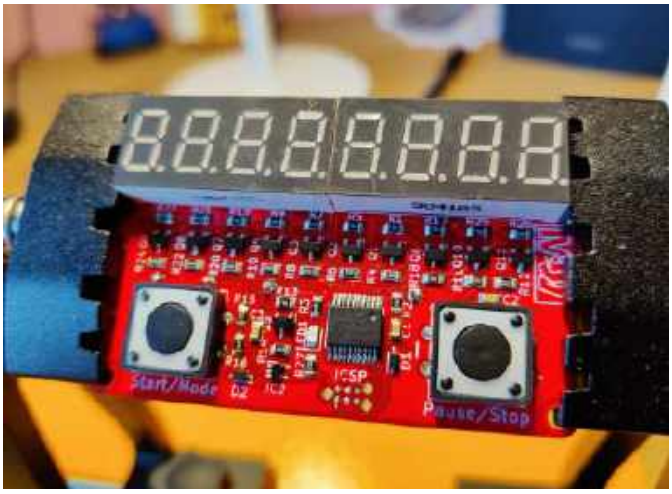
GAMMA
info@gamma.pl
www.gamma.pl
PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

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

eprasa.pl f1935705aa

dodaj do obserwowanych

Przedstawiamy redakcyjny wybór najciekawszych projektów spośród ostatnio anonsowanych w internecie. Są to projekty na różnych etapach realizacji. Warto się zapoznać z projektami zakończonymi i śledzić realizację projektów niegotowych, by czerpać z nich inspirację do własnych prac.



Stoper DIY o szerokim zakresie mierzonych czasów

Zaprezentowany projekt to prosty stoper do mierzenia czasu w różnych procesach lub działaniach. Został wybrany do przetestowania projektu 4-warstwowych płytek drukowanych i eksperymentowania zarówno z technologią XLP (*Extreme Low-Power Technology*), jak i samym mikrokontrolerem PIC18LF14K50. Tego rodzaju proste projekty to doskonała platforma do testowania rozwiązań czy technologii, których chcemy się nauczyć, zanim rzucimy się w wir trudniejszych projektów. Sam w sobie stoper jest bardzo prostym urządzeniem, jednak pozwala doskonale przetestować wiele istotnych funkcji, szczególnie tych związanych z oszczędzaniem energii elektrycznej.

Płytka nie ma żadnego przycisku zasilania, ponieważ w projekcie zastosowano technologię XLP PIC. Jest to zbiór rozwiązań, jakie firma Microchip wdrożyła w serii mikrokontrolerów PIC do zminimalizowania poboru energii. Pozwalają one na ogromną oszczędność energii, co sprawdza się szczególnie w systemach zasilanych bateryjnie. Dzięki temu nawet po tygodniach lub miesiącach nieużywania, gdy stoper jest utrzymywany w trybie głębokiego uśpienia, można go aktywować i używać. Urządzenie mierzy czasy od pojedynczych milisekund do 99 godzin i ma tylko dwa przyciski do obsługi.

https://bit.ly/3Gm4glx

CRASHbot – przerobiona Roomba z zainstalowanym systemem ROS

Celem tego projektu jest znalezienie równowagi między zaawansowaną funkcjonalnością a przystępną konstrukcją i funkcjonalnością. Łączy w sobie pragnienie, aby działanie było w pełni interaktywne, wspomagane sztuczną inteligencją i pomocne w codziennych zadaniach, oraz chęć zbudowania czegoś taniego i zrozumiałego dla początkujących i średniozaawansowanych robotyków. Rezultatem jest platforma do ciągłego rozwoju.

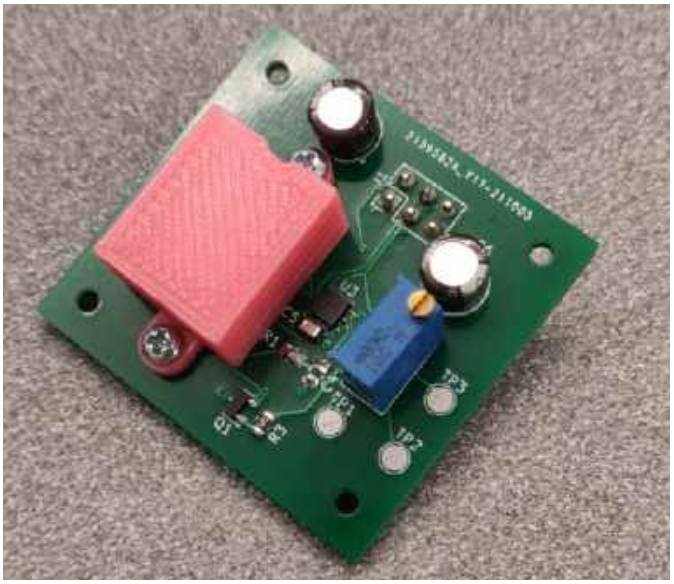
Pierwszym etapem było opracowanie platformy mobilnej zdolnej do samodzielnej nawigacji. Udało się to osiągnąć dzięki komputerowi Jetson Nano z zainstalowanym systemem ROS, który steruje robotem w postaci odkurzacza Roomba 595 przez port szeregowy. Natomiast ogólnym celem tego projektu jest nauczenie się, jak zbudować fajnego robota. Rozpoczęło się to od zbierania pomysłów dotyczących robota. Miał być mobilny, móc obserwować swoje otoczenie i nawigować po nim. Robot miał być wystarczająco duży, aby wchodzić w interakcje z ludźmi. Podstawową funkcją było obserwowanie otoczenia, aby rozpoznawać obecność ludzi. Drugorzędną funkcją było zachęcenie robota do antropomorfizacji – poszukiwania interakcji z ludźmi, najlepiej komunikując się za pomocą mowy.

Prosta podstawa na kółkach została uznana za najbardziej praktyczne rozwiązanie dla mobilności. Maszt na robocie umożliwia mu widzenie i interakcję z mniej więcej wysokości talii dorosłego człowieka. Jednocześnie przy takiej konstrukcji środek masy znajduje się nadal dosyć nisko. Zdecydowano się na użycie roomby z kilku powodów. Po pierwsze, oszczędziło to trudu budowy bazy na kółkach. Roomba oferuje również system zasilania – ma wbudowane akumulatory, obwód ładowania i procedurę dokowania, która umożliwia powrót do stacji dokującej w celu naładowania bez interwencji użytkownika. Do obserwacji zastosowano kamerę głębi Kinect. Zapewnia to bardzo zaawansowany, ale jednocześnie dostępny czujnik do mapowania otoczenia. Dzięki temu zrezygnowano z instalacji LIDARa, który również często jest używany w tego rodzaju aplikacjach.

Od strony obliczeniowej platforma używa komputera jednopłytkowego NVIDIA Jetson Nano. To bardzo popularny komputer do robotów. Jest mały, ale charakteryzuje się wysoką wydajnością, szczególnie w zakresie aplikacji uczenia maszynowego. Komputer ten pracuje domyślnie pod kontrolą systemu operacyjnego Ubuntu, ale w tym projekcie zastosowano ROS (*Robot Operating System*) jako platformę centralną. Dzięki pinom GPIO oraz konstrukcji i dokumentacji komputer Nvidia idealnie sprawdził się w tego rodzaju systemie, integrującym wysokopoziomowe zadania AI z niskopoziomową kontrolą sprzętu.

https://bit.ly/3L4gxP3

eprasa.pl f1935705aa



Moduł precyzyjnego napięcia odniesienia

Celem zaprezentowanego projektu było opracowanie modułu precyzyjnego, regulowanego napięcia odniesienia DC. Moduł zawiera scalony stabilizator napięcia odniesienia MAX6226 z zewnętrznym systemem do utrzymania stałej temperatury. Wybrano MAX6226 ze względu na jego niski poziom szumu. Innymi opcjami były LM399, LTZ1000. „Nie chciałem kosztów i trudności związanych z używaniem LTZ1000, a MAX6226 ma niższy poziom szumu niż LM399. Jednak LM399 ma znacznie lepszy współczynnik temperaturowy dzięki wewnętrznemu podgrzewaniu. Postanowiłem sprawdzić, czy mogę poprawić stabilność temperaturową, samodzielnie podgrzewając MAX6226", pisze Lucas, autor tej konstrukcji.

Schemat układu jest bardzo prosty. Zawiera sam układ odniesienia, bufor i sterowanie grzałką w zamkniętej pętli sterowania. Aby połączyć termicznie układ, czujnik temperatury i grzałkę, elementy te zostały ułożone jeden na drugim. Stabilizator napięcia odniesienia znajduje się na samym dole konstrukcji. Funkcję znajdującej się na nim grzałki pełni rezystor SMD. Czujnik temperatury jest w obudowie TO-92 i zamyka cały stos elementów. Konstrukcja układu była dosyć złożona, a lutowanie trudne, jednak udało się zestawić układ. Jednak na przyszłość, jak zapowiada autor, skłoni się on ku LM399.

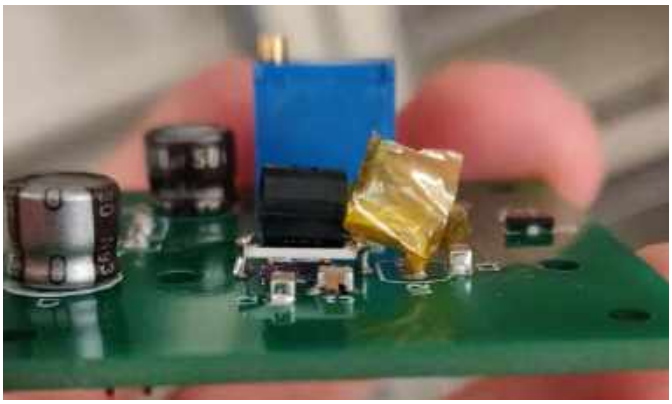
Finalnie, na układ stabilizatora z grzałką nałożono wydrukowaną w 3D obudowę. Jej zadaniem jest poprawianie docisku poszczególnych elementów do siebie, jak i izolacja termiczna układu od otoczenia. Wnętrze jest dodatkowo wyłożone izolującą pianką.

Układ jest tylko pierwszą iteracją projektu. Planowane są pewne zmiany, takie jak:

- lepsze zabezpieczenie układu grzewczego przed tzw. ucieczką termiczną, która mogłaby doprowadzić do przegrzania systemu (częściowo chroni przed tym sensor temperatury o ujemnym współczynniku temperaturowym);
- poprawa mocowania, skrócenie przewodów itp.;
- lepsza izolacja termiczna i ekranowanie elektromagnetyczne.

Testy i wygrzewanie układu zaplanowano na 1000 godzin. Po tym czasie możliwe będzie wprowadzenie zmian i sprawdzenie ile poprawy realnie dały.

https://bit.ly/3IWiY4C



Zewnętrzny komputer na Raspberry Pi

Celem tego projektu było opracowanie prostego laptopa/czytnika e-booków, bazującego na komputerze Raspberry Pi, który mógłby pracować na dworze. „Lubię przebywać na świeżym powietrzu, pod drzewem itp. Lubię też komputery i czytniki e-booków, z których mogę korzystać, gdy przebywam na świeżym powietrzu", opisuje swój pomysł użytkownik SuperRo.

Założenia projektu były bardzo proste:

- komputer, na którym można czytać i pracować na świeżym powietrzu,
- niezbyt mały ekran (nie mniejszy niż 7 cali),
- bateria o pojemności dopasowanej do wybranego sprzętu.

Jeśli chodzi o sprzęt, jako bazę przyjęto Raspberry Pi. Do tego komputera jednopłytkowego dołożono ekran o wysokiej jasności. Wybrany ekran ma przekątną 7 cali, rozdzielczość 1280×800 pikseli oraz jasność na poziomie 120 cd/m², co jest w pełni wystarczające do zapewnienia

REKLAMA

BORNICO | Teraz większe MOŻLIWOŚCI
bornico.com.pl
montaż kontraktowy elektroniki
projektowanie urządzeń i systemów
Zakład Elektroniczny BORNICO
ul. Małęczyńska 25
26-600 Radom
tel. +48 48 365 58 22
bornico@bornico.com.pl

eprasa.pl f1935705aa

czytelności w ciągu dnia na dworze. Jeśli chodzi o zasilanie – pobór energii układu z ogniwa 11,25 V wynosi 1,26 A przy pełnej jasności ekranu, 0,87 A przy 50% jasności i 0,72 A przy 30% jego maksymalnej jasności. Napięcie zasilania systemu finalnie ustalono na 11,1 V, aby zasilać urządzenie z trzech połączonych szeregowo ogniw litowo-jonowych 18650.

Aby zapewnić odpowiednią pojemność, trzy takie łańcuchy połączono ze sobą. Moduł zasilania uzupełnia system zarządzający bateriami (BMS) z wbudowaną ładowarką oraz stabilizator napięcia 5 V, który generuje napięcie zasilania dla Raspberry Pi. Taki system jest w stanie zapewnić do 6 godzin nieprzerwanej pracy systemu. Komputer uzupełni dodanie bezprzewodowej klawiatury z touchpadem, która zapewni łatwą możliwość kontrolowania komputera w wygodny sposób.

https://bit.ly/3AQ57d4

Sterowana sieciowo lampa RGB

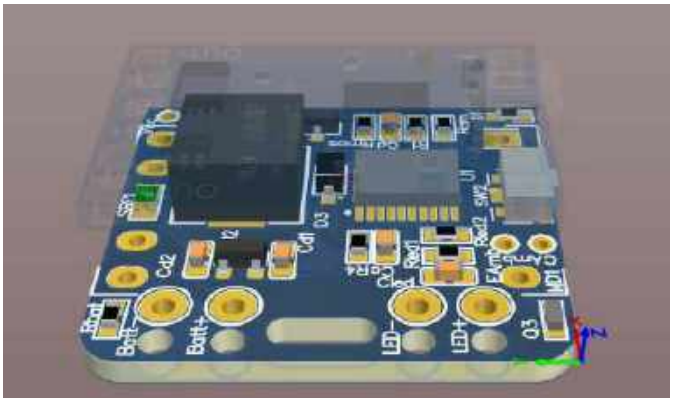
Jest to dość prosty projekt, w którym zastosowano cyfrowy mikrokontroler radiowy do komunikacji dalekiego zasięgu i diody elektroluminescencyjne APA102C. Projekt bazuje na płytkach Long-Range IOT zawierających mikrokontrolery CC1352 oraz CC1312. W systemie zaimplementowano wiele różnych efektów wizualnych, a sam sprzęt to w zasadzie tylko 16 diod LED APA102C, kilka tranzystorów używanych jako przełączniki poziomu (mikrokontroler pracuje przy napięciu 3,3 V, a diody przy napięciu 5 V). Na płytce znajduje się także stabilizator LDO. Podobnie jak wszystkie inne projekty zawierające wspomniane moduły Long-Range IOT, system korzysta z sieci prywatnej przy użyciu protokołu 802.15.4.

https://hackaday.io/project/182322-long-range-iot-mood-lamp

Sensor wilgotności gleby z interfejsem LoRa

Po pierwszych próbach z interfejsem LoRa przyszedł czas na bardziej rozbudowany projekt, jak pisze w opisie autorka konstrukcji, Maria Piecha, Polka mieszkająca od wielu lat w Niemczech. Na ten sezon ogrodniczy zaplanowała zainstalowanie w swoim ogrodzie rozproszonego systemu do monitorowania wilgotności gleby, który będzie zawierał sieć LoRaWAN do zbierania danych. „Zimą dużo czasu poświęciłam testowaniu LoRaWAN oraz przeglądami dostępnych w mojej okolicy dostawców usług. W Dragino znalazłam bardzo tani moduł LoRa, który ma interfejs RS-485”, opisuje rozwój projektu Maria. Zaletą jego wykorzystania jest to, że można bezpośrednio połączyć się z sensorem wilgotności SMT100, który wyposażony jest w interfejs Modbus (RS-485). Moduł LoRa odpowiadać może za zasilanie sensora wilgotności, gdyż ma wbudowane ogniwo litowo-jonowe, wraz z wszystkimi elementami do zarządzania systemem.

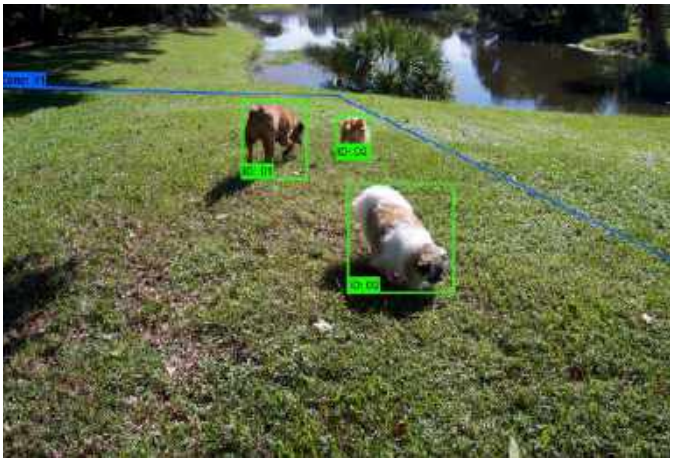
https://bit.ly/3HpIxul



Moduł boost dla diod LED 12 V

Scalone sterowniki LED nie są drogie, ale tego rodzaju układ może być zoptymalizowany do konkretnego zastosowania. W tym przypadku autor projektu zoptymalizował przetwornicę pod kątem zasilania modułów LED 12 V z pojedynczego ogniwa litowo-jonowego 1S. W układzie tym można użyć dowolnej cewki indukcyjnej, ale częstotliwość należy zoptymalizować dla tego konkretnego zastosowanego elementu. Wbudowany ADC monitoruje napięcie zasilanej diody, jednak w przypadku jej awarii czy rozłączenia nie ma już takiej możliwości. Obecnie autor zaprezentował pierwszą wersję swojego modułu, ale zgodnie z informacjami opublikowanymi na portalu Hackdy.io pracuje już nad kolejną wersją.

https://bit.ly/3s4aWzy



System używający OpenCV do geofencingu zwierząt domowych

Projekt ten jest finalistą konkursu OpenCV Spacial AI Contest. Autorzy będą okresowo aktualizować opis w miarę postępów w konkursie. Do realizacji projektu zastosowano OAK-D-Lite oraz zestaw LEGO Mindstorm Robot Inventor. Monitorowanie zwierząt gospodarskich i domowych w zadanej strefie może być trudne. Tradycyjne ogrodzenie może się uszkodzić, pozostawiając właściciela nieświadomego faktu, że zwie-

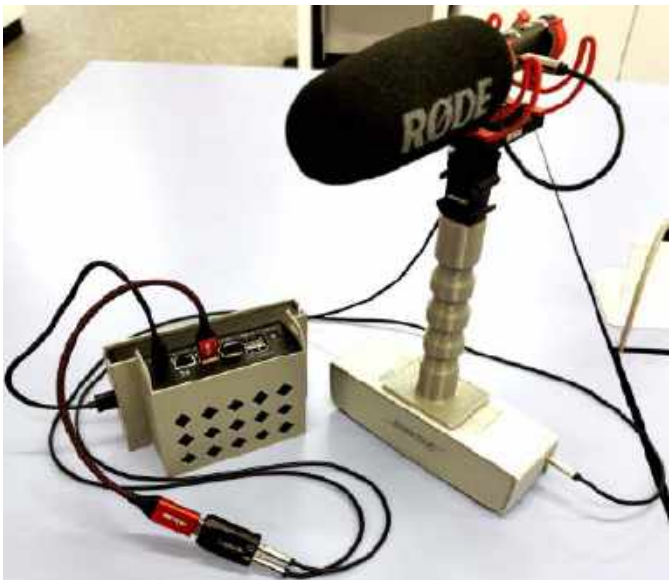
eprasa.pl f1935705aa

rzęta mogą uciec. Może to doprowadzić do uszkodzenia mienia, utraty zwierząt, ich paniki czy szeregu innych problemów. Autorzy tego projektu proponują autonomiczny system, który może monitorować zwierzęta i wysyłać powiadomienia, gdy przekroczą one linię graniczną określonej strefy.

System składa się z autonomicznego modułu i stacji bazowej. Autonomiczny moduł składa się z kamery Oak-D Lite, podstawy obrotowo-uchylnej, Raspberry Pi z modułami GPS, IMU i LoRa. Idealnie byłoby, gdyby moduł autonomiczny był zawieszony np. na wózku nad zwierzętami, co pozwoliłoby mu monitorować znacznie większą strefę. System można również przymocować na szczycie wysokiego punktu obserwacyjnego dla mniejszych stref.

Stacja bazowa służy do wyznaczania granic strefy oraz do przekazywania powiadomień LoRa z modułu autonomicznego do bezprzewodowej sieci lokalnej. Powiadomienia mogą być odbierane przez urządzenie mobilne użytkownika. Użytkownik może stworzyć strefę, wpisując po prostu współrzędne GPS lub drukując i umieszczając na wierzchołkach strefy znaczniki ArUCo. Znaczniki ArUCo są potrzebne tylko podczas procesu ustawiania, a później można je usunąć. Algorytm wykrywania zwierząt poza strefą wykrywa obecność zwierzęcia, klasyfikuje jego gatunek, śledzi go i porównuje jego obecną lokalizację z maską strefy. Etap klasyfikacji zwierząt jest opcjonalny i używany przez użytkowników, którzy chcą np. wykryć niechciane zwierzęta w monitorowanej strefie.

https://bit.ly/3AOMR3W



Klasyfikacja powierzchni na podstawie dźwięku

Opis tego projektu jest bardzo lakoniczny (przynajmniej w momencie pisania tego artykułu), jednakże warto śledzić jego postęp, gdyż z pewnością z czasem jego autor, Philip Ridder, uzupełni go wraz z postępem jego prac. Projekt ten jest częścią szerszych badań autora, w ramach których stara się on charakteryzować powierzchnie różnych przedmiotów za pomocą fal dźwiękowych. Fale te są analizowane za pomocą sieci neuronowych. Na obecnym etapie autor zbiera dane, które mają pozwolić mu na jak najlepsze wyuczenie trenowanych sieci. Sprawdza on, jakie parametry danych mają największy wpływ na rozdzielczość i dokładność powstającej sieci neuronowej.

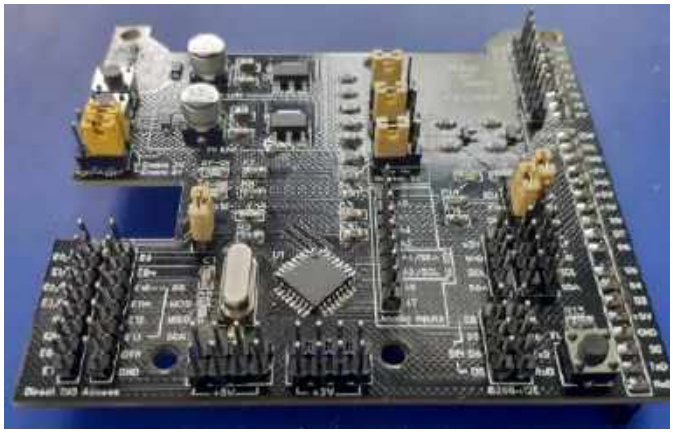
https://bit.ly/3ohKaCI

Przenośny oscyloskop 20 kHz na Arduino

Nie jest to pierwszy kieszonkowy oscyloskop tego autora. Poprzedni, z Raspberry Pi Pico, był ogromnym sukcesem. Kolejnym projektem było skonstruowanie jeszcze bardziej przenośnego urządzenia, bazującego na module Arduino. System używa wyświetlacza mini-OLED 128×64 o przekątnej 0,96" do wyświetlania kształtu sygnału, częstotliwości, cyklu pracy itp. Cztery dotykowe przyciski służą do zmiany trybów, skali amplitudy oraz czasu.

Układ korzysta ze znanego z Arduino Nano oraz Uno 8-bitowego mikrokontrolera ATmega328p. Oscyloskop można skonstruować, zawierając każdy z tych modułów. Treść wyświetlacza jest przesyłana poprzez interfejs I²C, a sygnał jest mierzony 10-bitowym przetwornikiem ADC wbudowanym w mikrokontroler. Obecna konstrukcja pozwala na oglądanie sygnałów o częstotliwości do 20 kHz z regulowaną podstawą czasu i napięcia. Możliwe jest prowadzenie pomiarów w trybie DC i AC oraz dostępna jest funkcja Hold.

https://bit.ly/35Cx8JD



Ekspander dla mikrokontrolera ESP 8266-12E

Projekt jest próbą dodania rozszerzonych możliwości do kontrolera IoT MCU-8266-12E. Urządzenie ma wbudowany mikrokontroler ATmega328P, który uruchamia szkic Arduino, aby zmienić się w niestandardowe urządzenie podrzędne I²C. Pozwala to na wykonanie kilku ciekawych rzeczy w ESPHome i Home Assistant.

O ile sama płytka bazowa ma już całkiem sporo wolnych pinów GPIO dla dodatkowych czujników i urządzeń, o tyle jednak autorowi tej konstrukcji brakowało wyjść przekaźnikowych, większej liczby wyjść zasilania, a także lepszego dostępu do magistrali I²C. Tak powstał pomysł ekspandera.

Najlepszym rozwiązaniem okazało się urządzenie z protokołem APE (*Arduino Port Extender*), które zostało opisane w dokumentacji w ESPHome. Wykorzystano do jego zbudowania standardową płytkę

eprasa.pl f1935705aa

Arduino (w tym przypadku Arduino Nano). Finalnie moduł Arduino został zastąpiony zaprojektowanym modułem. Niektóre jego funkcje (oprócz bycia w pełni funkcjonalnym klonem Arduino) to:

- Regulatory LDO dla 5 V i 3,3 V (o prądzie do 800 mA każdy), ze zworkami do ich włączania i wyłączania;
- Konwerter poziomów logicznych na magistrali I²C (jest to bardzo potrzebne, ponieważ ATmega328 P-AU działa na 5 V, aby umożliwić pracę z 16 MHz, a ESP8266 na płycie głównej działa przy zasilaniu 3,3 V);
- W module dostępne są również 3 złącza 3,3 V I²C, w komplecie z liniami 3,3 V i masy, a także pojedyncze złącze 5 V I²C;
- Osiem wejść analogowych (praktycznie można użyć tylko 6 z nich, jeśli używane jest I²C);
- Dzielnik napięcia dołączony do A0 do pomiaru napięcia zasilania;
- Rezystor ograniczający prąd (100 Ω na A1 i A2, do pomiaru z 5 V, jak i 3,3 V. Wejścia analogowe A0, A1 i A2 można przełączyć z powrotem do normalnego działania, zmieniając zworki na J2,J3 lub J4);
- 12 cyfrowych wejść/wyjść (14, jeśli wykorzysta się również D0 i D1);
- Pełny dostęp do pinów PCF8574 i ESP8266 z płyty głównej poniżej.

Autor planuje na tym etapie przepisać kod od nowa, aby sprawdzić, jak daleko można jeszcze przesunąć funkcjonalność urządzenia, jednocześnie będąc w stanie kontrolować wszystko z ESPHome i Home Assistanta. Pozwoli to na optymalizację całego systemu.

https://bit.ly/3IX0alx

Moduł Jetson Nano używany do automatycznego generowania efektów dźwiękowych na rdzeniach CUDA

Autorka od lat używa możliwości nowych procesorów NVIDIA Jetson. Na początku było to NANO, potem Xavier NX, a finalnie AGX Xavier. Sięganie po coraz mocniejsze moduły sprawiło, że starsze, słabsze z nich przestały być potrzebne i zbierały kurz na półce. Nie było to akceptowalne dla podpisującej się jako E/S Pronk programistki, dlatego też koniecznie musiała znaleźć dla nich jakieś ciekawe zastosowanie.

Jednym z pomysłów było zastosowanie technologii CUDA do przetwarzania dźwięków w czasie rzeczywistym. Szybko jednak okazało się, że rozmiary buforów byłyby najprawdopodobniej zbyt małe, aby zrównoważyć obciążenie związane z kopiowaniem danych do i z GPU, a nawet gdyby tak nie było, dostępnych jest za mało danych, aby stosować tutaj sieci neuronowe o sensownym rozmiarze. Co więcej, wiele np. filtrów symuluje (w pewnym stopniu) elektronikę analogową, gdzie kolejny stan zależy od poprzedniego, w ten sposób liczą szeregowo w dziedzinie czasu. Takie algorytmy nie są łatwe do zrównoleglenia. Są one ogólnie znane jako filtry o nieskończonej odpowiedzi impulsowej (IIR).

Istnieją jednak również filtry FIR (filtry o skończonej odpowiedzi impulsowej). Zwykle ich implementacja wiąże się z przekształceniem sygnału z domeny czasu do domeny częstotliwości za pomocą szybkich transformacji Fouriera, a następnie wykonaniem pewnej „magicznej matematyki", jak pisze autorka. Finalnie przekształca się wynik z powrotem do domeny czasu. Mnożenie w domenie częstotliwości to splot w domenie czasu i na odwrót. Można to zastosować w efektach dźwiękowych do symulacji wszystkiego, od wzmacniaczy po modulację stereo, jak np. w dużym kościele. Łączą one zwykły dźwięk z nagraną odpowiedzią (echem) impulsową o różnym charakterze. Powoduje to, że wynikowy dźwięk brzmi tak, jakby został nagrany w takiej sali lub przekształcony w inny sposób, np. za pomocą wzmacniacza.

GPU są bardzo dobre w niektórych algorytmach. Na przykład CNN (splotowe sieci neuronowe), które de facto, na pewnym poziomie, są również konwolucją, o której mowa powyżej, tylko z danymi 2D (dla obrazów). GPU od NVIDIA mają specjalną bibliotekę CUDA do realizacji algorytmów konwolucji CUFFT. Sposób, w jaki transformaty Fouriera mogą być zrównoleglone, sprawia, że działa to równie dobrze w przypadku dużej transformacji 1D lub kilku małych. Jeśli używa się bufora z 256 próbkami i chcemy do niego dodać około 1,5 sekundy echa, to wynikowy splot miałby rozmiar 65536, co odpowiada obrazowi 256×256 pikseli. Pojedynczy splot można porównać do pojedynczej warstwy modelu – autorka spodziewa się zrealizować na tym niewielkim module ok. 200 buforów×3 sploty. Wstępne testy na Jetson Nano sugerują, że da się uruchomić 1 lub 2 filtry równolegle z opóźnieniem na poziomie 1,5 milisekundy.

Główne cechy układu:

- Reverb w czasie rzeczywistym;
- Ponad 150 predefiniowanych odpowiedzi impulsowych;
- Od 2 do 4 równoległych kanałów;
- Wybór odpowiedzi impulsowej niezależnie dla każdego kanału;
- Wybór opóźnienia niezależnie dla każdego kanału;
- Niezależne miksery dry i wet;
- Niezależna panorama sygnałów dry i wet;
- Interpolacja pomiędzy dwoma odpowiedziami impulsowymi w zadanym czasie;
- Konfigurowalne mapowanie MIDI.

https://bit.ly/3gkb5d0

MRC6502 – modułowy komputer retro na procesorze 6502

Nasz dział nie byłby kompletny bez co najmniej jednego projektu retro. W tym miesiącu prezentujemy modułowy komputer, zawierający szalenie popularny w projektach retro procesor 6502. Składa się on z procesora 6502 z 64 kb pamięci RAM, 32 kb pamięci ROM

eprasa.pl f1935705aa

oraz bogatego zestawu portów I/O – wideo, audio, SPI oraz portu szeregowego. W systemie zintegrowano również Arduino Mega, które może być używane jako debugger kodu, inspektor pamięci oraz programator. Jego obecność wydatnie pomaga w tworzeniu oprogramowania układowego i nauce asemblera dla 6502. Modułowość oznacza, że każdy moduł (CPU, płytka I/O, karty wideo oraz audio) jest realizowany na osobnej płytce drukowanej, które razem włączone są we wspólną płytę główną. Pozwala to na eksperymenty z różnymi układami wideo i audio.

Zaplanowana specyfikacja układu to:

- 64 kb pamięci RAM (w pełni adresowalna przy zapisie, widoczna przy odczycie bankowania ROM);
- 32 kb pamięci ROM (jej obecność nie jest konieczna podczas pierwszej fazy tworzenia oprogramowania –system może w pełni działać z RAM);
- Obecność programowalnej logiki łączącej poszczególne moduły w postaci układu PLD;
- Pełna modułowość dla CPU, I/O, kontrolerów wideo i audio i innych;
- Moduł Arduino jako debugger, inspektor pamięci z możliwością wstrzykiwania kodu, program ładujący kod, stepper wykonywania itp.;
- Dwie prędkości zegara przełączane w czasie pracy: wolna (zegar generowany przez Arduino) i szybka (zegar generowany przez oscylator o częstotliwości 4 MHz);
- Konfigurowalne punkty przerwania przy małej prędkości (kontrolowane przez Arduino) do krokowego wykonywania kodu;
- Interfejs SPI i szeregowy jako porty wejścia i wyjścia;
- Klawiatura PS/2;
- Karta SD jako magazyn danych.

Dodatkowo, autor nałożył na siebie szereg ograniczeń, takich jak konieczność korzystania tylko z komponentów do montażu przelotowego oraz niezwiększania zegara procesora WDC W65C02S powyżej 4 MHz. Do tworzenia oprogramowania zastosowane jest IDE Cross oraz asembler, który może służyć do bezpośredniego programowania pamięci RAM – bez potrzeby wyjmowania i programowania kości pamięci ROM dla każdej modyfikacji kodu.

https://bit.ly/3saF2l7

System zarządzania bateriami (BMS) dla 6-ogniowowego akumulatora litowo-jonowego

Pokazany w tym projekcie BMS służy do zarządzania pakietem ogniw litowo-jonowych w opracowanym przez studentów Politechniki Poznańskiej elektrycznym bolidzie wyścigowym. Zespół PUTMotorsport buduje od 2015 roku elektryczne samochody wyścigowe. Autorem pokazanego urządzenia jest Maksymilian Jaruga. System ten pozwala na zarządzanie samodzielnie wykonanym pakietem akumulatorów z ogniwami 21700 w konfiguracji 6S4P (maks. 25,2 V).

Wiele z decyzji projektowych jest podyktowanych przepisami, których zespół musi przestrzegać, budując samochód wyścigowy. Akumulator niskiego napięcia zasila wszystkie systemy w samochodzie. Niektóre ważne funkcje, które realizuje opisywany moduł, to:

- Monitoring napięcia na poszczególnych ogniwach (6S – 6 punktów pomiarowych);
- Monitorowanie temperatury części (33%) ogniw;
- Monitorowanie zużycia prądu z baterii;
- Ochrona baterii przed krytycznymi błędami określonymi w regulaminie Formula Student Germany;
- System równoważenia ogniw akumulatora podczas ładowania;
- Przetwarzanie i wysyłanie informacji przez port szeregowy i CAN;
- Punkt pomiaru napięcia za bezpiecznikiem.

https://bit.ly/3uqbrah

M5Pi – płytka deweloperska embedded

M5Pi to płytka rozwojowa korzystająca z Linuksa, która powstała jako projekt open source w zeszłym roku. Bazuje na chipie F1C200s firmy Allwinner Technology i ma wbudowany czujnik położenia MPU6050. Wbudowany głośnik może służyć do odtwarzania dźwięku, interfejs Wi-Fi korzysta z układu ESP8089, a najważniejsze, to, jak sam autor przyznaje, „mieć piękną obudowę", dlatego też dla opisywanego modułu zaprojektował bardzo ładną i użyteczną obudowę.

REKLAMA

eprasa.pl f1935705aa

Projekt ten jest całkowicie otwarty – wykorzystano oprogramowanie używane do rysowania PCB – KiCAD, a niektóre modele 3D używane w tym projekcie narysowano w otwartym FreeCAD. Autor używa bardzo popularnego buildroota do stworzenia systemu, wykorzystał także LVGL do napisania prostego launchera.

https://bit.ly/3KWL0yy

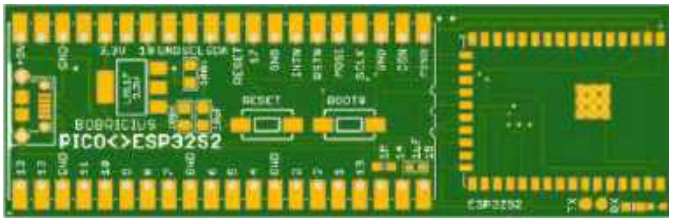
Moduł espThermostat – prosty termostat na ESP32

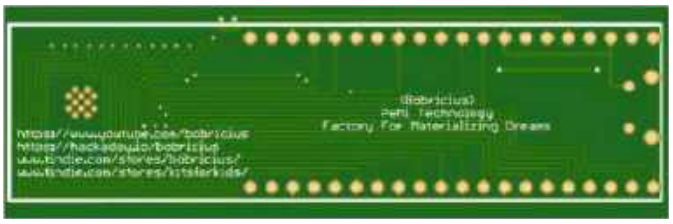
Zaprezentowane urządzenie to prosty termostat do zarządzania systemem centralnego ogrzewania, który zawiera ESP32. Dzięki temu ma kilka dodatkowych funkcji. „Opiekuję się nieruchomością, która jest dalej ode mnie i musiałem mieć możliwość monitorowania temperatury i zdalnego sterowania termostatem w niej się znajdującym", pisze autor projektu. Była to główna motywacja do opracowania tego podłączonego do sieci modułu. Główne funkcje espThermostatu to:

- interfejs dla Home Assistant za pośrednictwem wiadomości MQTT,
- sterowanie klimatyzacją, ogrzewaniem, nawilżaniem/suszeniem powietrza i wentylatorem,
- wbudowane 4 przekaźniki,
- wyświetlacz OLED 1,3",
- enkoder obrotowy do terowania lokalnego,
- czujnik temperatury DHT22,
- zegar czasu rzeczywistego,
- przetwornica 24 V AC na 5 V DC,
- harmonogramy temperatur,
- czytnik kart Mini SD,
- wskaźnik stanu na diodach LED,
- przycisk dla różnych funkcji,
- złącze debugowania JTAG,
- Wi-Fi oraz Bluetooth.

Chociaż urządzenie to ma w zamyśle jedynie kontrolować komponenty systemu grzewczego i wentylacyjnego, może służyć również jako świetna platforma programistyczna dla ESP32. Wszystkie użyteczne piny I/O są odsłonięte na złączach. Zasadniczo jest to platforma deweloperska ESP32, która zawiera funkcje interfejsu użytkownika oraz wyjścia na jednej karcie. „Docelowo stworzę wersję systemu w formie kitu, z którą inni będą mogli poeksperymentować", dodaje autor.

https://bit.ly/3owq5rN





Zamiennik dla Raspberry Pi Pico na ESP32S2

Opisywana w tym projekcie płytka z modułem ESP32S2 jest bezpośrednim zamiennikiem płytki Raspberry Pi Pico. Autor proponuje to rozwiązanie jako ulepszenie projektów na Raspberry Pi Pico dzięki użyciu modułu z interfejsem Wi-Fi, co pozwala na tworzenie np. bramy Wi-Fi dla innych systemów itp.

https://bit.ly/3ojI7OG

REKLAMA

Zestawy uruchomieniowe FPGA

Zestaw Basys 3 Artix-7 FPGA Trainer Board http://bit.ly/2MW1wFS

Kod handlowy: FPGA0001 • Producent: Digilent

Zestaw Basys 3 jest w szczególności polecany hobbystom i organizatorom kursów poświęconych układom programowalnym, oraz uczestnikom tych kursów. Oryginalny Basys 3 to zestaw do projektowania układów/systemów cyfrowych w środowisku Vivado Design Suite, z układem FPGA w wersji 35-T rodziny Artix 7 firmy Xilinx pozwalającym je praktycznie wdrożyć. Zestaw ten to najnowsza odsłona linii produktów Basys powstała specjalnie z myślą o osobach początkujących i studentach kierunków elektronicznych. W ich ręce producent oddaje gotowy do użycia produkt o dużej liczby peryferii zawierający niezbędne obwody. Tym samym nie ma potrzeby dołączania odrębnych komponentów, by stworzyć określone rozwiązanie. Ostatnie może być przy tym proste (np. bramki logiczne) lub bardziej złożone (np. namiastka domu inteligentnego). Zatem to sprzęt do zastosowań domowych oraz profesjonalnych, w tym do układów czasu rzeczywistego (RTOS).

AVT sklep

AVT SPV Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Sklep stacjonarny czynny jest od poniedziałku do piątku w godzinach: 8.00–16.00, tel. 22 257 84 66
e-mail: handlowy@avt.pl, tel. 22 257 84 51 (w godzinach: 9.00–15.00)

http://sklep.avt.pl

eprasa.pl f1935705aa

EURO CIRCUITS

Fast & Easy

Right First Time
On Time & In Budget

Virtual Manufacturing before Ordering

PCB Prototypes & Small Series

Manufactured and Assembled
in our own factories in Europe

https://www.eurocircuits.com

eprasa.pl f1935705aa

Podstawowe parametry:

- indywidualne ładowanie oraz rozładowanie każdego z czterech ogniw,
- kolorowy 4-calowy wyświetlacz dotykowy,
- ustawienie wartości prądu ładującego/rozładowującego w zakresie 0...400 mA,
- pomiar i prezentacja wszystkich parametrów ładowania/rozładowania.

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

----	Szybka mini ładowarka akumulatorków NiMH zasilana z USB (EP 2/2021)
AVT5676	Szybka ładowarka akumulatorów NiMH zasilana z USB (EP 6/2019)
----	Miniaturowa ładowarka bezprzewodowa (EP 4/2018)
----	Ładowarka akumulatorów NiMH (EP 12/2017)
Projekt 231	Mikroprocesorowa ładowarka ogniw AA/AAA (EP 7/2017)
AVT3169	Tester pojemności ogniw AA/AAA (EdW 3/2017)
AVT3126	Tester akumulatorów i ogniw z ładowarką (EdW 9-10/2015)
AVT1816	NiMH_CHG – mikroładowarka USB (EP 8/2014)
AVT1754	Ładowarka akumulatorków NiCd i NiMH (EP 8/2013)
AVT5348	Uniwersalna ładowarka akumulatorów modelarskich (EP 6/2012)
AVT5270	Mikroprocesorowy miernik pojemności ogniw AA/AAA (EP 1/2011)
AVT2959	Ładowarka procesorowa (EdW 11/2010)
AVT771	Miernik pojemności akumulatorów NiMH i NiCd (EdW 12/2008)
AVT2143	Uniwersalny układ ładowania akumulatorów NiCd i NiMH (EdW 6/1997)

* 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.

Mikroprocesorowa ładowarka do akumulatorków AA oraz AAA

Zaprezentowana ładowarka do akumulatorków ma możliwość indywidualnego ładowania oraz rozładowania każdego z czterech ogniw. Jest wyposażona w kolorowy 4-calowy wyświetlacz dotykowy, na którym wyświetlana jest aktualna wartość prądu płynącego do akumulatorka, napięcie oraz ładunek. Urządzenie pozwala na ustawienie wartości prądu ładującego/rozładowującego oraz mierzy pojemność akumulatorka. Nowoczesny graficzny interfejs oraz sterowanie dotykowe sprawiają, że obsługa ładowarki jest łatwa i intuicyjna.

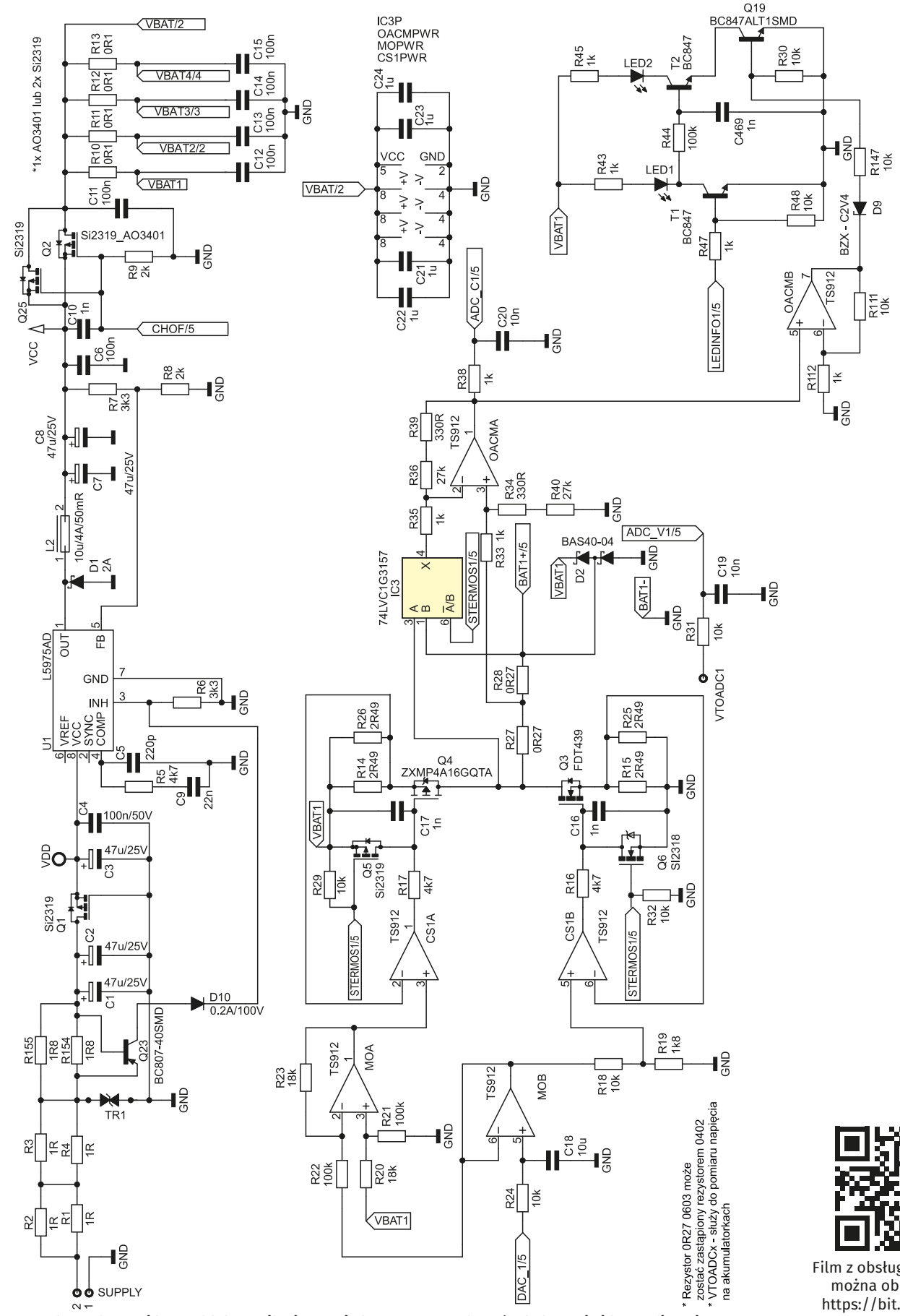
W moim mieszkaniu ciągle przybywa urządzeń zasilanych bateryjnie. Wiele argumentów przemawia za tym, aby wyposażyć je w akumulatorki. W zestawie z akumulatorkami często jest też dołączana ładowarka. Niestety, zwykle jest to ładowarka, która bazuje na najprostszym rozwiązaniu – ładowanie odbywa się niewielkim prądem bez żadnej kontroli napięcia czy czasu ładowania. W takiej konfiguracji nie da się osiągnąć optymalnych parametrów i akumulatorki zostają przeładowane lub niedoładowane.

Zaprezentowane urządzenie pozwala ustawić optymalne warunki ładowania i stale kontroluje wszystkie parametry każdego z czterech akumulatorków oraz mierzy ich pojemność w trakcie rozładowywania. Ma także diody sygnalizacyjne informujące użytkownika o zakończeniu procesu ładowana lub rozładowania akumulatorka. Po zakończeniu procesu ładowania ustawiany jest prąd konserwujący o wartości 25 mA, który utrzymuje akumulator w stanie gotowości.

eprasa.pl f1935705aa

Budowa i działanie

Schemat części elektronicznej jest dosyć obszerny. Na **rysunku 1** został pokazany schemat bloku zasilania oraz jeden z czterech torów ładowania, rozładownia i kontroli ogniw. Pozostałe 3 tory mają analogiczną konstrukcję, więc nie będą zamieszczone w artykule, ale kompletny schemat jest dostępny w materiałach dodatkowych do projektu.



Rysunek 1. Schemat ideowy bloku zasilania oraz jednego z czterech torów ładowania i kontroli ogniw

Film z obsługi ładowarki można obejrzeć tu: https://bit.ly/3tC1ar7.

eprasa.pl f1935705aa

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

Rezystory:
R1...R4: 1 Ω (SMD0805)
R5, R16, R17, R49, R50, R84, R85, R119, R120: 4,7 kΩ (SMD0603)
R6, R7: 3,3 kΩ (SMD0603)
R8, R9: 2 kΩ (SMD0603)
R10...R13: 0,1 Ω (SMD0603)
R14, R15, R25, R26, R58...R61, R93...R96, R128...R131: 2,49 Ω (SMD0805)
R18, R24, R29...R32, R37, R41, R42, R48, R51, R57, R64, R72... R74, R76, R83, R86, R92, R99, R107...R109, R111, R118, R121, R127, R134, R142...R147, R153, R162: 10 kΩ (SMD0603)
R19, R52, R87, R122: 1,8 kΩ (SMD0603)
R20, R23, R53, R56, R88, R91, R123, R126: 18 kΩ (SMD0603)
R21, R22, R44, R54, R55, R79, R89, R90, R114, R124, R125, R149, R164, R165: 100 kΩ (SMD0603)
R27, R28, R62, R63, R97, R98, R132, R133: 0,27 Ω (SMD0603)
R33, R35, R38, R43, R45, R47, R65, R67, R69, R75, R77, R78, R80, R82, R100, R102, R104, R110, R112, R113, R115, R117, R135, R137, R139, R148, R150, R152, R161: 1 kΩ (SMD0603)
R34, R39, R66, R70, R101, R105, R136, R140: 330 Ω (SMD0603)
R36, R40, 68, R71, R103, R106, R138, R141: 27 kΩ (SMD0603)
R52: 1,8 kΩ (SMD0603)
R87: 1,8 kΩ (SMD0603)
R122: 1,8 kΩ (SMD0603)
R154, R155: 1,8 Ω (SMD1206)
R156: 4,7 Ω (SMD0603)
R157: 20 kΩ (SMD0603)
R158, R159: 100 Ω (SMD0603)
R160: 1,5 kΩ (SMD0603)
R163: 6,8 kΩ (SMD0603)
R166: 510 Ω (SMD0805)
R167: 10 kΩ (SMD0805)
R168: 22 Ω (SMD0603)

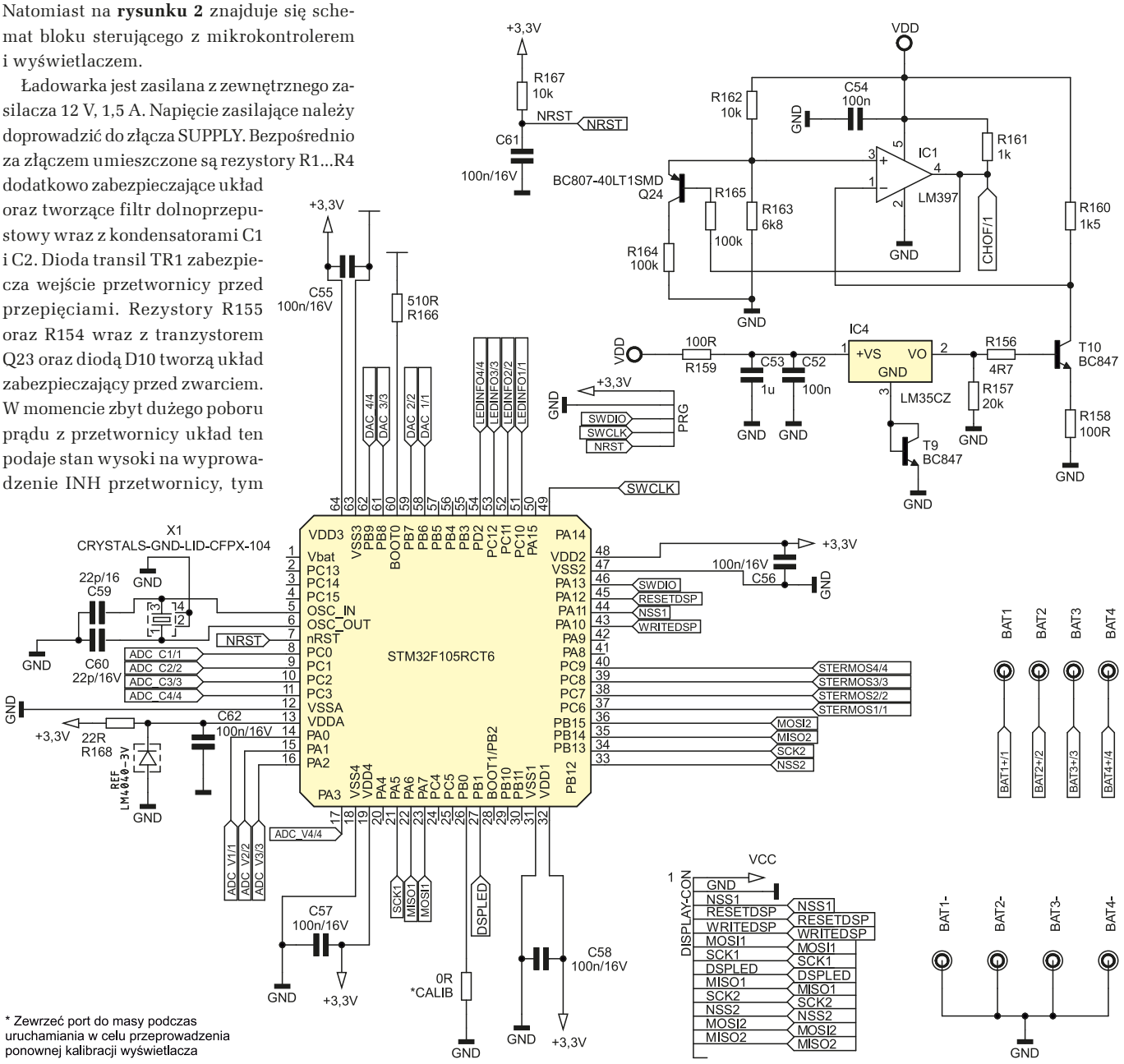
Kondensatory:
C1...C3, C7, C8: 47 μF/25 V (0605)
C4: 100 nF/50 V (SMD0805)
C5: 220 pF (SMD0603)
C6, C11...C15: 100 nF (SMD0603)
C9: 22 nF (SMD0603)
C10, C16, C17, C25, C26, C34, C35, C43, C44, C81, C116, C151, C469: 1 nF (SMD0603)
C18, C17, C36, C45: 10 μF (SMD0805)
C19, C20, C28, C29, C37, C38, C46, C47: 10 nF (SMD0603)
C21...C24, C30...C33, C39...C42, C48...C51: 1 μF (SMD0603)
C52, C54: 100 nF (SMD0805)
C53: 1 μF (SMD0805)
C55...C58, C61, C62: 100 nF/16 V (SMD0805)
C59: 22 pF/16 (SMD0805)
C60: 22 pF/16 V (SMD0805)

Półprzewodniki:
D1: 2 ASCHOTTKY (SMB)
D2...D5: BAS40-04 (SOT23)
D6...D9: BZX-C2,4V (SOT23)
D10: 0,2 A/100 V (MINIMELF)
LED1...LED8: RED, GREEN (SMD0805)
Q1, Q5, Q9, Q13, Q17, Q25: Si2319 (SOT23)
Q19...Q22: BC847 (SOT23)
Q23, Q24: BC807-40 (SOT23)
Q2: AO3401 (SOT23)
Q3, Q7, Q11, Q15: FDT439 (SOT223)
Q4, Q8, Q12, Q16: ZXMP4A16GQTA (SOT223)
Q6, Q10, Q14, Q18: SI2318 (SOT23)
T1...T10: BC847 (SOT23)
TR1: TV20 (DO214AC)
MO, MO1...MO3, OACM, OACM1...OACM3, CS1...CS4: TS912 (SO8)
U1: L5975AD (SO8-THERMALPAD)
U6: STM32F105RCT6 (LQFP64)
IC1: LM397 (SOT23-5)
IC2, C3, IC5, IC7: 74L VC1G3157 (TSOP6)
IC4: LM35CZ (TO92)
REF: LM4040-3V (SOT23)

Pozostałe:
L2: 10 μH/4 A/50 mΩ
DISPLAY-CON: goldpin 1×14
PRG: goldpin 1×5
SUPPLY: złącze ARK254-2PIN

Natomiast na **rysunku 2** znajduje się schemat bloku sterującego z mikrokontrolerem i wyświetlaczem.

Ładowarka jest zasilana z zewnętrznego zasilacza 12 V, 1,5 A. Napięcie zasilające należy doprowadzić do złącza SUPPLY. Bezpośrednio za złączem umieszczone są rezystory R1...R4 dodatkowo zabezpieczające układ oraz tworzące filtr dolnoprzepustowy wraz z kondensatorami C1 i C2. Dioda transil TR1 zabezpiecza wejście przetwornicy przed przepięciami. Rezystory R155 oraz R154 wraz z tranzystorem Q23 oraz diodą D10 tworzą układ zabezpieczający przed zwarciem. W momencie zbyt dużego poboru prądu z przetwornicy układ ten podaje stan wysoki na wyprowadzenie INH przetwornicy, tym



* Zewrzeć port do masy podczas uruchamiania w celu przeprowadzenia ponownej kalibracji wyświetlacza

Rysunek 2. Schemat ideowy bloku sterującego

eprasa.pl f1935705aa

samym powodując jej wyłączenie. Tranzystor Q1 zabezpiecza układ przed podaniem napięcia o odwróconej polaryzacji.

Kondensatory C3 oraz C4 filtrują napięcie zasilające do przetwornicy. Przetwornica U1 wraz z dławikiem L2, diodą Schottky'ego D1, kondensatorami C7, C8 oraz dzielnikiem rezystancyjnym R7, R8 tworzą typowy układ obniżający napięcie. Wartość napięcia wyjściowego przetwornicy została ustalona za pomocą rezystorów R7, R8. Wartości wspomnianych rezystorów zostały tak dobrane, aby na wyjściu przetwornicy otrzymać napięcie 3,3 V. Tranzystory Q2 i Q25 w normalnym stanie pozostają otwarte (bramki tranzystorów zwarte do masy przez rezystor R9). W momencie zadziałania zabezpieczenia temperaturowego (które będzie opisane w dalszej części) następuje wyłączenie tranzystorów Q2, Q25 poprzez podanie na ich bramki napięcia. Zamiast dwóch wspomnianych tranzystorów typu Si2319 można zastosować jeden tranzystor AO3401, który zapewni odpowiednio małą rezystancję kanału w stanie jego otwarcia.

Za tranzystorami umieszczono filtry RC składające się z rezystorów R10...R13 oraz kondensatorów C12...C15. Jako że wspomniane rezystory mają małą wartość, ich główne zadanie polega na obniżeniu napięcia, którym będą ładowane akumulatorki w stosunku do napięcia zasilania wzmacniaczy operacyjnych. Zastosowane wzmacniacze operacyjne to układy CMOS typu rail-to-rail (TS912). Ponieważ cały tor służący do ładowania/rozładowania akumulatorka jest taki sam dla wszystkich czterech akumulatorków, omówiony zostanie tylko jeden kanał. Kondensatory C21...C24 filtrują zasilanie wzmacniaczy operacyjnych OACM, CS1, MO oraz zasilanie klucza analogowego IC3.

Z wyjścia mikrokontrolera generowany jest sygnał PWM, który następnie za pomocą rezystora R24 oraz kondensatora C18 jest przetwarzany na sygnał stały (oznaczony jako DAC na schemacie) o wartości proporcjonalnej do wypełnienia sygnału PWM. Z kolei parametry sygnału PWM zależą od wybranej przez użytkownika wartości prądu, którym chcemy ładować lub rozładowywać akumulatorek. Wartość prądu może być regulowana w zakresie od 0 do maksymalnie 400 mA. Przetworzony sygnał PWM jest podawany na wtórnik napięciowy MOB. Następnie sygnał dociera na regulowane źródło prądowe odpowiedzialne za rozładowywanie akumulatorka lub regulowane źródło prądowe odpowiedzialne za jego ładowanie.

Dla źródła prądowego typu High-side, które jest zbudowane ze wzmacniacza CS1 A oraz tranzystora Q4 i rezystorów R14, R26, napięcie sterujące pracą tego źródła musi mieć wartość odpowiednio mniejszą względem napięcia zasilania, którym akumulatorki są ładowane. Dlatego sygnał sterujący jest odejmowany od tego napięcia za pomocą wzmacniacza różnicowego MOA. Rezystory R20...R23 zostały tak dobrane, aby napięcie wyjściowe ze wzmacniacza różnicowego wynosiło VMOA=VBAT1–0,18·VDAC. Sygnał sterujący może mieć wartość maksymalnie 3 V, więc 0,18·VDAC=0,54 V. Jest to maksymalny spadek napięcia, jaki może się odłożyć na rezystorach R14 i R26, które ustalają maksymalną wartość prądu ładowania.

W przypadku rozładowywania akumulatorka sygnał sterujący jest dzielony na rezystorach R18, R19, przez co maksymalne napięcie odniesienia, jakie może się pojawić na wejściu nieodwracającym źródła prądowego CS1 B (źródło prądowe Low-side), także wynosi 0,54 V. Źródło prądowe wraz ze wzmacniaczem operacyjnym jest tworzone przez tranzystor Q3 oraz rezystory R15 i R25 – za ich pomocą jest ustalany maksymalny prąd rozładowywania.

Wyborem źródła prądowego steruje mikrokontroler poprzez sterowanie tranzystorami Q5 i Q6. W momencie kiedy jeden z nich przewodzi, drugi jest zatkany. Tranzystor, który jest otwarty, powoduje zwarcie bramki ze źródłem tranzystora danego źródła prądowego, a tym samym wyłączenie tego źródła. Rezystory R16 oraz R17 zapewniają, że wyjścia wzmacniaczy CS1 A oraz CS1 B nie zostaną zwarte bezpośrednio do masy lub zasilania przez tranzystory Q5, Q6.

Pomiar prądu odbywa się za pomocą wzmacniacza różnicowego OACMA o odpowiednim wzmocnieniu, który mierzy spadek napięcia na rezystorze R27 lub R28. Wzmocnienie wzmacniacza różnicowego jest ustalone za pomocą rezystorów R33, R34, R40, R35, R36, R39. Aby mierzyć prąd, wejście odwracające wzmacniacza jest przełączane pomiędzy rezystorem R27 lub R28, w zależności od tego, czy akumulatorek jest ładowany, czy rozładowywany. Przełączanie odbywa się za pomocą klucza analogowego IC3, który jest sterowany za pomocą mikrokontrolera. Wejście nieodwracające jest podłączone na stałe pomiędzy rezystorami R27, R28. Na wyjściu wzmacniacza różnicowego znajduje się filtr utworzony przez rezystor R38 oraz kondensator C20. Napięcie z filtra jest mierzone za pomocą przetwornika analogowo cyfrowego mikrokontrolera. Diody Schottky'ego D2 zabezpieczają układ przed możliwymi przepięciami.

Elementy R31 oraz C19 tworzą filtr wejściowy przetwornika ADC mikrokontrolera, za pomocą którego jest realizowany pomiar napięcia na akumulatorku. Do padu VTOADC1 należy przylutować przewód, którego drugi koniec będzie przylutowany jak najbliżej dodatniego bieguna akumulatorka. Dzięki takiemu rozwiązaniu pomiar napięcia przestaje być zależny od spadku napięcia na przewodach, którymi akumulatorek jest ładowany lub rozładowywany. Do padu BAT1+ należy przylutować przewód, którym będzie ładowany akumulatorek.

Diody LED1 i LED2 sygnalizują zakończenie ładowania lub trwanie tego procesu. Diodami sterują tranzystory T1 oraz T2, które działają w negacji w zależności od sygnału sterującego z mikrokontrolera. Tranzystor Q19 tworzy z tranzystorem T2 iloczyn logiczny zapobiegający świeceniu się czerwonej diody LED2, w momencie gdy w koszyku nie jest włożony żaden akumulatorek. Tranzystor Q19 jest sterowany za pomocą wzmacniacza w układzie nieodwracającym, wzmacniającym sygnał napięciowy zależny od wartości płynącego prądu. Rezystory R111, R112 ustalają wzmocnienie wspomnianego wzmacniacza. Wszystkie pozostałe kanały, którymi ładujemy lub rozładowujemy akumulatorki, mają taką samą budowę.

Jak wcześniej wspomniano, układ ma zabezpieczenie temperaturowe, które chroni ładowarkę przed przegrzaniem. Obwód ten bazuje na układzie IC4, który jest przetwornikiem temperatury na napięcie. Dokonuje pomiaru temperatury w zakresie od 2°C do 150°C. Przyrost napięcia wynosi 10 mV/1°C. Otrzymany w układzie przyrost napięcia jest wzmacniany za pomocą tranzystora T10. Tranzystor T9 przesuwa masę zasilania układu IC4 o spadek napięcia występujący pomiędzy bazą a emiterem tranzystora T10, dzięki temu prąd płynący przez rezystor R158 zależy wyłącznie od przyrostu napięcia (ΔU/R158). Prąd płynący przez emiter tranzystora T10 wynosi (ΔT·0,01)/R158, gdzie ΔT jest przyrostem temperatury względem 0°C. Spadek na rezystorze R160 wyniesie natomiast ((ΔT·0,01)·R168)/R158. Jako że R168 i R158 oraz 0,01 V są wartościami stałymi, przyrost temperatury o jeden stopień Celsjusza powoduje spadek napięcia 0,15 V na rezystorze R160. W momencie gdy spadek napięcia jest odpowiednio duży, komparator IC1 przestaje zwierać wyjście do masy (wyjście typu otwarty kolektor) a tym samym na bramce tranzystorów Q2 i Q25 pojawia się napięcie powodujące ich zatkanie.

Tranzystor Q24 wraz z rezystorem R164 wprowadza dodatkową histerezę do układu. Dzielnik utworzony przez rezystory R162 oraz R163 ustala próg zadziałania komparatora. Obudowę czujnika temperatury należy przymocować do płytki PCB za pomocą pasty termoprzewodzącej.

Mikrokontroler sterujący pracą urządzenia to STM32F105RCT6, który jest taktowany zewnętrznym rezonatorem kwarcowym 8 MHz. Układ REF stanowi napięcie referencyjne 3 V o dokładności 0,1%, z którego jest zasilana część analogowa mikrokontrolera. Układ REF jest zasilany przez rezystor R168, który wraz z kondensatorem C62 stanowi dodatkowy filtr dla układu. Kondensatory C57, C58, C56, C55 filtrują zasilanie mikrokontrolera.

eprasa.pl f1935705aa

Rezystor *CALIB, w przypadku wlutowania na płytce, powoduje uruchomienie procedury kalibracyjnej panelu dotykowego, po podłączeniu zasilania do ładowarki. Rezystor R166 zapewnia prawidłowe bootowanie procesora po podłączeniu zasilania. Układ RC tworzony przez R167 oraz C61 zapewnia sprzętowy reset po podłączeniu zasilania. Złącze PRG służy do programowania oraz debugowania za pomocą interfejsu SWD. Złącze DISPLAY-CON służy do podłączenia 4-calowego wyświetlacza TFT z kontrolerem ST7796S. Wyświetlacz ma także wbudowany kontroler dotyku XPT2046. Oba kontrolery komunikują się z mikrokontrolerem za pomocą interfejsu SPI.

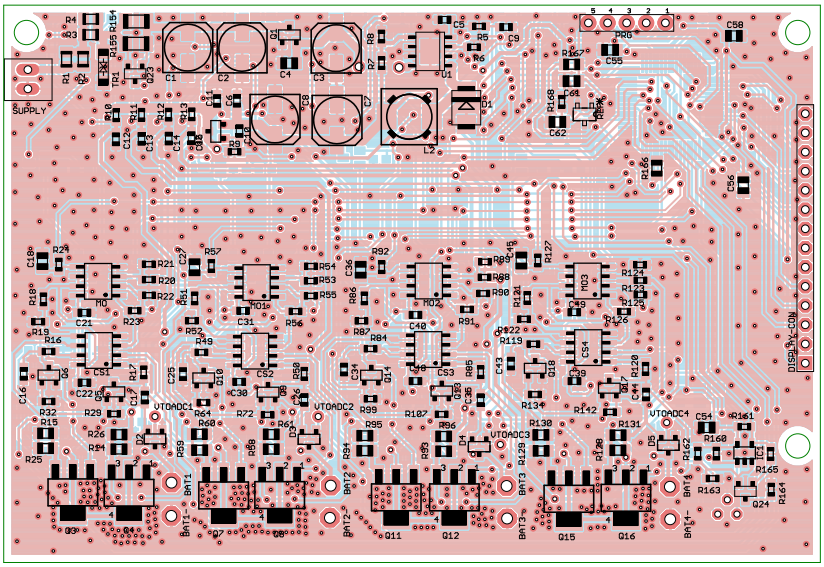
Montaż i uruchomienie

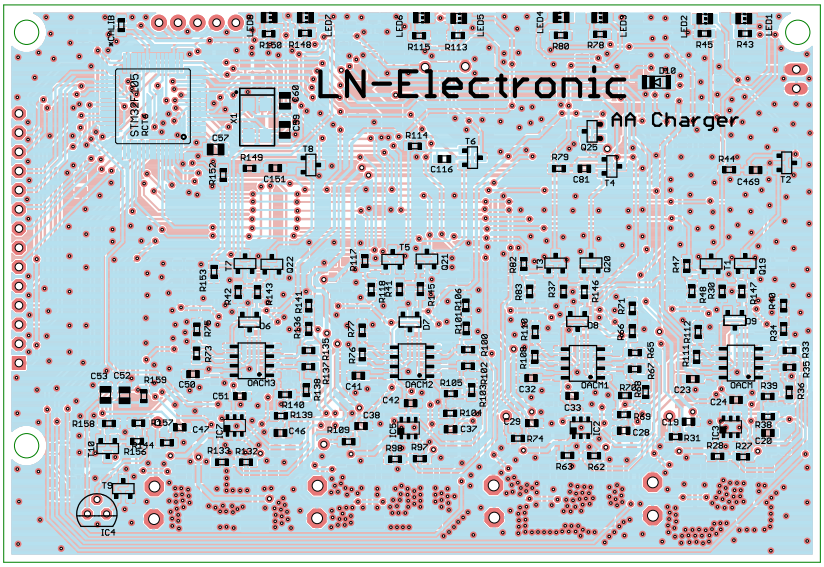
Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 3**. W urządzeniu potrzebna była jeszcze jedna płytka PCB służąca do wlutowania koszyków na akumulatorki. Jej schemat został pokazany na **rysunku 4**. Połączenie płytek jest możliwe poprzez pady do wlutowania złączy typu goldpin.

Montaż należy rozpocząć od wlutowania wszystkich elementów zasilających mikrokontroler. Po wlutowaniu przetwornicy oraz elementów, z którymi musi współpracować, aby prawidłowo obniżać napięcie, należy podłączyć zasilanie, a następnie sprawdzić czy na wyjściu przetwornicy, tzn. na kondensatorach C7, C8, jest napięcie 3,3 V.

Jeżeli napięcie jest prawidłowe, należy przylutować mikrokontroler, a następnie za pomocą programatora oraz programu do jego obsługi zaprogramować pamięć mikrokontrolera. Jako programatora można użyć ST Link V2, który współpracuje z programem STM32 ST-LINK Utility. Podczas zapisywania programu warto mieć podłączony wyświetlacz do płytki PCB, ponieważ od razu po zakończeniu zapisu pamięci zostaje uruchomiona procedura kalibracji panelu dotykowego, którą najlepiej przeprowadzić właśnie tuż po wgraniu oprogramowania.

W celu skalibrowania panelu dotykowego należy postępować zgodnie z instrukcją wyświetloną na wyświetlaczu tzn. należy dotknąć i trzymać aktualnie pojawiającą się kropkę. W pierwszej kolejności kropka pojawi się w lewym górnym rogu wyświetlacza, w kolejnej kolejności kropka pojawi się w dolnej części wyświetlacza w pobliżu jego środka, natomiast ostatnia kropka pojawi się w prawej górnej części wyświetlacza. Po prawidłowo skalibrowanym panelu dotykowym program reaguje na dotknięcie wyświetlacza, np. gdy chcemy zmienić wartości prądu ładującego/rozładowującego lub dotknąć przycisku CHARGE/UNCHARGE na wyświetlaczu. Jeżeli program uruchamia się na wyświetlaczu oraz kalibracja przebiegła prawidłowo, można przystąpić do lutowania wszystkich elementów SMD.

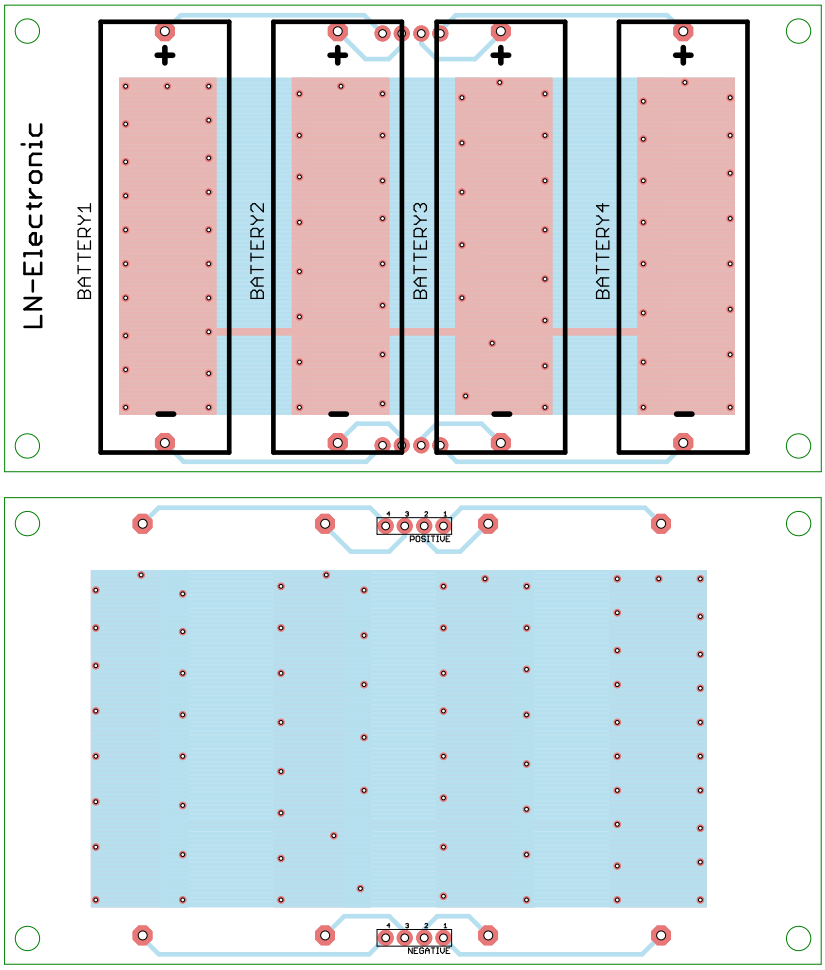




Rysunek 3. Schemat głównej płytki PCB

Fotografia 1. Zmontowana płytka główna – strona TOP

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 4. Schemat płytki PCB przeznaczonej do zamontowania uchwytów na akumulatorki

Fotografia 2. Zmontowana płytka główna – strona BOTTOM

Po wlutowaniu elementów SMD należy przylutować wszystkie przewody do padów, za pomocą których akumulatorki będą ładowane oraz będzie dokonywany pomiar napięcia. Po tych czynnościach można sprawdzić za pomocą amperomierza, czy w trybie ładowania akumulatorków podczas zmieniania wartości prądu na wyświetlaczu zmienia się ona także na mierniku. W trakcie tej czynności należy także sprawdzić, czy wskazania amperomierza są zgodne z pomiarem prądu dokonanym przez ładowarkę.

Następnie można podłączyć szeregowo akumulatorek z amperomierzem i sprawdzić, czy podczas rozładowywania mierzony prąd jest prawidłowy oraz czy podczas jego zmieniania na wyświetlaczu wartość na mierniku także się zmienia. Jeżeli wszystkie czynności przebiegły prawidłowo, należy przetestować wszystkie kanały poprzez rozładowanie akumulatorków oraz ich ponowne naładowanie. Jeżeli ładowanie oraz rozładowywanie przebiega prawidłowo, można przystąpić do umieszczenia całego układu w obudowie.

Zmontowana płytka główna została pokazana na **fotografiach 1 i 2**, na **fotografii 3** widać płytkę główną z zamontowanym wyświetlaczem i dołączoną płytką z koszykami na akumulatorki. **Fotografia 4** pokazuje sposób zamontowania płytek w obudowie, natomiast na **fotografii 5** widać uruchomione urządzenie w gotowej obudowie.

Zaprojektowane płytki PCB są dwuwarstwowe. Płytka główna zawiera głównie elementy SMD rozmiaru 0603, po to, aby jak najlepiej zagospodarować powierzchnię płytki. Ładowarka zawiera stosunkowo dużo elementów, dlatego zostały one rozmieszczone na stronie TOP oraz BOTTOM. Płytka PCB ma trzy otwory montażowe zgodne z otworami montażowymi płytki PCB wyświetlacza. Dolna część płytki PCB jest nieco wysunięta ponad wymiar płytki wyświetlacza, aby umożliwić przymocowanie, w razie potrzeby, małych radiatorów do obudów SMD tranzystorów źródeł prądowych.

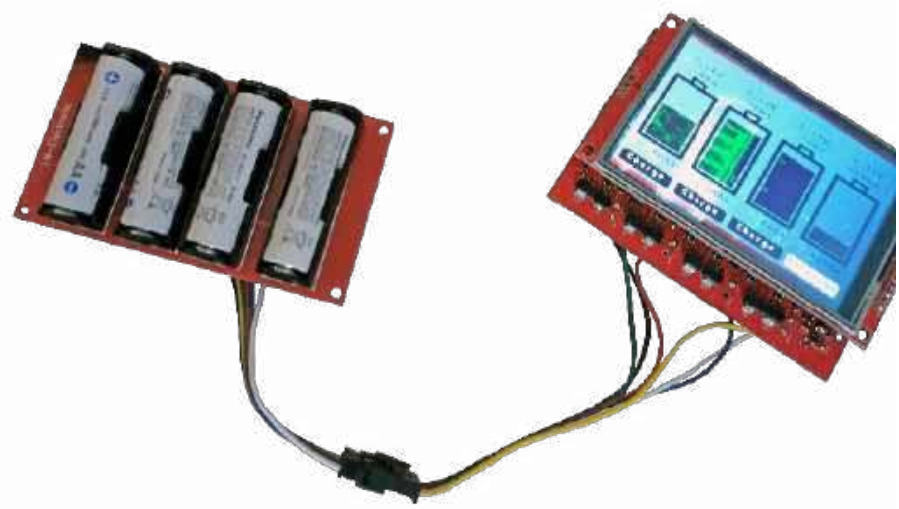
Na całej powierzchni płytek zostały wylane obszary masy. Zapewniają one prawidłowe tory dla prądów powrotnych, a tym samym przyczyniają się do zmniejszenia emisji zakłóceń EM. Na całym obszarze masy zostały rozmieszczone przelotki mające na celu wyrównanie ich potencjałów. W pobliżu tranzystorów źródeł prądowych umieszczono sporą liczbę przelotek, aby pomóc w odprowadzaniu ciepła wydzielonego przez tranzystory do otoczenia.

Program sterujacy

W pliku *main.c* programu ładowarki znajduje się kilka definicji, za pomocą których możemy doregulować działanie programu. Najważniejsze z nich to:

- #define supvoltage 143 – za pomocą tej definicji możemy ustalić próg naładowania, powyżej którego program zaczyna sprawdzać, czy dalej występują przyrosty napięcia na akumulatorku. Jeżeli nie ma przyrostów napięcia lub wystąpił spadek napięcia na akumulatorze, mikrokontroler wyłącza ładowanie i załącza prąd konserwujący. W zaprezentowanym przypadku próg wynosi 1,43 V i jeżeli nie występuje istotny powód, nie należy zmieniać tej wartości;
- #define infvoltage 106 – próg, poniżej którego wyłączane jest rozładowywanie

eprasa.pl f1935705aa



Fotografia 3. Zmontowana płytka główna z zamontowanym wyświetlaczem i dołączoną płytką z koszykami na akumulatorki

Fotografia 4. Zmontowane płytki umieszczone w obudowie

akumulatorka oraz kończy się pomiar jego pojemności. W tym przypadku próg wynosi 1,06 V;

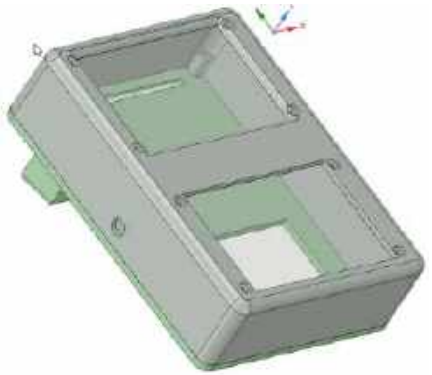
- #define supersup 154 – napięcie, powyżej którego układ blokuje możliwość ładowania, w tym przypadku 1,54 V. Powyżej tej wartości prąd konserwujący także zostaje wyłączony.

Ładowarka mikroprocesorowa ma trzy mechanizmy, które powodują przerwanie ładowania oraz załączenie prądu konserwującego. Pierwszy mechanizm polega na pomiarze spadku napięcia na akumulatorku. Jeżeli napięcie na akumulatorku przekroczyło 1,43 V a następnie nastąpił jego spadek o 0,03 V, wtedy ładowarka przestaje ładować akumulatorek. Drugi mechanizm jest aktywowany po przekroczeniu progu 1,43 V. W odpowiednich interwałach czasowych ładowarka sprawdza, czy następuje dalszy przyrost napięcia na akumulatorku, jeżeli takiego przyrostu nie ma, to ładowarka przestaje ładować po dwudziestu minutach od momentu wykrycia przez nią braku przyrostów napięcia. Ostatni mechanizm jest właściwie mechanizmem zabezpieczającym, polegającym na tym, że ładowarka przestaje ładować po przekroczeniu progu 1,43 V przez trzy godziny.

Obudowa

Obudowa ładowarki mikroprocesorowej została wydrukowana na drukarce 3D. Składa się z dwóch części. Do głównej części – frontowej, przymocowany jest cały układ, pokrywka – dolna część, ma prostokątny cienki otwór, przez który widać diody LED sygnalizujące o stanie ładowania/rozładowania danego akumulatorka. Wyświetlacz oraz płytkę PCB należy przymocować do głównej obudowy za pomocą śrubek 3 mm. Pokrywkę tylną należy skręcić z częścią frontową także za pomocą śrubek 3 mm.

Część główna obudowy została pokazana na **rysunku 5**. Po zamontowaniu układu w obudowie należy sprawdzić, czy ładowarka działa prawidło i nic nie uległo uszkodzeniu



Rysunek 5. Projekt obudowy ładowarki

Rysunek 6. Projekt ramki do obudowy

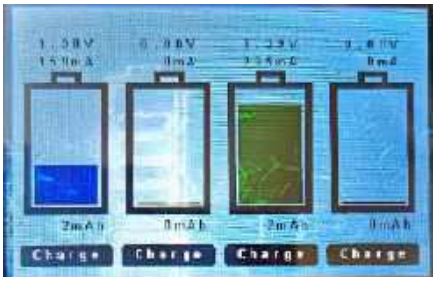
w trakcie montażu. Obudowa składa się także z dwóch ramek, które należy przykleić do obudowy. Ramki maskują śrubki mocujące płytkę PCB z koszykami na akumulatorki do obudowy. Ramkę pokazuje **rysunek 6**.

Obsługa

Po załączeniu ładowarki po chwili na wyświetlaczu zostaje wyświetlony ekran główny wraz z czterema akumulatorkami, na których za pomocą zielonego wypełnienia jest wyświetlany poziom naładowania (**fotografia 6**). Poprzez dotknięcie przycisku CHARGE/UNCHARGE możemy zmienić, czy chcemy ładować lub rozładowywać dany akumulatorek.

Aby zmienić wartość prądu ładowania lub rozładowania, należy dotknąć danego akumulatorka (wypełnienie akumulatorka zmienić, kolor z zielonego na niebieski), a następnie przesunąć pasek w górę lub w dół. W momencie

Fotografia 5. Uruchomione urządzenie w gotowej obudowie



Fotografia 6. Wygląd głównego okna prezentowanego na wyświetlaczu

puszczenia akumulatorka, po około 3 sekundach, pasek poziomu ustawionego prądu zmieni poziom na wartość adekwatną do napięcia akumulatorka oraz na kolor zielony.

Nad symbolami akumulatorków jest wyświetlane aktualnie zmierzone napięcie akumulatorka oraz aktualnie płynący prąd. Pod symbolami dokonywany jest pomiar pojemności w mAh.

Krzysztof Miękus
lordwest1989@tlen.pl

eprasa.pl f1935705aa

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5918

Podstawowe parametry:

- obsługa komunikatów MIDI typu CC, PC,
- obsługa 16 kanałów MIDI,
- 2 wyjściowe interfejsy MIDI,
- 6 pokręteł regulacyjnych oraz 6 przycisków przeznaczonych do pracy w roli foot-switchy,
- każdy potencjometr reguluje wartość wybranego kontrolera CC, lub PC,
- każdy foot-switch wysyła wartość wybranego kontrolera CC (oddzielnie dla krótkiego i długiego przyciśnięcia przycisku) oraz wartość wybranego kontrolera PC
- 14 banków pamięci – 13 presetów plus bieżące ustawienia,
- interfejs użytkownika zrealizowany z użyciem wyświetlacza graficznego i impulsatora,
- zasilanie napięciem 5...9 VDC, pobór prądu ok. 25 mA

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

AVT5734	MidiLights (EP 1/2020)
AVT5724	MIDIswitch – przełącznik MIDI do wzmacniacza lampowego (EP 11/2019)
AVT5692	MidiCtrl – prosty sterownik MIDI (EP 8/2019)
AVT5594	Konwerter MIDI-SPI (EP 7/2017)
AVT5107	Odtwarzacz plików MIDI (EP 8/2007)
AVT960	Płyta ewaluacyjna i klawiatura muzyczna MIDI (EP 12/2006)
AVT842	Asynchroniczny konwerter RS232-MIDI (EP 12/1999)

* 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.

Sterownik MIDI – midiMaster

Prezentowane urządzenie to jedno z tych rozwiązań, które jest moim ukłonem w kierunku Czytelników, których jednym z hobby jest gra na instrumentach muzycznych. Nie powinno to szczególnie dziwić osób, które śledzą moje poczynania konstrukcyjne, gdyż w portfolio moich projektów znajduje się całkiem pokaźna grupa tych wyposażonych w muzyczny interfejs MIDI. I nie ma się czemu dziwić. Interfejs MIDI to moim zdaniem doskonały przykład rozwiązania praktycznego, które, mimo że ma kilkadziesiąt lat, nadal spełnia swoje zadania, przez co jest chętnie stosowane nawet w najnowszych konstrukcjach instrumentów muzycznych.

Interfejs MIDI, choć wymyślony w latach 80., jest na tyle uniwersalny, że z powodzeniem jest stosowany w najnowszych urządzeniach estradowych. W praktyce prawie każde urządzenie estradowe korzysta z dobrodziejstw tego medium transmisyjnego, zaś jednym z powodów użycia technologii MIDI jest szeroka dostępność i uniwersalność takich sterowników. To swego rodzaju ewenement, gdyż trudno znaleźć w świecie informatyki drugie takie ponadczasowe rozwiązanie! Zatem, zanim przejdę do opisu projektu, w skrócie przypomnę podstawowe informacje dotyczące sprzęgu MIDI.

Interfejs MIDI

Jest szeregowym interfejsem komunikacyjnym pracującym z szybkością 31250 (±1%) bits/s, w którym dane przesyłane są w paczkach po 8 bitów, z jednym bitem

eprasa.pl f1935705aa

startu i jednym bitem stopu, bez bitów kontroli parzystości. Układ wejściowy interfejsu MIDI wykonuje się zwykle przy użyciu szybkiego transoptora (6N138), który zamienia prąd w linii (ok. 5 mA) na przebiegi napięciowe, zaś interfejs wyjściowy to zwykle para rezystorów ograniczających prąd diody LED w urządzeniu odbiorczym. W standardzie MIDI dane przesyłane są grupowo w formie tzw. komunikatów (*Messages*), przy czym wprowadzono bardzo prosty sposób na odróżnienie bajtów poleceń sterujących (*Status Byte*) od bajtów danych (*Data Byte*): bajty poleceń mają ustawiony najstarszy bit (0xFF...0x80), a bajty danych najstarszy bit mają wyzerowany (0x7F...0x00). Zwykle informacje przesyłane są w kolejności: bajt polecenia i po nim jeden lub dwa bajty danych (w zależności od rodzaju polecenia). Polecenia wysyłane są tylko przy zmianie danego elementu sterującego. Bajt polecenia określa jedną ze standardowo zdefiniowanych funkcji, którą instrument ma wykonać (4 najstarsze bity), np. *Note On/Off* (włącz/wyłącz nutę), *Control Change* (zmień parametr urządzenia), *Program Change* (zmień rodzaj brzmienia), oraz numer kanału MIDI, na którym informacja ma być odebrana (pozostałe 4 bity określające jeden z 16 kanałów MIDI).

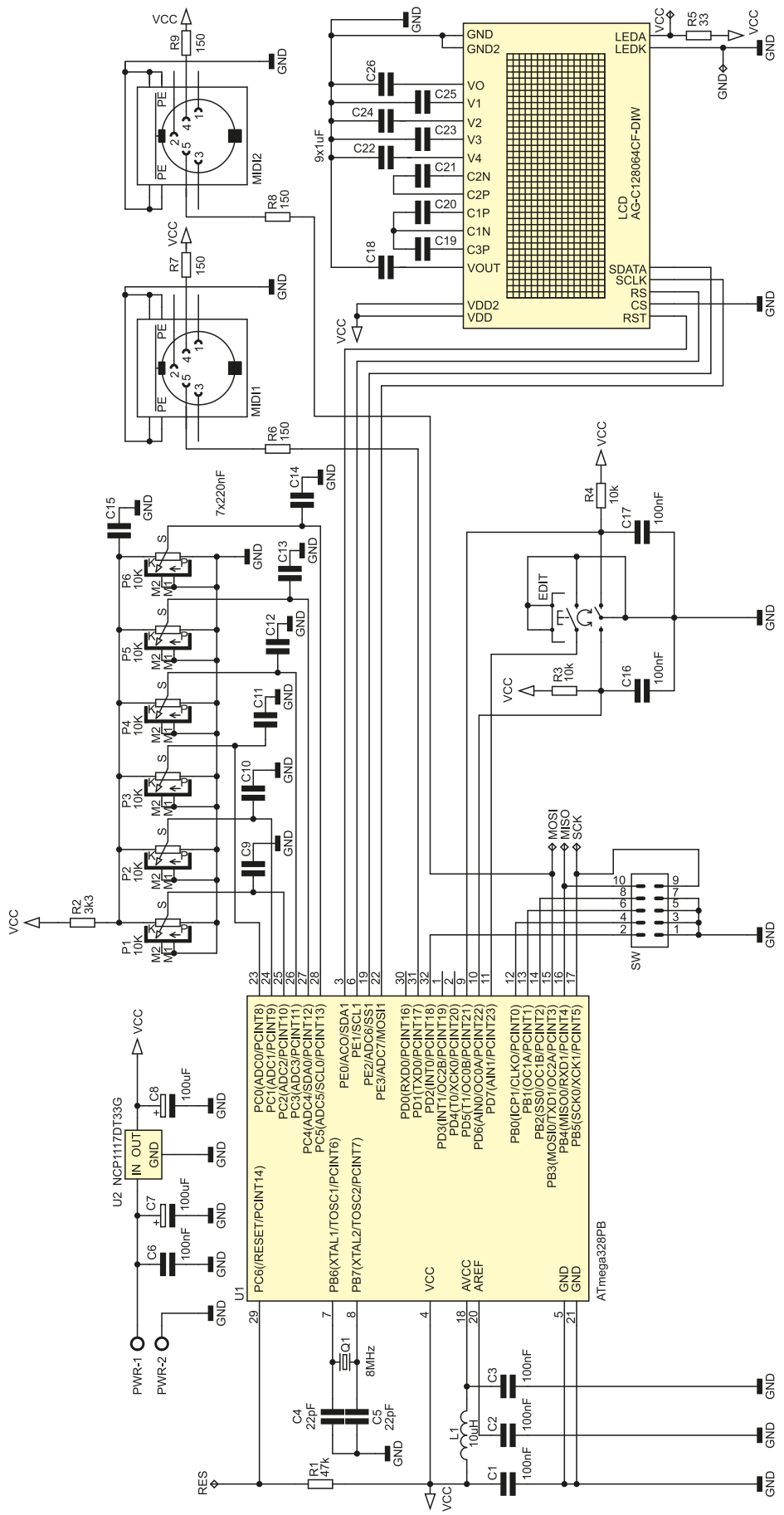
Dla porządku należy wspomnieć o możliwości ograniczenia transferu danych poprzez usunięcie redundancji, z której korzysta metoda *Running Status*. Polega ona na wysłaniu jednego bajta polecenia i wielu bajtów danych (bez każdorazowego ponawiania bajta polecenia) w przypadku przesyłania tego samego rodzaju sygnałów sterujących jeden za drugim, np. sygnały wywołane zmianą jednego i tego samego regulatora.

Budowa i działanie

MidiMaster to sterownik MIDI, który integruje w sobie zalety typowego sterownika MIDI wyposażonego w szereg konfigurowalnych pokręteł dających dostęp do ustawień sterowanego instrumentu, ze sterownikiem typu foot-switch, który nader chętnie stosowany jest przez gitarzystów z racji swoich właściwości użytkowych. Schemat urządzenia midiMaster pokazano na **rysunku 1**. Zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy z niewielkim mikrokontrolerem firmy Microchip (dawniej Atmel) o oznaczeniu ATmega328PB taktowany zewnętrznym rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 8 MHz. Zastosowanie rezonatora kwarcowego jako źródła taktowania mikrokontrolera wynikało z potrzeby zapewnienia dużej dokładności prędkości transmisji MIDI (±1%).

Mikrokontroler jest odpowiedzialny za obsługę 2 kanałów wyjściowego interfejsu MIDI (z użyciem wbudowanych w jego strukturę 2 interfejsów USART), obsługę 6 potencjometrów regulacyjnych oraz 6 foot-switchy

Ustawienia Fuse-bitów (ważniejszych):
EESAVE: 0
CKDIV8: 1
SUT[1:0]: 11
CKSEL[3:0]: 1101



Rysunek 1. Schemat ideowy sterownika midiMaster

eprasa.pl f1935705aa

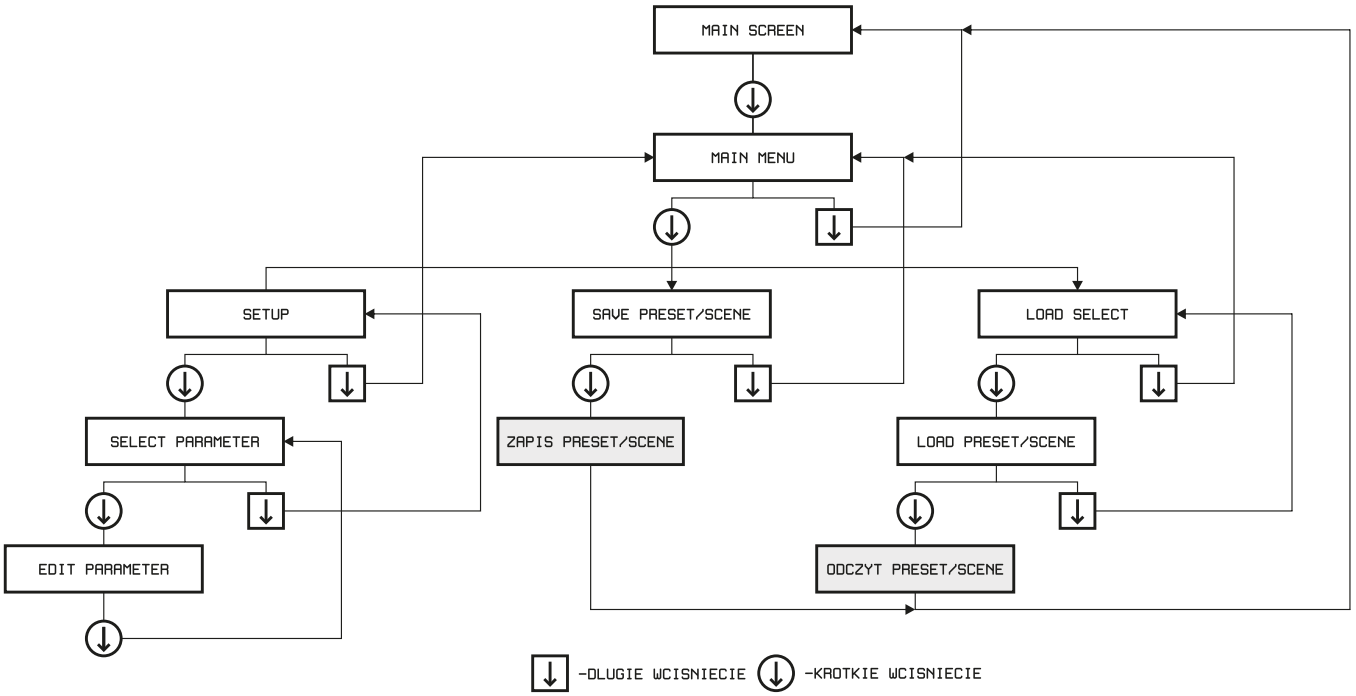
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (obudowa miniaturowa 1/8 W, raster 0,2")
R1: 47 kΩ
R2: 3,3 kΩ
R3, R4: 10 kΩ
R5: 33 Ω
R6...R9: 150 Ω
P1...P6: potencjometr obrotowy 10 kΩ/A typu R9011-1-10K (długość osi 18 mm)

Kondensatory:
C1...C3, C6, C16, C17: 100 nF
C9...C15: 220 nF
C4, C5: 22 pF
C7, C8: 100 μF/16 V elektrolityczny
C18...C26: 1 μF

Pozostałe:
Q1: rezonator kwarcowy 8 MHz niski
L1: dławik osiowy 10 μH
EDIT: enkoder z przyciskiem (długość osi 15 mm)
SW: gniazdo IDC męskie proste 2×5 + wtyk żeński na taśmę + przewód płaski
SW1...SW6: przycisk nożny typu FC71055 CLIFF lub podobny
MIDI1, MIDI2: gniazdo DIN-5 żeńskie, kątowe 90°, THT typu DC-205
PWR: złącze śrubowe AK500/2

Półprzewodniki:
U1: ATmega328PB (TQFP32)
U2: NCP1117DT33G (TO-252)
LCD: wyświetlacz graficzny LCD-AG-C128064CF-DIW



Rysunek 2. Sposób obsługi urządzenia midiMaster

(złącze SW) odpowiedzialnych za wysyłanie komunikatów MIDI, obsługę enkodera ze zintegrowanym przyciskiem oraz obsługę graficznego wyświetlacza LCD o organizacji 128×64, stanowiącego wraz z enkoderem, graficzny interfejs użytkownika.

Uważny Czytelnik zapewne zwróci uwagę na fakt zastosowania dwóch interfejsów wyjściowych MIDI. To celowy zabieg, którego implementacja miała przede wszystkim zwiększyć możliwości konfiguracyjne prezentowanego urządzenia. Jak się później okaże, każdy element regulacyjny (foot-switch czy potencjometr) możemy przyporządkować do wybranego wyjścia MIDI, co daje możliwość sterowania pracą dwóch urządzeń wyjściowych za pomocą tego samego sterownika MIDI.

Program sterujący i obsługa

Tyle w kwestiach sprzętowych. Przejdźmy zatem do zagadnień programowych. Tak jak wspomniano wcześniej, wbudowane potencjometry służą do regulacji wybranych kontrolerów MIDI w czasie rzeczywistym. Każdy z potencjometrów może pracować w jednym z dwóch trybów: CC (*Control Change*) lub PC (*Program Change*). W pierwszym trybie wybrany potencjometr reguluje wartość wybranego kontrolera *Control Change*, zaś w drugim trybie wartość kontrolera *Program Change*. Dostępne ustawienia dla obu trybów pracy regulatorów zostaną omówione w części opisu systemu menu urządzenia.

Podobnie wygląda obsługa przycisków foot-switch, dla których, jak dla potencjometrów, przewidziano dwa tryby pracy: CC lub PC. W pierwszym trybie wybrany foot-switch wysyła wartość wybranego kontrolera *Control Change* (oddzielnie dla krótkiego i długiego przyciśnięcia przycisku), zaś w drugim trybie wartość wybranego kontrolera *Program Change*. Podobnie jak poprzednio dostępne ustawienia dla obu trybów pracy foot-switchy zostaną omówione w części opisu systemu menu urządzenia.

Przejdźmy zatem do systemu menu urządzenia midiMaster. Dostępne ekrany menu urządzenia pokazano na **rysunku 2**. Jak widać, zaprojektowano bardzo intuicyjne i atrakcyjne wizualnie menu urządzenia. Standardowo urządzenie midiMaster pracuje w trybie menu nazwanym MAIN_SCREEN. W trybie tym pokazywane są podstawowe ustawienia pokręteł regulacyjnych i foot-switchy. Dla foot-switchy pokazywane są (od lewej do prawej): numer wyjścia MIDI, które obsługuje wybrany foot-switch (1/2), numer foot-switcha (1…6), rodzaj kontrolera MIDI obsługiwanego przez wyświetlany element (CC lub PC) oraz numer kontrolera MIDI (0…127).

Dla potencjometrów pokazywane są (od lewej do prawej): numer wyjścia MIDI, które obsługuje wybrany potencjometr (1/2), numer potencjometru (1…6), rodzaj kontrolera MIDI obsługiwanego przez wyświetlany element (CC lub PC) oraz wartość tego kontrolera MIDI (ustawienie potencjometru). W trybie menu MAIN_MENU pokazywane są dostępne opcje menu urządzenia: SETUP, SAVE i LOAD. W trybie SETUP, czyli w trybie ustawień elementów regulacyjnych (potencjometrów lub foot-switchy) pokazywane są nastawy wybranego elementu regulacyjnego. Co oczywiste, nastawy te zależne są od rodzaju elementu regulacyjnego (potencjometr lub foot-switch) oraz jego typu (CC lub PC). Dla foot-switcha typu CC dostępne są następujące nastawy:

- Type: CC – to rodzaj kontrolera obsługiwanego przez foot-switch,
- CCnr – to numer kontrolera wysyłanego przez foot-switch (0…127),
- CCval – to wartość kontrolera wysyłanego przez foot-switch przy krótkim naciśnięciu (0…127),
- CChold – to wartość kontrolera wysyłanego przez foot-switch przy długim naciśnięciu (0…127),

eprasa.pl f1935705aa

- MIDIout – to numer wyjścia MIDI, dla którego wysyłane są komunikaty MIDI (1/2),
- MIDIchn – to numer kanału MIDI, dla którego wysyłane są komunikaty MIDI (1…16).

Dla foot-switcha typu PC dostępne są następujące nastawy:

- Type: PC – to rodzaj kontrolera obsługiwanego przez foot-switch,
- PCnr – to numer kontrolera wysyłanego przez foot-switch (0…127),
- MIDIout – to numer wyjścia MIDI, dla którego wysyłane są komunikaty MIDI (1/2),
- MIDIchn – to numer kanału MIDI, dla którego wysyłane są komunikaty MIDI (1…16).

Dla potencjometru typu CC dostępne są następujące nastawy:

Type: CC – to rodzaj kontrolera obsługiwanego przez potencjometr,

- CCnr – to numer kontrolera wysyłanego przez potencjometr (0…127),
- CCmax – to wartość maksymalna kontrolera wysyłanego przez potencjometr (0…127),
- MIDIout – to numer wyjścia MIDI, dla którego wysyłane są komunikaty MIDI (1/2),
- MIDIchn – to numer kanału MIDI, dla którego wysyłane są komunikaty MIDI (1…16).

Dla potencjometru typu PC dostępne są następujące nastawy:

- Type: PC – to rodzaj kontrolera obsługiwanego przez potencjometr,
- MIDIout – to numer wyjścia MIDI, dla którego wysyłane są komunikaty MIDI (1/2),
- MIDIchn – to numer kanału MIDI, dla którego wysyłane są komunikaty MIDI (1…16).

W trybie menu SAVE_PRESET/SCENE i LOAD_PRESET/SCENE pokazywane są dostępne numery banków pamięci urządzenia (wszystkich ustawień urządzenia) przeznaczone do operacji zapisu lub odczytu (13 banków danych). Należy jednak wspomnieć o dość istotnej funkcjonalności dotyczącej wykonywanych operacji. W trybie zapisu oprócz ustawień urządzenia zapisywane są również bieżące ustawienia wszystkich potencjometrów regulacyjnych. W trybie odczytu możliwe jest przywołanie samych ustawień urządzenia (tzw. preset) lub też ustawień urządzenia wzbogaconych o zapamiętane pozycje potencjometrów (tzw. sceny). Co ważne, w trakcie odczytu tychże ustawień potencjometrów są one równocześnie wysyłane poprzez interfejs MIDI urządzenia.

Tyle, jeśli chodzi o dostępne ekrany systemu menu. Przejdźmy zatem do obsługi urządzenia, która realizowana jest w sposób bardzo nowoczesny, a mianowicie za pomocą enkodera z wyczuwalnym skokiem i zintegrowanym przyciskiem. Krótkie przyciśnięcie ośki enkodera powoduje przejście do wybranej pozycji menu, długie przyciśnięcie ośki enkodera powoduje wyjście do poziomu powyżej, zaś pokręcanie ośką enkodera powoduje regulację wybranej pozycji menu. Jedyne odstępstwo od tej reguły zachodzi w przypadku wyboru i wyjścia z wyboru parametru poddawanego regulacji, co zawsze odbywa się poprzez krótkie przyciśnięcie ośki enkodera i wynika z chęci uproszczenia sposobu regulacji wielu parametrów urządzenia.

Sposób obsługi urządzenia midiMaster pokazano na **rysunku 3**. Nie uwzględniono tam akcji towarzyszącej pokręcaniu ośką enkodera, o czym napisano powyżej. Ma to szczególne znaczenie w przypadku pokręcania ośką enkodera na ekranie głównym aplikacji. Tutaj, w wyniku doświadczeń zebranych w pracy na estradzie ww. urządzenia, wprowadzono szybki dostęp do odczytu presetów/scen, co możliwe jest dzięki pokręcaniu wspomnianej ośki. Pokręceniu w prawo towarzyszy przejście do odczytu presetów,

MAIN_SCREEN

```
S1:PC#22   P1:PC:2
S2:PC#125  P2:PC:125
S3:CC#46   P3:CC:46
S4:CC#2    P4:CC:26
S5:PC#5    P5:PC:5
S6:PC#42   P6:PC:42
```

MAIN_MENU

```
SETUP
SAVE
LOAD
```

SETUP

```
SW5
 ▶Type:CC
  CCnr:25
  CCval:5
  CChold:20
  MIDIout:0
  MIDIchn:2
```

```
SW5
 ▶Type:PC
  PCnr:25
  MIDIout:2
  MIDIchn:2
```

```
POT1
 ▶Type:CC
  CCnr:25
  CCmax:5
  MIDIout:2
  MIDIchn:2
```

```
POT1
 ▶Type:PC
  MIDIout:2
  MIDIchn:2
```

SAVE_PRESET/SCENE

```
Save Preset:2
```

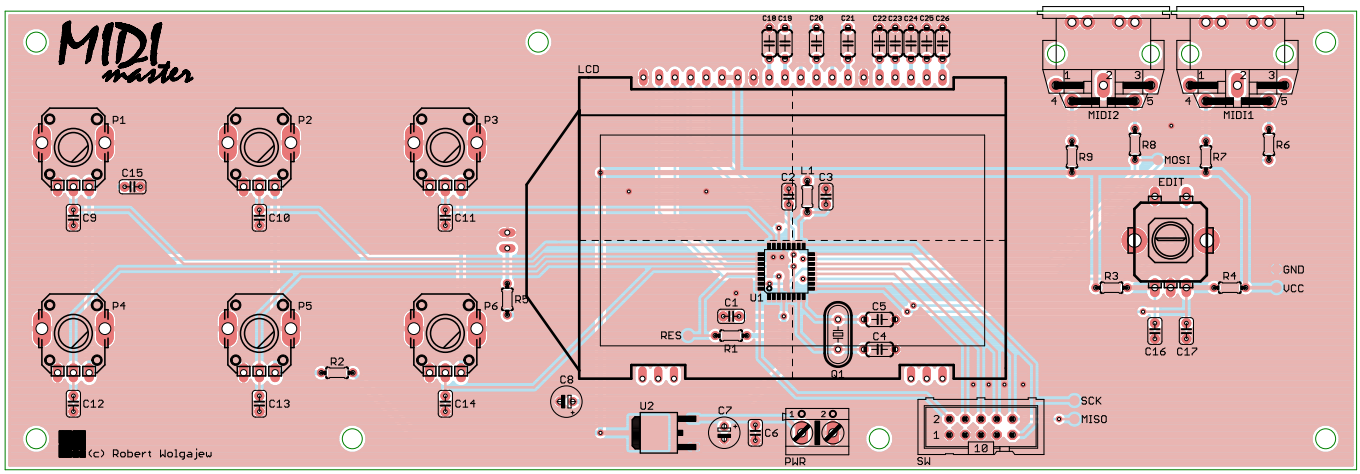
LOAD_SELECT

```
▶Preset
 Scene
```

LOAD_PRESET

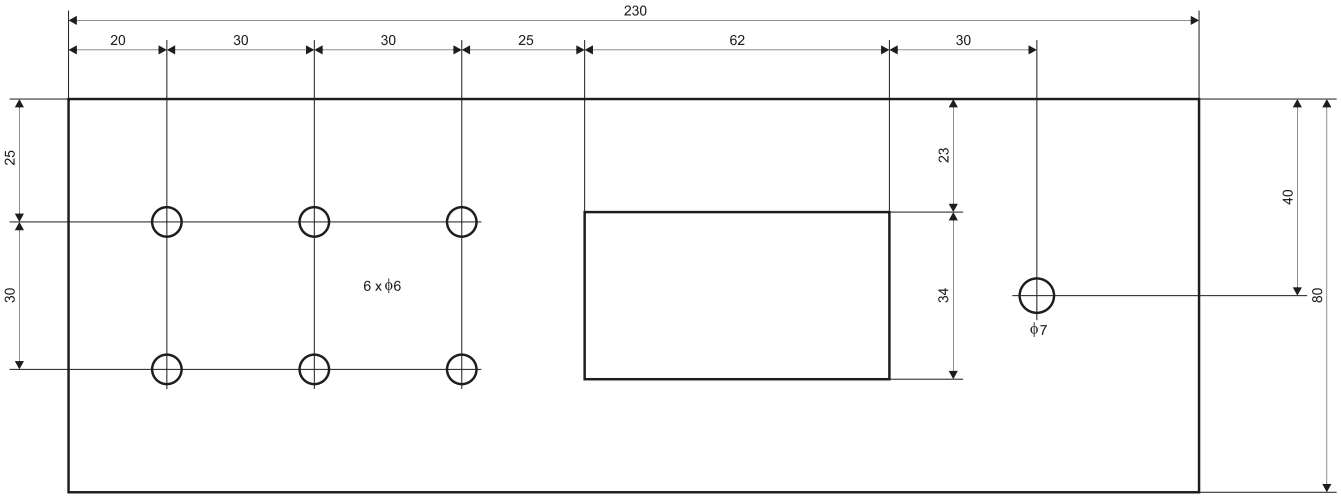
```
Load Preset:2
```

Rysunek 3. Dostępne ekrany Menu sterownika midiMaster



Rysunek 4. Schemat montażowy sterownika midiMaster (pomniejszony 18%)

eprasa.pl f1935705aa



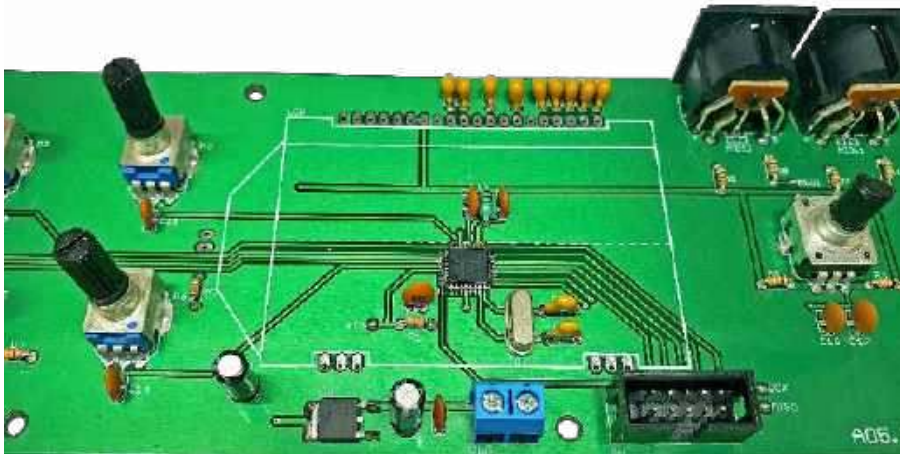
Rysunek 5. Widok przykładowego panelu czołowego urządzenia midiMaster (pomniejszony 35%)

zaś pokręceniu w lewo towarzyszy przejście do odczytu scen urządzenia. Wybraną akcję uruchamiamy w tym przypadku poprzez krótkie przyciśnięcie ośki enkodera, zaś długie przyciśnięcie tejże ośki powoduje wyjście do ekranu głównego.

Warto zaznaczyć, że bieżące ustawienia urządzenia (wszystkich elementów sterujących) zapisywane są każdorazowo w nieulotnej pamięci EEPROM mikrokontrolera i wczytywane podczas uruchamiania urządzenia. Ponadto, o czym wspomniano powyżej, przewidziano 13 dodatkowych banków pamięci (PRESET/SCENE), które przeznaczone są do archiwizowania ustawień urządzenia i położenia potencjometrów regulacyjnych. Tyle w kwestiach implementacyjnych. Przejdźmy zatem do zagadnień montażowych.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy urządzenia midiMaster pokazano na **rysunku 4**. Jak widać, zaprojektowano bardzo zwarty obwód drukowany przeznaczony w zdecydowanej większości do montażu przewlekanego. Montaż urządzenia rozpoczynamy od wlutowania mikrokontrolera, jako że jest to jeden z niewielu elementów przeznaczonych do montażu SMD. Dalej montujemy stabilizator, następnie rezonator kwarcowy, pozostałe elementy bierne a na końcu elementy mechaniczne w rodzaju potencjometrów, enkodera czy gniazd połączeniowych (PWR, SW, MIDI1 i MIDI2). Ostatnim etapem procesu montażu urządzenia jest przylutowanie graficznego wyświetlacza LCD wraz z dołączonym do niego podświetleniem. Wykonując tę czynność, należy mieć na uwadze oczekiwaną odległość płaszczyzny wyświetlacza od obwodu PCB w stosunku do położenia zamocowanych elementów regulacyjnych. Poprawnie zmontowany układ nie wymaga żadnych regulacji i powinien działać po włączeniu zasilania. Zmontowane urządzenie midiMaster tuż przed przylutowaniem wyświetlacza graficznego pokazano na **fotografii 1**.



Fotografia 1. Zmontowane urządzenie midiMaster tuż przed przylutowaniem wyświetlacza graficznego

Urządzenie midiMaster jest niejako połączeniem typowego foot-switcha z kontrolerem MIDI. W związku z tym może być przygotowane jako jedno niezależne lub dwa zależne od siebie urządzenia. W pierwszym przypadku foot-switche montowane są w zakresie tego samego panelu urządzenia, zaś w drugim przypadku możemy zaimplementować dwa, połączone ze sobą urządzenia: kontroler MIDI wyposażony w 6 pokręteł regulacyjnych i foot-switch wyposażony w 6 przycisków, oba połączone za pomocą wielożyłowej taśmy. Docelowe rozwiązanie zależy wyłącznie od naszych preferencji i zgodnie z nimi implementujemy konkretny design. Widok przykładowego panelu czołowego urządzenia midiMaster pokazano na **rysunku 5**.

Robert Wołgajew, EP

REKLAMA

eprasa.pl f1935705aa

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- wejście przycisku jest wyposażone w eliminator drgań styków i zabezpieczone przeciwko ESD,
- zasilanie elementu sygnalizacyjnego wynosi 24 V i dostarcza do 30 mA,
- zasilanie interfejsu wymaga napięcia z zakresu 2,7...5,5 V,
- pozwala na bezpieczne, bezpośrednie sterowanie z RPi i Arduino.

* 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.

Interfejs aparatury kontrolnej i sygnalizacyjnej standardu M22

Moduły takie jak Raspberry Pi czy Arduino często stosowane są w aplikacjach, w których warunki pracy nie należą do najłatwiejszych. Dotyczy to np. zastosowań zewnętrznych czy przemysłowych, gdzie występuje szeroki zakres temperatur pracy oraz czynniki środowiskowe i zanieczyszczenia. O ile odpowiednie chłodzenie i uszczelnienie obudowy nie jest zadaniem najtrudniejszym, o tyle przystosowanie typowych elementów sterujących takich jak przyciski, przełączniki lub kontrolki może nastręczyć sporo problemów. Aby ich uniknąć, najłatwiej jest zastosować aparaturę kontrolno-sygnalizacyjną zaprojektowaną do pracy w środowisku przemysłowym w systemie modułowym M22.

Aparatura modułowa M22 zaprojektowana jest w formie składanych elementów łączących (np. styk NO, NC), sygnalizacyjnych (lampki sygnalizacyjne LED, sygnalizatory akustyczne), manipulacyjnych (przyciski, przyciski z podświetleniem, przełączniki piórkowe, kluczykowe, grzybkowe, stacyjki, joysticki itp.) oraz ramki montażowej, która je mechanicznie łączy. Oferowana jest praktycznie przez wszystkich producentów osprzętu automatyki. Dzięki modułowej budowie w łatwy sposób możemy skonstruować potrzebny element sterująco-sygnalizacyjny **(rysunek 1)**. Jako akcesoria dodatkowe dostępne są tabliczki z oznaczeniami położenia przełączników, uszczelnienia elementów manipulacyjnych oraz standardowe obudowy z otworami montażowymi dla jednego lub kilku elementów, co w typowych rozwiązaniach uwalnia od uciążliwych prac mechanicznych.

Podłączenie elektryczne elementów stykowych jest trywialne, większym problemem jest sterowanie elementami sygnalizacyjnymi. Podzielone są one na dwa typy: przystosowane do pracy bezpośrednio z napięciem sieciowym 230 V (których w konstrukcjach DIY unikamy) oraz elementów przystosowanych do napięć sterujących 24 V, a w większości typów tolerujących zakres 12...30 V zarówno napięcia stałego, jak i przemiennego. W przypadku sygnalizatorów LED, pobierany prąd mieści się w granicach kilkudziesięciu mA, co znacząco ułatwia dobór przetwornicy. Elementy sygnalizacyjne z żarówkami, ze względu na zawodność i znaczny pobór mocy, należą do rzadkości.

Budowa i działanie

Schemat interfejsu został pokazany na **rysunku 2**. Układ składa się z dwóch bloków funkcjonalnych, pierwszy obejmuje układ U1 typu MAX6816, który jest interfejsem przycisku mechanicznego, drugi zawiera przetwornicę podwyższającą U2 typu MCP1661 dostarczającą napięcia 24 VDC dla elementów sygnalizacyjnych.

Układ MAX6816 ma wbudowany obwód polaryzujący styk, wejście układu IN

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

Rezystory:
R1, R2: 56 kΩ (SMD0603) 1%
R3: 1M Ω (SMD0603) 1%

Kondensatory:
C1, C4: 0,1 μF/50 V (SMD0603)
C2: 10 μF (SMD0603)
C3: 10 μF/50 V (SMD1206)

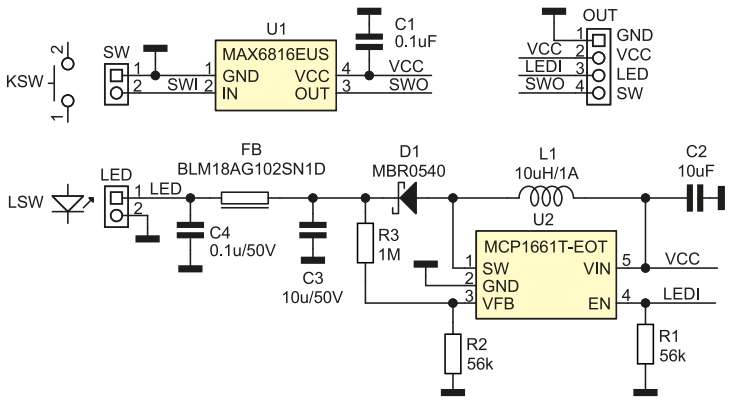
Półprzewodniki:
D1: MBR0540 dioda Schottky'ego (SOD123)
LED, SW: złącze śrubowe DG381-3.5-2
U1: MAX6816EUS (SOT-143)
U2: MCP1661T-E\OT (SOT-23-5)

Pozostałe:
FB: dławik ferrytowy BLM18AG102SN1D (SMD0603)
L1: dławik mocy 10 μH/1 A DJNR4018-100-S

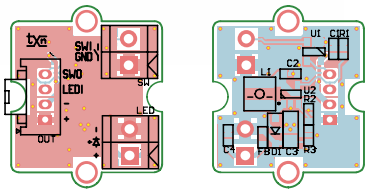
eprasa.pl f1935705aa

zabezpieczone jest przed wyładowaniami ESD, a wyjście OUT zostało wyposażone w eliminator drgań styków. Sygnał wyjściowy SWO doprowadzony jest do złącza OUT zgodnego ze standardem Grove. Aplikacja układu wymaga tylko elementu odsprzęgającego zasilanie.

Rysunek 1. Przykładowy element systemu M22 (za notą Eaton)



Rysunek 2. Schemat interfejsu aparatury M22



Rysunek 3. Schemat płytki PCB interfejsu

Fotografia 1. Zmontowany moduł interfejsu

Przetwornica podwyższająca MCP1661 może dostarczyć 24 V przy obciążeniu do 50 mA, co wystarcza do zasilania elementów LED i buzerów. Dodatkowy filtr z elementami FB i C4 zmniejsza zakłócenia RFI na wyjściu układu. Moduł pracuje poprawnie w zakresie zasilania 2,7...5,5 V, pobór mocy zależy od obciążenia przetwornicy i typowo wynosi ok. 0,4 W. Sterowanie przetwornicą – wyprowadzenie LEDI, doprowadzone jest do złącza OUT. Sygnał sterujący jest aktywny w stanie wysokim. Napięcie wyjściowe przetwornicy określa dzielnik z elementów R2 i R3. Układ pracuje poprawnie z obciążeniem 24 V/30 mA w zakresie napięć 2,7...5,5 V.

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 3**. Ma ona niewielkie wymiary i jest zgodna ze standardem Grove. Po zmontowaniu wygląda tak, jak pokazano na **fotografii 1** i nie wymaga uruchamiania. Do złącza SW należy dołączyć styki NC przycisku, a do złącza LED należy dołączyć element sygnalizacyjny (lampka LED). Po zwarciu wyprowadzeń LED/SW złącza OUT oraz doprowadzeniu zasilania 2,7...5,5 V, po naciśnięciu przycisku podłączona kontrolka LED powinna zaświecić. Warto skontrolować napięcie zasilania LED, które powinno wynosić 24 V/±10%. Jeżeli wszystko działa poprawnie, moduł można zastosować we własnych aplikacjach.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

HAMMOND

nowy!

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

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

Skontaktuj się z nami, aby otrzymać bezpłatną próbkę ewaluacyjną.

eusales@hammfg.com • + 44 1256 812812

eprasa.pl f1935705aa

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5917

Podstawowe parametry:

- wskazywanie aktualnej amplitudy sygnału audio w postaci wydłużającego się paska,
- wyświetlacz OLED 0,91",
- potencjometr do regulacji stałej czasowej narastania i opadania,
- zasilanie napięciem 7...15 V, pobór prądu do 40 mA.

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

AVT549 HI-ENDowy potencjometr z magicznym okiem (EP 1/2005)
AVT2675 Iluminofoniczne magiczne oko (EdW 8/2003)
---- Lampowy analizator widma (EP 3/2003)

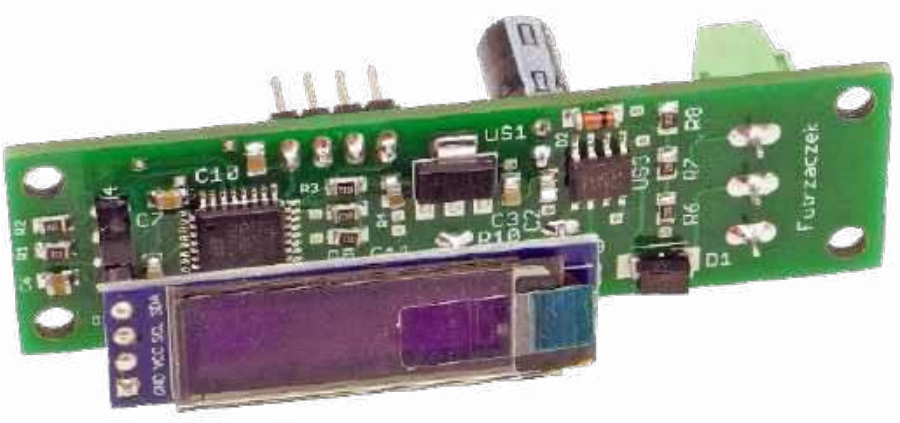
* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować 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.

„Magiczne oczko" z wyświetlaczem OLED

Lampy elektronowe zdobyły ogromne uznanie jako elementy stosowane we wzmacniaczach audio. Ale są różne ich rodzaje. Wyjątkowymi konstrukcjami są lampy wskaźnikowe znane jako „magiczne oczka". Kiedyś były używane jako wskaźniki dostrojenia w odbiornikach radiowych, dziś chętnie stosowane są w roli wskaźników wysterowania wzmacniaczy. Ponieważ są to komponenty unikatowe i ich liczba stale maleje, powstał pomysł na opracowanie nowoczesnego, półprzewodnikowego zamiennika takiej lampy.



Na przestrzeni lat powstało wiele rodzajów „magicznych oczek". Takie jak EM80 mają pole odczytowe w kształcie wydłużonego półkola, na którym wąska kreska rozchyla się w listek. Jeszcze inne, jak EM84, mają napylony na bańkę luminofor, na którym wyświetlają się dwa zbliżające się do siebie paski. Pomysłów było co niemiara wraz z miniaturowym DM70 z polem odczytowym w kształcie... wykrzyknika.

Niestety, jak każda inna lampa elektronowa, tak i wspomniane oczka ulegały zużyciu. Jedne wolnej (jak EM84), inne szybciej (jak EM80). Głównym powodem było zużycie katody i wypalenie luminoforu. Nowe lampy tego typu nie są produkowane bądź ich cena odstrasza. Nie wiadomo też, jak będzie z ich dostępnością w przyszłości. Dlatego warto rozważyć wyposażenie swojej nowej konstrukcji (wzmacniacza, tunera lub innego sprzętu audio) w półprzewodnikowy zamiennik tego typu lampy, a dokładniej: we wskaźnik wysterowania. Rozświetlający się w rytm muzyki pasek daje niezastąpiony efekt, a jego trwałość jest nieporównywalnie większa niż lampy. Co ważne, można mu nadać niemal dowolny kolor – wystarczy do tego kolorowy, półprzezroczysty filtr.

Budowa i działanie

Schemat ideowy wskaźnika wysterowania został pokazany na **rysunku 1**. Większość funkcji realizuje mikrokontroler z rodziny STM32F0. Jego rdzeń oraz wbudowane peryferia są taktowane sygnałem zegarowym o częstotliwości 48 MHz, który jest generowany przez blok PLL z wewnętrznego oscylatora RC o częstotliwości 8 MHz. Ten układ nie wykonuje zadań krytycznych czasowo, zatem można było zmniejszyć liczbę zewnętrznych elementów i zrezygnować z rezonatora kwarcowego. Kluczowa w tym projekcie była miniaturyzacja płytki drukowanej.

Zasilanie mikrokontrolera pochodzi ze stabilizatora liniowego US1, który dostarcza stabilizowanego napięcia o wartości 3,3 V. Zasilanie części analogowej nie jest stabilizowane, a jedynie filtrowane z większych tętnień. Ułatwia to dioda D1, która doładowuje kondensator elektrolityczny C1. Dodatkowym zadaniem tej diody jest zabezpieczenie układu przed uszkodzeniem w razie odwrotnego podłączenia zasilania.

Wyświetlacz OLED komunikuje się z mikrokontrolerem poprzez prostą magistralę I²C. Rezystory podciągające jej linie sygnałowe mają stosunkowo niewielką rezystancję (1 kΩ), aby możliwie zmniejszyć stałą czasową ładowania pojemności wszystkich pojemności pasożytniczych. W tym układzie jest to o tyle ważne, że I²C pracuje z pełną możliwą szybkością (400 kHz). Dzięki temu następuje szybka aktualizacja zawartości wyświetlacza.

Programowanie mikrokontrolera może odbywać się po wlutowaniu go w płytkę drukowaną poprzez interfejs SWD, który obsługują mikrokontrolery z rodziny STM32. Trzy niezbędne linie sygnałowe (oraz masa) są wyprowadzone na złącze J2. W trakcie normalnej pracy układ nie korzysta z nich, zostały więc podciągnięte zewnętrznymi

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

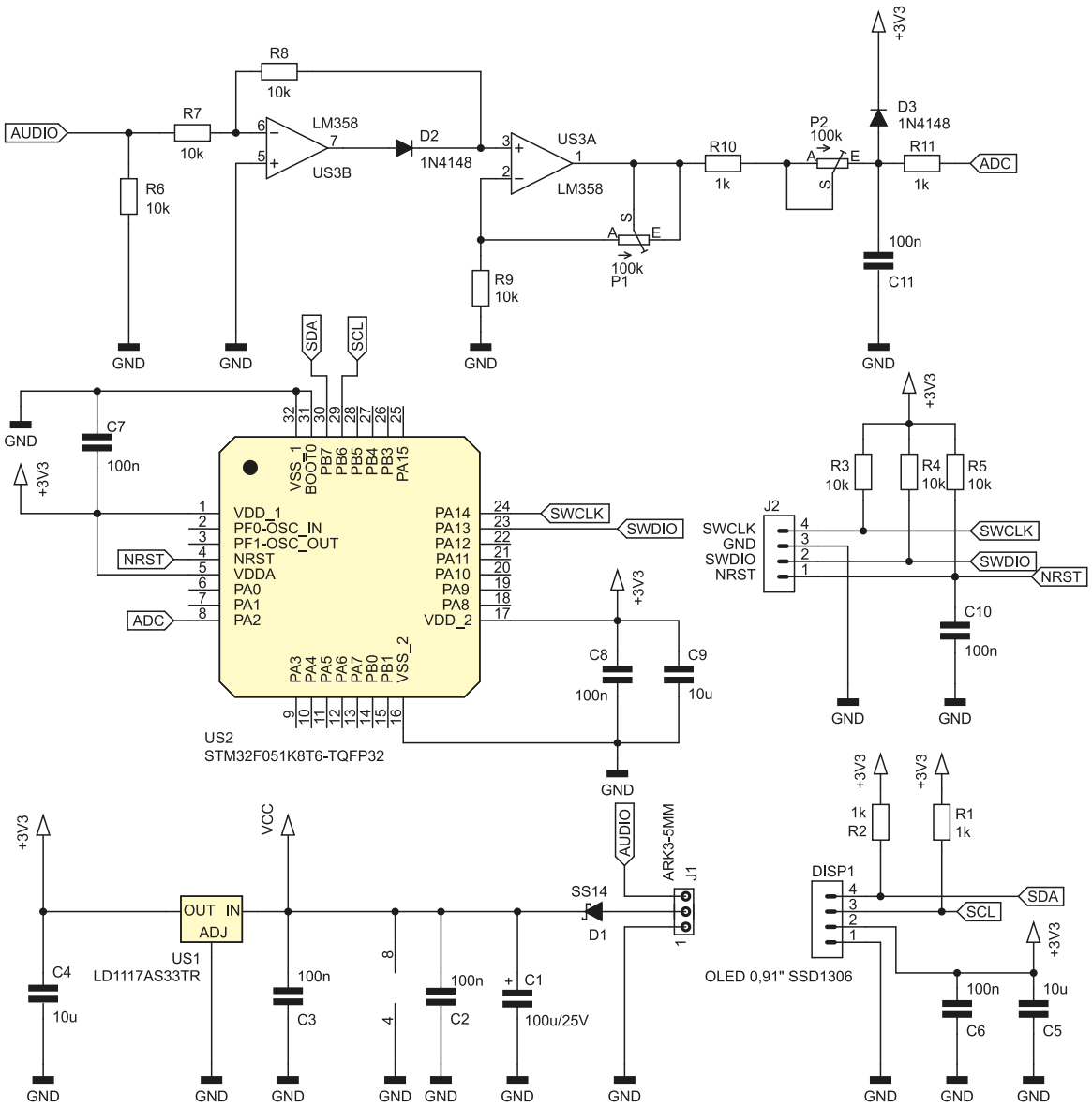
Rezystory:
R1, R2, R10, R11: 1 kΩ (SMD0805)
R3...R9: 10 kΩ (SMD0805)
P1, P2: 100k Ω montażowe leżące

Kondensatory:
C1: 100 µF 25 V raster 2,54 mm
C2, C3, C6...C8, C10, C11: 100 nF (SMD0805)
C4, C5, C9: 10 µF 16 V (SMD0805)

Półprzewodniki:
D1: SS14
D2, D3: 1N4148 (MiniMELF)
DISP1: OLED 0,91" SSD1306 128×32 pikseli biały
US1: LD1117AS33TR
US2: STM32F051K8T6 (TQFP32)
US3: LM358 (SO8)

Pozostałe:
J1: ARK3/500
J2: goldpin 4 pin męski 2,54 mm THT
Złącze męskie + żeńskie 4 pin 2,54 mm do wyświetlacza

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

rezystorami do potencjału linii zasilającej mikrokontroler.

Ostatnim blokiem na schemacie jest układ dopasowujący sygnał audio do przetwornika ADC mikrokontrolera. Jego wejścia obsługują jedynie sygnał unipolarny z przedziału od 0 V do 3,3 V. Natomiast sygnał audio jest bipolarny i ma niewielka amplitudę. O ile dodanie składowej stałej do sygnału audio, która ma uczynić z niego sygnał unipolarny nie jest skomplikowane, o tyle zwiększenie jego amplitudy jest już nieco trudniejsze.

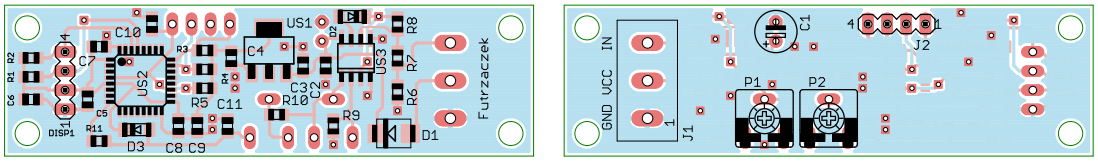
Pierwszym członem jest dwupołówkowy prostownik idealny wykonany na wzmacniaczu operacyjnym US3B. Ujemna połówka sygnału jest odwracana, ponieważ próbuje obniżyć potencjał wejścia odwracającego tego wzmacniacza. Wtedy wzmacniacz, poprzez diodę D2 i rezystor R8, „dolewa" do tego węzła prądu, aby utrzymać potencjał obu swoich wejść na tym samym poziomie. Z kolei dodatnia połówka sygnału przechodzi wprost przez rezystory R7 i R8, zaś wtedy wyjście wzmacniacza operacyjnego przyjmuje potencjał zerowy i dioda D2 zatyka się.

Impedancja wyjściowa tego prostownika zmienia się znacząco. Podczas prostowania ujemnych połówek sygnału wyjście jest sterowane przez wzmacniacz operacyjny, więc ta impedancja jest niemal zerowa. Z kolei dodatnie połówki sygnału przechodzą przez rezystory o sumarycznej rezystancji 20 kΩ. Dlatego następny stopień musi mieć bardzo wysoką impedancję wejściową, aby nie zniekształcać wyprostowanego sygnału. Wprawdzie w tym układzie i tak nie potrzebujemy toru audio zapewniającego dużą wierność, ponieważ jest to tylko wskaźnik wysterowania, lecz nadmierne zaburzanie amplitudy sygnału jest tutaj niewskazane. Również z tego powodu został użyty tani i popularny wzmacniacz operacyjny typu LM358, który nie grzeszy szybkością (niska wartość parametru Slew-Rate), za to można go zasilać z pojedynczego napięcia, co jest znacznie wygodniejsze. Równie istotny jest fakt, że prawidłowo obsługuje napięcia bliskie 0 V.

Drugi człon to wzmacniacz nieodwracający o wzmocnieniu regulowanym potencjometrem P1. Może ono wynosić od 1 V/V do 11 V/V. Można je wygodnie dostosować do swoich potrzeb tak, aby nie dochodziło do przesterowania wskaźnika. Sygnał audio zmienia się bardzo szybko, nasze oczy nie zauważyłyby tak szybkich skoków wartości chwilowej. Dlatego został dodany prosty filtr RC, który spowalnia te zmiany i czyni je łatwiejszymi do zauważenia, choć dzieje się to kosztem uśrednienia pojedynczych, mocnych uderzeń np. perkusji. Potencjometrem P2 można ustalić wygodną dla siebie stałą czasową – im większa, tym zmiany zachodzą wolniej, lecz pojedyncze, szybkie zmiany są całkowane.

Dioda D3 zabezpiecza wejście przetwornika A/C przed napięciem wychodzącym poza dozwolony przedział. Wyjście wzmacniacza US3 A nie jest w żaden sposób ograniczone i chwilowa wartość impulsu może być wyższa niż 3,3 V – dioda D3 obetnie nadmiar. Rezystor R11 ogranicza prąd

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

diod wbudowanych w wejście przetwornika, gdyby D3 nie spełniła swego zadania w dostatecznym stopniu.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 70×20 mm. Jej schemat prezentuje **rysunek 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazło się miejsce dla otworów montażowych, każdy o średnicy 3,2 mm.

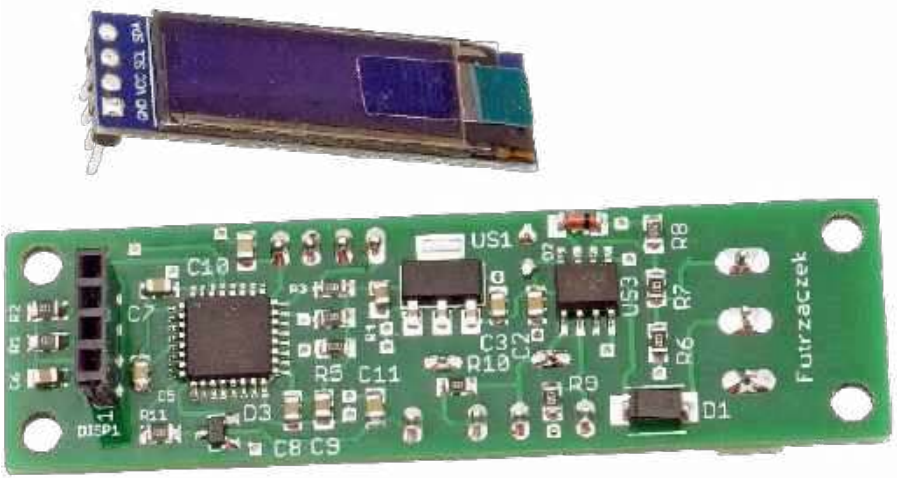
Montaż płytki należy przeprowadzić w odpowiedniej kolejności. Jako pierwsze powinny zostać przylutowane wszystkie elementy w obudowach do montażu powierzchniowego, które znajdują się wyłącznie na wierzchniej stronie płytki. Następnie należy przylutować złącza J1 i J2, potencjometry P1 i P2 oraz kondensator C1, które powinny znaleźć się po przeciwnej stronie płytki. W ten sposób mamy wygodny dostęp do złączy i elementów regulacyjnych. Na koniec należy przylutować czteropinowe gniazdo typu goldpin do wyświetlacza DISP1, które musi być umieszczone na stronie wierzchniej (**fotografia 1**). Teraz można umieścić wyświetlacz na właściwym miejscu. Zmontowany i gotowy do działania układ pokazuje fotografia tytułowa.

Zanim układ zadziała, wymaga jeszcze zaprogramowania mikrokontrolera, o ile nie był on zaprogramowany wcześniej. W tym celu należy zasilić płytkę napięciem stałym z przedziału 7...15 V, najlepiej 12 V, podłączonym do zacisków GND i VCC złącza J1. Wyższa wartość może uszkodzić stabilizator US1, a przy niższej może nie działać prawidłowo wzmacniacz operacyjny US3. Pobór prądu jest zależny od zawartości wyświetlacza (liczby załączonych pikseli) i nie przekracza 40 mA. W spoczynku jest to około 10 mA. Programator dołączany jest do złącza J2.

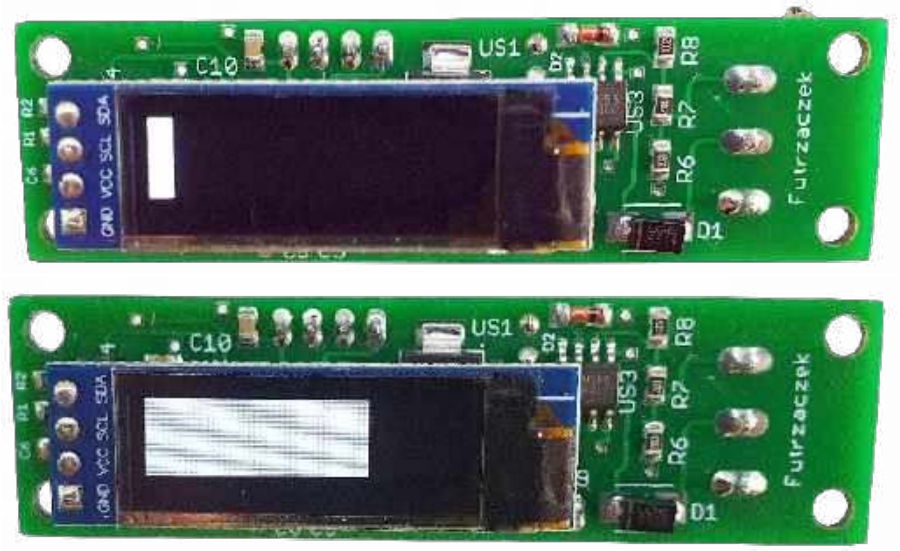
Sygnał audio powinien być pozbawiony składowej stałej i mieć amplitudę rzędu kilkuset miliwoltów. Wyjście karty dźwiękowej komputera czy odtwarzacza CD będzie jak najbardziej prawidłowym źródłem sygnału. W razie obecności składowej stałej można ją odciąć poprzez szeregowe włączenie kondensatora o pojemności np. 2,2 μF. Prawidłowo działający układ pokazuje uśrednioną wartość chwilową sygnału poprzez wydłużanie i skracanie białego prostokąta – **fotografia 2**. Bez sygnału może się świecić pojedynczy pasek pikseli po lewej stronie (przy złączu goldpin), co jest wywołane niewielką składową stałą pochodzącą od napięcia niezrównoważenia wzmacniacza operacyjnego. Potencjometrem P1 ustawiamy takie wzmocnienie, aby układ się nie przesterowywał przedwcześnie, zaś P2 ustawiamy wedle swoich upodobań co do szybkości reakcji wskaźnika.

Wyświetlacz świeci w kolorze białym, co wśród prawdziwych „magicznych oczek" nie miało miejsca. Dlatego można użyć barwnego filtru do wyświetlaczy LED lub cienkiego, barwionego kawałka pleksi, aby uzyskać kolor zbliżony do oryginału lub całkowicie inny, w zależności od potrzeb.

Michał Kurzela, EP



Fotografia 1. Widok zmontowanego układu, gotowego na dołączenie wyświetlacza



Fotografia 2. Wyświetlacz w czasie pracy

Książki w Ulubionym Kiosku
Zobacz pełną ofertę na stronie www.ulubionykiosk.pl

eprasa.pl f1935705aa

Podstawowe parametry:

- bazuje na układzie TDA1387T, który jest nowszą wersją układu TDA1543,
- wyjście stereo, obsługa częstotliwości próbkowania do 192 kHz
- zawiera złącze umożliwiające łatwe dołączenie Raspberry Pi
- zgodny z Hifi-Berry_DAC

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

AVT5914	Zasilacz buforowy dla RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5913	Cyfrowy wzmacniacz audio 2×10 W w formacie RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5909	Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero (EP 12/2021)
AVT5896	Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero (EP 10/2021)
AVT5890	Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero (EP 9/2021)
AVT5882	Podwójny klucz zasilania High Side (EP 8/2021)
----	Zasilacz PoE do Raspberry Pi (EP 7/2021)
----	Cyfrowy wzmacniacz audio w formacie RPi Zero (EP 7/2021)
----	Moduł DSP Audio do Raspberry Pi (EP 6/2021)
AVT5858	Płytka bazowa dla Raspberry Pi Pico (EP 5/2021)
AVT5851	Dwukanałowy port szeregowy dla Raspberry (EP 3/2021)
AVT5847	Interfejs wyświetlacza TFT-RGB dla RPi Zero (EP 3/2021)
----	Sterownik 18 LED dla Pi Zero (EP 2/2021)
AVT5837	Moduł do pomiaru napięcia i prądu z interfejsem I²C (EP 1/2021)
AVT5811	Odtwarzacz audio z Raspberry Pi (EP 10-12/2020)
----	Kieszonkowy Linux (EP 9/2020)
AVT5776	Miniaturowa czujka ruchu dla Raspberry Pi, Arduino i nie tylko (EP 6/2020)
AVT5770	Arduino i nie tylko (EP 5/2020)

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

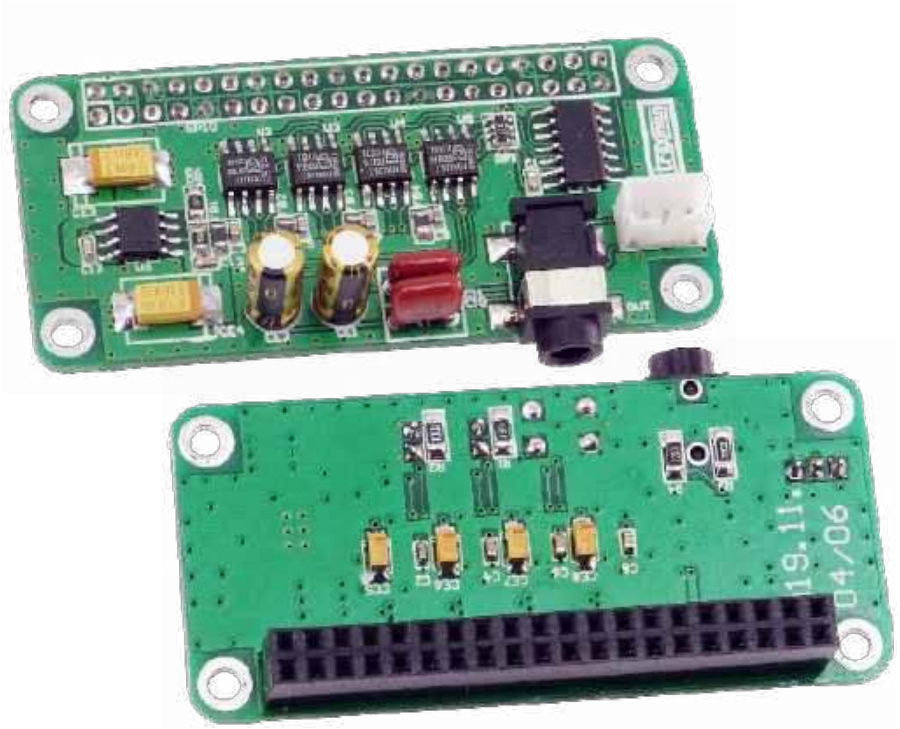
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Vintage audio DAC na TDA1387

Pokazany w artykule DAC bazuje na układzie TDA1387T, który jest nowszą wersją często stosowanego w konstrukcjach DIY układu TDA1543. Ma w związku z tym kilka usprawnień: obsługa wyższych częstotliwości próbkowania 192 kHz, autokalibrację, mniejszą obudowę oraz prostszą aplikację. Połączenie współczesnego Raspberry Pi z „krzemową prehistorią" może dać zaskakujący efekt.



Budowa i działanie

Schemat przetwornika audio DAC pokazany jest na **rysunku 1**. Układy TDA1387T połączone są równolegle (U2...U5). Zsumowane prądy wyjściowe przetworników konwertowane są na napięcie za pomocą rezystorów R1 i R2, dla każdego kanału osobno. Muszą być to rezystory precyzyjne i o niskim poziomie szumów, gdyż od ich jakości i dokładności doboru zależy jakość konwersji.

Zasilanie każdego z układów TDA1387T jest odsprzęgane osobnym obwodem FB1, C3, CE5...FB4, C9, CE8. Jako CEx warto zastosować kondensatory tantalowe o małym współczyniku ESR. Wewnętrzne napięcie odniesienia VREF odsprzęgane jest kondensatorami C2, C4, C6, C8. Układ U1 typu LVTH125 buforuje interfejs I²S dołączonego urządzenia, np. komputerka Raspberry Pi i dopasowuje poziom sygnałów logicznych.

Kondensatory sprzęgające CE1 i CE2 powinny być dostosowane do pracy w torach audio np. Panasonic FC itp, warto dobrać miernikiem ich identyczne pojemności. Sygnał wyjściowy z DAC dostępny jest na złączu OUT typu mini jack stereo 3,5 mm oraz na złączu OUT1 typu B3B_PHKS (2 mm).

Układ jest pozbawiony filtrów wyjściowych (tylko kondensatory C10 i C11), co jest bezpośrednim nawiązaniem do aplikacji NOS DAC TDA1543. Blok przetwornika zasilany jest z niskoszumowego stabilizatora LDO bazującego na układzie U6 typu ADP7104-ADJ, o ustalonym na 4,5 V napięciu wyjściowym. Napięcie zasilania 5 V pobierane jest z GPIO Raspberry Pi.

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 2**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga szczegółowego opisu. Po zmontowaniu i sprawdzeniu poprawności można podłączyć układ do Raspberry Pi.

Prawidłowo zmontowany DAC nie wymaga uruchamiania. Jest zgodny z Hifi-Berry_DAC i tak należy skonfigurować system, z którym będzie współpracował. Najlepszym wyborem jest Raspbian, gdyż ma wbudowaną obsługę programową (zgodną z Hifi-Berry). W systemie trzeba wykonać następujące polecenia. Na wszelki wypadek należy zaktualizować system:

```
sudo rpi-update
sync
sudo reboot
```

Następnie należy usunąć z pliku */boot/config.txt* linię:

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

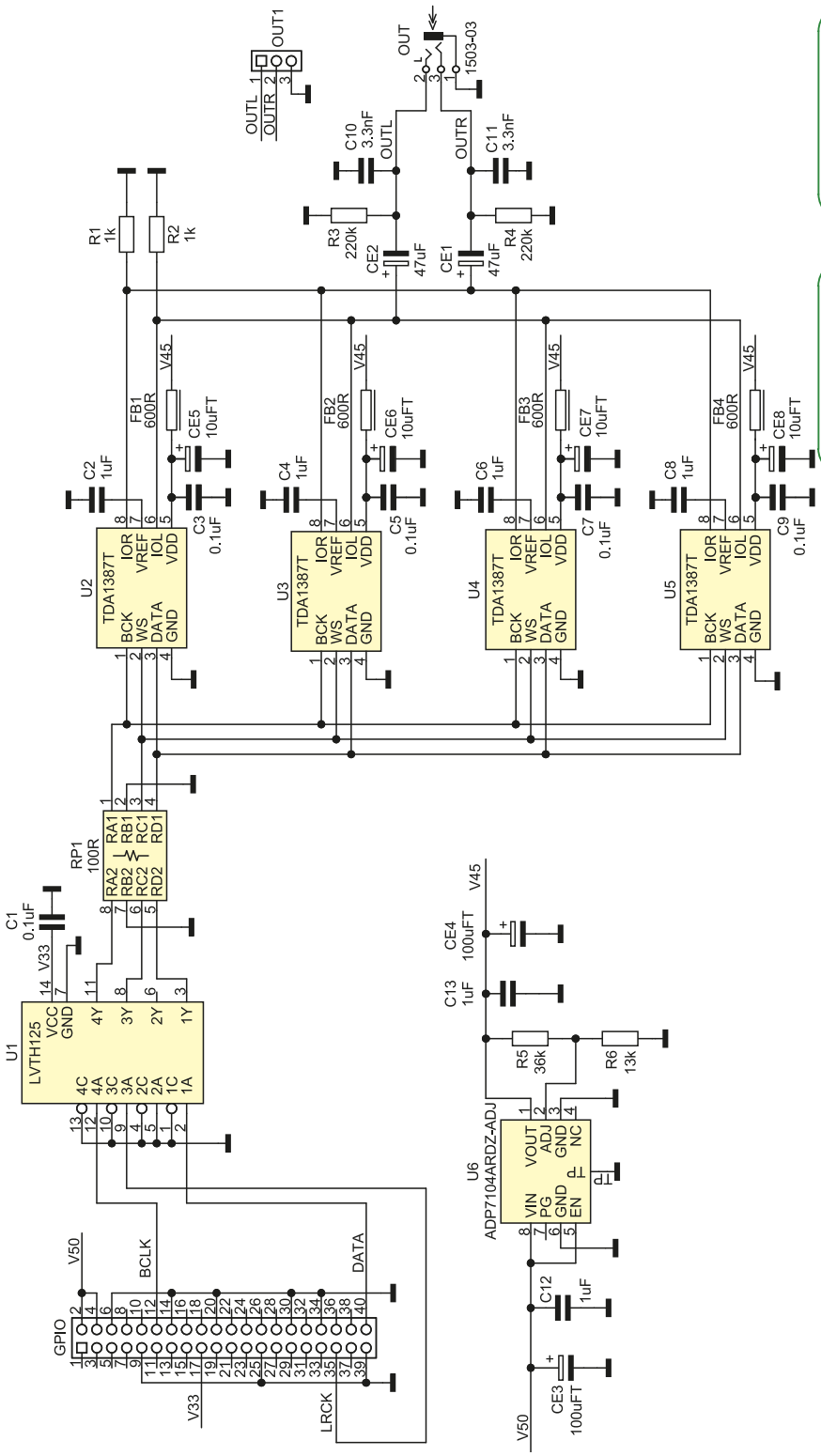
Rezystory:
R1, R2: 1 kΩ (SMD1206) metalizowany 1%
R3, R4: 220 kΩ (SMD1206) 1%
R5: 36 kΩ (SMD0805) 1%
R6: 13 kΩ (SMD0805) 1%

Kondensatory:
C1, C3, C5, C7, C9: 0,1 μF (SMD0603)
CE1, CE2: 47 μF elektrolityczny
C2, C4, C6, C8, C12, C13: 1 μF (SMD0603)
CE3, CE4: 100 μFT/10 V (SMC) tantalowy
CE5, CE6, CE7, CE8: 10 μF/10 V tantalowy
C10, C11: 3,3 nF foliowy 5 mm

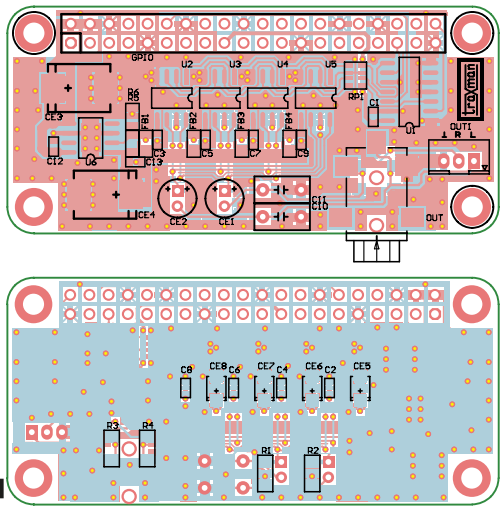
Półprzewodniki:
U1: LVTH125 (SO14)
U2, U3, U4, U5: TDA1387T (SO8)
U6: ADP7104ARDZ-ADJ (SO8TP)

Pozostałe:
FB1, FB2, FB3, FB4: koralik ferrytowy 600 Ω/100 MHz 100 mA (SMD0805)
GPIO: złącze IDC 40
OUT1: złącze JST3, 2 mm
OUT: mini jack stereo LUMBERG 1503-03
RP1: drabinka 4×100Ω 5% (CRA06S08)

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 1. Schemat ideowy



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

```
dtparam=audio=on
```

i załączyć obsługę DAC, dodając wpisy w pliku /boot/config.txt

```
dtoverlay=hifiberry-dac
```

Kolejnym krokiem jest skonfigurowanie ALSA poprzez utworzenie pliku */etc/asound.conf* z zawartością:

```
pcm.!default {
type hw card 0
}
ctl.!default {
type hw card 0
}
```

Po tych czynnościach należy zrestartować Pi.

Po uruchomieniu warto sprawdzić poprawność konfiguracji poleceniem:

```
sudo aplay -l
```

DAC powinien pojawić się na liście dostępnych urządzeń odtwarzających:

```
**** List of PLAYBACK Hardware
Devices ****
card 0: sndrpihifiberry [snd_
rpi_hifiberry_dac], device 0:
HifiBerry DAC HiFi pcm5102
a-hifi-0 []
Subdevices: 1/1
Subdevice #0: subdevice #0
```

Dla sprawdzenia działania można użyć pliku *flac/wav/mp3* i odtwarzacza VLC Player, Amarok lub wygenerować sygnał testowy za pomocą np. Audacity.

Adam Tatuś, EP

Kursy w Ulubionym Kiosku
IT i Hi-tech • Muzyka i Dźwięk
Zobacz pełną ofertę na stronie www.ulubionykiosk.pl

eprasa.pl f1935705aa

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- zastosowane różne typy złączy umożliwiają łatwe podłączenie do wielu popularnych grup modułów,
- multiplekser widoczny jest na magistrali pod adresem 0x70 i zapis pod ten adres ustala aktywną magistralę,
- szeroki zakres napięcia zasilania – 2,33...5,5 V, dzięki czemu układ współpracuje poprawnie z Arduino, STM Nucleo, Raspberry PI i nie tylko.

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

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

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

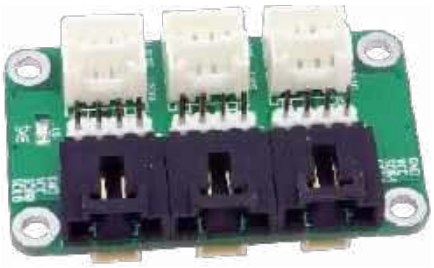
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

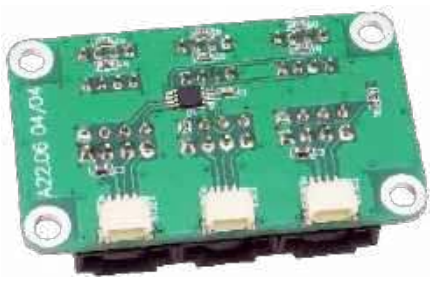
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

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

Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C

Minimoduł multipleksera magistrali I²C będzie przydatny, gdy współpracujący układ slave nie ma możliwości zmiany adresu. Dobrym przykładem jest czujnik gazu SGP30 czy czujnik oświetlenia VEML. Gdy zależy nam na użyciu pary takich układów, musimy zastosować zaprezentowany multiplekser.





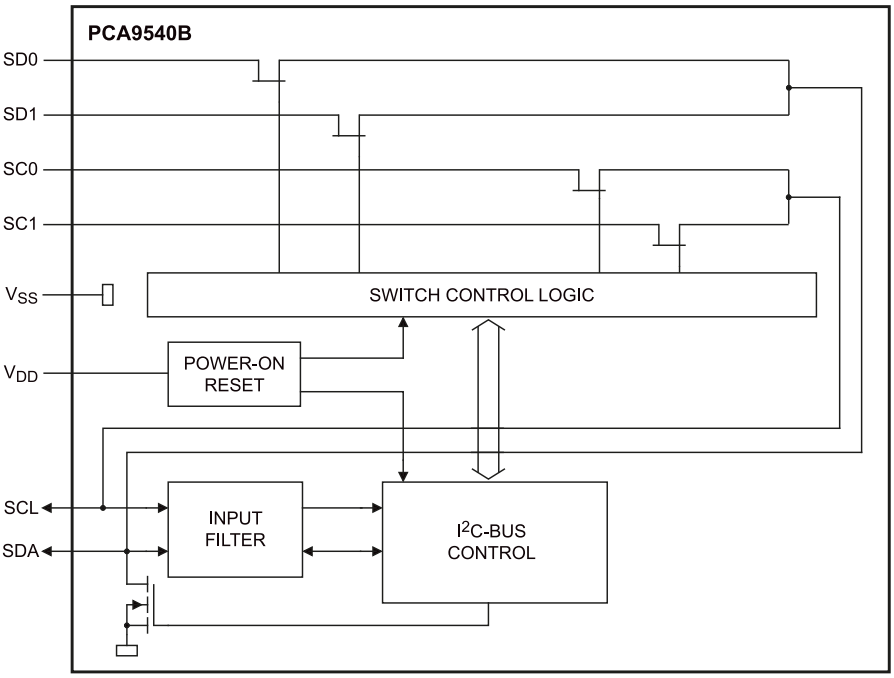
Moduł zawiera układ dwukanałowego multipleksera magistrali I²C typu PCA9540B, którego schemat wewnętrzny został pokazany na **rysunku 1**. Aktywny kanał jest wybierany poprzez bezpośrednią konfigurację jednego rejestru i nie wymaga dodatkowych wyprowadzeń sterujących.

Budowa i działanie

Schemat ideowy modułu został pokazany na **rysunku 2**. Sygnały magistrali I²C wraz z zasilaniem części cyfrowej doprowadzone są do złączy I2CA...I2CE umożliwiających podłączenie zgodne ze standardami spotykanymi w najpopularniejszych zestawach uruchomieniowych. Magistrala I²C doprowadzona jest do wyprowadzeń SCL/SDA, a z multipleksera wyprowadzona jest na dwie grupy złączy I2C0 A...E i I2C1 A...E. Dioda LD sygnalizuje obecność zasilania, rezystory R2...R7 podciągają wstępnie magistralę I²C, ich wartość można zoptymalizować w zależności od docelowego napięcia zasilania układu. Układ PCA9540B widoczny jest na magistrali pod adresem 0x70 i ma tylko jeden rejestr kontrolny, który można odczytywać i zapisywać. Domyślnie po włączeniu zasilania obie magistrale są odłączone i w rejestrze inicjowana jest wartość 0x00, zapis wartości 0x04 wybiera magistralę I2C0, zapis 0x05 magistralę I2C1, zapis pozostałych wartości wyłącza obie magistrale.

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu.



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny PCA9540B (za notą NXP)

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

Rezystory:
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7: 4,7 kΩ 1% (SMD0603)

Kondensatory:
C1: 0,1 µF (SMD0603)
C2, C3: 1 µF (SMD0603)

Półprzewodniki:
LD: LED zielona (SMD0805)
U1: PCA9540BDP (TSSOP8)

Pozostałe:
I2C0E, I2C1E, I2CE: złącze SIP4, 2,54 mm
I2C0A, I2C1A, I2CA: złącze EH kątowe
I2C0B, I2C1B, I2CB: złącze JST 1 mm
I2C0C, I2C1C, I2CC: złącze PH 2 mm
I2C0D, I2C1D, I2CD: złącze Grove proste

eprasa.pl f1935705aa

Listing 1. Sprawdzenie obecności modułu na magistrali

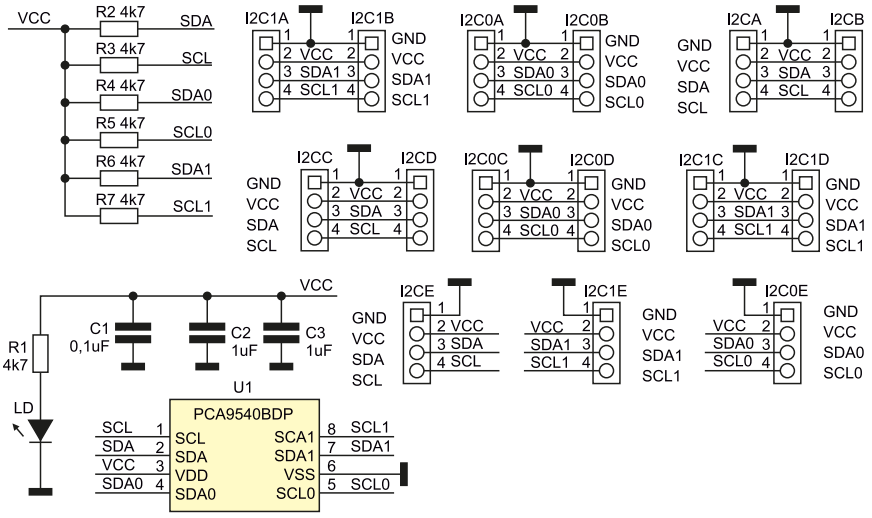
```
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          -- 04 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- UU -- -- -- -- -- -- --
50: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: 70 -- -- -- -- -- -- --
```

Listing 2. Widoczne wszystkie zainstalowane na module przetworniki dostępne poprzez I2C0 oraz układy dostępne po „pierwotnej” stronie multipleksera

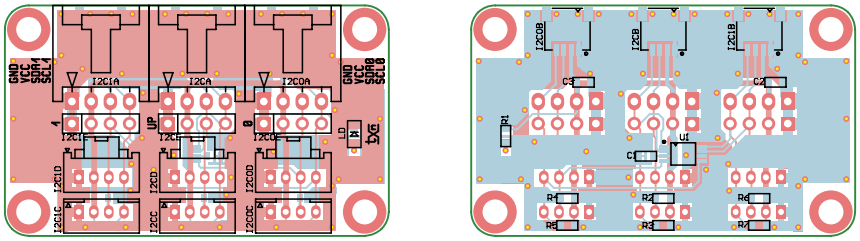
```
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          -- 04 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- 29 -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- UU 49 -- -- -- -- -- --
50: -- -- -- -- -- -- -- -- 58 -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: 70 -- -- -- -- -- 76 --
```

Dla sprawdzenia modułu podłączonego do Raspberry Pi można zastosować narzędzia z pakietu i2ctools. Dla testów do wyjść I2C0/I2C1 modułu podłączone są dwa identyczne multiczujniki środowiskowe, w których nie ma możliwości zmiany adresu. Poleceniem `i2cdetect -y 1` sprawdzamy obecność modułu na magistrali (**listing 1**). Po włączeniu zasilania PCA9540B widoczny jest pod adresem 0x70 i ma odłączone wyjścia multipleksera. Wybieramy aktywny kanał I2C0 poleceniem: `i2cset -y 1 0x70 0x04`. Po ponownym skanowaniu magistrali poleceniem `i2cdetect -y 1` widoczne są wszystkie zainstalowane na module przetworniki dostępne poprzez I2C0 oraz układy dostępne po „pierwotnej” stronie multipleksera (**listing 2**). Aby wybrać drugi kanał I2C1, wykonujemy polecenie: `i2cset -y 1 0x70 0x05` i ponownie sprawdzamy magistralę. Tym razem widoczne będą czujniki z kanału I2C1. Jeżeli wszystko działa poprawnie można modułu użyć we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP



Rysunek 2. Schemat ideowy multipleksera



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

REKLAMA

eprasa.pl f1935705aa

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- aktywowanie ładowania sygnałem z Pi Pico,
- dostępny sygnał potwierdzający aktywny proces ładowania,
- zapewnia ładowanie akumulatora Li-Ion/LiPo algorytmem CC/CV,
- podłączony akumulator musi mieć zintegrowane zabezpieczenie PCM.

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

AVT5914 Zasilacz buforowy dla RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5913 Cyfrowy wzmacniacz audio 2×10 W w formacie RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5909 Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero (EP 12/2021)
AVT5896 Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero (EP 10/2021)
AVT5890 Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero (EP 9/2021)
AVT5882 Podwójny klucz zasilania High Side (EP 8/2021)
––––– Zasilacz PoE do Raspberry Pi (EP 7/2021)
––––– Cyfrowy wzmacniacz audio w formacie RPi Zero (EP 7/2021)
––––– Moduł DSP Audio do Raspberry Pi (EP 6/2021)
AVT5858 Płytka bazowa dla Raspberry Pi Pico (EP 5/2021)
AVT5851 Dwukanałowy port szeregowy dla Raspberry (EP 3/2021)
AVT5847 Interfejs wyświetlacza TFT-RGB dla RPi Zero (EP 3/2021)
––––– Sterownik 18 LED dla Pi Zero (EP 2/2021)
AVT5837 Moduł do pomiaru napięcia i prądu z interfejsem I²C (EP 1/2021)
AVT5811 Odtwarzacz audio z Raspberry Pi (EP 10–12/2020)
––––– Kieszonkowy Linux (EP 9/2020)
AVT5776 Miniaturowa czujka ruchu dla Raspberry Pi, Arduino i nie tylko (EP 6/2020)
AVT5770 Arduino i nie tylko (EP 5/2020)
AVT5761 Czterokanałowy moduł przekaźnikowy sterowany I²C (EP 4/2020)

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

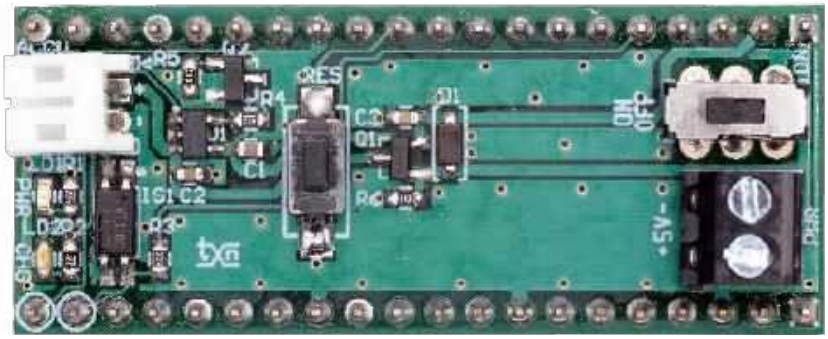
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

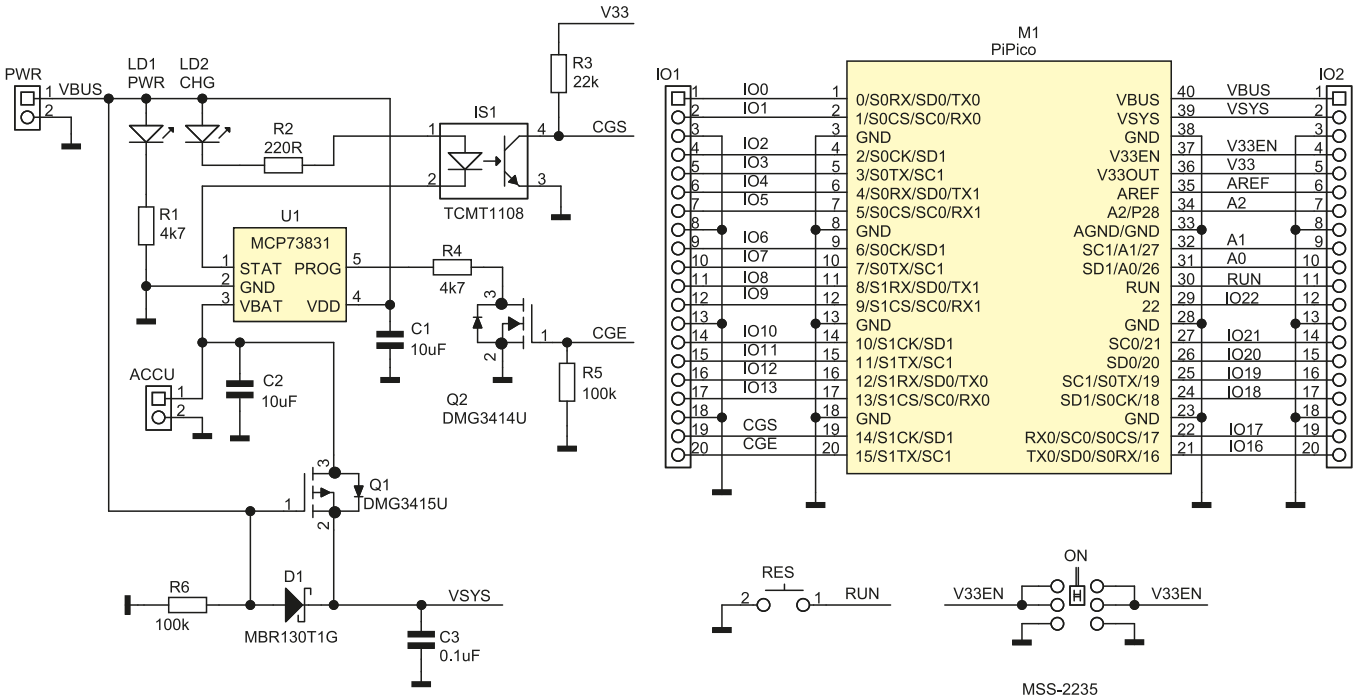
Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico

W aplikacjach, w których konieczne jest zapewnienie bezprzerwowego zasilania dla Raspberry Pi Pico, często używane są typowe powerbanki. Jednak znacznie lepiej jest zastosować specjalizowany zasilacz bezprzerwowy. Taki układ, oprócz zapewnienia stabilnego zasilania, kontroluje ładowanie akumulatora podtrzymującego oraz pozwala na monitorowanie stanów pracy i awarii zasilania, czego nawet najlepszy powerbank nie zapewni.



Dzięki wyprowadzeniu na złącza Pico kilku sygnałów wbudowanego systemu zasilania, konstrukcja zasilacza buforowego mogła zostać ograniczona w zasadzie tylko do ładowarki akumulatora. W modelu wartością prądu ładowania (załączeniem ładowarki) steruje wyprowadzenie GPIO15 Pi Pico (poprzez tranzystor Q2).

Podanie stanu wysokiego CGE na bramkę Q2 zwiera R4 do masy, ustalając prąd ładowania, podanie stanu niskiego wyłącza ładowarkę. Sterowanie ładowarką zapewnia uruchomienie systemu bez nadmiernego obciążenia źródła zasilania. Dodatkowo sygnał potwierdzający aktywny proces ładowania doprowadzony jest wyprowadzenia GPIO14 Pi Pico.



Rysunek 1. Schemat ideowy zasilacza bezprzerwowego

eprasa.pl f1935705aa

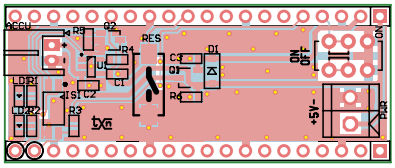
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0603)
R1, R4: 4,7 kΩ 1%
R2: 220 Ω 1%
R3: 22 kΩ 1%
R5, R6: 100 kΩ 1%

Kondensatory: (SMD0603)
C1, C2: 10 µF
C3: 0,1 µF

Półprzewodniki:
D1: MBR130T1G dioda Schotkiego (SOD123)
LD1: dioda LED zielona (SMD0603)
LD2: dioda LED czerwona (SMD0603)
Q1: DMG3415U tranzystor MOSFET (SOT-23)
Q2: DMG3414U tranzystor MOSFET (SOT-23)
U1: MCP73831 (SOT-23-5)

Pozostałe:
ACCU: złącze PH 2 mm kątowe
IO1, IO2: złącze SIL 1×20 żeńskie
IS1: transoptor TCMT1108 (SSOP4)
ON: przełącznik dwupozycyjny MSS-2235
PWR: złącze DG381-3.5-2
RES: przycisk SMD



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Budowa i działanie

Schemat zasilacza został pokazany na **rysunku 1**. Układ zasilany jest napięciem VBUS 5 V, pochodzącym z Pico lub ze złącza PWR. Dioda LD1 sygnalizuje obecność zasilania. Napięcie VBUS doprowadzone jest do układu MCP73831 – popularnego scalonego kontrolera ładowania, który zapewnia ładowanie akumulatora Li-Ion/LiPo algorytmem CC/CV. Wartość prądu ustalana jest rezystorem R4 wg wzoru:

$$I_{chg} = 1000/R4 \text{ [mA]}$$

Dla wartości R4=4,7 kΩ prąd ładowania wynosi ok. 200 mA.

W modelu celowo zrezygnowano z akumulatora wlutowanego w płytkę drukowaną na rzecz akumulatora zewnętrznego podłączonego do złącza ACCU. Bardzo dobrze w układzie sprawdzają się akumulatory ze starszych telefonów komórkowych np. BL-5C, które można zdobyć za niewielkie kwoty na aukcjach internetowych. Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby używać typowych ogniw cylindrycznych 10440...18650 lub akumulatorów pryzmatycznych z wbudowanymi zabezpieczeniami. **Jednak co ważne – podłączony akumulator musi mieć zintegrowane zabezpieczenie PCM.**

Dioda LD2 sygnalizuje ładowanie akumulatora. Poprzez transoptor IS1 sygnał CGS, potwierdzający aktywny proces ładowania, doprowadzony jest do wyprowadzenia GPIO14 Pi Pico. Tranzystor Q2 łączy akumulator z napięciem systemowym VSYS zasilającym wbudowaną w Pico przetwornicę. Gdy zniknie potencjał VBUS, klucz Q2 jest aktywny i układ zasilany jest z akumulatora. Przełącznik ON umożliwia załączenie lub wyłączenie wbudowanej przetwornicy, a przycisk RES restart Pico.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej zgodnej z Pi Pico, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż układu jest klasyczny i nie wymaga opisu. Podczas pierwszego uruchomienia w obwód akumulatora należy dołączyć miliamperomierz oraz kontrolować napięcie ładowania.

Szybkie sprawdzenie układu jest możliwe przy użyciu środowiska Thonny i języka Python. W celu aktywacji ładowarki definiujemy wyprowadzenie GPIO 15 jako wyjście poleceniem:

```
cge = Pin(15, Pin.OUT)
```

Następnie ustawiamy na nim stan wysoki:

```
cge.value(1)
```

Kontrolujemy prąd ładowania, powinien wynosić ok. 200 mA (przy nienaładowanym akumulatorze). Potwierdzenie ładowania polega na sprawdzeniu stanu wyprowadzenia GPIO14 zdefiniowanego jako wejście poleceniem:

```
cgs = Pin(14, Pin.IN)
```

Odczyt stanu jest możliwy za pomocą polecenia:

```
print(cgs.value())
```

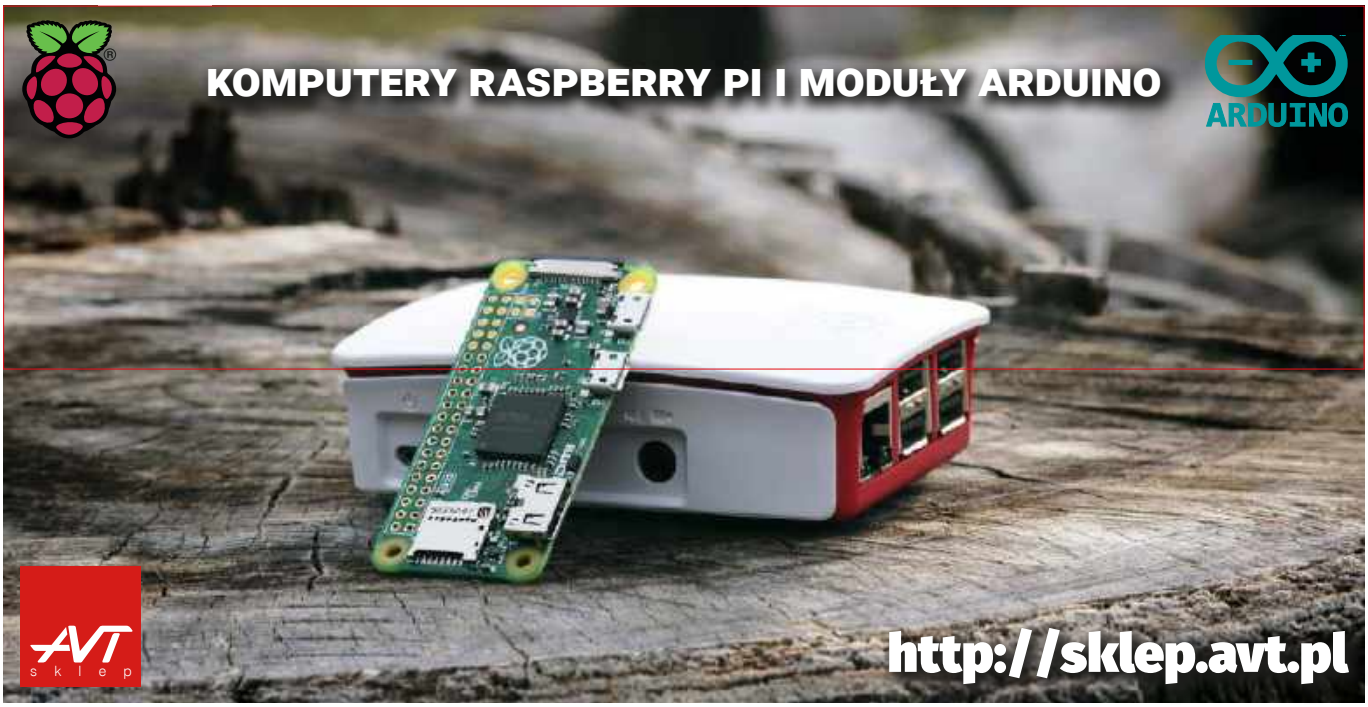
Stan niski sygnalizuje ładowanie, stan wysoki oznacza odłączony akumulator, zakończenie procesu lub wyłączenie ładowarki.

Oprócz sygnałów CGS, CGE można odczytać status napięcia VBUS, poprzez wbudowany w Pico dzielnik R10/R1 podłączony do wyprowadzenia GPIO24. Napięcie VSYS może być monitorowane poprzez dzielnik R5/R6 podłączony do GPIO29 (ADC3), co daje możliwość pełnego monitorowania systemu zasilania, stanu ładowarki i akumulatora bez dodatkowych elementów.

Jeżeli działa sterowanie programowe, przetestowane zostało sterowanie i sygnalizacja stanów pracy, układu można użyć we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA



eprasa.pl f1935705aa

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- zmiana jasności diod LED poprzez regulację PWM,
- sterowanie zdalne za pomocą pilota IR pracującego w standardzie RC5,
- maksymalny prąd diod około 0,4 A (przy 5 V) lub 2 A (przy 12 V),
- napięcie zasilania 5 V, pobór prądu 4 mA.

W ofercie AVT*

AVT5916

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

----	Ambient LED controler (EP 1/2022)
AVT5880	Sterownik 12×LED z interfejsem I²C (EP 8/2021)
----	Sterownik LED RGB z układem AL1783 sterowany przez I²C (EP 6/2021)
AVT5857	Liniowy sterownik LED 3 W (EP 4/2021)
AVT5839	Minimoduły z driverem I²C do taśm LED RGBW (EP 1/2021)
AVT5815	Sterownik taśmy LED przez DMX (EP 10/2020)
AVT5789	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED z czujnikiem zbliżeniowym (EP 8/2020)
AVT5788	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED sterowany włącznikiem (EP 8/2020)
AVT5784	Wolnozmienny sterownik taśmy RGB (EP 8/2020)
AVT5733	Programowany sterownik LED dużej mocy (EP 12/2019)
AVT5706	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED (EP 8/2019)
Projekt 237	Wyłącznik taśmy LED – bariera podczerwieni (EP 12/2018)
AVT1996	Bedlight – sterownik oświetlenia nocnego z czujką ruchu (EP 8/2018)
AVT1975	Powolny rozjaśniacz do taśm LED 12 V (EP 7/2017)
AVT5561	Efektowny sterownik oświetlenia (EP 12/2016)
AVT5536	Sterownik taśmy LED ze zdalnym sterowaniem (EP 4/2016)
AVT1881	Programowany sterownik LED (EP 8/2015)
AVT1867	Sterownik zasilania taśm LED z wyłącznikiem czasowym (EP 8/2015)

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

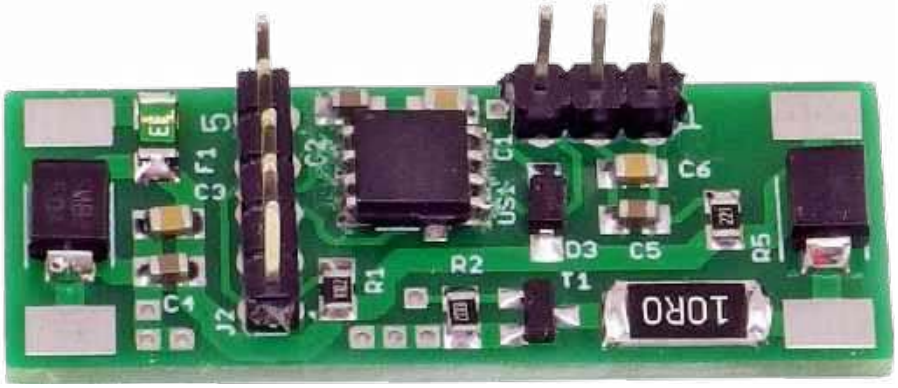
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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

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

Regulator jasności LED sterowany pilotem TV

Diody LED są od dawna stosowane w wielu miejscach jako wydajne i niezawodne źródła światła. Zaprezentowany układ pozwala w wygodny sposób sterować jasnością świecenia oświetlenia LED za pomocą zwykłego pilota od telewizora, działającego w popularnym standardzie RC5.

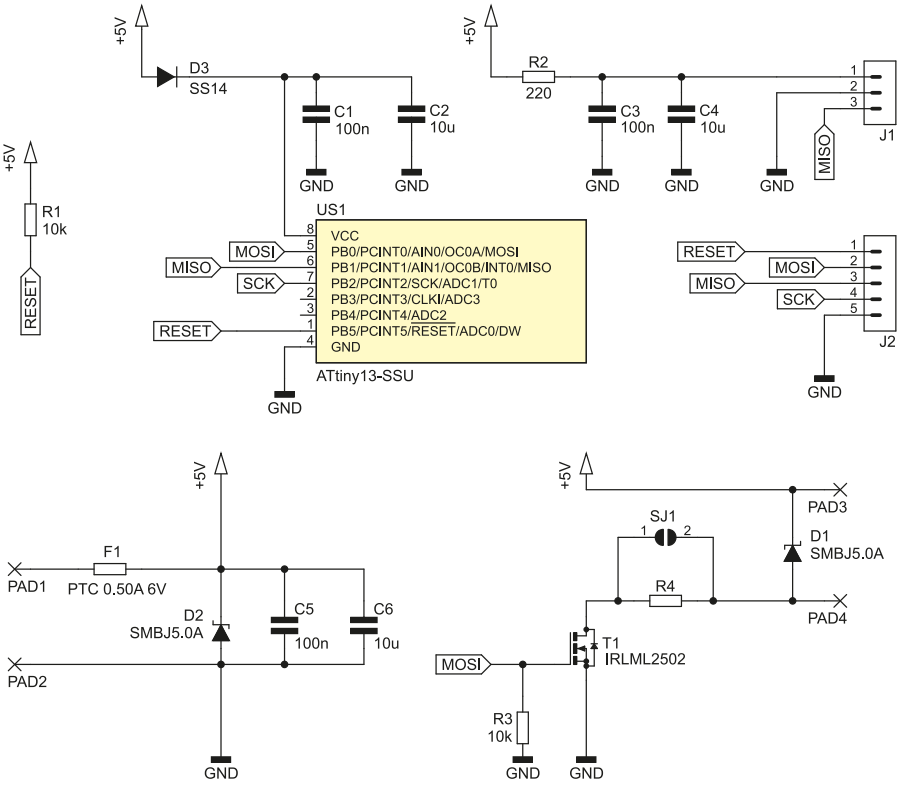


Piloty do sprzętu RTV można nabyć za kilka złotych. Są solidnie wykonane i umożliwiają zdalne sterowanie różnymi urządzeniami. Często mamy je „w spadku" po starszych telewizorach, które skończyły w elektrośmieciach. Jeśli taki pilot nadaje w standardzie RC5, wówczas można go bez trudu wykorzystać do sterowania oświetleniem – na przykład nastrojowym podświetleniem salonu lub sypialni. W przeciwieństwie do podobnych rozwiązań tego typu, w prezentowanym regulatorze oświetlenia nie jest wymagane uczenie „komend" pilota, bowiem zostały one z góry ustawione w oprogramowaniu mikrokontrolera.

Urządzenie jest przeznaczone do pracy z taśmą LED o napięciu zasilania 5 V lub po prostu kilkunastoma diodami połączonymi równolegle – na płytce znajduje się miejsce na rezystor ograniczający sumaryczny prąd tych diod. Po niewielkiej przeróbce można użyć tego układu również do sterowania taśmami LED 12 V o maksymalnej mocy 24 W.

Budowa i działanie

Schemat ideowy regulatora jasności LED został pokazany na **rysunku 1**. Wejściem zasilania dla tego układu są pola lutownicze PAD1 i PAD2. Dioda D2 chroni pozostałe podzespoły przed zniszczeniem w razie podłączenia zbyt wysokiego napięcia lub po zamianie jego polaryzacji. Przed przepływem prądu o nadmiernym natężeniu z zasilacza zabezpiecza bezpiecznik polimerowy F1. W czasie normalnej pracy wprowadza on małą stratę napięcia, ponieważ jego rezystancja może wynosić nawet 0,15 Ω, co przekłada się na zaledwie 60 mV spadku napięcia przy prądzie 0,4 A. Typowa dioda Schottky'ego zmniejszyłaby napięcie o około 0,3 V.



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

eprasa.pl f1935705aa

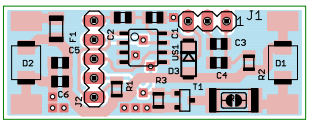
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1, R3: 10 kΩ SMD0805
R2: 220 Ω SMD0805
R4: nie montować (opis w tekście)

Kondensatory:
C1, C3, C5: 100 nF SMD0805
C2, C4, C6: 10 µF 16 V SMD0805

Półprzewodniki:
D1, D2: SMBJ5.0A
D3: SS14
T1: IRLML2502
US1: ATtiny13-SSU

Pozostałe:
F1: bezpiecznik polimerowy PTC 0,5 A 6 V np. 1206L050
J1: goldpin męski 3 pin 2,54 mm THT pionowy
J2: goldpin męski 5 pin 2,54 mm THT pionowy
scalony odbiornik podczerwieni np. TSOP34836 (opis w tekście)



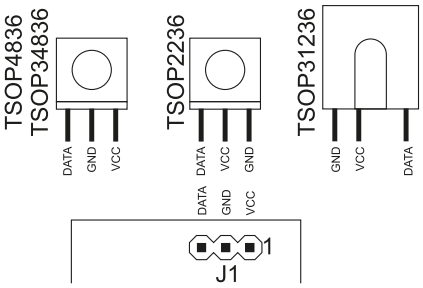
Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Jako stopień sterujący diodami został użyty tranzystor typu IRLML2502, który ma tak niskie napięcie progowe, że można sterować nim bezpośrednio z mikrokontrolera zasilanego napięciem 5 V. Zaciski wyjściowe układu – PAD3 i PAD4, również zostały zabezpieczone diodą typu transil, aby tranzystor nie został uszkodzony przez impulsy napięcia wytwarzane w trakcie przełączania indukcyjności długich przewodów połączeniowych. Prąd diod można zmniejszyć poprzez wlutowanie rezystora R4, lecz można go również pominąć i zewrzeć, nakładając kroplę spoiwa lutowniczego na zworkę SJ1 (zostanie to szerzej wyjaśnione w dalszej części artykułu). Rezystor R3 rozładowuje pojemność bramka-źródło wspomnianego tranzystora.

Za dekodowanie komend z pilota jest odpowiedzialny prosty i mały mikrokontroler typu ATtiny13, który generuje również sygnał PWM. Jest taktowany sygnałem zegarowym pochodzącym z wbudowanego oscylatora RC o częstotliwości 9,6 MHz, ponieważ wyłączono wewnętrzny preskaler przez 8. Można go łatwo zaprogramować poprzez złącze J2, na które wyprowadzono linie sygnałowe ISP.

Zasilanie mikrokontrolera musi być dobrze filtrowane, w przeciwnym razie może występować jego nieprawidłowe działanie i blokowanie się. Jest to istotna kwestia, ponieważ z tego samego napięcia są zasilane również diody LED, sterowane prostokątnym sygnałem PWM. Dlatego, oprócz standardowych kondensatorów filtrujących, na linii zasilającej została dodana dioda Schottky'ego D1. Jej zadaniem jest doładowywanie kondensatorów C1 i C2 w momencie chwilowego wzrostu napięcia (po zatkaniu tranzystora T1), ale nie dopuszcza do ich rozładowywania wtedy, kiedy T1 przewodzi. Te kondensatory są magazynem energii pracującym wyłącznie na potrzeby mikrokontrolera.

Do odbioru sygnału z pilota został zastosowany scalony odbiornik podczerwieni, ponieważ w tego typu układach wbudowane są wszystkie odwody zapewniające jego niezawodne działanie, w tym: filtrujące zakłócenia pochodzące od innych źródeł światła oraz automatycznie regulujące wzmocnienie.



Rysunek 3. Układ wyprowadzeń różnych odbiorników IR

Zasilanie dla tego układu jest filtrowane przez rezystor R2 i kondensatory C3 i C4. Układ wyprowadzeń w złączu J1 został dostosowany do odbiornika typu TSOP34836, ale to nie jedyna możliwa opcja.

Montaż i uruchomienie

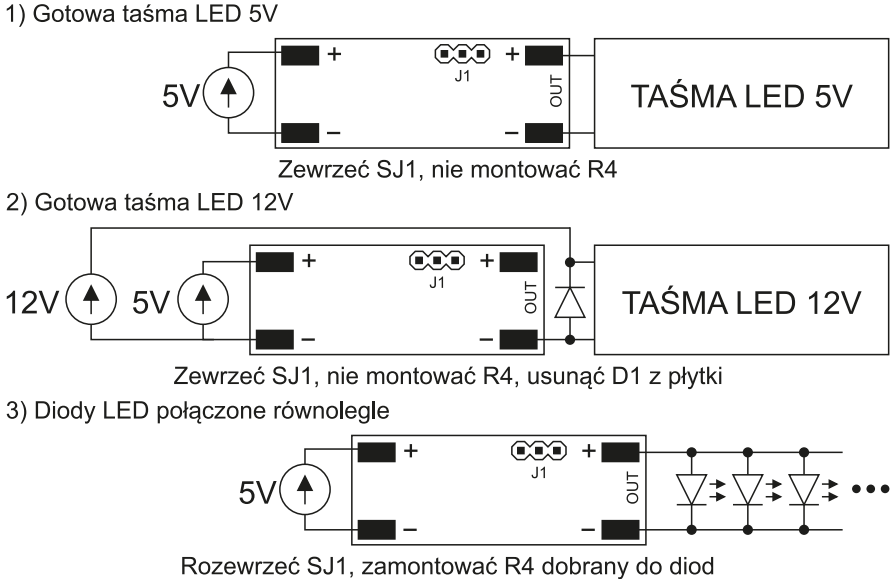
Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 40×15 mm. Jej schemat został pokazany na **rysunku 2**. Z uwagi na duży nacisk położony na miniaturyzację tej płytki nie znalazły się na niej żadne otwory montażowe, lecz można ją przymocować kroplą kleju na gorąco – ma niewielką masę.

Montaż płytki proponuję przeprowadzić w sposób typowy, czyli rozpoczynając od elementów w obudowach do montażu powierzchniowego, a na koniec zostawić wlutowanie złączy przewlekanych. Zmontowany i gotowy do działania układ wygląda jak na fotografii tytułowej. Do zacisków złącza J1 należy podłączyć odbiornik podczerwieni.

Rysunek 4. Wygląd okna konfiguracyjnego bitów zabezpieczających programu AVR Burn-O-Mat

Różne typy tych układów mają różny układ wyprowadzeń. Układ prototypowy został przetestowany z TSOP34836, TSOP2236, TSOP4836 i TSOP31236. Szczegóły dotyczące ich podłączenia znajdują się na **rysunku 3**. Odbiornik nie musi znajdować się tuż przy płytce, ale warto zadbać o to, aby przewody łączące go z płytką były możliwie krótkie – mniej niż 1 m.

Pamięć flash mikrokontrolera należy zaprogramować dostarczonym wsadem w postaci pliku HEX oraz należy zmień wartości bitów zabezpieczających – fuse-bitów. Nowe wartości to: High Fuse = 0xF9, Low Fuse = 0x7A. Szczegóły zostały pokazane na **rysunku 4**, który zawiera widok okna konfiguracji bitów zabezpieczających programu AVR Burn-O-Mat. W ten sposób



Rysunek 5. Trzy warianty podłączenia układu do diod LED

eprasa.pl f1935705aa

Tabela 1. Wykaz obsługiwanych komend RC5 i funkcji urządzenia

Nazwa przycisku (numer komendy RC5)	Działanie
VOLUME+ (16) PROGRAM+ (32)	Zwiększenie jasności
VOLUME– (17) PROGRAM– (33)	Zmniejszenie jasności
ON/OFF (12) MUTE (13) 0 (0)	Wyłączenie diod (0% jasności)
1 (1)	Ustawienie 10% jasności
...	...
9 (9)	Ustawienie 100% jasności

zostanie wyłączony wbudowany dzielnik częstotliwości sygnału zegarowego przez 8. Ponadto obwód BOD (Brown-Out Detector) będzie aktywny i ustawiony na próg 4,3 V.

Ostatnią kwestią jest podłączenie diod LED do układu. Przewidziane są trzy sposoby:

1. Użycie gotowej taśmy (z rezystorami ograniczającymi prąd diod) na napięcie 5 V;
2. Użycie gotowej taśmy (z rezystorami ograniczającymi prąd diod) na napięcie 12 V;
3. Podłączenie kilkunastu diod połączonych równolegle.

Szczegóły dotyczące każdego z tych wariantów znajdują się na **rysunku 5**. W układzie prototypowym zastosowano ostatni wariant, stąd obecność rezystora R4 w obudowie SMD2512. W wariancie 1. i 3. maksymalny prąd diod może wynosić około 0,4 A (ograniczenie bezpiecznikiem F1), zaś w wariancie 2. wynosi 2 A (ograniczeniem jest szerokość ścieżek i ciepło wydzielane w T1). Pobór prądu przez sam układ sterownika wynosi około 4 mA, bez uwzględnienia diod LED.

Eksploatacja

Prawidłowo zmontowany i podłączony układ jest gotowy do pracy. Do sterowania nim można zastosować dowolny pilot od telewizora, który nadaje w standardzie RC5. Wykaz obsługiwanych funkcji i komend znajduje się w **tabeli 1**. Adres tego pilota powinien wynosić 0, to wartość typowa dla pilotów dostosowanych właśnie do obsługi telewizorów. Warto w tym miejscu dodać, że urządzenie nie zapamiętuje nastaw – po wyłączeniu i ponownym włączeniu zasilania diody będą wygaszone. Dopiero wciśnięcie któregoś z przycisków ustawiających (bądź inkrementujących) jasność spowoduje załączenie. Regulacja odbywa się z krokiem 10%, lecz wypełnienie sygnału PWM zostało dobrane do uzyskania wrażenia liniowego przyrostu jasności.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

A może masz pomysł na ciekawy artykuł lub projekt?
Skonstruowałeś urządzenie, które jest godne zaprezentowania szerszej publiczności?
Możesz napisać artykuł edukacyjny?
Chcesz podzielić się doświadczeniem?
W takim razie zapraszamy do współpracy na łamach Elektroniki dla Wszystkich.
Kontakt: edw@elportal.pl

EdW możesz zamówić na
www.ulubionykiosk.pl
Do kupienia również w Empikach i wszystkich większych kioskach z prasą.

www.edw.elportal.pl

Nie przegap!
interesujących materiałów w siostrzanym czasopiśmie

W lutowym wydaniu „Elektroniki dla Wszystkich" między innymi:

Podwójnie symetryczny moduł audio
Dlaczego podwójnie symetryczny? Dowiesz się tego z artykułu. Wiadomo, że połączenia i układy symetryczne są pod wieloma względami lepsze od niesymetrycznych. Miłośnicy audio niewątpliwie zechcą wypróbować proponowany moduł.

Transmisja danych w inteligentnym domu. MODBUS – bardzo popularny protokół
MODBUS to wiekowy, ale nadal bardzo popularny protokół, który wykorzystywany jest często w systemach inteligentnego domu. Zapoznaj się ze szczegółami, żeby w pełni wykorzystać czujniki z takim interfejsem.

Automatyczne nawadnianie także dla Ciebie
Dawniej systemy automatycznego nawadniania były kosztowną rzadkością. Dziś ceny są przystępne i każdy elektronik może samodzielnie zrealizować taki system.

NanoVNA – wykonaj dokładne pomiary
NanoVNA może dokładnie mierzyć także bardzo małe impedancję rzędu miliomów. Trzeba je mierzyć z wykorzystaniem obu portów przyrządu, a kluczowe znaczenie ma jak najlepsza kalibracja, którą trzeba wykonać nietypowo.

Pulsująca błyskotka LED
Cztery różnokolorowe diody pulsują płynnie w sobie tylko znanym tempie. Kolorowa, migocząca ozdoba może być urozmaiceniem wielu prezentów od początkującego elektronika.

Ponadto w numerze:
- Frezarka CNC
- Moje pasje – własnej roboty magnetofon szpulowy
- Szkoła Konstruktorów
  – interesujące, najlepiej nietypowe zastosowanie diod LED
  – zaproponuj wykorzystanie elektroniki dla dobra osób z zaburzeniami snu, np. chrapaniem czy bezdechem.

eprasa.pl f1935705aa

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 254

Wzmacniacz lampowy ze sprzężeniem katodowym

W „Elektronice Praktycznej” 12/2019 opisałem wzmacniacz lampowy ze sprzężeniem katodowym (catode feetback). Artykuł cieszył się sporym zainteresowaniem z racji tego, że firma TOROIDY produkuje transformatory głośnikowe z dodatkowymi uzwojeniami CFB doskonałej jakości. Teraz chcę zaprezentować wzmacniacz o podobnej konstrukcji, ale z inaczej rozwiązanym zasilaniem.

W zaprezentowanym wzmacniaczu zrezygnowałem z transformatora sieciowego o znacznej mocy – 300 VA na rzecz przetwornicy AC/DC, która zasila obwody anodowe lamp, a żarzenie podłączone jest bezpośrednio do zasilacza 230 AC/12 DC. Takie rozwiązanie cechuje wysoka sprawność energetyczna, przekraczająca 80%. Dzięki temu tylko lampy mocy są mocno rozgrzane, jak w każdym urządzeniu tego typu.

Budowa i działanie

Wzmacniacz zbudowany jest z siedmiu modułów połączonych ze sobą przewodami o odpowiednich przekrojach. Schemat blokowy wzmacniacza został pokazany na **rysunku 1**. Na obwód zasilania składają się moduły 1...4. Na **rysunku 2** został pokazany schemat tej części konstrukcji.

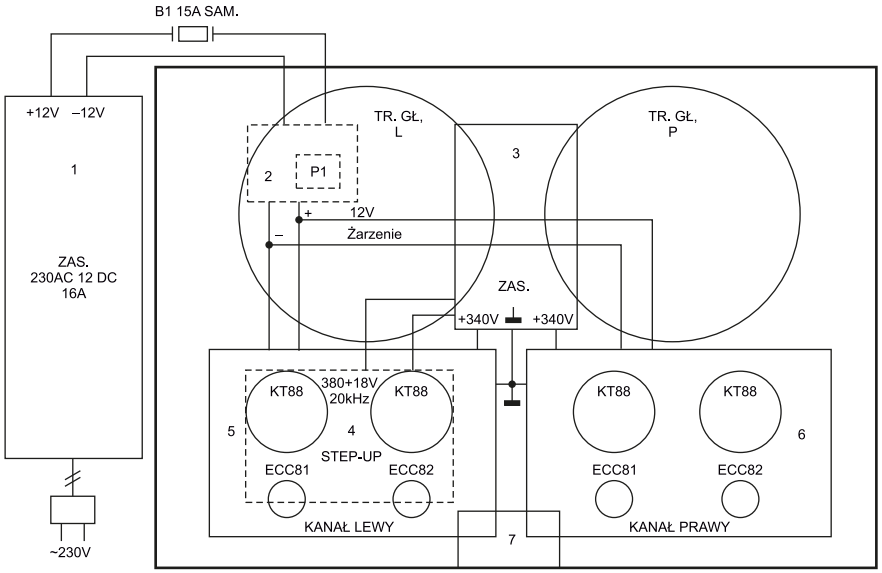
Moduł 1. Zasilacz 230 AC/12 DC

Można zastosować dowolny zasilacz o wydajności 16...30 A i dobrej stabilności napięciowej. Dokładnie chodzi o to, aby przy poborze prądu ok. 10 A przez wzmacniacz w obwodzie żarzenia panowało napięcie nieco poniżej 12 V, gdyż nie należy przekraczać parametrów żarzenia lamp. Żarzenie lamp mocy zostało połączone szeregowo-równolegle. Żarzenie lamp sterujących, które mają na wyprowadzeniach 4 i 5 wewnętrznie połączone szeregowo grzałki, łączymy równolegle.

W połączeniu zasilacza z modułem drugim trzeba zadbać o przelotowy bezpiecznik samochodowy i przewód o przekroju 1,5 mm^2 oraz zastosować połączenia śrubowe, ze względu na możliwe nagrzewanie się styków.

W modelu zastosowano zasilacz o wydajności 16 A bez wentylatora. Na **fotografii 1** pokazano, jak zamontować wentylator zewnętrzny z ograniczeniem prądowym, aby ograniczyć znaczny hałas przeszkadzający w odsłuchu muzyki. Całość należy umieścić w obudowie z otworami wentylacyjnymi. W opisywanym zasilaczu wykonano obudowę

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 1. Schemat blokowy wzmacniacza

Fotografia 1. Sposób zamontowania wentylatora do zasilacza

z laminatu jednostronnie miedziowanego lutowanego od strony miedzi. Warto zadbać o estetyczne, ale pracochłonne otwory podłużne. Okrągłe otwory znacznie gorzej się prezentują.

Moduł 2. Przekaźnik wysokoprądowy

Zastosowano jednostykowy przekaźnik samochodowy typu 541 o obciążalności 30 A. Na płytce drukowanej znajdują się kostki śrubowe ARK. Ze względu na duże przekroje przewodów należy wykorzystać tylko jedno połączenie śrubowe do każdego przewodu łączącego obwody zasilające przetwornicę oraz żarzenie lamp mocy. Przekaźnik należy koniecznie zabezpieczyć diodą D1', ponieważ łączenie dużego prądu powoduje powstawanie znacznych przepięć w obwodzie. Narażone są szczególnie diody prostownicze i tranzystor T1.

Moduł 3. Zasilacz wysokonapięciowy

Wysokie napięcie jest wytwarzane w przetwornicy podwyższającej i służy do zasilania obwodów anodowych lamp. Jednak najpierw trafia na prostownik jednopołówkowy z diodą D1, a następnie zasila układ sofstartu na tranzystorze typu MOSFET T1. Stała czasowa wynosi kilka sekund i zabezpiecza lampy mocy przed gwałtownym podaniem pełnego napięcia anodowego.

Na uwagę zasługuje sposób zamontowania tranzystora T1, który wymaga dodatkowego chłodzenia. Powstałe ciepło odprowadza płytka aluminiowa przykręcona do spodniej ścianki chasiss poprzez pastę silikonową. Wyprowadzenia tranzystora połączone są z płytką zasilacza poprzez wtyczkę rastrową przylutowaną od spodu.

Moduł 4. Przetwornica podwyższająca (step-up)

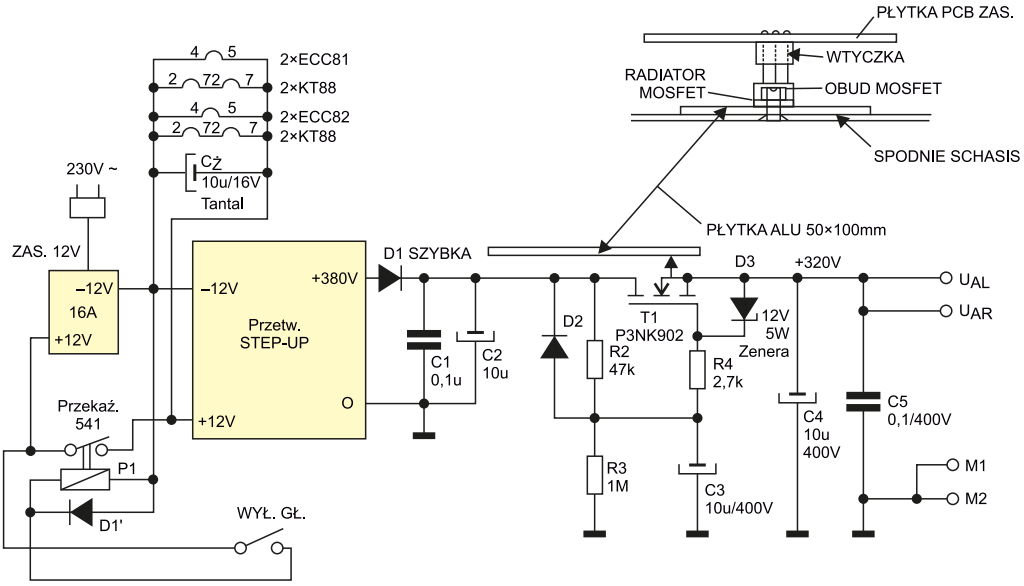
Moduł przetwarza napięcie stałe 12 V na dwa napięcia zmienne o częstotliwości 20 kHz. Po podłączeniu szeregowym napięcia 380 V oraz 18 V uzyskuje się napięcie 342 V, przy prądach anodowych lamp mocy wynoszących 45 mA. Niestety nie znalazłem przetwornicy, która pozwoliłaby uzyskać napięcie 420 V, aby mieć pełnię możliwości lamp KT88. Moc RMS jednego kanału przy rezystancji 8 Ω wynosi ok. 18 W.

Moduły 5. i 6. Wzmacniacze mocy oraz układy sterujące

Schemat torów sygnałowych został pokazany na **rysunku 3**. Układ wzmacniacza został szczegółowo opisany w EP 12/2019. Obecny układ różni się od poprzedniego obwodem BIASU. W obecnym układzie zastosowano BIAS automatyczny z elementami C13, C14 oraz R22, R23. Prąd anodowy każdej lampy mocy wynosi 45 mA. W układzie nie ma tętnień sieci, więc można zrezygnować z rezystorów R3 i R8 oraz C2, C3, C6, C7 a rezystor R11 zwiększyć do wartości 33 kΩ. Równolegle do lewego gniazda głośnikowego podłączono gniazdo subwoofera, którego zastosowanie, z minimalnym wysterowaniem, znacznie wzbogaca uzyskane brzmienie.

Moduł 7. Płytka potencjometru

Zastosowano potencjometr drabinkowy 2×100 kΩ logarytmiczny, który ma doskonałą



Rysunek 2. Schemat ideowy bloku zasilania wzmacniacza

eprasa.pl f1935705aa

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

Tor sygnałowy – jeden kanał:
Rezystory: (Metal film dale CCF 60 1 W 1%)
R1, R6, R7: 1 MΩ
R2, R11: 10 kΩ
R3, R8: 33 kΩ
R4, R15, R16: 47 kΩ
R: 470Ω
R9, R10: 22 kΩ
R12, R13: 470 kΩ
R17: 4,7 kΩ
R18, R19: 220 kΩ
R20, R21: 1 kΩ
R22, R23: 680 Ω drutowy 4 W Vishay Diarolic G202
R24, R25: 220 Ω
R26: 47 Ω

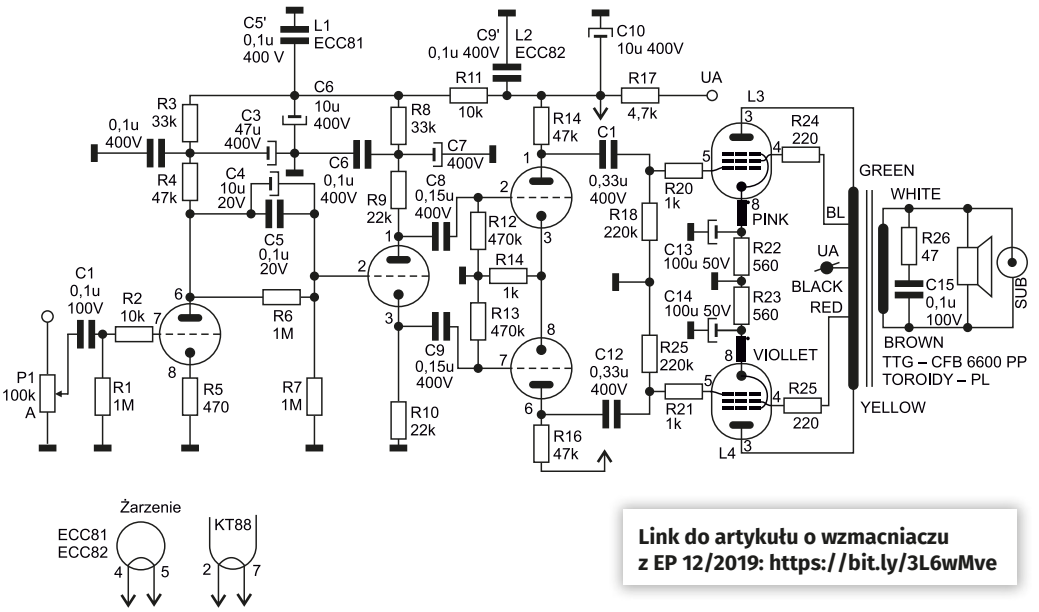
Kondensatory:
C1, C15: 0,1 μF/100 V MKT
C2, C5, C5', C6, C9': 0,1 μF/400 V MKP
C3, C4, C7, C10: elektrolityczny 10 μF/400 V
C8, C9: 0,15 μF/400 V foliowy TAD Mustard
C11, C12: 0,33 μF/400 V foliowy TAD Mustard
C13, C14: elektrolit 100 μF/50 V

Pozostałe:
P1: potencjometr drabinka 2×100 kΩ logarytmiczny
L1: ECC 81
L2: ECC 82
L3, L4: KT 88, 6550
Trafo głośnikowe: TTG-CFB6600PP TOROIDY
Podstawki lampowe typu oktal 4 szt.
Podstawki lampowe typu noval 4 szt.
Złącza ARK3 4 szt.
Złącza ARK2 6 szt.
Gniazda wejściowe typu cinch 2 kompl.
Gniazdo subwoofera typu cinch 1 szt.
Gniazda głośnkowe bananowe pozłacane 5 mm 2 kompl.

Zasilacz:
Rezystory: (metalizowane)
R2: 47 kΩ
R3: 1 MΩ
R4: 2,7 kΩ

Kondensatory:
Cż: kondensator tantalowy w obwodzie żarzenia lamp 10 μF/16 V
C1: 0,1 μF/450 V MKP
C2: elektrolityczny 10 μF/450 V
C3, C4: elektrolit 10 μF/400 V
C5: 0,1 μF/400 V MKP

Półprzewodniki:
D1, D2: szybka UF4007
D3: Zenera 12 V 5 W
T1: MOSFET P3NK902
P1: przekaźnik samochodowy typu 541 30 A
Przetwornica STEP-UP DC 12V AC 380 + 18 V 20 kHz GOTRONIK
Zasilacz DC 12V 16 A dowolnego typu
Wył. główny przechylny migowy 1 A



Link do artykułu o wzmacniaczu z EP 12/2019: https://bit.ly/3L6wMve

Rysunek 3. Schemat ideowy toru sygnałowego wzmacniacza

charakterystykę współbrzmieniową o dokładności 1%. Płytka jest połączona z resztą układu przewodami ekranowanymi za pomocą złączy ARK, poprzez listwy rastrowe. Masę całego układu podłączono do ekranowania przy gniazdach wejściowych.

Wzmacniacz ma dwa gniazda wejściowe przełączane przełącznikiem przesuwnym w pobliżu gniazd na tylnej ściance. W moim przypadku do jednego gniazda mam podłączony laptop przez przetwornik Sound Blaster, a do drugiego gramofon Adio-Technika. Nie jestem audiofilem, ale lubię dobre brzmienie muzyki poważnej i jazzowej na moich starych wysłużonych ALTUSACH.

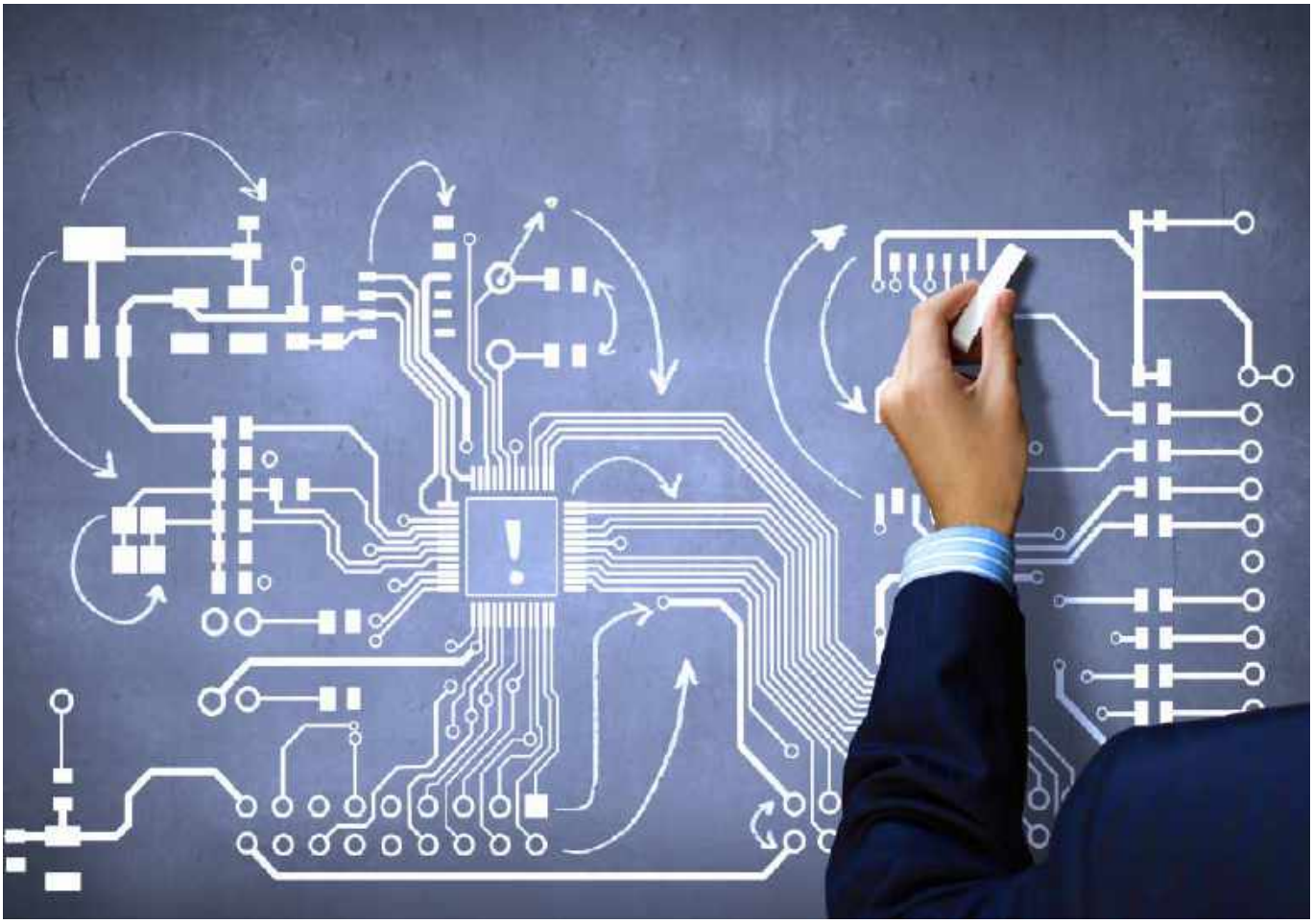
inż. Henryk Michałowski
michalowskihenio@gmail.com

Fotografia 2. Wygląd wewnętrzny gotowej konstrukcji

Fotografia 3. Wygląd ścianki tylnej obudowy wzmacniacza

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?
Zajrzyj na **www.ep.com.pl/EPwtoku**

eprasa.pl f1935705aa



Oprogramowanie do projektowania płytek drukowanych

Wszystkie współczesne urządzenia są projektowane przy dużym wsparciu komputerów, a zasadniczą częścią tego procesu jest projektowanie płytek drukowanych PCB. Na rynku dostępnych jest wiele pakietów EDA (Electronic Design Automation – automatyzacja projektowania elektroniki) zwanych czasami ECAD (Electronic Computer Aided Design – komputerowo wspierane projektowanie elektroniki). Czym różnią się oferowane narzędzia i jak wybrać optymalne do naszych potrzeb rozwiązanie? W artykule zaprezentujemy dostępne aktualnie pakiety oprogramowania oraz omówimy ich kluczowe cechy i możliwości.

Oprogramowanie EDA to kategoria narzędzi programowych służących do wykonania projektów systemów elektronicznych na różnym poziomie. Jest stosowane do projektowania obwodów elektronicznych i płytek drukowanych, ale także układów scalonych, obudów, różnych elementów konstrukcyjnych urządzeń, a nawet do różnego rodzaju wizualizacji i symulacji. W artykule skupimy się na rozwiązaniach pierwszej grupy, czyli na programach do projektowania schematów układów elektronicznych oraz projektowania i walidacji płytek drukowanych.

Ponieważ nowoczesne urządzenia elektroniczne składają się z setek lub nawet tysięcy komponentów, narzędzia EDA są niezbędne do ich szybkiego projektowania. Często systemy tego rodzaju zintegrowane są z oprogramowaniem do symulacji elektrycznych i fizycznych, dzięki czemu możliwe jest usprawnienie procesu projektowania. Przekłada się to na zaoszczędzony czas, a także redukuje ilość koniecznych prototypów i badań laboratoryjnych. W efekcie oznacza to zmniejszenie kosztów projektu danego systemu elektronicznego.

Łatwość edytowania projektów i wprowadzania zmian, nawet na późnym etapie projektowania czy w gotowych projektach, pozwala na szybsze dopasowanie projektu urządzenia do zmieniających się wymagań. Możliwa jest szybka podmiana elementów w projekcie urządzenia na wypadek, gdyby obecnie stosowane elementy nie były

eprasa.pl f1935705aa

dostępne na rynku, np. z powodu wycofania ich z produkcji lub problemów z dostawami, co jest obecnie jednym z największych problemów branży. Znacznie ułatwia to utrzymanie ciągłości produkcji urządzeń, szczególnie w przypadku trwającego kilkanaście czy kilkadziesiąt lat ich cyklu życia.

Na potrzeby przygotowanego zestawienia oprogramowanie zostało podzielone dosyć arbitralnie – według kategorii ceny i zastosowania. Nie jest niczym zadziwiającym to, że profesjonaliści stający przed bardzo zaawansowanymi projektami, często tworzonymi dla środowisk o szczególnych wymaganiach (urządzenia medyczne, elektronika motoryzacyjna, systemy funkcjonalnego bezpieczeństwa przemysłowego itp.), potrzebują zaawansowanych pakietów oprogramowania EDA. Nie jest też niczym zaskakującym, że zaawansowane oprogramowanie jest kosztowne. Nie oznacza to jednak, że otwarte czy darmowe oprogramowanie nadaje się tylko do prostych zastosowań – na rynku dostępnych jest coraz więcej ciekawych i rozbudowanych pakietów oprogramowania, udostępnianych na darmowych licencjach, które okazują się wystarczające w wielu niestandardowych przypadkach.

Z drugiej strony, można wydzielić też grupę pakietów EDA, które są relatywnie prostsze i tańsze, ponieważ są adresowane do firm projektujących mniej skomplikowane urządzenia elektroniczne, których projekt, z uwagi na niższy poziom złożoności, nie wymaga zaawansowanego oprogramowania. Jest to jednak podział bardzo arbitralny i subiektywny.

Zaprezentowane zestawienie nie jest rankingiem dostępnych na rynku narzędzi – nie da się zestawić takowego, ponieważ do każdej aplikacji będzie optymalne inne rozwiązanie. Wszystko w takim wypadku jest jakimś kompromisem, pomiędzy elastycznością oprogramowania, jego możliwościami i oczywiście kosztem. W wielu wypadkach darmowe, prostsze oprogramowanie jest lepszym rozwiązaniem niż duży kosztowny pakiet, którego większość możliwości pozostanie niewykorzystana.

Oprogramowanie EDA, używane przez elektroników, można podzielić na kilka elementów składowych. Większość omawianych poniżej programów ma wszystkie te funkcje, jednak warto omówić je niezależnie, gdyż są one w różnym stopniu rozbudowane. Składowe typowego pakietu EDA to:

- program do rysowania schematów,
- program do projektowania PCB,
- system do zarządzania bibliotekami elementów,
- eksporter do projektów PCB,
- interfejsy do innego rodzaju oprogramowania (CAD-y mechaniczne, programy do symulacji itp.).

Elementy te nie wymagają szerszego opisu – wiadomo, jaką funkcję pełni każdy z nich. Oprócz tego w oprogramowaniu EDA mogą być zintegrowane programy do obliczeń, symulacji, automatyczne generatory do rysunków elementów elektronicznych, interfejsy do systemów kontroli wersji, narzędzia do sprawdzania poprawności projektu itp.

Otwarte i darmowe oprogramowanie

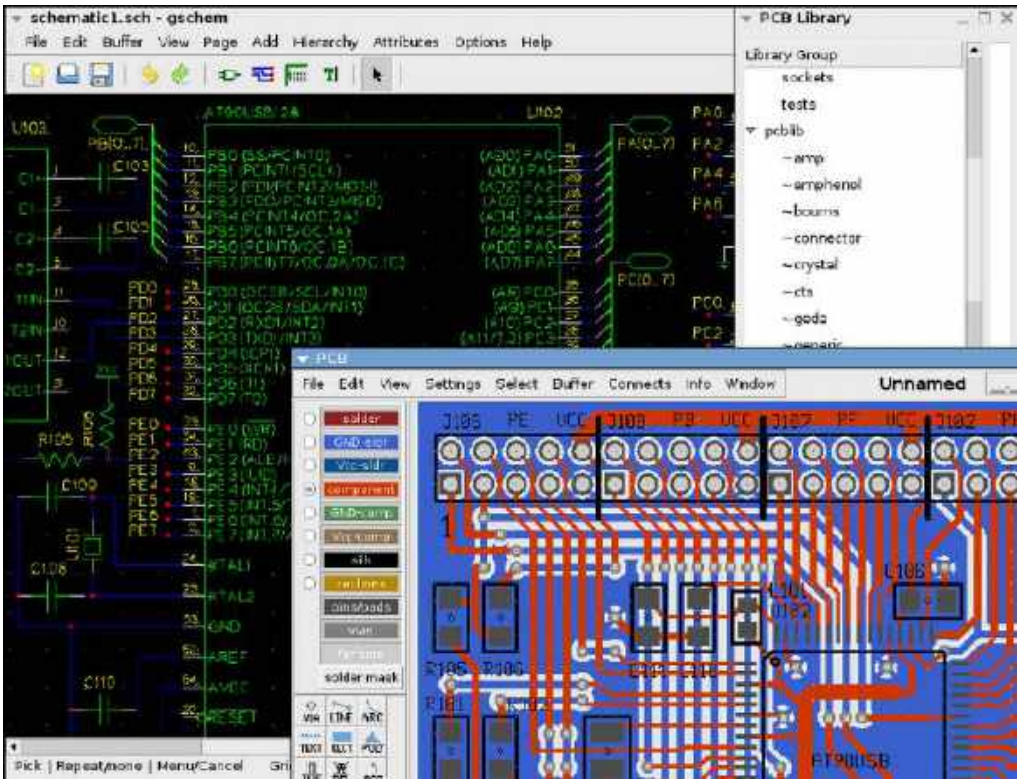
Skupimy się na najbardziej znanych i popularnych narzędziach i zintegrowanych w nich modułach do rysowania schematów oraz projektowania płytek drukowanych. Takie ograniczenie pozwoli skoncentrować się na najciekawszych elementach, ponieważ oprogramowanie może mieć szeroki zakres zastosowań.

gEDA

Projekt gEDA został stworzony przez Alesa Hvezdę z powodu braku darmowych narzędzi EDA dla systemów Linux czy UNIX. Pierwsza wersja tego oprogramowania została wydana 1 kwietnia 1998 roku i zawierała program do rysowania schematów oraz netlister, czyli specjalizowane oprogramowanie do listowania połączeń pomiędzy poszczególnymi układami (netlista jest wejściem dla programów do projektowania płytek drukowanych). W tym czasie powstała również strona internetowa projektu gEDA oraz listy mailingowe.

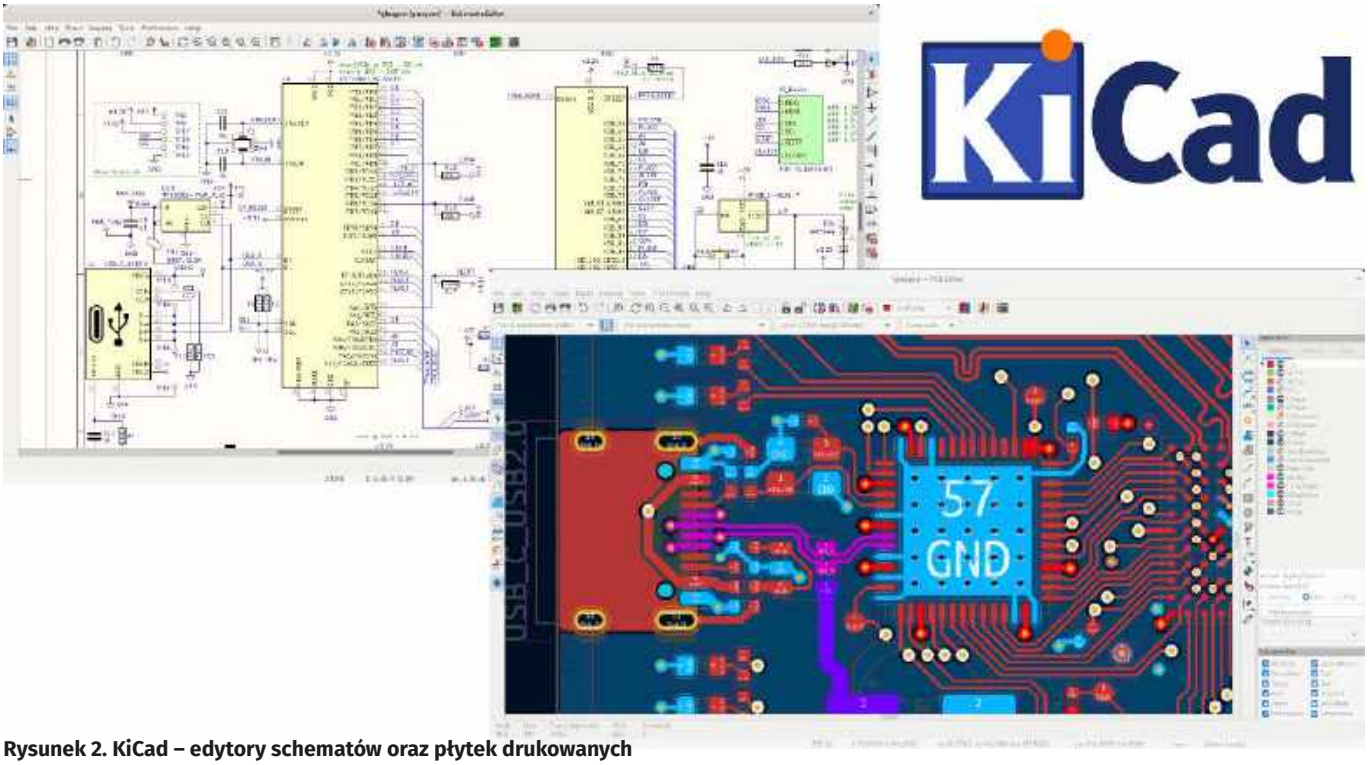
Pierwotnie projekt zakładał również utworzenie programu do projektowania PCB. Jednak w ramach projektu wkrótce odkryto istniejący program do PCB o otwartym kodzie źródłowym, dostępny ówcześnie pod nazwą PCB. Możliwość kierowania netlist do tego programu została szybko wbudowana w netlister projektu gEDA, a plany napisania nowego programu do projektowania płytek drukowanych od podstaw porzucono. W międzyczasie programiści pracujący nad softem PCB na stałe rozpoczęli współpracę z projektem gEDA. Autorzy innych programów EDA również zaczęli aktywnie wspierać rozwój gEDA – w ten sposób narodził się naprawdę rozbudowany projekt. Obecnie gEDA pozostaje federacją narzędzi programowych opracowanych przez różnych programistów (**rysunek 1**). Wątkiem, który spaja ten projekt, jest wspólna wizja zbudowania potężnego, bazującego na społeczności, zestawu narzędzi EDA o otwartym kodzie źródłowym. Obecnie w skład ekosystemu wchodzą następujące programy:

- gEDA/gaf – podstawowe oprogramowanie integrujące kilka modułów:
  - gschem – program do rysowania schematów,
  - gnetlist – netlister,
  - gsymcheck – program do sprawdzania poprawności składni symboli elektronicznych,
  - gattrib – bazujący na arkuszach kalkulacyjnych pakiet do edycji atrybutów symboli na schemacie,



Rysunek 1. Elementy pakietu gEDA – edytor schematów i edytor PCB

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 2. KiCad – edytory schematów oraz płytek drukowanych

- libgeda – biblioteki dla programów gschem, gnetlist oraz gsymcheck,
- gsch2pcb – program edytujący anotacje elementów w schemacie na podstawie projektu PCB,
- dodatkowe drobne programy użytkowe;

- PCB – program do projektowania płytek drukowanych,
- Gerbv – Gerber file viewer,
- ngspice – port Berkeley SPICE, programu do symulacji obwodów,
- GnuCap – nowoczesny symulator obwodów,
- gspiceui – GUI/front-end dla ngspice i GnuCap,
- gwave – program do wizualizacji i analizy przebiegów elektronicznych,
- gaw – przepisana na nowo wersja gwave współpracuje z gspiceui,
- Icarus Verilog – symulator języka Verilog,
- GTKWave – kolejny program do wizualizacji przebiegów,
- wcalc – kalkulator do obliczania linii długich (*Transmission line and electromagnetic structure analysis*).

Oprogramowanie to zostało opracowane z myślą o systemie Linux/UNIX. Jakkolwiek dostępne są porty na Mac OS X czy nawet Windows, to nie wszystkie programy składowe dają się skompilować i uruchomić, szczególnie na systemie Windows. Członkowie projektu gEDA nie dystrybuują pakietów binarnych oprogramowania, co oznacza konieczność samodzielnego ich kompilowania.

KiCad

Oprogramowanie KiCad powstało w 1992 roku. Pakiet został napisany przez Jeana-Pierre'a Charrasa, który w tamtym czasie pracował na politechnice w Grenoble we Francji. Nazwa pochodzi od pierwszych liter nazwy firmy przyjaciela autora, połączonych z terminem CAD. KiCad jest zbiorem programów przeznaczonych do użytku w połączeniu ze sobą. Głównymi narzędziami tego ekosystemu (do dzisiaj) są EESchema, PCBnew, przeglądarka plików Gerber oraz kalkulator elektronika (**rysunek 2**).

Wraz z gwałtownym spadkiem cen profesjonalnie wykonywanych płytek drukowanych, projektowanie płytek drukowanych wśród hobbystów stało się znacznie bardziej popularne. W rezultacie KiCad znacznie zwiększył swoją popularność, a także rozbudowano bazę narzędzi w jego ekosystemie. W 2013 roku CERN zaczął wspomagać rozwój tego narzędzia tak, aby KiCad mógł dorównać komercyjnym EDA. Duża część prac zrealizowanych w CERN to masowa refaktoryzacja kodu, która miała zapewnić KiCadowi lepszą strukturę do dalszego rozwoju i adaptacji. Dało to spodziewany rezultat. W grudniu 2015 roku zaprezentowano KiCad 4,0.0, który ma bardzo rozbudowane opcje, porównywalne z komercyjnymi pakietami EDA.

KiCad używa zintegrowanego środowiska na wszystkich etapach procesu projektowania: rysowanie schematu, projektowanie PCB, generowanie plików Gerber i innych oraz edycja bibliotek. Jest to aplikacja wieloplatformowa, dostępna na FreeBSD, Linux, Windows i Mac OS X. Aplikacja jest przetłumaczona na wiele języków, w tym także polski. Dostępnych jest wiele bibliotek komponentów, a dodatkowo użytkownicy mogą dodawać własne, niestandardowe opracowania. Biblioteki elementów mogą być dostępne w ramach projektu lub instalowane do użytku w dowolnym projekcie. Istnieją również narzędzia ułatwiające import komponentów z innych aplikacji EDA (np. EAGLE) oraz z ogólnodostępnych bibliotek elementów (np. SamacSys Library Loader). Istnieją również biblioteki innych firm dostępne dla programu KiCad, w tym SnapEDA czy Digi-Key. Pliki konfiguracyjne programu są w dobrze udokumentowanym zwykłym pliku tekstowym, co pomaga w wykorzystywaniu systemów kontroli wersji, a także w pisaniu skryptów automatycznego generowania komponentów.

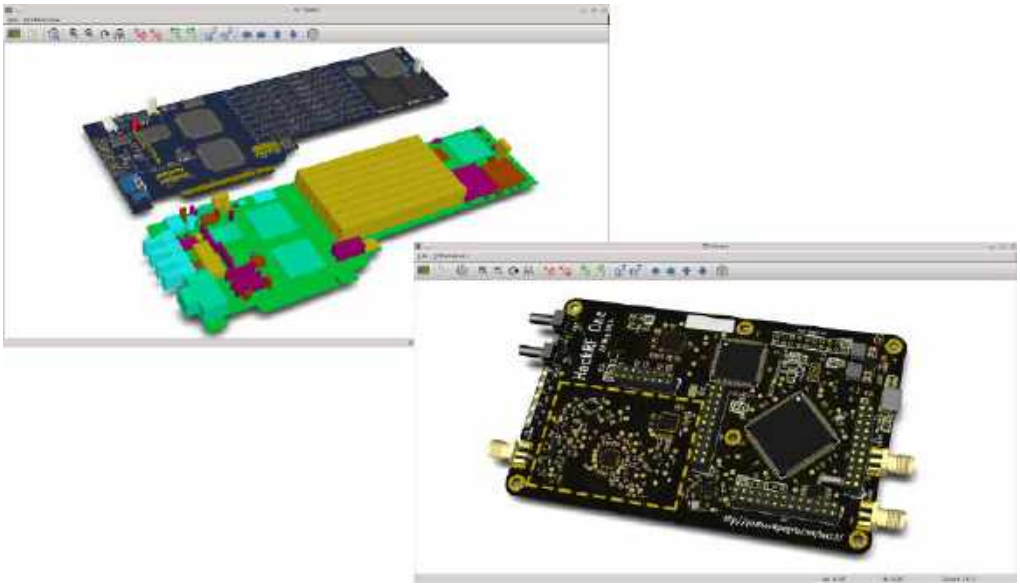
Edytor schematów w pakiecie KiCad ma bardzo rozbudowane funkcje, w tym hierarchiczne arkusze schematów, tworzenie niestandardowych symboli, ERC (sprawdzanie reguł elektrycznych) i zintegrowany system do symulacji obwodów – ngspice (bazujący na standardach SPICE). Symbole na schemacie nie są ściśle związane z elementami na PCB, dzięki czemu pojedynczy footprint może być używany dla wielu elementów. Edytor PCB obsługuje do 32 warstw miedzi i 32 warstwy techniczne. Wymiary elementów są przechowywane z dokładnością do nanometrów w 32-bitowych liczbach całkowitych, co daje teoretyczny maksymalny wymiar PCB równy 2^{31} nm, czyli około 2,14 metra.

Przy projektowaniu PCB dostępnych jest wiele zaawansowanych narzędzi, wbudowanych czy dostępnych jako zewnętrzne pluginy. Zaawansowane funkcje edytora PCB obejmują automatyczne przepychanie czy przesuwanie ścieżek podczas prowadzenia nowych, projektowanie par różnicowych i możliwość dostrajania długości ścieżek. Edytor oferuje elastyczne podświetlanie sieci i przyciemnianie

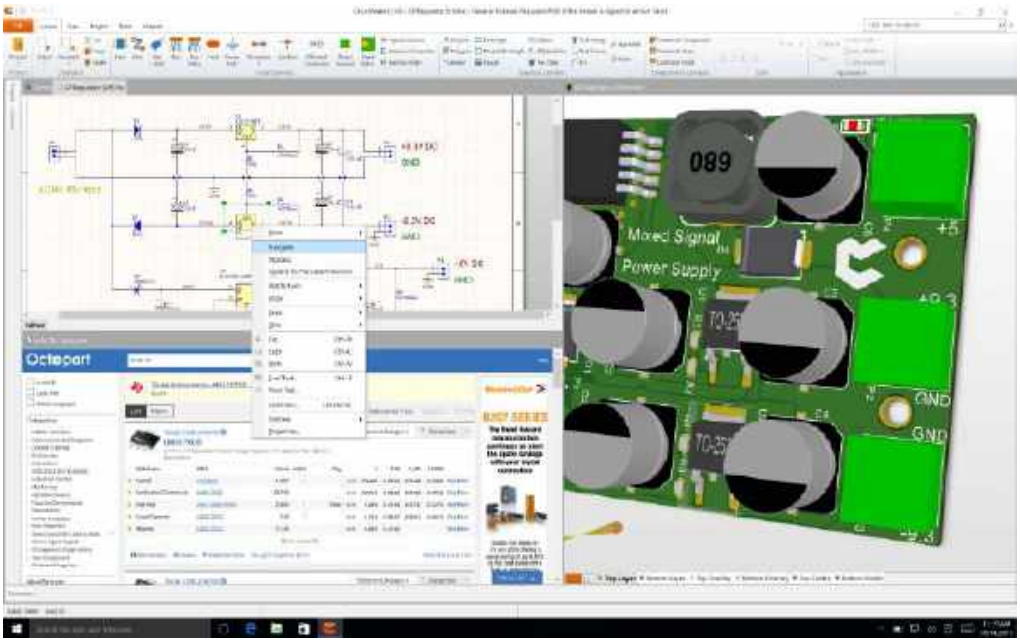
eprasa.pl f1935705aa

poszczególnych warstw oraz wysoce konfigurowalny moduł DRC (sprawdzanie zgodności z regułami projektowymi). Jedną z wyróżniających funkcji tego edytora jest integracja z modelami 3D elementów i możliwość wizualizacji projektu w trzech wymiarach (wraz z elementami), a także możliwość eksportu w standardowych formatach obiektów 3D (STEP oraz VRML) w celu zastosowania projektu PCB w projektach mechanicznych (**rysunek 3**).

Dostępny jest ponadto szereg zewnętrznych narzędzi, integrujących się z pakietem KiCad. Tworzone są one głównie dzięki integracji skryptów Pythona. Istnieje wiele wtyczek, takich jak wysokiej jakości generatory etykiet sitodrukowych, przeglądarki BOM i złożeń, wtyczki do panelizacji projektów, a także wiele innych.



Rysunek 3. KiCad – możliwość przeglądania projektów w trzech wymiarach



Rysunek 4. Altium CircuitMaker

Altium CircuitMaker

Ten pakiet adresowany jest głównie do hobbystów i społeczności twórców, aczkolwiek może być również używany do projektów komercyjnych. Obecnie jest dostępna wersja 2,0.2, która została zaprezentowana przez Altium Limited w czerwcu 2021 roku. CircuitMaker ma narzędzia do rysowania schematów i projektowania PCB (**rysunek 4**). Działa przy użyciu tego samego silnika, co Altium Designer (omówiony w dalszej części artykułu), zapewniając niemal identyczne wrażenia użytkownika, co ten profesjonalny pakiet – oczywiście w okrojonej wersji. To, co wyróżnia CircuitMaker, to fakt, że funkcjonuje w dużej mierze w chmurze. To znaczy, że nasze projekty są przechowywane w chmurze, a nie lokalnie na dysku. Aby mieć do nich dostęp, należy założyć odpowiednie konto. W chmurze też znajdują się wszystkie biblioteki itp.

Edytor schematów zawiera podstawowe narzędzia do rozmieszczania komponentów i rysowania obwodów, a także zaawansowane narzędzia do projektowania wielokanałowego czy tworzenia schematów hierarchicznych. Przenoszenie schematów na PCB jest prostym procesem w CircuitMakerze, ponieważ footprinty elementów na PCB są automatycznie dołączane do dowolnego komponentu na schemacie, który został wybrany z biblioteki Octopart. Modele na PCB mogą mieć dodatkowo dołączone modele 3D w postaci prostych brył lub złożone modele STEP, co umożliwia renderowanie PCB w czasie rzeczywistym podczas projektowania płytki drukowanej. Pakiet ten obsługuje konfigurację reguł projektowych i ich sprawdzanie w czasie rzeczywistym. Dostępne są również niektóre zaawansowane funkcje znane z Altium Designera i innych dużych narzędzi, w tym prowadzenie par różnicowych, interaktywne dostrajanie długości ścieżek i zarządzanie wylewkami.

Pliki produkcyjne można eksportować bezpośrednio z edytora PCB, ale można również użyć zewnętrznej przeglądarki plików Gerber. Całą płytkę drukowaną można też wyeksportować jako model 3D w postaci pliku STEP do dalszego użycia w mechanicznym oprogramowaniu CAD 3D. CircuitMaker obsługuje integrację z wyszukiwarką elementów Octopart i umożliwia umieszczanie komponentów metodą „przeciągnij i upuść" z wyników wyszukiwania Octopart, jeśli są do nich dołączone modele schematyczne i modele obudów/footprinty. Użytkownicy mogą również tworzyć brakujące symbole, udostępniając je jednocześnie innym użytkownikom. Stale rosnąca biblioteka elementów elektronicznych często eliminuje potrzebę tworzenia niestandardowych symboli czy footprintów. Dzięki temu środowisko to jest szczególnie przyjazne dla początkujących użytkowników. Dodatkowo, oprogramowanie to pozwala wielu użytkownikom na jednoczesną pracę nad schematem lub PCB. Upraszcza to dodatkowy, zintegrowany system komentarzy i adnotacji.

CircuitMaker jest dostępny tylko dla systemu operacyjnego Windows. Może działać w Wine na Ubuntu, ale z pewnymi ograniczeniami i niezbyt stabilnie – nie działa on na każdej dystrybucji Linuksa. Chociaż użytkownicy mogą importować zasoby z konkurencyjnych pakietów EDA, sam pakiet nie oferuje eksportu zasobów projektowych do innych formatów. Rozwiązanie tego problemu zapewnia dopiero Altium Designer (w wersjach 15 i wyżej),

eprasa.pl f1935705aa

Rysunek 5. Projekt tworzony we Fritzing

które pozwala na import plików CircuitMaker. Ułatwia to migrację projektów z amatorskich na profesjonalne narzędzie.

Ekonomiczne oprogramowanie dla hobbystów i profesjonalistów

Kolejną kategorię cenową zajmuje oprogramowanie EDA, które jakkolwiek nie jest darmowe, to jednak pozostaje w zasięgu chyba każdego elektronika czy małego przedsiębiorstwa. Pakiety prezentowane w tym rozdziale mają szeroki zakres funkcji, a co za tym idzie – różne docelowe branże. Część z nich przeznaczona jest dla hobbystów, a część dla mikro- i małych przedsiębiorstw, projektujących urządzenia elektroniczne w niewielkiej skali.

Fritzing

Fritzing to inicjatywa open source, mająca na celu opracowanie oprogramowania ECAD do projektowania sprzętu elektronicznego. Jest polecany do zastosowania przez amatorów i hobbystów. Został zoptymalizowany do tego, aby eksperymenty i prototypy projektantów, hobbystów i artystów w łatwy sposób przenieść na bardziej stały system niż obwody zbudowane na płytce stykowej (**rysunek 5**).

Fritzing jest darmowym oprogramowaniem, dystrybuowanym na licencji GPL-3.0 lub nowszej, z kodem źródłowym dostępnym w repozytorium na GitHub. Pliki binarne jednak dostępne są już za opłatą, na co zezwala licencja GPL. Cena za pobranie oprogramowania jest jednak bardzo niska (na moment pisania artykułu zaczyna się od 8 euro). Obrazy komponentów, zawarte w bibliotekach do programu, są dystrybuowane na licencji CC-BY-SA-3.0, która będzie również licencją na wszelkie wygenerowane widoki prototypów.

Oprogramowanie to jest opracowane w duchu podobnym do środowiska Arduino i umożliwia amatorom udokumentowanie prototypu układu bazującego np. na modułach Arduino i innych elementach tego rodzaju. Możliwe jest również przygotowanie projektu PCB i zlecenie go do produkcji. Specjalizowana witryna pakietu pomaga użytkownikom udostępniać i omawiać swoje projekty i wymieniać doświadczenia, a także zmniejszać koszty produkcji płytek dzięki wspólnym zamówieniom itp.

Fritzing może być postrzegany jako narzędzie EDA dla osób niebędących inżynierami – jest to jedno z jego podstawowych zastosowań. Dzięki temu, że oprogramowanie to pozwala na rysowanie prototypów bazujących na płytce stykowej, pozwala na dokumentowanie projektu nawet amatorowi. Dodatkowo, wyniki projektowania koncentrują się na łatwo dostępnych środkach produkcji. Dodatkowo, od wersji wydanej 2 grudnia 2014 Fritzing uzupełniono o opcję podglądu kodu, w której można modyfikować kod i przesyłać go bezpośrednio do urządzenia Arduino.

Autodesk Eagle

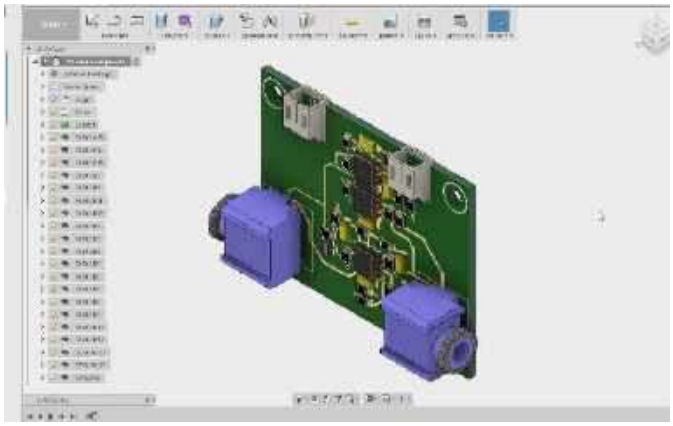
Historia tego popularnego pakietu sięga końcówki lat 80. XX wieku. Eagle opracowany został przez niemiecką firmę CadSoft Computer GmbH. Początkowo był to program uruchamiany pod DOS-em, ale wraz z upływem czasu pakiet rozwijano i przenoszono na kolejne platformy. Firma CadSoft została zakupiona przez Premiere Farnell (dystrybutora elementów elektronicznych) w 2009 roku, a następnie sprzedana producentowi oprogramowania CAD i CAM, firmie Autodesk w 2016 roku, co pociągnęło za sobą szereg zmian w modelu biznesowym programu itp.

EAGLE zawiera edytor schematów i edytor płytek drukowanych. Schematy przechowywane są w plikach z rozszerzeniem *.sch*, a płytki w plikach z rozszerzeniem *.brd*. Oba elementy mogą być edytowane równolegle, co umożliwia wsteczną adnotację zmian do schematu i automatyczne wyznaczanie połączeń sygnałowych w edytorze płytek drukowanych, aby automatycznie łączyć ślady w oparciu o połączenia zdefiniowane w schemacie (**rysunek 6**). Elementy definiowane są w bibliotekach – plikach z rozszerzeniem *.lbr*. EAGLE eksportuje również pliki Gerber oraz PostScript, a także pliki wierceń w formatach Excellon i Sieb & Meyer. Są to standardowe formaty plików akceptowane przez firmy produkujące PCB, a z uwagi na fakt, że ogromna część użytkowników tego pakietu to małe firmy projektowe czy hobbyści, firmy produkujące płytki drukowane, które specjalizują się w obsłudze tego segmentu rynku, przyjmują także pliki projektowe EAGLE jako pliki źródłowe.

EAGLE zapewnia wielookienkowy graficzny interfejs użytkownika i system menu do edycji, zarządzania projektami. Systemem można sterować za pomocą myszy, skrótów klawiszowych lub wprowadzając określone polecenia we wbudowanym wierszu poleceń. Skróty klawiaturowe mogą być definiowane przez użytkownika. Wiele powtarzających się poleceń można połączyć – zamiast wpisywać je komenda po komendzie, tworzyć można pliki skryptów (z rozszerzeniem *.scr*). Możliwe jest również edytowanie plików projektowych przy użyciu specyficznego dla EAGLE języka programowania obiektowego (z rozszerzeniem *.ulp*). Wraz z programem dostarczonych jest wiele pomocnych skryptów.

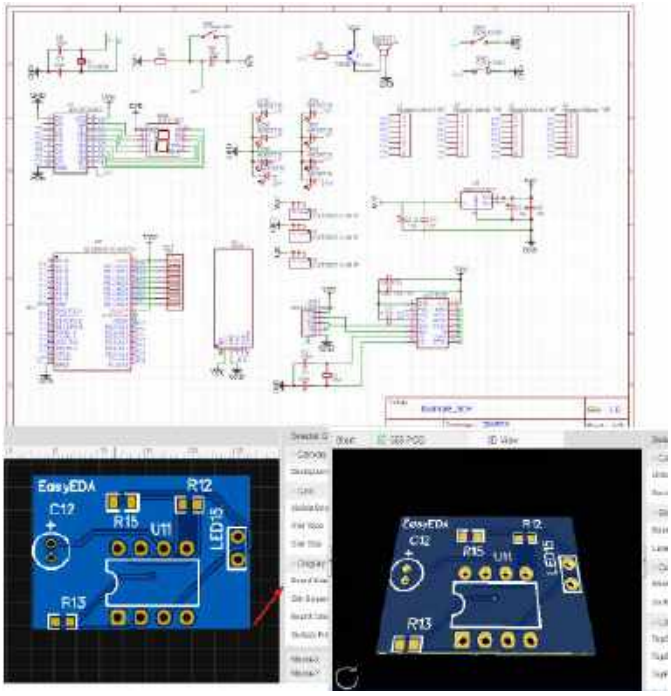
Jednym z ciekawszych skryptów dla EAGLE jest skrypt, który pozwala na wizualizację płytki drukowanej, projektowanej w tym ekosystemie (do niedawna pakiet ten nie oferował takiej możliwości). Skrypt ten generował na podstawie projektu PCB kolejny skrypt do oprogramowania PoV-Ray, w którym można było wyrenderować widok płytki. Najnowsze wersje mają już taką możliwość, a nawet wyposażono je w integracje z CAD-em mechanicznym, oferowanym przez firmę Autodesk.

Dzięki elastycznemu systemowi kosztów i różnych wersji, program ten był szalenie popularny wśród hobbystów i studentów. Najprostsza wersja z mocno ograniczoną powierzchnią PCB i tylko dwoma warstwami płytki drukowanej dostępna była do zastosowań niekomercyjnych za darmo. W czasie gdy firma, która stworzyła ten pakiet, zmieniała właścicieli, zmieniały się też koszty i zasady korzystania z pakietu. Od 2016 roku oprogramowanie to było dostępne w modelu subskrypcyjnym, co nie zostało zbyt dobrze przyjęte przez użytkowników. Od 2020 roku pakiet nie jest dostępny osobno



Rysunek 6. Autodesk Eagle

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 7. Środowisko EasyEDA

i stanowi integralną część pakietu CAD/CAM Autodesk Fusion 360. Spowodowało to zniechęcenie kolejnych użytkowników do środowiska EAGLE.

EasyEDA

EasyEDA to internetowy pakiet narzędzi EDA, który umożliwia inżynierom elektronikom projektowanie, symulowanie, udostępnianie (publicznie i prywatnie) oraz omawianie schematów, symulacji i płytek drukowanych (**rysunek 7**). Inne funkcje tego środowiska obejmują tworzenie zestawień materiałowych, plików Gerber oraz plików dla automatów montażowych i innych dokumentów wyjściowych w formatach PDF, PNG i SVG.

To, co wyróżnia ten pakiet, to właśnie dostępność jako usługa webowa. Przekłada się to też na unikalny cennik dostępu do tej usługi. Bezpłatne członkostwo jest oferowane w przypadku projektów publicznych oraz dla ograniczonej liczby projektów prywatnych. Liczbę projektów prywatnych można zwiększyć, przesyłając wysokiej jakości projekty publiczne, dodając symbole do schematów czy footprinty elementów na PCB do ogólnie dostępnych bibliotek. Oczywiście istnieje też możliwość opłacenia miesięcznej subskrypcji. Program dostępny jest również w modelu adware, czyli finansowanym wyświetlanymi reklamami, lub w płatnych subskrypcjach (od ok 5 do 10 dolarów miesięcznie za użytkownika). Wszystkie licencje pozwalają na komercyjne zastosowanie i oferują zasadniczo takie same funkcje.

Zarejestrowani użytkownicy mogą bezpłatnie pobierać pliki Gerber. Za opłatą EasyEDA oferuje również usługę produkcji PCB na podstawie utworzonych w środowisku plików. Ta usługa jest również w stanie przyjmować dane z plików Gerber z innych narzędzi. Alternatywnie, obrazy warstw można zapisywać w formatach PDF, PNG i SVG np. do wytrawiania domowych PCB. Obsługiwany jest import z formatów plików Altium Designer, CircuitMaker, Eagle oraz Kicad. Obsługiwany jest również eksport netlist w formatach Altium, PADS i FreePCB.

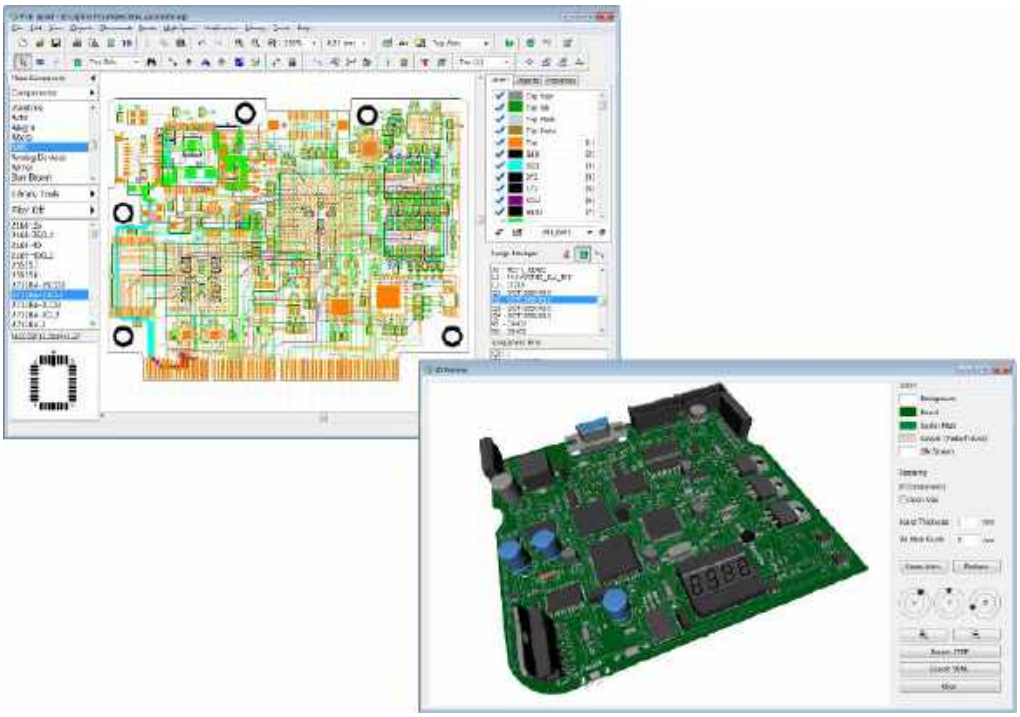
Środowisko EasyEDA zawiera również system do symulacji obwodów SPICE, stworzony w oparciu o Ngspice i układu PCB. Pozwala ono na współpracę nad symulacjami przez wielu użytkowników, import i eksport list sieci SPICE oraz możliwość eksportowania bibliotek symboli i modeli z LTspice.

DipTrace

DipTrace to pakiet oprogramowania EDA, który podobnie jak wcześniej omówione pakiety ma funkcje rysowania schematów i sporządzania ścieżek płytek drukowanych. DipTrace ma cztery moduły: edytor schematów, edytor PCB z autorouterem i podglądem 3D i edytory symboli oraz footprintów (elementów na PCB). Program chwali się prostym interfejsem użytkownika przy zachowaniu wielu zaawansowanych funkcji, takich jak możliwość prowadzenia różnicowych ścieżek czy też korzystanie z inteligentnego narzędzia do routingu (automatycznego i półautomatycznego, **rysunek 8**).

Edytory mają zaawansowane narzędzia, pozwalające na sprawdzanie zasad projektowych. Mogą być one definiowane dla wielu klas elementów i pomiędzy poszczególnymi klasami. Takie rozwiązanie pozwala na projektowanie bardzo zaawansowanych płytek drukowanych przy minimalizacji nakładu pracy. Narzędzia kontroli poprawności projektu kontrolują także tolerancje długości i fazy dla par różnicowych i synchronizację sygnału i opóźnień, co jest szczególnie ważne w systemach, gdzie istotne jest zachowanie impedancji fazowej ścieżek.

W standardowych bibliotekach programu dostarczanych jest ponad 140 tysięcy komponentów. Dostępne są różne, standardowe obudowy z SOIC, TO-x, DIP, QFP, BGA i inne. System zarządzania biblioteką ma generator standardowych obudów – wystarczy tylko wprowadzić podstawowe parametry, aby utworzyć footprint. W przypadku niestandardowych elementów można je rysować ręcznie lub na podstawie zaimportowanych plików DXF.



Rysunek 8. DipTrace

eprasa.pl f1935705aa

DipTrace ma szereg wersji, różniących się ceną i możliwościami. Ceny są też różne, w zależności od typu nabywanej licencji – komercyjna, niekomercyjna i akademicka. Najprostsza wersja – lite, do dwóch warstw sygnałowych, z maksymalnie 500 wyprowadzeniami/padami jest darmowa do zastosowań niekomercyjnych i edukacyjnych, a do zastosowań komercyjnych kosztuje 145 dolarów. Pełna wersja, bez żadnych ograniczeń, kosztuje od 348 dolarów (niekomercyjna) do 995 dolarów (licencja komercyjna). Dla szkół i uczelni, kupujących większą liczbę licencji, np. do wyposażenia pracowni, producent oferuje zniżki.

Altium Circuitstudio

Circuitstudio to uproszczona wersja flagowego produktu firmy Altium (Altium Designer), która korzysta z ponadtrzydziestoletniego doświadczenia firmy w zakresie tworzenia oprogramowania EDA.

W pakiecie znaleźć można narzędzia do rysowania schematów i projektowania płytek drukowanych, a także utrzymywania biblioteki elementów. Program pozwala na eksportowanie plików wynikowych do wszystkich, typowo używanych formatów, jakich używa się przy produkcji płytek drukowanej.

Altium oferuje samodzielną, jednostanowiskową licencję stałą na oprogramowanie. Niezależnie od tego można dokupić roczny pakiet wsparcia i aktualizacji oprogramowania. Koszt licencji to około 2000 zł, a koszt rocznego pakietu wsparcia wynosi około 560 zł (pl.farnell.com).

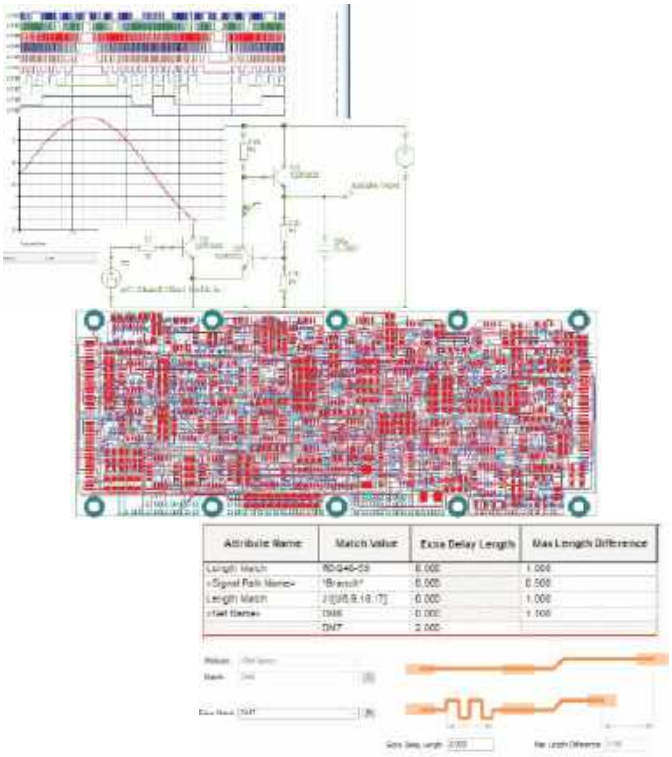
Pulsonix

Pulsonix to profesjonalne środowisko projektowe, które z jednej strony jest proste w użyciu i daje możliwość szybkiego projektowania obwodów drukowanych przy minimalnym nakładzie pracy, natomiast z drugiej strony udostępnia bogaty wachlarz funkcjonalności, które usprawnią działania projektanta na każdym etapie projektu (**rysunek 9**). Co ważne, jest to oprogramowanie opracowane i dystrybuowane przez polską firmę – Evatronix.

Spośród ciekawszych funkcji oprogramowania należy wymienić:

- Symulator SPICE w pełni zintegrowany z edytorem schematów;
- Linie konstrukcyjne – unikatowe narzędzie umożliwiające definiowanie przez użytkownika linii referencyjnych dla danego projektu;
- Wbudowane narzędzie automatycznego prowadzenia połączeń elektrycznych (Auto-router) i rozmieszczania elementów (Auto-place);
- Wbudowany interfejs FPGA, który pozwala na integracje ze środowiskami projektowymi Altera Quartus II i Xilinx ISE;
- Inżynieria odwrotna – tworzenie schematu projektu na podstawie projektu PCB.

Najnowsza wersja oprogramowania 10.0 pozwala na integrację mechanicznych obudów z natywnym środowiskiem Pulsonix w celu modelowania i wykrywania krytycznych kolizji. Pulsonix ostrzega inżyniera, gdy elementy naruszają zdefiniowane reguły. Po otrzymaniu ostrzeżenia przedmiot naruszający może zostać przeniesiony bezpośrednio do edytora 3D, a wszystkie zmiany zostaną automatycznie zaktualizowane w projekcie PCB. Dzięki temu pozwala projektować bardziej inteligentnie i wydajnie, bez konieczności ciągłego żądania aktualizacji pozycji komponentów od zewnętrznych modułów mechanicznych CAD.



Rysunek 9. Pulsonix

Kolejną nową funkcją jest dynamiczne wylewanie pola miedzi podczas edycji. Poprowadzenie ścieżki przez obszar miedzi lub przesunięcie elementu projektu, takiego jak komponent, automatycznie dostosuje miedź z przestrzeganiem zasad projektowych.

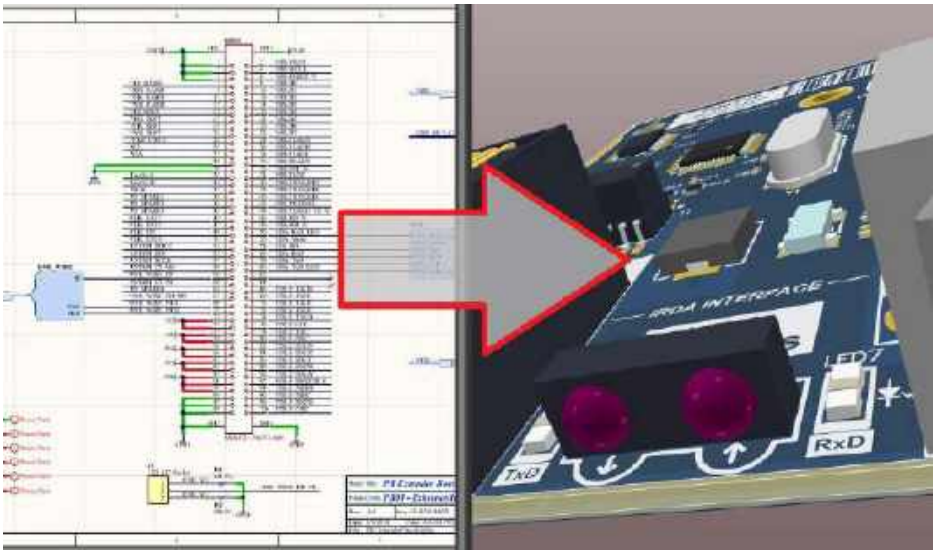
Wysoka wydajność i funkcjonalność oprogramowania połączona jest z konkurencyjną ceną. Ceny pakietów zależą od konfiguracji. Podstawowy moduł z ograniczeniem do 1000 pinów kosztuje 907€. Natomiast wersja bez limitu pinów, z modułami wspomagającymi użycie zaawansowanych technologii (jak RigidFlex) i wspomaganiem projektowania obwodów high-speed to koszt ok. 4000€. Dostępna jest, także w pełni darmowa wersja testowa, która umożliwia przetestowanie wszystkich najnowszych funkcji oprogramowania oraz wykonanie i zapisanie projektu, z ograniczeniem do maksymalnie 100 pinów.

REKLAMA

eprasa.pl f1935705aa

Zaawansowane pakiety oprogramowania

Najwyższa półka pakietów EDA zajęta jest przez ogromne pakiety oprogramowania, które oferują wielkie możliwości, ale są kosztowne. Zaprezentowane trzy przykłady tego rodzaju oprogramowania wydają się najczęściej stosowanymi w komercyjnych zastosowaniach (przynajmniej z punktu widzenia autora). Ceny podane w tekście są przybliżonymi kwotami wymaganymi na zakup licencji. Rzeczywiste ceny mogą się od nich różnić (w obie strony) z uwagi na możliwość dokupowania dodatkowych narzędzi lub uzyskiwanie rabatów od dystrybutorów danego oprogramowania. Tak czy inaczej, jest to oprogramowanie dostępne w zasadzie tylko dla firm, które zajmują się projektowaniem i produkcją urządzeń elektronicznych itp. W przypadku tych narzędzi wszystkie funkcje są do siebie bardzo podobne, więc poniższe opisy skupiają się głównie na podkreśleniu wyróżniających je cech.



Rysunek 10. Altium Designer

Altium Designer

Został wprowadzony na rynek w 2005 roku przez firmę Altium, znaną wówczas jako Protel Systems Pty Ltd. Jego korzenie sięgają jednak aż 1985 roku, kiedy to Protel pokazał narzędzie pracujące w systemie DOS Protel PCB. Początkowo był on dostępny jedynie w Australii, ale od 1986 r. był dystrybuowany w większości krajów. Od 1987 r. pakiet uzupełniono o Protel Schematic, a w 1991 roku wydano Advanced Schematic i Advanced PCB 1.0 dla Windows (1991...1993), a następnie kolejne wersje, które skonsolidowano w 1998 roku w pakiecie Protel 98. Od 2005 roku oprogramowanie to było wydawane już pod nazwą Altium Designer (od wersji 6.0 w 2005 roku).

Altium Designer w wersji 6.8 z 2007 r. jako pierwszy oferował wizualizację 3D i kontrolę parametrów PCB i jej poprawności bezpośrednio w edytorze płytek (**rysunek 10**). Obecnie dostępny pakiet oczywiście również ma te funkcje, a także funkcje wspierające opracowywanie systemów z układami FPGA, edytor płytki w wersji 3D i wiele innych elementów, takich jak generator standardowych obudów (na podstawie parametrów) dla elementów elektronicznych, generatory prostych brył 3D, możliwość daleko idącej integracji z mechanicznymi pakietami CAD, zaawansowane narzędzia do zarządzania wersjami PCB, parametrami projektowymi dla różnych elementów, klas sieci itp. (istnieje specjalny język do opisu elementów, do tworzenia wyszukiwań, do których odnosi się dana zasada). Funkcjonalności oprogramowania tej klasy można wymieniać bez końca.

Altium Designer dostępny jest z licencją stałą lub w postaci subskrypcji. W tej pierwszej wersji pakiet kosztuje 9170 euro (7475 euro za samą licencję jednostanowiskową oraz 1695 za rok obowiązkowego wsparcia i aktualizacji). W wersji subskrypcyjnej zapłacimy 295 euro miesięcznie (lub 3495 euro za rok z góry) za możliwość korzystania z pakietu, aktualizacji oraz usługi Altium 365 (chmurowa usługa pozwalająca na usprawnioną współpracę pomiędzy wieloma inżynierami.

Cadence OrCad

Historia OrCada również sięga lat 80. XX wieku. Założona w 1985 roku, przez byłych inżynierów Intela, spółka początkowo produkowała elementy do komputerów PC. Przy tej okazji opracowała oprogramowanie do projektowania urządzeń elektronicznych. Pierwszym produktem firmy był SDT (*Schematic Design Tools*) dla systemu DOS, który pojawił się jako pierwszy pod koniec 1985 roku.

Wkrótce po flagowym produkcie SDT pojawił się cyfrowy symulator, narzędzia VST (narzędzia do weryfikacji i symulacji układów elektronicznych) a następnie narzędzia do projektowania płytek drukowanych. Z biegiem czasu linia produktów OrCAD poszerzyła się o oprogramowanie dla systemu Windows, aby pomóc projektantom elektroniki także w opracowywaniu projektów FPGA, w tym złożonych programowalnych urządzeń logicznych CPLD (**rysunek 11**).

Na skutek fuzji i zakupów firma OrCAD rozrosła się, nabywając firmy oferujące inne narzędzia EDA, takie jak autoroutery, symulatory i inne. Pozwoliło to rozbudować ofertę pakietu o różne zaawansowane narzędzia. Finalnie sama firma została zakupiona przez dotychczasową konkurencję, firmę Cadence, która obecnie wydaje ten pakiet EDA. Bazowa cena licencji stałej na ten pakiet to około 2500 euro, jak wynika z dostępnych w sieci ofert, aczkolwiek dostępnych jest wiele promocji i rabatów, zatem finalna cena może być znacznie niższa. Może być również wyższa, jeśli zakup uzupełni się dodatkowymi narzędziami. Więcej detali poznać można u dystrybutorów tego oprogramowania, którzy także przygotują oferty na zakup.

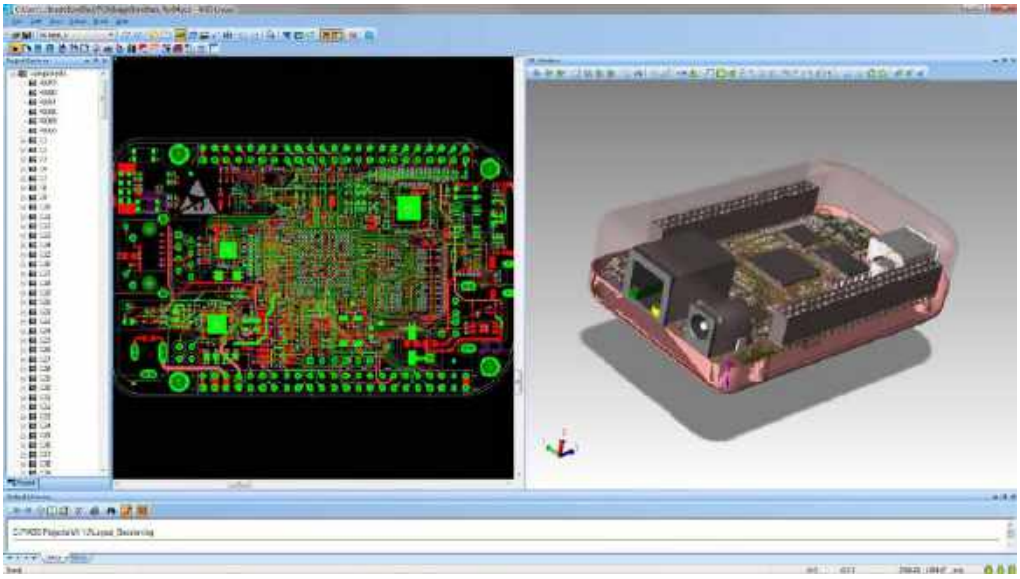
Rysunek 11. OrCAD

eprasa.pl f1935705aa

Mentor Graphics PADS

Ostatni z omawianych w tym artykule pakietów EDA to PADS firmy Mentor Graphics, która jest gigantem sektora CAD i EDA. Odzwierciedlone jest to w możliwościach tego pakietu. Oprócz PADS, firma Mentor dostarcza m.in. narzędzia do projektowania i weryfikacji układów ASIC, systemy operacyjne czasu rzeczywistego, układy do syntezy FPGA oraz liczne symulatory do termodynamiki czy mechaniki płynów.

Oprócz standardowych narzędzi do rysowania schematów, trasowania PCB i zarządzania bibliotekami elementów, w środowisku PADS znaleźć można szeroki wybór narzędzi do modelowania zachowania układu, od symulatorów układów elektronicznych (cyfrowych i analogowych), poprzez analizy termiczne, badanie integralności sygnałów itp. (**rysunek 12**).



Rysunek 12. Mentor Graphics PADS

Cadence oferuje darmową, 14-dniową wersję próbną PADS. Jeśli przekona to nas do jego zakupu, przygotować musimy się na koszt zaczynający się od ok. 9 tysięcy dolarów. Dostępna jest również roczna licencja studencka, dostępna dla studentów.

Podsumowanie

Powyższe zestawienie jest tylko prostym naświetleniem tematyki. Lista pakietów EDA, które teraz czy jeszcze do niedawna były obecne na rynku, jest znacznie szersza. W ramach artykułu starałem się pokazać moim zdaniem najpopularniejsze narzędzia, jakie używane są do projektowania płytek drukowanych przez hobbystów i profesjonalistów.

Zaprezentowane zestawienie w żaden sposób nie może być traktowane jako ranking czy porównanie pakietów EDA. Współcześnie większość oprogramowania przeznaczonego do projektowania urządzeń elektronicznych i płytek drukowanych ma porównywalne możliwości, więc wybór konkretnego zestawu zależy jedynie od kwestii finansowych czy niuansów konkretnej aplikacji, wymagającej specjalnych funkcji.

Nikodem Czechowski, EP

REKLAMA

Świat projektantów i programistów dla elektroniki w nowej odsłonie. Odwiedź nowy

ELPORTAL.pl

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

eprasa.pl f1935705aa

Systemy naciągu szablonów SMT

Firmy zajmujące się montażem płytek w technologii SMT słyszały wielokrotnie powtarzane zdanie: 60...70% wszystkich błędów montażowych może powstawać w procesie nadruku pasty lutowniczej poprzez metalowy szablon. Bezsprzecznie odpowiedni dobór parametrów szablonu takich, jak: grubość, rodzaj materiału, kształt otworów oraz siła i rodzaj naciągu, ma wpływ na właściwe uwalnianie pasty z otworów i jej transfer na płytkę. Z tego powodu technolodzy przywiązują szczególnie dużą wagę do projektu szablonu i systemu jego naciągu.

Reguły projektowania szablonu i doboru materiału folii metalowej mogą stanowić temat oddzielnego opracowania. W tym krótkim przeglądzie zaprezentowane zostaną **systemy naciągu szablonów**. W procesie nadruku pasty lutowniczej szablon styka się z płytką PCB. Metalowa folia szablonu musi być stabilna wymiarowo względem płytki dla zapewnienia powtarzalnego procesu nadruku pasty. W obecnej praktyce produkcyjnej używane są następujące systemy naciągu.

Naciąg mechaniczny

Realizowany jest zwykle w jednej osi z użyciem **ramy naciągowej** wyposażonej w kołki o średnicy oraz rastrze odpowiadającym otworom w szablonie. Znajduje zastosowanie szczególnie w produkcji mało- i średnioseryjnej płytek o niskim stopniu integracji. System ten był dość popularny w Polsce i stosowany w drukarkach firmy PBT-Uniprint.

Naciąg pneumatyczny

System naciągu pneumatycznego umożliwia 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). Własne systemy ma też DEK, Cookson czy LTC (**fotografia 1**).

Ramy z naciągiem w tych systemach **dostępne są w dużym wyborze rozmiarów, aż po rozmiar 29×29"**. Można w nich zamontować blachy o grubościach 80...250 µm. System naciągu pneumatycznego szablonów jest najczęściej używanym w Polsce. Z istotnym jednak zastrzeżeniem – popularnym głównie wśród małych i średnich firm montażowych. Poza stosunkowo niską ceną szablonów, system ten ma istotne wady utrudniające jego używanie w wielkoseryjnej produkcji:

- stabilność naciągu – wymaga okresowej kontroli ciśnienia sprężonego powietrza w ramie;
- odkształcenia mechaniczne otworów naciągowych przy produkcji dużych serii płytek (nawet 100 tys.);
- postępująca (zwłaszcza w firmach o proweniencji amerykańskiej) eliminacja z obrotu produkcyjnego narzędzi ostrych i niebezpiecznych, w tym szablonów o niezabezpieczonych ostrych

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

Fotografia 1. Rama z naciągiem pneumatycznym ZelFlex Z4P firmy LPKF

Fotografia 2. Długi szablon w ramie aluminiowej do produktów LED (Semicon Sp. z o.o.)

eprasa.pl f1935705aa

Fotografia 3. Szablon VectorGuard firmy ASM (DEK)

krawędziach (praktyka wielu firm wskazuje, że jest to realne zagrożenie dla pracowników produkcji).

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. Najpopularniejsze wymiary ram to 23×23", 550×650 mm, 29×29". W związku z ciągłym rozwojem technologii LED stosuje się szablony na długich ramach, nawet do 180 cm długości (**fotografia 2**). Tak długie szablony możliwe są do realizacji wyłącznie w tej technologii naciągu.

Niewątpliwą zaletą opisywanych szablonów jest **trwałość i stabilność naciągu** umożliwiająca ich stosowanie w produkcji wielkoseryjnej. Liczba cykli nadruku pasty może sięgać 200 tys. Zasadniczą wadą, podnoszoną wcześniej czy później przez wszystkich użytkowników, jest duża grubość aluminiowych ram wynosząca około 38 mm i związana z tym konieczność posiadania dużej powierzchni odstawczej.

System naciągu VectorGuard firmy ASM (DEK)

Koncepcja naciągu szablonów z zastosowaniem ram VectorGuard eliminuje podstawową wadę szablonów z naciągiem siatkowym, jaką są duże wymiary ram aluminiowych. Cienkie ramki tych szablonów, **o grubości zaledwie 5 mm**, zajmują wielokrotnie mniej miejsca niż grube ramy aluminiowe.

Szablony VectorGuard (VG) wymagają użycia w sitodrukarce ramy napinającej tzw. *Master Frame*. Charakterystyczną cechą tego rozwiązania jest fakt, że sprężone powietrze służy tu jedynie do odwiedzenia mocujących sprężyn. Stały i stabilny naciąg szablonu VG (**fotografia 3**) realizowany jest wyłącznie za pomocą sprężyn i w przeciwieństwie do szablonów z naciągiem pneumatycznym nie wymaga stałego zasilania sprężonym powietrzem. Dodatkowo konstrukcja ramy i brak wystających ostrych krawędzi gwarantuje bezpieczeństwo użytkowania.

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. Dostępny jest również szeroki wybór folii metalowych:

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

Ze względu na stałą miniaturyzację elementów SMD i znane problemy z uwalnianiem pasty, ASM (DEK) zaproponował nowe rozwiązanie ram typu *Master Frame* **zapewniające bardzo silny naciąg** o wartości 47 N/cm. Tak silnie napięta blacha mniej się odkształca pod naciskiem rakli i lepiej uwalnia pastę z otworów szablonu. Aplikacja systemu VG High Tension jest oczywista – są nią projekty PCB z krytycznie małymi elementami o rozmiarach 01005, 0201, układy scalone typu fine pitch, µBGA i podobne.

Zamocowanie ramki VG z szablonem w ramie *Master Frame High Tension* wymaga dostępności sprężonego powietrza o ciśnieniu 10 barów. W warunkach standardowej linii produkcyjnej dostępne ciśnienie w sieci sprężonego ciśnienia wynosi 6...8 barów. Chwilowe poniesienie ciśnienia do około 10 barów umożliwiające otworzenie sprężyn mocujących w *Master Frame High Tension* możliwe jest z zastosowaniem wzmacniacza pneumatycznego (*booster*).

Podsumowanie

Szablony VectorGuard to domena dużych międzynarodowych firm EMS, choć wiele średniej wielkości firm tego typu docenia wygodę i swoistą elegancję tego rozwiązania. Szablony VectorGuard dostępne są również w wersji z nanopowłoką o grubości 2...4 µm. Tego typu rozwiązania dostępne są obecnie również w Europie za pośrednictwem autoryzowanych przez ASM (DEK) producentów szablonów. Licencjobiorcą standardu VectorGuard jest również firma Semicon.

Semicon
www.semicon.com.pl

REKLAMA

eprasa.pl f1935705aa

Złączki PCB z dźwignią – nowa jakość pracy

Powszechnie panujący pośpiech i trend do maksymalnie uproszczonej obsługi wszelkiego typu urządzeń jest widoczny również w technice łączeniowej. Jednak nastawienie na szybkość oraz niską cenę nie zwalnia producentów urządzeń z dbania o jak najwyższą jakość oraz zapewnienie maksymalnego bezpieczeństwa osobom korzystającym z ich wyrobów.

Firma WAGO, wychodząc naprzeciw oczekiwaniom rynku, opracowała i wprowadziła do sprzedaży szereg złączek wyposażonych w dźwignię. Szczególnie bogate portfolio firma ma w zakresie złączek do płytek drukowanych oraz wielowtyków.

Bezpieczna, beznarzędziowa i intuicyjna obsługa

Korzyści z zastosowania złączek sprężynowych z dźwignią są oczywiste. Przede wszystkim dużym ułatwieniem jest brak konieczności stosowania narzędzia przy montażu lub demontażu przewodu w złączce. Obsługa jest nie tylko intuicyjna, ale również dostępna dla każdego. Dźwignia upraszcza czynności montażowe i jednoznacznie określa stan pracy zacisku. Teraz jedno spojrzenie wystarczy, aby stwierdzić, czy dany zacisk jest otwarty, czy zamknięty. Co więcej, jeżeli otworzymy jakikolwiek zacisk i zdemontujemy z niego przewód, podniesiona dźwignia pokazuje nam, gdzie powinniśmy umieścić go ponownie.

Drugą, niezwykle ważną zaletą złączek WAGO jest jakość montażu przewodu w zacisku. Zacisk sprężynowy charakteryzuje się powtarzalnością montażu, dodatkowo zapewniając właściwą siłę docisku przewodu do szyny prądowej. Możemy być pewni, że w złączkach WAGO podłączane przewody nie tylko nie ulegną zniszczeniu, ale będą właściwie zamocowane zawsze i na zawsze. Jeżeli nastąpi jakiekolwiek odkształcenie przewodu, np. na skutek płynięcia materiału, zacisk sprężynowy zawsze to skompensuje.

Wszystkie nowe złączki WAGO z dźwignią są wyposażone w zacisk sprężynowy Push-in CAGE CLAMP®, który pozwala na montaż wtykowy przewodów ze sztywną końcówką. Oznacza to, że przewody jednodrutowe bądź linkowe z zatulejowaną końcówką można w takich zaciskach montować bezpośrednio, wciskając je w zacisk. A po co dźwignia? Montaż pozostałych rodzajów przewodów oraz ich demontaż można wykonać jeszcze szybciej i łatwiej!

Więcej informacji:
WAGO ELWAG Sp. z o.o.
Piękna 58a, 50-506 Wrocław
tel. +48 71 360 29 70
obsluga.klienta@wago.com, www.wago.com/pl/

Coraz więcej złączek z serii 26xx

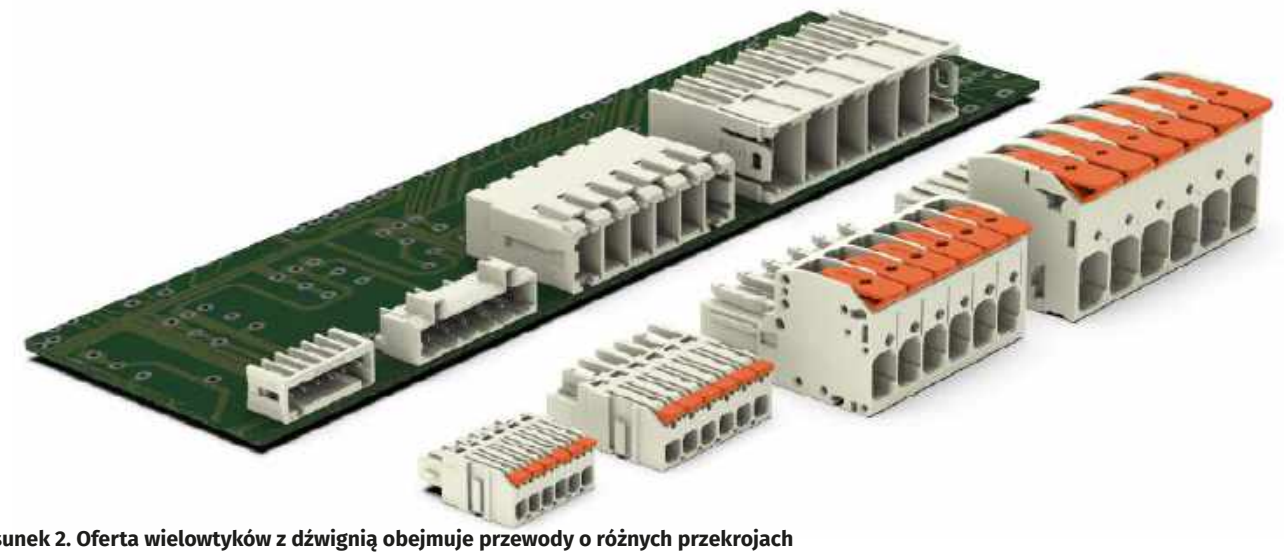
WAGO nieustannie rozwija portfolio złączek z dźwignią do płytek drukowanych. Przykładem jest seria 26xx, w której pierwotnie oferowane były złączki dla przekrojów:

- 0,2…4 mm² (seria 2604),
- 0,2...10 mm² (seria 2606),
- 0,75...16 mm² (seria 2616).

Wkrótce rodzina powiększy się o rozwiązania dla zakresu przekrojów 0,14...1,5 mm². Dzięki temu umożliwimy realizację jednolitej formy podłączania oprzewodowania do płytek drukowanych dla najróżniejszych aplikacji: od tych najprostszych, po najbardziej wyrafinowane. Oferowane produkty o różnym podejściu przewodami, równolegle lub kątowo, dają projektantom nieograniczone możliwości tworzenia rozwiązań układów elektronicznych. Przesuwamy bariery ograniczeń mocy – prądy robocze rzędu 76 A na płytce drukowanej nie stanowią już problemu!

Rysunek 1. Złączki z dźwignią do płytek drukowanych serii 26xx

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 2. Oferta wielowtyków z dźwignią obejmuje przewody o różnych przekrojach

Wielowtyki z dźwignią

Równie bogata jest oferta wielowtyków. Popularne serie z dźwignią do dużych przekrojów – MCS MAXI 6 i 16 – już wkrótce zostaną uzupełnione o rozwiązanie MCS MINI. To poszerzy ofertę wielowtyków dla przewodów w zakresach przekrojów od 0,14 mm² do 25 mm² w trzech podgrupach. Co więcej, wielowtyki mogą realizować połączenia swobodnie okablowane lub stanowić połączenie do płytki drukowanej. Odpowiednie wtyczki z pinami do druku pozwalają na podłączenie z drugiej strony gniazda wtykowego. Efekt? Wieloprzewodowe odłączalne złącze do obwodów drukowanych.

Uzupełnieniem oferty gniazd i wtyczek wielowtyków jest bogate portfolio dodatkowych akcesoriów, takich jak: blokady przed przypadkowym rozłączeniem, elementy kodujące, elementy montażowe, dzięki którym można osiągnąć rozłączalne połączenie o wzorcowych parametrach elektrycznych i mechanicznych wymaganych w profesjonalnych wyrobach do aplikacji specjalnych.

Podsumowanie

Pełną wiedzę o złączkach PCB i wielowtykach z dźwignią można znaleźć na naszych stronach: https://bit.ly/3G7SHyg.

Jarosław Idzik
starszy specjalista ds. systemów połączeń do elektroniki
WAGO ELWAG

REKLAMA

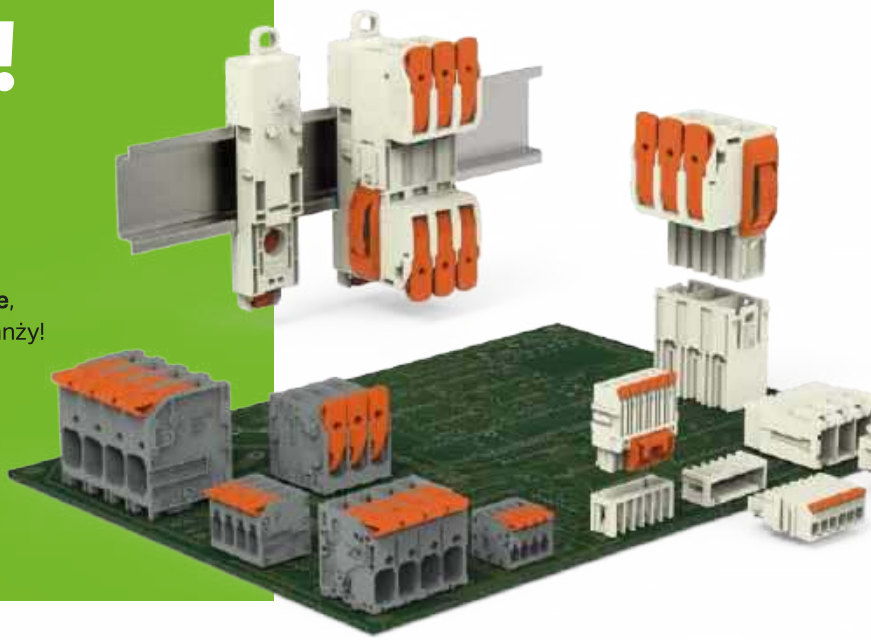
WAGO

JEDNO SPOJRZENIE, JEDEN **RUCH!**

Intuicyjny montaż przewodów?

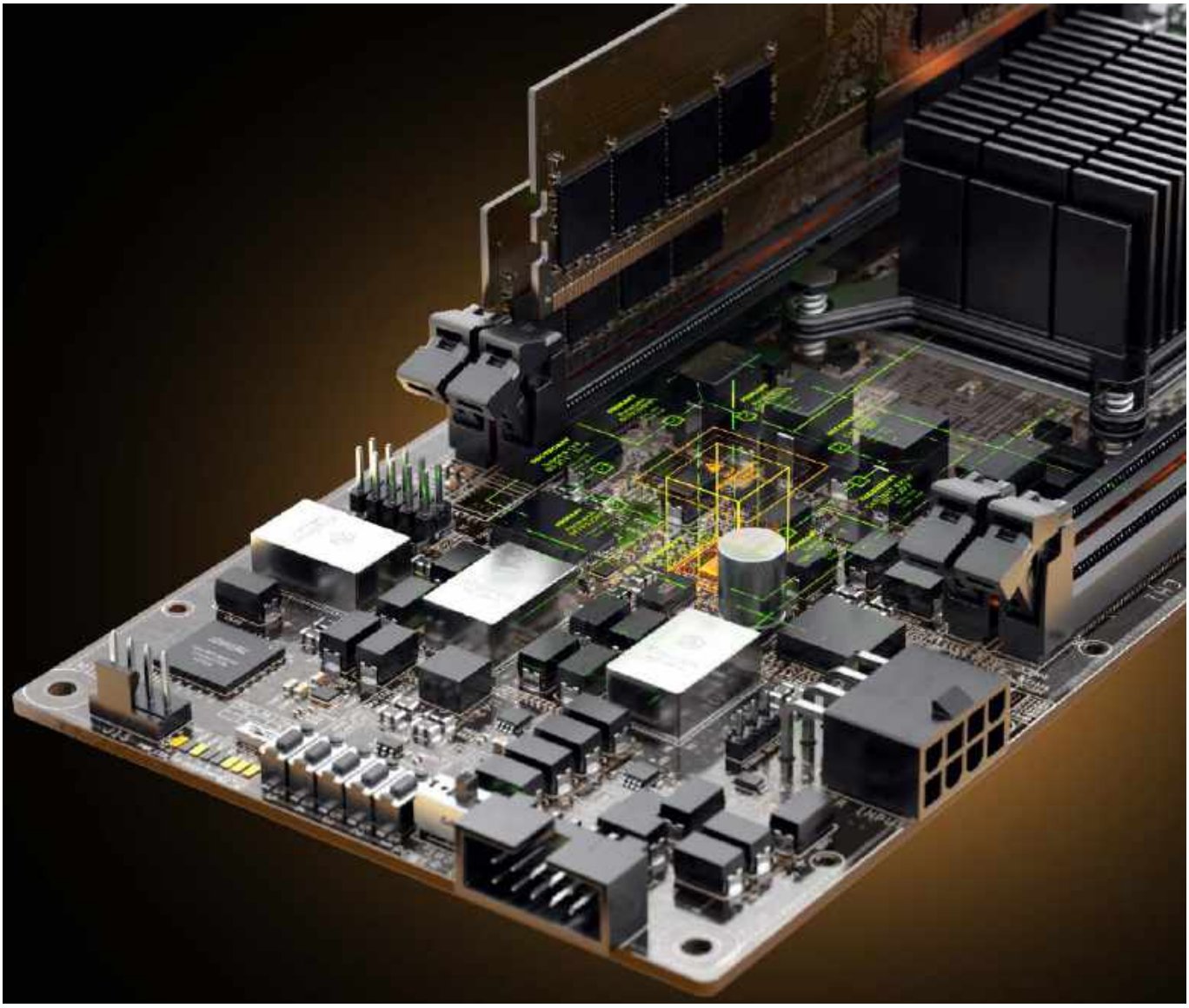
Oczywiście, dzięki dźwigni! Oprzewodowanie złączek PCB i wielowtyków WAGO jest teraz **szybkie, proste i intuicyjne**, a dodatkowo uniwersalne – na całym świecie i w każdej branży!

Przekonaj się sam!



www.wago.com

eprasa.pl f1935705aa



Projektowanie PCB z Altium Designer 22

Firma Altium udostępniła najnowszą wersję swojego sztandarowego produktu – narzędzia do projektowania PCB, Altium Designer 22. Wraz z nową odsłoną programu udostępniono szereg nowych funkcjonalności, ułatwiających i przyspieszających pracę projektanta elektroniki.

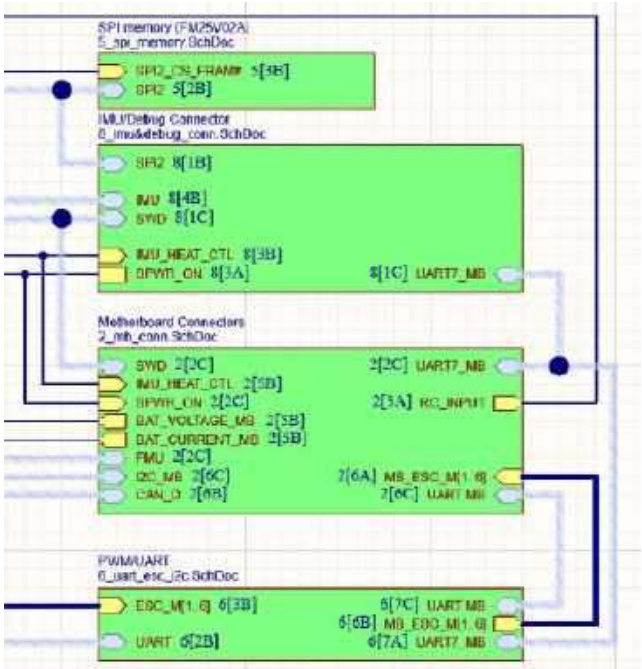
Więcej informacji:
Computer Controls Sp. z o.o.
43-300 Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1
tel. +48 33 485 94 90, e-mail: info@ccontrols.pl
https://www.ccontrols.net/pl/

Wraz z wprowadzeniem Altium Designer 21 producent zmienił sposób publikacji aktualizacji programu. Od roku aktualizacje oraz nowe funkcjonalności w programie są dostarczane na bieżąco, mniej więcej w miesięcznych odstępach. Nowa wersja programu jest więc bezpośrednim rozwinięciem i kontynuacją poprzedniej wersji. Poniżej omówiono główne zmiany, jakie wprowadzono w aktualnej wersji tego rozbudowanego pakietu profesjonalnych narzędzi.

Odnośniki połączeń w symbolach arkuszy schematu

W Altium Designer 21 firma Altium wprowadziła możliwość stosowania automatycznych odnośników połączeń dla obiektów typu Port i Off-sheet Connector, co pozwala na łatwe śledzenie sygnałów w projektach wieloarkuszowych. Altium Designer 22 rozszerza tę funkcjonalność o możliwość prezentacji odnośników dla wejść arkusza (*Sheet Entry*) w symbolu arkusza (*Sheet Symbol*). Odnośniki są obsługiwane w wygenerowanych dokumentach PDF, co ułatwia

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 1. Odnośniki połączeń w symbolach arkuszy schematu

bezpośrednio nawigowanie po połączeniach pomiędzy arkuszami schematu w dokumencie PDF.

Nowy panel *Gloss And Retrace*

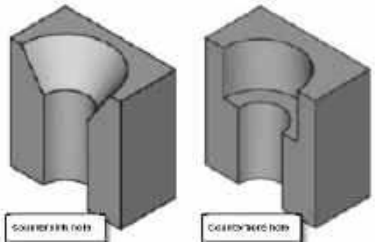
Panel został wprowadzony po to, aby dać użytkownikowi większą kontrolę nad ustawieniami, podczas korzystania z poleceń *Route » Gloss Selected* i *Route » Retrace Selected*. Opcja *Gloss* służy do optymalizacji ścieżek, między innymi poprzez jej skrócenie czy zmniejszenie liczby segmentów. Opcja *Retrace* pozwala na zmianę istniejących ścieżek w zakresie wprowadzonych ustawień, jednak w odróżnieniu od *Gloss*, nie powoduje zmiany jej położenia. Ustawienia w panelu mają zastosowanie wyłącznie dla wymienionych poleceń. Opcje *Gloss* podczas interaktywnego prowadzenia czy przeciągania ścieżek są definiowane osobno, w panelu *Properties*.

Rysunek 2. Możliwość wyboru docelowego obiektu podczas nawigacji w dokumencie PDF

Rysunek 3. Wygląd panelu *Gloss And Retrace*

Rysunek 4. Automatycznie dodane warstwy mechaniczne dla przelotek IPC-4761

Rysunek 5. Aktualizacja oznaczeń w regułach projektowych



Rysunek 6. Konstrukcja otworu z fazowaniem (*countersink hole*) i otworu stopniowanego (*counterbore hole*)

Rysunek 7. Wizualizacja otworu z fazowaniem na płytce PCB

Obsługa przelotek zgodnych z IPC-4761

W Altium Designer 22 wprowadzono obsługę przelotek zgodnych z normą IPC-4761. W zależności od typu przelotki do projektu automatycznie zostaną dodane dodatkowe warstwy mechaniczne z wymaganymi kształtami na tych warstwach. Informacje te są przekazywane do wszystkich typów danych wyjściowych – wydruków PCB, Gerber, Gerber X2, ODB++ czy IPC-2581.

Automatyczna aktualizacja oznaczeń w regułach projektowych

Kolejną przydatną zmianą wprowadzoną w Altium Designer 22 jest automatyczna aktualizacja oznaczeń komponentów w regułach projektowych. Jeśli w regułach projektowych zostanie użyte oznaczenie komponentu, to po jego zmianie w projekcie (przez reanotację, uaktualnienie poprzez proces ECO czy też ręczną zmianę na PCB) oznaczenie takiego komponentu zostanie automatycznie zaktualizowane w regułach projektowych.

Obsługa otworów stopniowych i fazowanych

Altium Designer 22 wprowadza obsługę otworów z fazowaniem (*countersink*) i otworów stopniowych (*counterbore*), pozwalających na wykonanie otworu, w którym można schować śrubę z łbem stożkowym lub płaskim.

Podsumowanie

Altium Designer 22 dostarcza również wiele mniejszych zmian, takich jak zmiany w interaktywnym prowadzeniu ścieżek, dodawanie wirtualnego BOM do projektu, widoczność komentarzy dla usuniętych dokumentów czy ulepszenia w symulacji obwodu. Lista wszystkich zmian wprowadzonych w nowej wersji programu jest dostępna w sekcji dokumentacji na stronie www.altium.com.

Computer Controls Sp. z o.o.

eprasa.pl f1935705aa

PREZENTACJE

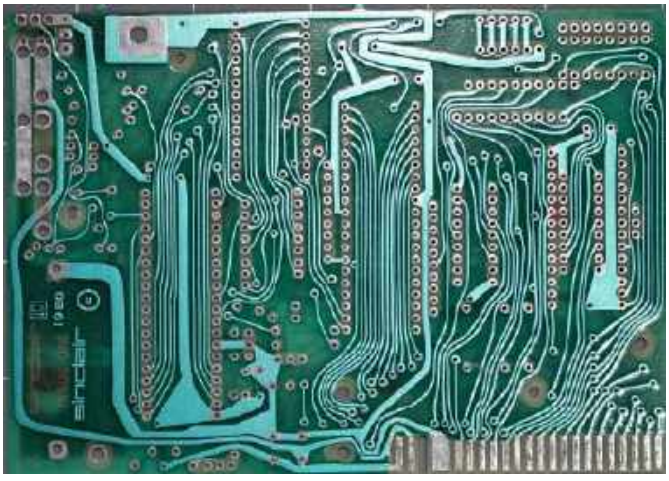
Elektronika powinna być piękna

Kiedy mówimy o funkcjonalności podczas tworzenia elektroniki, zwykle mamy na myśli funkcjonalność elektryczną, czyli takie kontrolowanie przepływu elektronów, aby przekształcić przychodzące dane wejściowe w pożądane dane wyjściowe. Fizyczny wygląd obwodu realizującego zadane funkcje zwykle nie jest brany pod uwagę, ponieważ jest uważany za nieistotny. Twierdzę jednak, że piękno elektroniki to funkcjonalność w wielu zastosowaniach, ale przez piękno mam na myśli, także połączenie estetyki, symetrii, schludności i elementów składających się na pozytywne doświadczenie użytkownika – user experience (UX).

Wygląd obwodu ma istotne znaczenie w projektach o przeznaczeniu edukacyjnym. Konstrukcja miła dla oka przyciąga tych, którzy są nowicjuszami lub są ciekawi naszej branży, o wiele bardziej niż nudny kawałek tradycyjnej, aż nazbyt prostokątnej zielonej płytki drukowanej. Zjawisko to obserwujemy np. jako ciepłą reakcję na organicznie wyglądającą, ręcznie rysowaną elektronikę z lat 60. i 70., nawet ze strony doświadczonych inżynierów. Takie obwody natychmiast przyciągają i angażują uwagę ze względu na swój wygląd, podczas gdy to, co robią elektrycznie, nie jest już tak istotne. Wiele osób mówiło mi, że moje projekty artystyczne, stylizowane organicznie, pomogły profesjonalnym inżynierom i twórcom zwiększyć zainteresowanie ich partnerów biznesowych.

Wyjątkowość jako funkcja elektroniki

Wszyscy chcemy, aby nasze produkty wyróżniały się na targach lub w Internecie. Jeśli taki jest cel, to piękno i wyjątkowość stają się funkcjami elektronicznych rozwiązań. W taki sposób można zachęcić ludzi do interakcji na stoisku lub w mediach społecznościowych. Może to mieć szczególne znaczenie w przypadku płytek demonstracyjnych, ewaluacyjnych i deweloperskich. Ich podstawową funkcją jest zachęcenie ludzi do korzystania z nich, co jest bardziej prawdopodobne do osiągnięcia, jeśli są atrakcyjne pod względem estetycznym, niepowtarzalne, łatwe w użyciu i… zabawne. Jako bonus, czerpiemy korzyści z tego, że ludzie udostępniają zdjęcia tych płytek w mediach społecznościowych i między swoimi kolegami w pracy, zamiast wkładać je do szuflady, aby zostały zapomniane aż do dezaktualizacji.



Fotografia 1. Płytka PCB z komputera Sinclair ZX-81 ma charakterystyczny, atrakcyjny organiczny układ (zdjęcie dzięki uprzejmości Jamesa Lewisa, CC BY-SA 4.0)

Oczami użytkownika

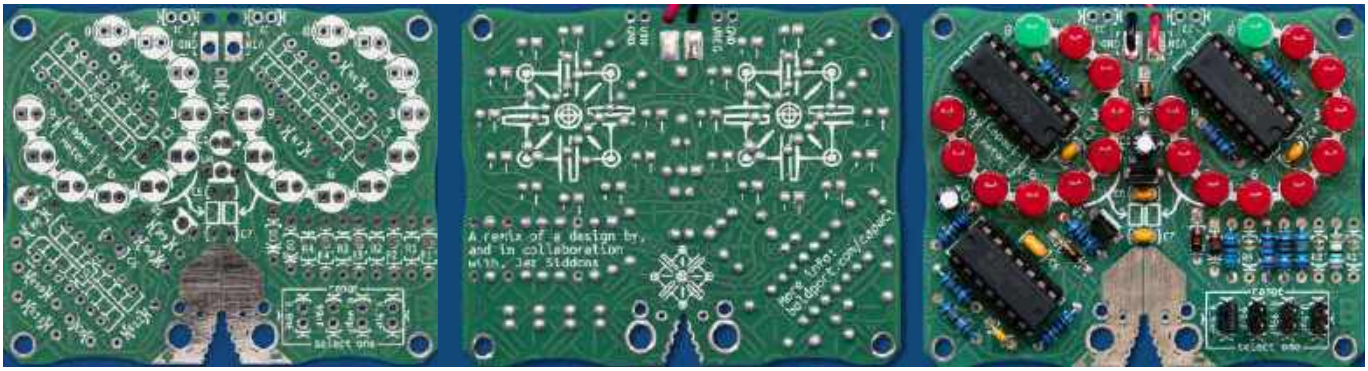
Zwracanie uwagi na wygląd i detale, takie jak zaokrąglone rogi, wgłębienia do trzymania płytki, symetria i przemyślane rozmieszczenie komponentów, świadczy o tym, że najpewniej podobną uwagę przywiązuje się do funkcjonalności elektrycznej. Piękny obwód często oznacza, że projektant mógł poświęcić czas na rozważenie czegoś więcej niż absolutne minimum, sygnalizuje mistrzostwo w rzemiośle. Przeanalizowanie tego, w jaki sposób użytkownik końcowy postrzega i korzysta z płytki, pozwala nam spojrzeć na to, nad czym pracujemy, z całkiem innej perspektywy. To zawsze daje wiele korzyści, ponieważ pomaga odkrywać problemy oraz ich kreatywne rozwiązania, takie jak właściwe rozmieszczenie komponentów i trasowanie połączeń.

Możliwości techniczne i metodyka

W przeciwieństwie do tego, co może się wydawać, wytworzenie pięknego obwodu niekoniecznie musi kosztować więcej. Podczas

Fotografia 2. „The MOSTAP", reprodukcja obwodu sprzed 40 lat z magazynu Elektor (zdjęcie dzięki uprzejmości Boldport)

eprasa.pl f1935705aa



Fotografia 3. Zaprojektowałem „Capaci-metr" (miernik pojemności) na podstawie układu Jeza Siddonsa. Można zobaczyć wgłębienia w konturze płytki, które wskazują, gdzie należy ją trzymać. Dla przewodów akumulatora umieściłem otwory prowadzące. Legenda zworek w prawym dolnym rogu dostarcza użytkownikowi wystarczająco dużo wskazówek, więc nie musi odwoływać się do dokumentacji (zdjęcia dzięki uprzejmości Boldport)

frezowania, gdy wycina się płytę z panelu, nie ma znaczenia czy kontur jest prosty, czy zakrzywiony. Wzór maski opisowej nie jest ograniczony tylko do prostokątnych i okrągłych kształtów oraz pełnych kątów, do których przyzwyczaiły nas narzędzia EDA. Możliwe jest zrealizowanie niemal dowolnego kształtu i wymyślnego projektu.

Zaprojektowałem wiele pięknych i funkcjonalnych płytek. Moje podejście polega na uznaniu zarówno estetyki, jak i funkcjonalności elektrycznej, jako cech mających jednakowe znaczenie, ponieważ są one bardzo podobne. Rezultaty tego podejścia mogą być znacznie lepsze od projektowania, w którym estetyka i funkcjonalność są traktowane oddzielnie i łączone „na siłę" na końcu.

Dlaczego nie spróbować?

Dodanie aspektów estetycznych do projektowanych płytek może nie być proste i oczywiste ze względu na sposób działania narzędzi EDA. Jednocześnie nie musi być skomplikowane, aby było skuteczne. Warto zacząć od wyobrażenia sobie wyniku końcowego i tego, jakie doświadczenia mają towarzyszyć użytkownikowi podczas korzystania z płytki. Pomocny będzie szkic w notatniku – znacznie przyspieszy iterację. To samo należy zrobić przy wyborze komponentów, a następnie podczas ich umieszczania. Kolory diod LED powinny pasować do motywu płytki; należy przygotować pomocną legendę, aby użytkownik nie musiał zaglądać do instrukcji; należy zaokrąglić ostre krawędzie i swobodnie rozmieścić przewody; należy umieszczać gładkie wycięcia w miejscach, w które mogą trafić palce, gdy użytkownik będzie trzymał płytkę; itd.

Trzeba być tak samo kreatywnym w odniesieniu do layoutu (to też jest kreatywna praca!), jak do projektu elektrycznego. Jeśli pracujesz z projektantami przemysłowymi, konsultuj się z nimi od początku i współpracuj podczas projektowania – docenią to, a Twój produkt będzie lepszy dzięki mniejszej liczbie, zapewne dość kosztownych modyfikacji na późnym etapie.

Po przeczytaniu tego artykułu, można odnieść wrażenie, że zagadnienie dotyczy tylko projektów eksponowanych, takich jak np. zestawy do lutowania. Ale nawet płytki PCB, które są zamknięte w urządzeniu, zostają zauważone, jeśli są w jakikolwiek sposób wyjątkowe. Czasami są stosowane do celów marketingowych i promocyjnych. Nawet proste rzeczy mogą przykuć uwagę, takie jak detale pomocne w czasie produkcji, specjalne oznaczenia, ciekawa kolorystyka oraz unikalne komponenty i sposób rozmieszczenia. Jeśli spróbujesz czegoś nowego, daj znać!

Współpraca z Eurocircuits

Praca z Eurocircuits to dla mnie osiągnięcie. Zawsze doceniałem sposób, w jaki działają, ich skupienie na wartościach i na tym, co robią najlepiej, oraz ich bezkompromisową jakość. Pisałem o tym nawet kilka lat temu [1], kiedy byłem zadowolonym klientem. Co ciekawe, początek naszej współpracy był nieco wyboisty, ponieważ – jestem pewien – uważali mnie za „kłopotliwego", gdyż poruszałem kwestie, którymi inni ludzie nie przejmowali się zbytnio – np. wyglądem płytki PCB. Dość szybko jednak Luc i Dirk przyjęli moją dbałość o szczegóły i oboje zaczęliśmy cieszyć się naszą rozwijającą się współpracą. Przykładami są: płytka „Circuit love" [2] z 2015 roku, „The Monarch" [3] z 2017 roku i „Scarab" [4] z 2019 roku. Te projekty wymagały dwóch cykli produkcyjnych z różnymi kolorami masek lutowniczych i doceniłem to, że Eurocircuits umożliwiło mi ich realizację.

Saar Drimer, Eurocircuits
www.eurocircuits.com

Odnośniki:
[1] https://bit.ly/3HsjGpJ
[2] https://bit.ly/3ARKIEF
[3] https://bit.ly/3GBWG6J
[4] https://bit.ly/3rmUzPy

Fotografia 4. W warstwie opisowej od strony lutowania umieściłem schemat obwodu, a na krawędzi płytki dodałem linijkę (zdjęcia dzięki uprzejmości Boldport)

eprasa.pl f1935705aa

Produkcja PCB – od projektu do montażu

Projektowanie i produkcja urządzeń elektronicznych to dosyć prozaiczny, chociaż złożony proces. Aby z powodzeniem przez niego przejść, potrzebna jest podstawowa wiedza na temat całego procesu, jego skalowania i dostępnych obecnie możliwości technologicznych i opcji cenowych.

Płytka drukowana to bardzo szerokie pojęcie. Obejmuje zarówno jednowarstwowe PCB wykonane z fenolowo-papierowego laminatu, jak i 16-warstwowe (lub nawet więcej) płytki drukowane produkowane z zastosowaniem egzotycznych materiałów – teflonu, ceramiki itp. Każda z nich ma inne, często bardzo unikatowe zastosowanie i każda technologia produkcji wypełnia pewną niszę. Jak się w tym rozeznać? Nie można mieć kompletnej wiedzy w zakresie całej technologii PCB, ale warto znać pewne podstawy.

W ramach artykułu zostanie omówiona tematyka produkcji płytek drukowanych i urządzeń elektronicznych zawierających takie płytki, w możliwie szerokim zakresie. Przeanalizujmy cały proces od samego początku, ponieważ wiele aspektów wpływa na to, co i jak jest w tym procesie realizowane.

Budowa płytki drukowanej

Płytka drukowana jest relatywnie prostym elementem, jednak aby oceniać proces produkcji, należy znać jej elementy składowe. Na **rysunku 1** pokazano przekrój typowej, wielowarstwowej płytki drukowanej. Jest to rysunek uproszczony, pominięto między innymi mikroprzelotki (ślepe i zagrzebane) i inne elementy, stosowane w wielowarstwowych PCB o wysokiej gęstości upakowania. Jeśli w swoim projekcie stosujesz tego rodzaju elementy na PCB, to najpewniej z tego artykułu nie dowiesz się niczego, czego już nie wiesz.

Podstawowym elementem składowym płytki drukowanej są zlaminowane warstwy dielektryka i przewodnika. W typowych płytkach drukowanych dielektryk składa się z tzw. rdzeni i prepregów. Rdzenie pokryte są dwoma warstwami miedzi z obu stron i łączone są ze sobą za pomocą prepregów, nasączonych żywicą (najczęściej epoksydową) w procesie produkcji. O wielowarstwowych płytkach drukowanych więcej pisaliśmy w „Elektronice Praktycznej" w kwietniu zeszłego roku (EP 4/2021).

Projekt PCB

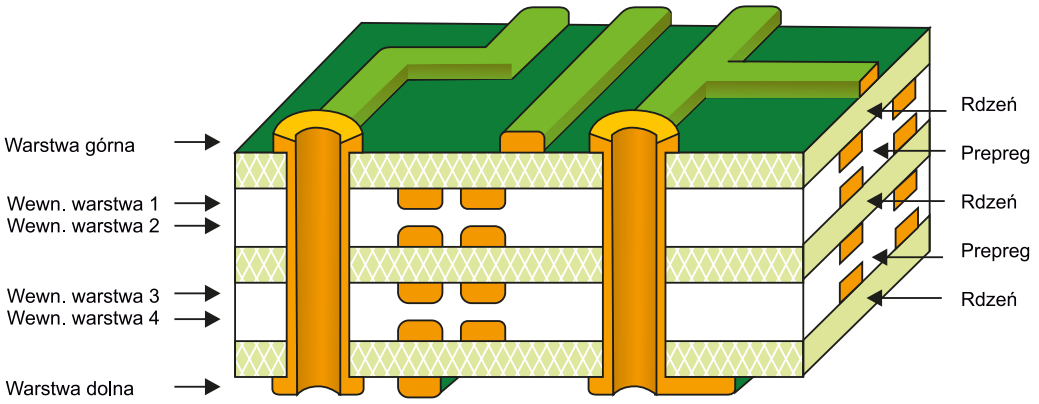
Pierwszym krokiem produkcji elektroniki do dowolnego urządzenia jest projekt. Rozpoczyna się od narysowania schematu ideowego i zdefiniowania obudów dla poszczególnych elementów. Pozwala to na wygenerowanie projektu płytki drukowanej. Większość dostępnych pakietów EDA, które zostały dokładnie opisane w sąsiednim artykule tego wydania, na podstawie schematu i zdefiniowanych obudów elementów i układów scalonych potrafi wygenerować sieć połączeń elementów na płytce drukowanej.

Na tym etapie projektantowi pozostaje „jedynie" rozmieszczenie elementów na PCB i poprowadzenie ścieżek. To zamyka proces projektowania płytki drukowanej i pozwala zacząć planować jej produkcję. Oczywiście, w ramach projektowania PCB trzeba też skonfigurować szereg innych opcji, oprócz samego schematu. Znaczna część tych ustawień będzie miała istotny wpływ na proces produkcyjny. Przyjrzyjmy się bliżej w szczególności tym parametrom i ustawieniom, które zasadniczo nie są eksportowane z oprogramowania EDA.

Kluczowym parametrem projektowym jest tzw. stackup, czyli opis budowy PCB „w przekroju" – warstwa po warstwie. Do projektu płytki drukowanej, jaki eksportujemy w celu zlecenia jej produkcji, należy załączyć opis tego rodzaju. W najprostszym przypadku jedynymi detalami dotyczącym stackupu są: grubość warstwy dielektryka pomiędzy warstwami miedzi oraz grubość warstwy przewodzącej. W przypadku płytki jedno- lub dwuwarstwowej informacje te nie są skomplikowane – to dwa wymiary. W przypadku płytek wielowarstwowych zestaw informacji może być bardziej złożony, gdyż np. poszczególne przekładki dielektryczne mogą mieć różne grubości. Dodatkowo, szczególnie jeśli nie korzystamy ze standardowego laminatu (typowo – FR4), konieczne jest wyspecyfikowanie rodzaju podłoża, z jakiego chcemy korzystać. Na rynku dostępna jest ogromna liczba materiałów dielektrycznych (np. laminaty papierowe, szklane, teflon, ceramika), jak i przewodzących (najczęściej stosowana jest miedź, ale dostępne są np. płytki z grubą warstwą aluminium w celu zwiększenia rozpraszania ciepła).

Na projekt modułu elektronicznego, eksportowany z oprogramowania EDA, składają się:

- pliki Gerber – czyli opis rysunku poszczególnych warstw – m.in. soldermaski, warstwy opisowej itp. Istnieje szereg różnych formatów plików Gerber oraz ich ustawień, dlatego generując je,



Rysunek 1. Przekrój typowej płytki 6-warstwowej

eprasa.pl f1935705aa

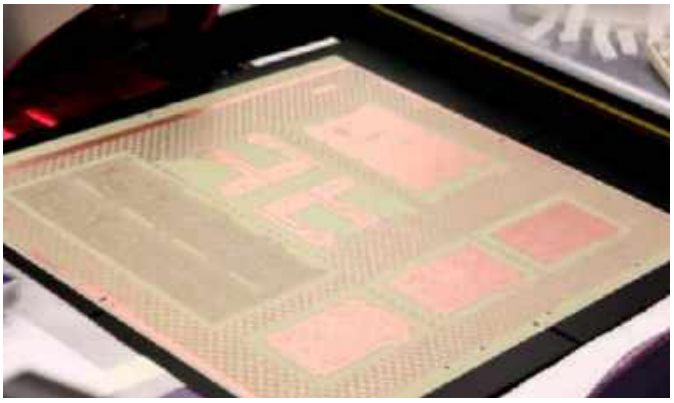
należy zawsze postępować zgodnie z instrukcją i wymaganiami wybranego producenta;
- pliki wierceń – zawierają grupy liczb określające koordynaty otworów na płytce drukowanej wraz z średnicami wykonywanych otworów. Dodatkowo plikowi temu może towarzyszyć opcjonalny plik z definicją ścieżek frezowania;
- BoM, czyli Bill of Materials – jest to lista materiałowa zawierająca spis wszystkich elementów elektronicznych i innych, jakie zainstalowane mają być na płytce drukowanej;
- pliki Pick and Place (Pick & Place) – to pliki do sterowania maszyną o takiej samej nazwie, która służy do zautomatyzowanego układania elementów elektronicznych na płytce drukowanej. W pliku tym znajdują się, podobnie jak w pliku wierceń, koordynaty elementów i ich oznaczenia.

Dwie pierwsze informacje – gerbery i wiercenia, są kluczowe, aby wykonać samą płytkę drukowaną. BoM oraz Pick & Place wymagane są do montażu gotowego urządzenia (tak automatycznego, jak i ręcznego).

Wybór technologii

Aby wykonać płytkę drukowaną, należy, w pierwszej kolejności, zdecydować się na technologię jej produkcji. Dostępnych jest wiele sposobów, jakie umożliwiają wytworzenie PCB, jednak rozwiązania te różnią się parametrami, ceną, skalą produkcji i szybkością. Przyjrzyjmy się poniżej kilku podstawowym technologiom, jak i bardziej egzotycznym rozwiązaniom.

Poniższe technologie mają różny zakres możliwości stosowania, dlatego też przyjrzymy się im głównie pod kątem wytwarzania samych ścieżek przewodzących na PCB. Nie wszystkie z tych technologii pozwalają bowiem na wytworzenie soldermaski czy też warstwy opisowej. Warstwy te nie są konieczne w przypadku np. prototypów, więc te rozwiązania idealnie sprawdzą się właśnie w takiej roli.



Fotografia 1. Płytka wykonywana metodą fotolitograficzną w czasie procesu produkcji

Fotografia 2. Przemysłowe urządzenie do fotolitografii

Metody opisane poniżej można podzielić na subtraktywne, addytywne i semi-addytywne. Metody subtraktywne polegają na usuwaniu materiału z substratu celem wytworzenia ścieżek, pól lutowniczych itp. Metody addytywne polegają na dodawaniu materiału do substratu, aby wytworzyć PCB. Ostatnia z metod łączy w sobie oba podejścia, aby uzyskać optymalne rezultaty. Większość metod będzie należała właśnie do tej grupy, jako że np. w celu wytworzenia przelotek konieczna jest elektrochemiczna metalizacja lub inny proces addytywny. Skupmy się zatem na różnicach pomiędzy poszczególnymi technologiami.

Fotolitografia

Jest to najbardziej klasyczna i najczęściej stosowana technika wytwarzania płytek drukowanych, szczególnie w środowisku przemysłowym, przy produkcji w dużej skali. Technologia ta polega na naświetlaniu fotoczułej płytki przez specjalne klisze mające pozytyw lub negatyw (w zależności od użytego materiału fotoczułego).

Jeśli używamy fotolitografii do wykonania ścieżek drukowanych, to na powierzchnię pokrytego litą folią miedzianą dielektryka nakładamy cienką, jednorodną warstwę tzw. fotorezystu. Warstwa ta jest następnie naświetlana przez maskę. Maska taka to wydruk na przezroczystej folii, który maskuje światło w miejscu, gdzie mają być ścieżki itp. (w przypadku fotorezystu pozytywowego) lub pozostałych obszarów (w przypadku fotorezystu negatywowego). W kolejnym kroku fotorezyst jest wywoływany z zastosowaniem przeznaczonych chemikaliów, a następnie niewywołana część fotorezystu jest zmywana. Na płytce drukowanej pozostaje tylko rysunek ścieżek i innych pól, miedzy które mają pozostać w miedzi na PCB.

Warstwa wywołanego fotorezystu jest na tyle odporna, że może być stosowana jako maska podczas trawienia – po umieszczeniu w roztworze np. chlorku żelaza cała niechroniona miedź zostaje wytrawiona, a chronione fotorezystem ścieżki nie. Po zmyciu fotorezystu na płytce pozostaje rysunek ścieżek w miedzi.

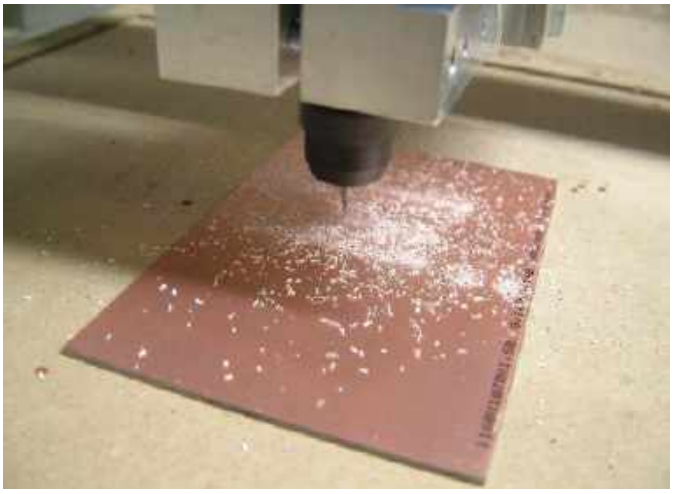
Taka sama metoda może być wykorzystana do nanoszenia innych warstw technologicznych na PCB. Na przykład w przypadku soldermaski, po naniesieniu warstwy z fotorezystu i jej wywołaniu, nanosi się soldermaskę na całą powierzchnię PCB. Przywiera ona do całej powierzchni płytki, oprócz miejsc krytych fotorezystem – po jego zmyciu w tych miejscach pozostaje odsłonięta miedź (**fotografia 1**).

Metoda ta wymaga stosownego zaplecza – naświetlarki do rezystu, stanowiska do wywoływania go, itp. Wszystkie te prace muszą być prowadzone w ciemności, co dodaje poziomu skomplikowania (**fotografia 2**). Plusem tej metody jest doskonałe skalowanie, dlatego stosuje się ją do masowej produkcji PCB. Jedna klisza ma ogromną żywotność, więc pozwala na wykonanie tysięcy i więcej PCB.

REKLAMA

eprasa.pl f1935705aa

Fotografia 3. Domowe stanowisko do termotransferu

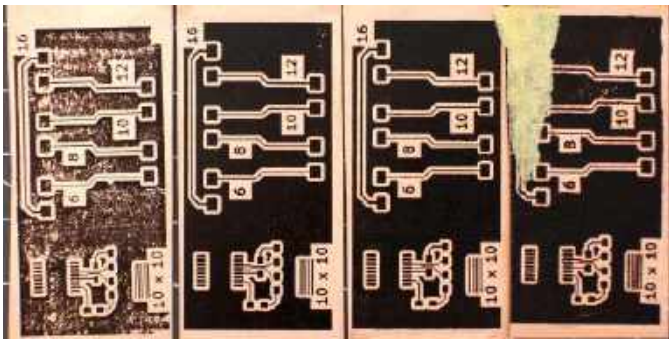


Fotografia 5. Płytka drukowana wykonywana metodą frezowania

Rozdzielczość tej technologii uzależniona jest m.in. od wielkości ziarna fotorezystu, geometrii naświetlarki (głównie od odległości pomiędzy kliszą a powierzchnią PCB). Na przykład tańszy, negatywowy fotorezyst ma cztery razy gorszą rozdzielczość niż fotorezyst pozytywowy. Zasadniczo analogiczna technologia stosowana jest do wykonywania elementów układów scalonych, gdzie rozdzielczości procesów są obecnie na poziomie pojedynczych nanometrów, jednak materiały i systemy stosowane do produkcji płytek drukowanych pozwalają na osiągnięcie, typowo, rozdzielczości na poziomie pojedynczych milsów, pozwalające na produkcję ścieżek i przerw pomiędzy nimi wynoszących 6 milsów (0,15 mm) z opcjonalną możliwością zejścia do 4 milsów (0,1 mm). Istnieją jednak specjalne fotorezysty, przeznaczone do systemów o wysokiej gęstości, które pozwalają na zejście z rozdzielczością do poziomu około 0,7 milsa (18 μm). Oczywiście, uzyskanie tak niskiej rozdzielczości systemu wymaga optymalizacji całego procesu fotolitografii, nie tylko zastosowania wysokiej klasy fotorezystu.

Termotransfer

Domowym odpowiednikiem fotolitografii jest metoda termofransferu. Zasadniczo sam proces przebiega dokładnie tak samo, a różna jest jedynie technologia wykonywania maski na PCB, która będzie chroniła warstwy przed roztworem trawiącym. W procesie termotransferu maska na powierzchni laminatu wytwarzana jest z toneru drukarki laserowej, który termicznie przenoszony jest na płytkę z papieru np. za pomocą żelazka. Na **fotografii 3** pokazano typowe stanowisko do wykonywania płytek drukowanych tą metodą. Kluczowym elementem jest żelazko, które służy do rozgrzania płytki PCB oraz wydruku na papierze kredowym, do odpowiednio wysokiej temperatury, w której toner mięknie. Jeśli w takiej sytuacji papier mocno dociśnie się do powierzchni miedzi, toner przyklei się do PCB. Po wystygnięciu można zmyć papier tak, że toner pozostaje na powierzchni laminatu (**fotografia 4**). Jakość naniesienia toneru jest rzeczą zależną od umiejętności osoby przeprowadzającej sam proces. Z uwagi, że ta metoda stosowana jest głównie przez hobbystów do szybkiego prototypowania płytek, nie ma dostępnych zautomatyzowanych, profesjonalnych urządzeń, które pozwalają na jej realizację. Pozostaje ręczne wykonywanie płytek.



Fotografia 4. Płytka z naniesionym tonerem. Pokrycie tonerem uzależnione jest od parametrów wydruku i procesu termotransferu

Ogromną zaletą tej metody jest prostota. Do wykonania procesu potrzebny jest jedynie wydruk z drukarki laserowej i żelazko. Wszystkie inne elementy, pokazane na fotografii 3, są opcjonalne. Przy stosowaniu tej metody, z odrobiną wprawy, możliwe jest osiągnięcie wyników zbliżonych do wyników uzyskanych metodą fotolitografii. Przy optymalizacji procesu (ustawień drukarki laserowej, temperatury żelazka, siły nacisku itp.) możliwa jest produkcja płytek drukowanych ze ścieżkami o szerokości 6 milsów (0,15 mm).

Frezowanie

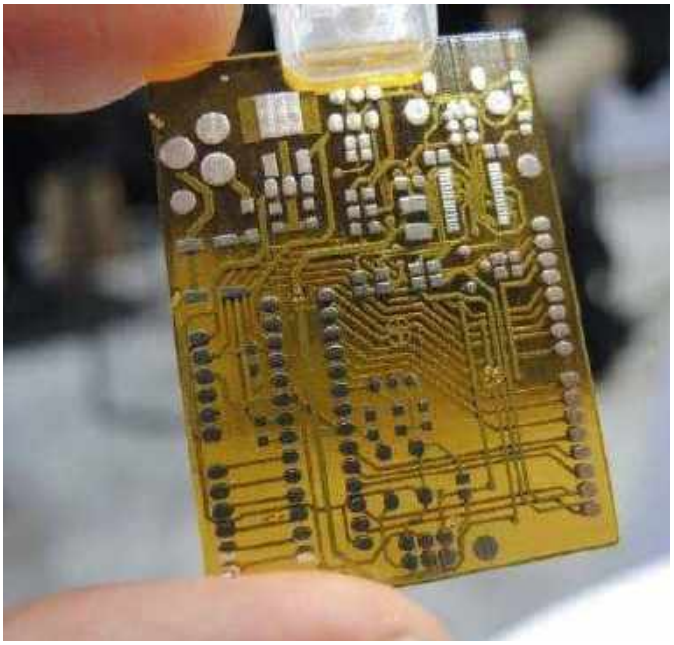
Alternatywą do powyższych technologii jest zastosowanie precyzyjnej frezarki CNC do usunięcia zbędnej miedzi z powierzchni płytki drukowanej. Podobnie jak trawienie jest to proces subtraktywny, czyli polegający na usuwaniu materiału z PCB. W tym przypadku do usuwania miedzi z powierzchni laminatu stosuje się bardzo precyzyjny frez stożkowy (**fotografia 5**). W przeciwieństwie do chemicznego procesu wytrawiania, frezowanie PCB jest procesem, który nie uwalnia żadnych niebezpiecznych zanieczyszczeń itp., w związku z czym można go wykonywać w typowym środowisku biurowym czy warsztatowym bez narażenia na niebezpieczeństwo. Proces ten jest jednak bardziej długotrwały i gorzej się skaluje, a w zasadzie nie skaluje się w ogóle – jedna frezarka wykonuje naraz tylko jedną płytkę drukowaną (gdzie wytrawiać można równocześnie wiele PCB).

W przypadku frezowania płytek drukowanych o jakości płytki drukowanej decyduje przede wszystkim rzeczywista dokładność frezowania i kontrola systemu, a także stan (ostrość czy poziom zużycia) frezów i dobranie odpowiedniej prędkości posuwu do obrotów wrzeciona. Wysokiej klasy frezarki numeryczne nie mają problemu z uzyskaniem rozdzielczości (minimalnej szerokości ścieżki i przerwy pomiędzy nimi) na poziomie 6 milsów (0,15 mm), ale typowa niedroga, domowa frezarka CNC powinna osiągnąć analogiczny wymiar równy 12 milsów (0,30 mm), co jest dostateczną wartością dla większości hobbystycznych czy prototypowych projektów.

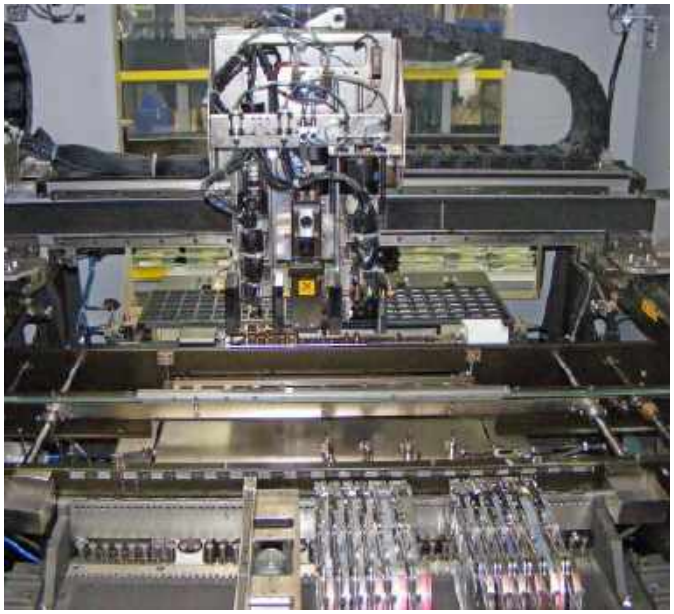
Druk 2,5D i 3D

Technologia druku wielowymiarowego podbija wiele dziedzin inżynierii. Dzięki opracowaniu nowoczesnych maszyn i rozwojowi technologii materiałowych na rynku dostępne są systemy do drukowania PCB. Ogromną zaletą takiej technologii jest możliwość bardzo szybkiego wytwarzania prototypów urządzeń elektronicznych, co przekłada się na skrócenie czasu potrzebnego do opracowania gotowego produktu. Drukarka 3D składa się z ekstrudera, podającego materiał oraz

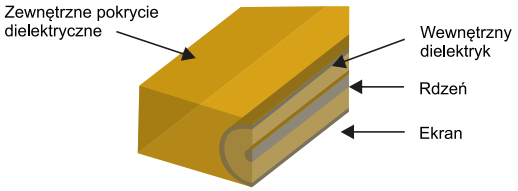
eprasa.pl f1935705aa



Fotografia 6. Płytka PCB wykonana w technologii druku 3D



Fotografia 7. Obsadzanie płytki PCB elementami za pomocą maszyny pick and place



Rysunek 2. Linie koncentryczne na PCB wykonane w technologii druku 3D

układu mechanicznego, który pozwala na poruszanie ekstrudera w trzech osiach. Jest to technologia addytywna, polegająca na dodawaniu przez ekstruder materiałów do tworzonego obiektu. W tym przypadku dodawanymi materiałami jest dielektryk oraz przewodnik. Na **fotografii 6** pokazano tego rodzaju płytkę drukowaną.

Technologia druku PCB pojawiła się dopiero niedawno, około 5...10 lat temu i dopiero zaczyna znajdować swoje miejsce na rynku. Z uwagi na nadal wysoką cenę urządzeń do drukowania obwodów elektronicznych tego rodzaju systemy są dosyć rzadko spotykane. Używa się ich zwłaszcza w dużych firmach, gdzie możliwość bardzo szybkiego prototypowania urządzeń w pełni uzasadnia wyższą cenę. Przykładowa drukarka, zdolna do druku PCB, to koszt około 50 tysięcy dolarów, a materiały eksploatacyjne do niej również są droższe niż analogiczne materiały. Typowe rozdzielczości tych systemów nie odbiegają od innych technologii. Producenci urządzeń do druku 3D chwalą się minimalną szerokością ścieżki równą 4 milsy (0,1 mm) i odstępem pomiędzy ścieżkami 8 milsów (0,2 mm).

Z drugiej strony, analogicznie jak w przypadku produkcji elementów mechanicznych, tak i w przypadku płytek drukowanych, wprowadzenie druku 3D pozwoliło na produkcję dotychczasowo niemożliwych do fabrykacji obwodów. W przypadku druku, wiele czynników ograniczających PCB nie jest w ogóle istotnych. Możliwe jest na przykład wytwarzanie połączeń koncentrycznych (**rysunek 2**), co jest szalenie ważne z punktu widzenia kompaktowych systemów RF.

Uruchomienie produkcji

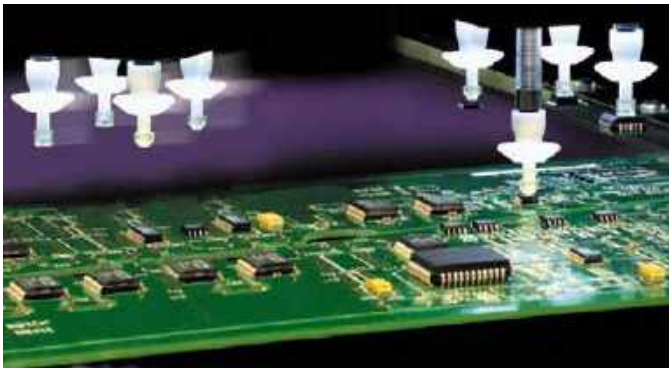
Gdy wybraliśmy już technologię produkcji, należy przygotować ją do uruchomienia. Każda z technologii ma inne wymagania co do przygotowania dokumentacji produkcyjnej, jednak większość z nich wychodzi ze wspólnego źródła. We wszystkich przypadkach punktem startowym jest dokumentacja w formacie Gerber.

W przypadku fotolitografii pierwszym krokiem jest naświetlenie lub wydrukowanie klisz (zależnie od dostępnej techniki produkcji). Klisze używane są następnie do naświetlania wszystkich płytek drukowanych. W przypadku termotransferu konieczne jest wydrukowanie na papierze kredowym lub folii (dostępne są nawet specjalne folie przeznaczone do termotransferu), z którego następnie toner zostanie przeniesiony na laminat. Podstawowa różnica pomiędzy tymi dwoma technologiami polega na skalowaniu produkcji – w przypadku fotolitografii jedna klisza wystarczy do naświetlenia wielu laminatów, a w przypadku termotransferu wydruk jest jednorazowy. Dlatego też

REKLAMA

eprasa.pl f1935705aa

Fotografia 8. Elementy zapakowane w taśmach przeznaczone do maszyny pick and place



Fotografia 9. Niektóre maszyny pick and place mogą umieszczać kilka elementów jednocześnie

fotolitografia idealnie sprawdza się w produkcji masowej, a termotransfer – jednostkowej.

W przypadku frezowania czy druku 3D nie jest konieczne przygotowywanie żadnych fizycznych form pośrednich dokumentacji – z plików Gerber oprogramowanie CAM, sterujące urządzeniem do produkcji, generuje skrypty sterujące urządzeniem, które produkuje PCB.

Montaż elementów

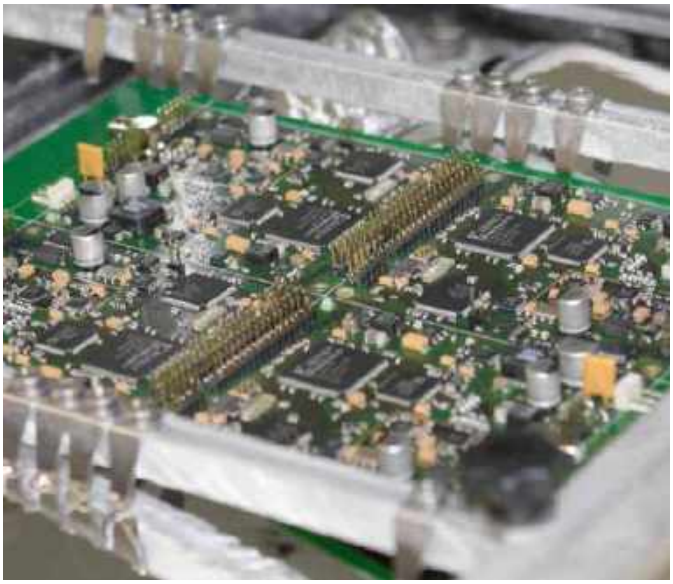
Po wykonaniu płytki drukowanej konieczne jest zainstalowanie i wlutowanie elementów elektronicznych na jej powierzchni. Elementy elektroniczne dzielą się w zależności od sposobu montażu na przewlekane (THT) i do montażu powierzchniowego. W związku z tym inaczej podchodzi się też do ich montażu i lutowania.

Oczywiście, wszystkie płytki można montować ręcznie, jednak w wielu przypadkach nie jest to najlepsze rozwiązanie. Proste prototypy można montować w ten sposób, natomiast w przypadku produkcji masowej, czy nawet bardziej skomplikowanych prototypów (np. z układami w obudowach BGA), dużo bardziej zasadny jest montaż automatyczny.

Pierwszym krokiem montażu jest nałożenie na PCB pasty lutowniczej oraz kleju, jeśli stosowane elementy SMD tego wymagają (np. gdy są ciężkie lub znajdują się po obu stronach PCB). Na nałożoną na pola lutownicze pastę lutowniczą nakłada się następnie elementy. W większości przypadków stosuje się tzw. maszyny pick and place (**fotografia 7**), które pobierają elementy z taśm lub tacek (**fotografia 8**) i układają je automatycznie na swoim miejscu na powierzchni płytki drukowanej (**fotografia 9**). Wymagane do tego informacje są zapisane w specjalnym pliku Pick & Place, o który pisaliśmy wcześniej. W ten sposób montuje się elementy SMD i THT (te drugie nie zawsze – nie wszystkie elementy przewlekane są kompatybilne z montażem automatycznym).

Płytki drukowane z nałożoną pastą i zainstalowanymi elementami muszą następnie zostać polutowane. Jest to realizowane dwojako, zależnie od rodzaju elementów – SMD i THT. Te pierwsze lutowane są w procesie tzw. *reflow*. Płytki przechodzą przez piec tunelowy, w którym są one stopniowo rozgrzewane aż do osiągnięcia temperatury roztopienia pasty lutowniczej, która trwale wiąże ze sobą elementy. Następnie płytki są chłodzone w kontrolowany sposób, aby nie dopuścić do ich np. wypaczenia. Elementy przewlekane z kolei

Fotografia 10. Fala rozgrzanego lutowia



Fotografia 11. Płytki PCB lutowane za pomocą fali

lutuje się, stosując tzw. falę – strumień rozpuszczonego lutowia, obmywający dolną stronę PCB i zalewający wystające wyprowadzenia elementów. Proces ten został pokazany na **fotografiach 10** i **11**.

Podsumowanie

W powyższym artykule zarysowano tematykę związaną z produkcją PCB. Oczywiście w żaden sposób nie można powyższego opisu uznać za wyczerpujący. Z jednej strony zostały pokazane tylko najpopularniejsze, zdaniem autora, technologie produkcji PCB, a z drugiej strony nie omówiono wielu istotnych szczegółów dotyczących wytwarzania obwodów drukowanych. Pominięto aspekty takie jak metalizacja, konieczna do wytwarzania przelotek oraz nanoszenia warstw galwanicznych (głównie złota), nakładanie warstwy przeciwlutowej (soldermaski) czy opisu, a także wiercenie i frezowanie PCB. Artykuł ten powinien jednak być dobrym punktem wyjścia do zgłębiania niuansów technologii produkcji płytek drukowanych.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
- Altium.com
- Eurocircuits.com
- Hackaday.io
- Wikipedia.com
- Raypcb.com

eprasa.pl f1935705aa

LED-owy fidget spinner

Fidget, spinner i wiele innych nazw… kilka lat temu tego rodzaju gadżety szturmem zdobyły rynek na całym świecie. Występowały w różnych kształtach i były wykonane z różnych materiałów. To, co je łączyło, to podstawowa zasada działania – ramiona spinnera obracały się wokół centralnie umieszczonego łożyska. Czy da się z tej prostej konstrukcji zrobić zabawkę edukacyjną?

Autor projektu, Kurt Manucredo, postanowił skonstruować prostą elektroniczną zabawkę. Urządzenie bazuje na zasadzie działania fidget spinnera, które posłuży do prezentacji prostego zjawiska fizycznego – wpływu siły ciążenia na sposób obracania się fidget spinnera. Zamiast mechanicznych obrotów autor prezentuje ruch za pomocą diod świecych, które „krążą" po obwodzie urządzenia.

Zasada działania

Do monitorowania fizycznego ruchu urządzenia zastosowano akcelerometr. Solarfidget to zabawka, która prezentuje, jak zmienia się siła ciążenia w naszym Układzie Słonecznym. Można zmieniać jej ustawienie, aby kręciła się tak, jakby znajdowała się na innej planecie. Korzystając z niej, można „podróżować" do następujących planet:

- Merkury (0,38 g) (biały),
- Wenus (0,904 g) (jasnoniebieski),
- Ziemia (1 g) (ciemnoniebieski),
- Mars (0,3794 g) (bordowy),
- Jowisz (2,528 g) (szary),
- Saturn (1,065 g) (żółty),
- Uran (0,886 g) (fioletowy),
- Neptun (1,14 g) (zielony),
- Pluton (0,063 g) (różowy).

Układ został skonstruowany na bazie modułu Arduino (w zasadzie każdy moduł sprawdzi się w tej aplikacji), który steruje pierścieniem złożonym z 36 diod LED RGB. W systemie zastosowano moduł inercyjny MPU6050, integrujący w sobie żyroskop i akcelerometr, które używane są do wykrywania ruchu urządzenia i obliczania, w jakiej pozycji powinno znaleźć się poruszane spinnerem wahadełko w warunkach grawitacji, jaką w danym momencie ustawiono. Aby przemieścić się z planety na planetę, należy umieścić spinner poziomo i dwukrotnie dosyć szybko obrócić o 180 stopni. Jeśli ustawienie nie zmieni się, to znaczy, że ruch wykonaliśmy za wolno.

Potrzebne elementy

Do zbudowania urządzenia potrzebne będą:

- moduł Arduino – autor zastosował kompaktowe Arduino Nano, ale do obudowy powinno pasować również Arduino Nano 33,
- moduł z akcelerometrem MPU6050 z wyprowadzeniami na goldpinach lub innych, pozwalających na podłączenie kabli do układu,
- ładowarka do akumulatora,
- pasek LED-owy, który ma 36 adresowalnych diod (jest to fragment paska z 144 diodami na metr),
- ogniwo litowo-polimerowe HS170 o pojemności 380 mAh z wtyczką Molex,
- wtyczka Molex, pasująca do złącza akumulatora,
- wydrukowana w 3D obudowa – dostępne są pliki STL przygotowane do druku,
- kabel z wtyczką miniUSB,
- cztery sprężynki 0,3×4×5 mm,
- cztery śruby M3×10 z nakrętkami i zestawem przeciwnakrętek,
- cztery śruby M3×4,
- osiem magnesów neodymowych (okrągłych) o średnicy 6 mm i wysokości 2 mm.

Budowa układu

Spinner po zmontowaniu i zainstalowaniu wewnątrz obudowy powinien wyglądać jak na **fotografii 1**. Przyjrzyjmy się bliżej poszczególnym elementom budowy systemu. W pierwszej kolejności należy przerobić kabel USB. Odcinamy 10 cm od wtyczki miniUSB i delikatnie zdejmujemy izolację z odciętej części przewodu. Powinniśmy w kablu znaleźć przewody w kolorze czarnym, czerwonym, białym i zielonym. Kolory te oznaczają konkretne sygnały w interfejsie i wtyczce USB, dzięki czemu od razu wiadomo, co gdzie możemy znaleźć. Kluczowe dla nas

eprasa.pl f1935705aa

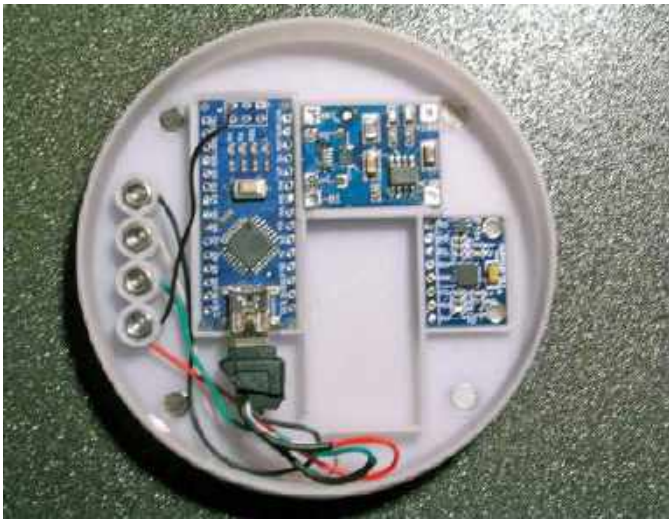
Fotografia 1. Elektronika zamontowana we wnętrzu spinnera

są linie: czerwona i czarna, czyli, odpowiednio, 5 V oraz masa (GND). Pozostałe dwie linie to linie danych: biały to Data+, a zielony to Data–.

Dobrze jest też usunąć z wtyczki plastikową obudowę, a przynajmniej znaczną część, aby zmniejszyć jej wymiary, co ułatwi jej zmniejszenie i zmieszczenie płytki z mikrokontrolerem i wtyczką w kompaktowej obudowie spinnera.

W pierwszej kolejności skupimy się na elektronice w samym spinnerze, czyli dolnej części urządzenia – tej, w której znajduj się wpusty na poszczególne moduły. W pierwszej kolejności instalujemy moduł Arduino z podłączonym obciętym kablem USB. Kable podłączamy do wypustów na śruby, widoczne po lewej stronie układu (**fotografia 2**). W jaki sposób należy je podłączyć? To bardzo proste – stosując śruby M3 o długości 4 mm i pasujące nakrętki. Montaż należy rozpocząć od oczyszczenia wnętrza otworów, jeśli w środku znajduje się luźny materiał z drukarki lub zdeformowane pozostałości po wydruku. Używając dłuższej śruby M3, należy wkręcić nakrętkę na swoje miejsce, na tyle, aby nadal można było wepchnąć przewód do otworu pod nakrętką. Następnie należy dokręcić nakrętki do końca i zabezpieczyć kable. Montując przewody, należy upewnić się, że między nakrętką a obudową znajduje się tylko odizolowany przewód. Przewód ten powinien być krótki – jeśli jest zbyt długi, może zawinąć się wokół śruby, co może utrudnić montaż.

Po przykręceniu przewodów należy podłączyć wtyczkę miniUSB do Arduino i wsunąć je na właściwe miejsce. Następnie należy zainstalować płytkę ładowania akumulatora na właściwym miejscu. Na koniec w obudowie można umieścić moduł z akcelerometrem MPU6050 po prawej



Fotografia 2. Podłączenie modułu z mikrokontrolerem do portu ładowania i rozmieszczenie pozostałych elementów w drukowanej obudowie

stronie, obok baterii. Moduł z MPU6050 powinien być skierowany górną stroną do góry, a oś X powinna znajdować się na osi prawa-lewa strona.

Na kolejnym etapie montażu należy przylutować trzy przewody do paska LED (36 diod). Należy zwrócić uwagę na kierunek propagacji danych w pasku LED i przylutować przewody na jego początku. Jeśli koniec, który mamy przed sobą, jest zaznaczony strzałką, to nie jest to koniec, którego szukamy – przylutujmy przewody na drugim końcu. Trzy przewody przylutowane do paska diodowego to zasilanie, masa i szeregowa linia danych, która służy do programowania kolorów. Masa i zasilanie podłączamy odpowiednio do masy i napięcia z baterii (które dostępne jest na płytce z ładowarką ogniwa). Linia danych dołączana jest do płytki z mikrokontrolerem do cyfrowej linii D6.

Na tym etapie osadzamy w obudowie również moduł do ładowania baterii. Łączymy jego masę z masą modułu Arduino, a linię BAT+ z wejściem zasilania modułu Arduino (VIN). Jeśli używamy Arduino Nano 33, musimy dodatkowo połączyć zworkę VUSB, znajduje się ona pomiędzy wyprowadzeniami RST a A7 modułu.

Jeśli korzystamy z innego modułu Arduino, należy upewnić się, że nasz moduł może pracować poprawnie z zasilaniem na poziomie 3,7 V (tyle daje naładowane ogniwo, użyte w systemie). Arduino Nano zostało zaprojektowane do zasilania z 5 V, ale całkiem nieźle radzi sobie z niższym napięciem.

Następnie należy podłączyć moduł akcelerometru. W pierwszej kolejności należy przylutować VIN modułu MPU6050 do wyjścia 3V3 (napięcie 3,3 V) w module Arduino oraz połączyć masy obu układów. W kolejnym kroku należy podłączyć linie danych (w postaci interfejsu I^2C – SCL i SDA) oraz przerwanie (INT). Linie zegarową interfejsu szeregowego I^2C (SCL) podłączamy do portu A5, a linię danych (SDA) podłączamy do portu A4. Przerwanie (INT) dołączane jest do portu D2 modułu Arduino. Wskazane porty działają poprawnie w module Arduino Nano i Nano 33, w przypadku innych modułów konieczne może być zastosowanie innych wyprowadzeń.

Finalnie możemy zainstalować w układzie baterię. W tym celu należy przygotować przewód ze złączem Molex, kompatybilnym z wtyczką, jaka zamontowana jest na kablu akumulatora. Drugą stronę przewodu lutujemy do pól BAT+ oraz BAT– w module ładowarki. Możemy teraz podłączyć baterię do modułu. Jeśli wszystko polutowaliśmy poprawnie, możemy rozłączyć elementy i pozakładać na przewody zasilania i inne koszulki termokurczliwe, które mają zapobiec ewentualnym zwarciom. Po sprawdzeniu poprawności montażu i zabezpieczeniu wszystkich elementów można podłączyć do układu baterię i obsadzić ją w obudowie.

Obudowa

Obudowa została wykonana w technice druku 3D. Do wydrukowania są dwie części – jedna dla samego spinnera Solarfidget (**rysunek 1a**), a druga dla ładowarki urządzenia (**rysunek 1b**). Obie obudowy składają się z dwóch elementów. We wnętrzu obudowy spinnera i jego ładowarki rozmieszczono łącznie osiem magnesów – po cztery w każdym urządzeniu. Ich lokalizacja musi być taka sama w obu urządzeniach, aby orientowały się względem siebie tak, aby złącza ładowania trafiały dokładnie w siebie. Na przykład – dwa można umieścić obok złączy ładowania, a dwa – o odwróconych biegunach, w drugiej części obudowy.

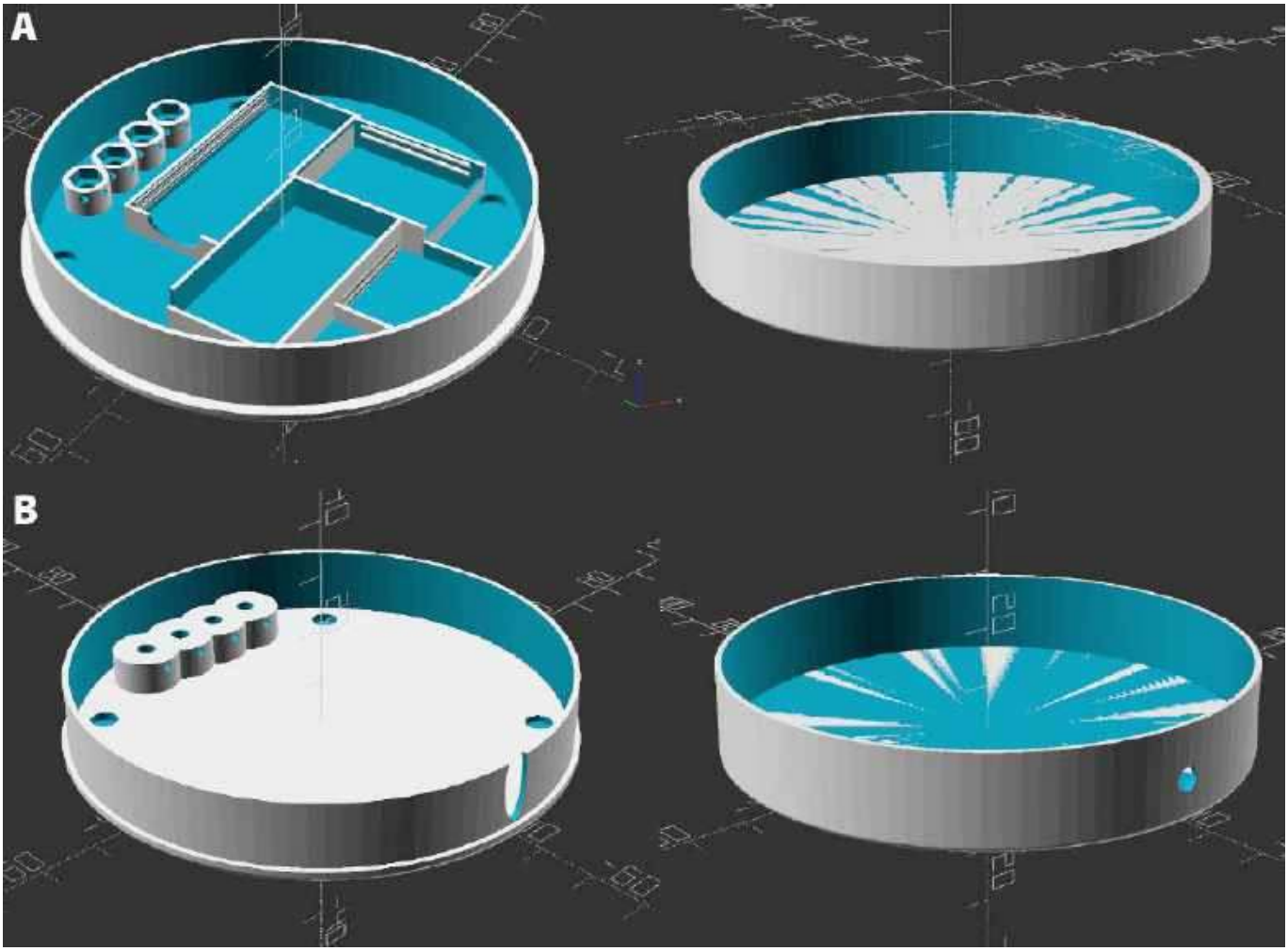
Obudowa przygotowana przez autora projektu ma cztery zagłębienia, które przeznaczone są do umieszczenia opisanych powyżej magnesów. Najwygodniej jest je osadzić, umieszczając w zagłębieniu kroplę kleju i wciskając magnes np. tępą stroną śrubokręta lub innym przedmiotem.

Stacja ładująca

Na **fotografii 3** pokazano ułożenie przewodów w obu urządzeniach. Dołącz ładowarkę do urządzenia, umieszczając cztery kable z odciętego końca kabla USB wewnątrz złączy ładujących w stacji ładującej. Nie zapominajmy najpierw poprowadzić kabla przez dolną część stacji ładującej, zanim zostanie on zamontowany w złączu do ładowania spinnera.

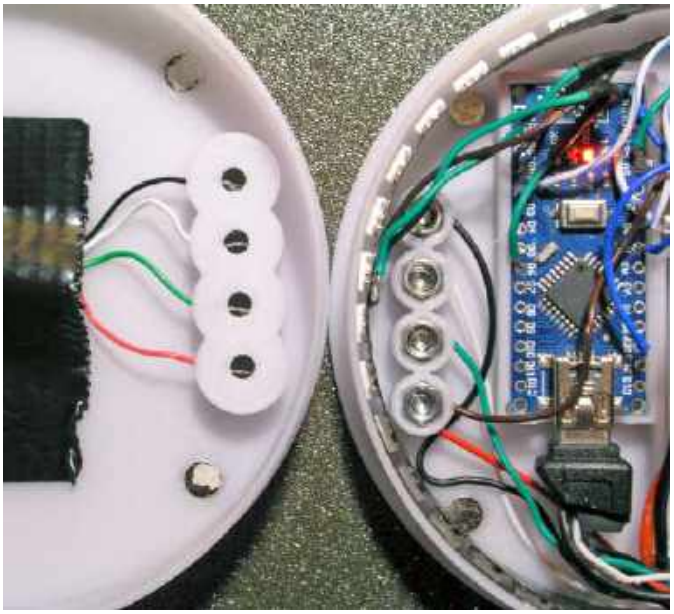
Do budowy drugiej części złącza, tej, która znaleźć się ma w ładowarce, zastosowane zostaną śruby M3 o długości 10 mm, sprężyny

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 1. Wizualizacja obudowy urządzenia: a) spinnera, b) jego ładowarki

i przeciwnakrętki, które wymienione są na liście potrzebnych elementów. Montaż przebiega podobnie jak w przypadku złączy w spinnerze, z tym że tutaj dodatkowo zainstalowane są sprężyny, które dociskają odizolowane przewody do śrub. Dokręcając śruby, można regulować ich poziom wysunięcia – należy ustawić je tak, aby minimalnie wystawały powyżej poziomu obudowy. Zapewni to optymalny kontakt pomiędzy elementami w spinnerze i jego ładowarką po dociśnięciu magnesami obu urządzeń do siebie.



Fotografia 3. Ułożenie połączeń do stacji ładowania

Oprogramowanie

Do poprawnego działania szkicu Arduino dla tego urządzenia potrzebuje szeregu bibliotek opracowanych przez autora, które znaleźć można w folderze *arduino-solarfidget/libraries/solarfidget* w repozytorium z plikami projektowymi na GitHubie, które należy umieścić w folderze *Arduino/libraries*. Dodatkowo potrzebne są biblioteki:

- I2Cdev (*https://github.com/jrowberg/i2cdevlib/tree/master/Arduino/I2Cdev*),
- MPU650 (*https://github.com/jrowberg/i2cdevlib/tree/master/Arduino/MPU6050*),
- Adafruit_NeoPixel (*https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoPixel*).

Wszystkie pobranie biblioteki należy umieścić w podfolderach w folderze *Arduino/libraries*. Po skompletowaniu wszystkich potrzebnych bibliotek można otworzyć w Arduino IDE szkic z firmware spinnera, który dostępny jest w *arduino-solarfidget/arduino-solarfidget.ino*.

Ładowarkę należy umieścić na równej, wypoziomowanej powierzchni, a na niej postawić spinner. Poprzez ładowarkę układ można podłączyć do komputera, aby połączyć się z nim za pomocą Arduino IDE.

Na **listingu 1** pokazano szkic Arduino, który kontroluje system. Należy skompilować go i wgrać do urządzenia, a następnie uruchomić monitor portu szeregowego (np. ten wbudowany w środowisko Arduino IDE), aby połączyć się z urządzeniem.

Kalibracja sensora

Przed pierwszym uruchomieniem systemu należy skalibrować jego sensory. Po ułożeniu spinnera na wypoziomowanej płaszczyźnie wystarczy odczytać dane kalibracyjne, jakie wysyła on poprzez port szeregowy. Po zapisaniu danych kalibracyjnych dla akcelerometrów i dla żyroskopów układu należy wpisać je w szkicu Arduino (plik

eprasa.pl f1935705aa

Listing 1. Szkic Arduino kontrolujący spinner

```
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050_6Axis_MotionApps20.h"
#if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
#include "Wire.h"
#endif
#include <solarfidget.h>

// Pin przerwania MPU6050
#define INTERRUPT_PIN 2
// Pin diody LED
#define LED_PIN 13

bool blinkState = false;

// Pin, do którego podłączone są diody LED RGB
#define PIN_NEOPIXEL        6
// Liczba podłączonych szeregowo diod
#define NUMPIXELS_NEOPIXEL 36

Adafruit_NeoPixel pixels(NUMPIXELS_NEOPIXEL,
  PIN_NEOPIXEL, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

// Include SOLARFIDGET code
#define ACCELX    (float)aaReal.x
#define ACCELY    (float)aaReal.y
#define PITCH   ypr[1]
#define ROLL    ypr[2]
#define MAX_RAD_QUAD  1.57
#define CHARGING_PIN  8

//#define POWERREPORTING
//#define POWERSAVING
#define SERIAL_DEBUG

MPU6050 mpu;      // Domyślny adres 0x68 (AD0 niskie)
//MPU6050 mpu(0x69);  // Adres 0x69 (AD0 wysokie)

// Zmienne kontrolne MPU
bool dmpReady = false;  // Status inicjalizacji
uint8_t mpuIntStatus;   // Status/wartość bajtu przerwania
uint8_t devStatus;      // Status operacji (0 = sukces, !0 = błąd)
uint16_t packetSize;    // Spodziewana wielkość (domyślnie 42 bajty)
uint16_t fifoCount;     // Liczba bajtów w kolejce FIFO
uint8_t fifoBuffer[64]; // Kolejka FIFO

//Obliczenie kwaternionu
Quaternion q;           // [w, x, y, z]
///Pomiar przyspieszenia
VectorInt16 aa;         // [x, y, z]
//Skorygowany o grawitację pomiar przyspieszenia
VectorInt16 aaReal;     // [x, y, z]
///Przyspieszenie przeniesione do ziemskiego układu
VectorInt16 aaWorld;    // [x, y, z]
//Wektor przyciągania ziemskiego
VectorFloat gravity;    // [x, y, z]
//Obliczenia kąta Eulera
float euler[3];         // [psi, theta, phi]
//Kąt odchylenia, nachylenia i przechyłu
float ypr[3];           // [yaw, pitch, roll]
// Struktura pakietu danych dla dema InvenSense teapot
uint8_t teapotPacket[14] = { '$', 0x02, 0,0, 0,0, 0,0, 0,0, 0x00, 0x00, '\r', '\n' };

// indicates whether MPU interrupt pin has gone high
volatile bool mpuInterrupt = false;
void dmpDataReady() {         // Obsługa przerwania
    mpuInterrupt = true;
}

void setup() {
    pixels.begin();           // Inicjaizacja diod LED
    #if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
        Wire.begin();         // Inicjalizacja I2C
        Wire.setClock(400000);      // Zegar I2C = 400kHz I2C clock
    #elif I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_BUILTIN_FASTWIRE
        Fastwire::setup(400, true);
    #endif
    #ifdef SERIAL_DEBUG
    Serial.begin(115200);       // Inicjalizacja portu szeregowego
    Serial.println(F("Initializing I2C devices..."));
    #endif
    mpu.initialize();         // Inicjalizacja MPU
    pinMode(INTERRUPT_PIN, INPUT);    // Konfiguracja pinu przerwania
    #ifdef SERIAL_DEBUG
    Serial.println(F("Testing device connections..."));
    Serial.println(mpu.testConnection() ?
      F("MPU6050 connection successful") :
      F("MPU6050 connection failed"));
    #endif
    #ifdef SERIAL_DEBUG
    Serial.println(F("Initializing DMP..."));
    #endif
    devStatus = mpu.dmpInitialize();
    //mpu.setXAccelOffset(-1754);
    //mpu.setYAccelOffset(-1097);
    //mpu.setZAccelOffset(982);
    //mpu.setXGyroOffset(121);
    //mpu.setYGyroOffset(-12);
    //mpu.setZGyroOffset(4);
    if (devStatus == 0) {
        mpu.CalibrateAccel(6);    // Kalibracja akcelerometru
        mpu.CalibrateGyro(6);     // Kalibracja żyroskopu
        mpu.PrintActiveOffsets();
        #ifdef SERIAL_DEBUG
        Serial.println(F("Enabling DMP..."));
        #endif
        mpu.setDMPEnabled(true);
        #ifdef SERIAL_DEBUG
        Serial.print(F("Enabling interrupt detection (Arduino external interrupt "));
```

arduino-solarfidget/arduino-solarfidget.ino). Należy odnaleźć następujące linijki w kodzie:

```
mpu.CalibrateAccel(6);
mpu.CalibrateGyro(6);
mpu.PrintActiveOffsets();
```

Powyższe linie należy zakomentować, a dane kalibracyjne wstawić w znajdujących się wyżej linijkach (w miejscu XXX):

```
//mpu.setXAccelOffset(XXX);
//mpu.setYAccelOffset(XXX);
//mpu.setZAccelOffset(XXX);
//mpu.setXGyroOffset(XXX);
//mpu.setYGyroOffset(XXX);
//mpu.setZGyroOffset(XXX);
```

Oczywiście linie te należy finalnie odkomentować. Po wprowadzeniu współczynników kalibracyjnych szkic można zapisać i ponownie skompilować przed kolejnym wgraniem do urządzenia.

Przygotowanie docelowego szkicu

W docelowym szkicu można wprowadzić jeszcze kilka drobnych zmian, mających za zadanie usprawnić działanie systemu. W pierwszej kolejności należy wyłączyć konsolę szeregową, która przydatna jest tylko na etapie debugowania systemu. Aby to zrobić, wystarczy zakomentować linię kodu z dyrektywą:

```
#define SERIAL_DEBUG
```

Dzięki wyłączeniu konsoli szeregowej system szybciej startuje i sprawniej działa, gdyż nie musi czekać na nawiązanie (lub nie i związany z tym timeout) połączenia poprzez USB.

Kolejnym usprawnieniem jest dodanie trybu oszczędzania mocy, który można aktywować, odkomentowując następującą linijkę kodu:

```
//#define POWERSAVING
```

W trybie oszczędzania energii, przed próbą włączenia urządzenia, należy przytrzymać je przez kilka sekund w dłoniach. Jeśli w takiej sytuacji występuje problem z włączeniem, wystarczy po prostu obracać spinner o 180°, aż się poprawnie włączy. Tryb oszczędzania energii jest aktywny tylko wtedy, gdy fidget jest wyłączony i jest nieruchomy. Po wprowadzeniu powyższych zmian do programu należy zapisać plik i ponownie wgrać program do pamięci mikrokontrolera.

Na koniec należy tylko upewnić się, że pasek LED jest prawidłowo umieszczony w zabawce, a światło wahadła jest we właściwym miejscu. Aby to sprawdzić, trzymając spinner pod delikatnym kątem należy poczekać, aż wahadło zatrzyma się w stabilnej pozycji. Teraz przesuwając pasek LED w lewo lub w prawo, należy ustawić światło we właściwej, idealnej pozycji. Można już zamknąć pokrywę urządzenia.

Podsumowanie

Solarfidget jest ciekawą zabawką, która sprawdza się i jako zabawka zręcznościowa, i jako gadżet edukacyjny. Z jednej strony urządzenie

eprasa.pl f1935705aa

pozwala na zajęcie dłoni, co może być przydatne w wielu momentach – do odstresowania się czy też zajęcia dłoni w czasie wzmożonego wysiłku. Niektórzy uważają, że tego rodzaju zabawki są przydatne w terapii ADHD, jednakże nie zostało to potwierdzone przez naukowców czy lekarzy. Edukacyjny aspekt tego spinnera jest oczywisty. Pozwala na zaprezentowanie w prosty i zrozumiały sposób elementarnej różnicy występującej na planetach naszego Układu Słonecznego. Taka prezentacja wiedzy jest o wiele czytelniejsza i zrozumiała niż podanie suchych liczb. Sama wiedza na temat siły przyciągania na różnych planetach może być doskonałym wyjściem do szerszego omówienia siły przyciągania planet o różnych rozmiarach.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:

- https://bit.ly/3FlzOaD
- https://bit.ly/3rcr3uv

Listing 1. Szkic Arduino kontrolujący spinner – cd.

```
        Serial.print(digitalPinToInterrupt(INTERRUPT_PIN));
        Serial.println(F("..."));
        #endif
    // Przypisanie przerwania
        attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(INTERRUPT_PIN), dmpDataReady, RISING);
        mpuIntStatus = mpu.getIntStatus();
        #ifdef SERIAL_DEBUG
        Serial.println(F("DMP ready! Waiting for first interrupt..."));
        #endif
        dmpReady = true;        // Flaga gotowości
        packetSize = mpu.dmpGetFIFOPacketSize();
    } else {
        #ifdef SERIAL_DEBUG
        Serial.print(F("DMP Initialization failed (code "));
        Serial.print(devStatus);
        Serial.println(F(")"));
        #endif
    }
    // Skonfigurowanie pinu sterującego LED-ami jako wyjścia
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
}

void loop() {
    if (!dmpReady) return;
    // Odczytaj najnowszy pakiet z kolejki FIFO
    if (mpu.dmpGetCurrentFIFOPacket(fifoBuffer)) {
        mpu.dmpGetQuaternion(&q, fifoBuffer);
        mpu.dmpGetAccel(&aa, fifoBuffer);
        mpu.dmpGetGravity(&gravity, &q);
    mpu.dmpGetYawPitchRoll(ypr, &q, &gravity);
        mpu.dmpGetLinearAccel(&aaReal, &aa, &gravity);
    solarfidget();
        // Mrugnij diodą, by potwierdzić aktywność
        blinkState = !blinkState;
        digitalWrite(LED_PIN, blinkState);
    }
}
```

REKLAMA

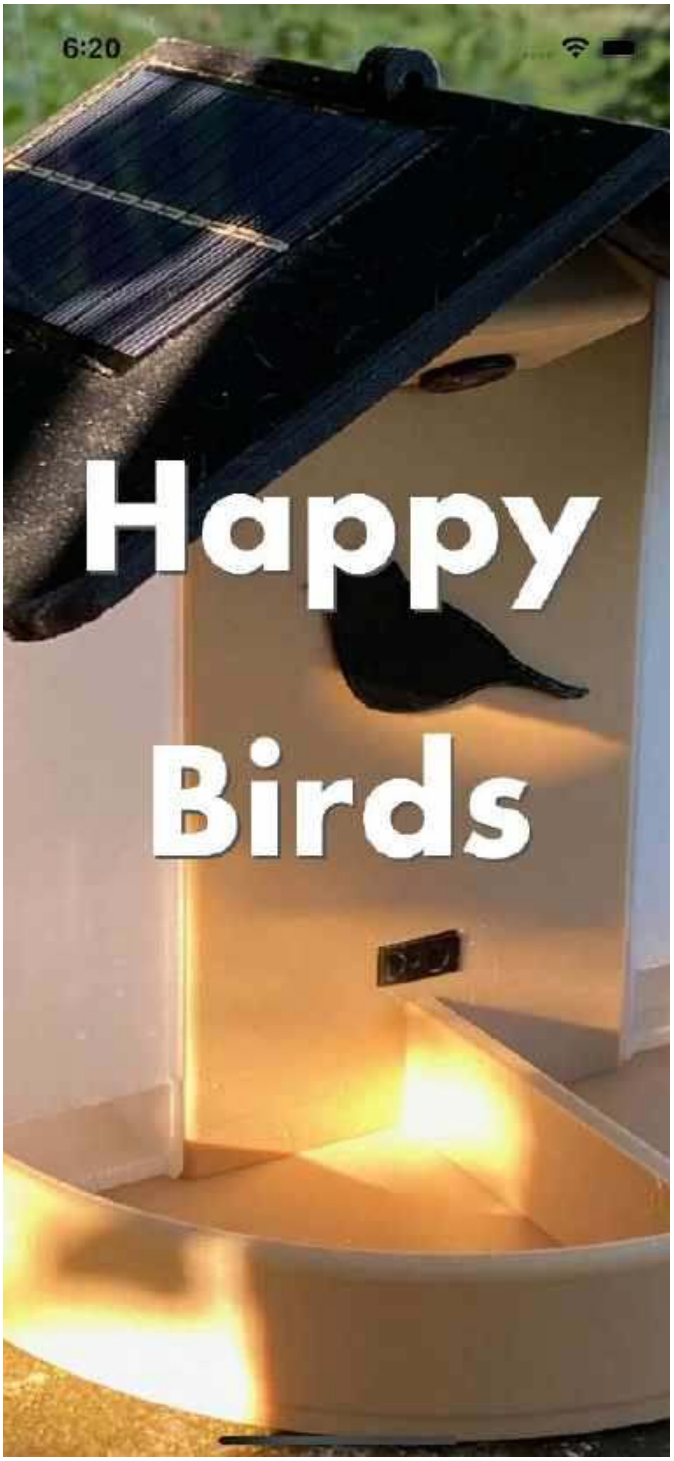
Wszystkie materiały dodatkowe do wydania znajdziesz w jednym miejscu ▷ ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl f1935705aa

Happy Birds

Karmnik IoT z systemem obserwacji ptaków

Obserwowanie ptaków to bardzo popularne hobby na całym świecie. Tak jak wiele innych dziedzin, także ono korzysta z postępów w technologii. Lornetki, aparaty, cyfrowe kamery – ornitolodzy amatorzy chętnie sięgają po takie wyposażenie. W ostatnim czasie do ich asortymentu doszły nowoczesne systemy IoT.



Autorowi prezentowanego projektu przyświecała idea fotografowania ptaków w przydomowych ogrodach i udostępnianie ich zdjęć w sieci. Artykuł szczegółowo opisuje czynności i komponenty potrzebne do zbudowania własnego karmnika dla ptaków i robienia ładnych zdjęć przebywających w nim gości. Zdjęcia robione za pomocą Happy Birds dostępne są natychmiast na smartfonie – można je udostępniać i rozmawiać z innymi entuzjastami ptaków za pośrednictwem prostej sieci społecznościowej Happy Bird.

Dwa główne elementy tego projektu to karmnik dla ptaków i aplikacja. Obudowa karmnika dla ptaków (**rysunek 1**) jest wykonana w technologii druku 3D z 3 różnych materiałów. Szczegóły tej konstrukcji zostaną dokładniej omówione w dalszej części artykułu. System elektroniczny składa się z następujących części:

- czujnik do wykrywania ptaków, który znajduje się w centralnym bloku,
- przednia kamera skierowana w stronę obszarów karmienia,
- elektronika sterująca systemem,
- dwa wyjmowane dozowniki żywności umieszczone po bokach,
- panele słoneczne na dachu, które służą do zasilania elektroniki.

Karmnik można zamocować na gałęzi drzewa, przy dachu lub po prostu postawić na podporze na rozsądnej wysokości (ze względu na zagrożenie, jakim są koty). Gdy ptak wyląduje na karmniku, czujnik wykrywa jego obecność i uruchamia kamerę w celu wykonania szybkiego zdjęcia gościa. Następnie zdjęcie jest wysyłane do aplikacji Happy Birds dzięki lokalnej sieci Wi-Fi i Internetowi. Nie trzeba być fizycznie obecnym, aby zrobić zdjęcie. Zdjęcia są przechowywane w bazie danych Firebase w chmurze Google. Można zapisać je także w swojej bibliotece zdjęć, udostępnić na Instagramie lub WhatsApp i udostępnić w specjalnie przygotowanej sieci społecznościowej Happy Birds i poprosić o pomoc, jeśli np. mamy problem z identyfikacją konkretnego gatunku.

Aplikacja towarzysząca Happy Birds jest dostępna w sklepach Apple i Google (działa na smartfonach i tabletach) i jest w pełni darmowa.

Potrzebne elementy

System został zbudowany z następujących komponentów:

- moduł ESP32-CAM z zewnętrzną anteną,
- kamera z sensorem OV2640 z przewodem o długości 75 mm,
- sensor odległości Sharp GP2 Y0D810 Z0 F,
- moduł ładowarki baterii na układzie TP 4056,
- pakiet ogniw litowo-jonowych o pojemności 4800 mAh i napięciu 3,7 V,
- oporniki 1/4 W: 10 kΩ, 330 kΩ oraz 1 MΩ,
- kondensatory: 2×100 nF, 1×22 μF (elektrolityczny),
- dwa ogniwa fotowoltaiczne 6 V, 100 mA, o rozmiarze 90×60 mm (lub 6 V, 583 mA o rozmiarze 135×165 mm),

Rysunek 1. Opis elementów konstrukcji karmnika

eprasa.pl f1935705aa

Rysunek 2. Uproszczona zasada działania systemu

- dwa złącza JST XH-3 A, dwa złącza JST XH-3Y,
- złącze JST XH-2A, złącze JST XH-2Y,
- po dwa męskie i żeńskie złącza Mini Micro JST 2 Pin z przewodem o długości 80 mm,
- dwa 8-stykowe gniazda,
- micro switche (przyciski) DIP 4 P 6×6,
- czarny i czerwony przewód,
- płytka drukowana (dokumentacja PCB znajduje się na stronie z projektem – link na końcu artykułu),
- przełącznik kołyskowy,
- dwie gumowe podkładki,
- samogwintujące wkręty M2,
- filamenty do drukarki 3D – drewnopodobny filament PLA, czarny filament z PETG lub PLA, przezroczysty filament z PLA.

Komponenty instalowane w karmniku

Technologia zastosowana w karmniku nie jest skomplikowana i bazuje głównie na module ESP32-CAM. Jest to kompaktowy i bogaty w funkcje moduł bazujący na popularnym SoM ESP32, który w ramach tego rozwiązania został przygotowany do integracji z kamerą. Główne elementy modułu, używane w systemie, obejmują:

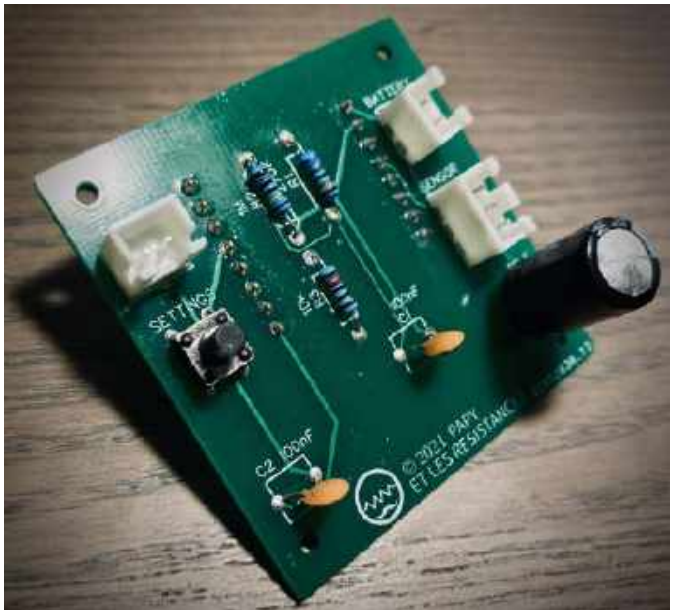
- mikrokontroler ESP32 – 32-bitowy procesor małej mocy z 4 Mb pamięci RAM, Wi-Fi oraz Bluetooth,
- kamera OV2640 z obiektywem o kącie widzenia 160°, podłączona kablem o długości 75 mm do płytki ESP32-CAM,
- zewnętrzna antena Wi-Fi, podłączona do ESP32-CAM, aby zwiększyć zasięg komunikacji,
- wbudowana na płytce lampa błyskowa oraz czytnik kart micro SD nie są używane w tym projekcie

Przez większość czasu ESP32 jest w trybie głębokiego uśpienia, aby minimalizować zużycie energii elektrycznej w systemie. System w karmnika używa następujących wyprowadzeń modułu:

- GPIO 13: wybudzenie z czujnika zasięgu,
- GPIO 14: monitorowanie napięcia akumulatora,
- GPIO 3: przycisk do konfiguracji płytki,
- Zasilanie dostarczane jest przez wyprowadzenie 5 V.

Oprócz modułu ESP32-CAM i kamery, w systemie zastosowano także inne elementy, takie jak:

- Czujnik zbliżeniowy o zasięgu 10 cm firmy Sharp – gdy coś zostanie wykryte w odległości od 2 do 10 cm od sensora, wówczas wyprowadzenie wyjściowe przyjmuje wartość zera logicznego i budzi w ten sposób ESP32 z trybu głębokiego uśpienia. Wybudzony moduł wykonuje zdjęcie i je przetwarza. Autor próbował zastosować również inne czujniki na podczerwień, ale nie sprawdziły się tak dobrze – klasyczny sensor PIR wykrywa wszelkie zmiany nawet na dużej odległości, poruszające się chmury czy gałęzie drzew poruszane przez wiatr i nie nadaje się do tego zadania. Czujnik Sharp wykrywa tylko ruch w odległości 2...10 cm przed sensorem. Jedyną jego wadą jest stały pobór prądu na poziomie 5 mA;
- Zasilanie systemu zapewnia akumulator litowo-jonowy o pojemności 4800 mAh, który jest ładowany przez panele słoneczne. Czasami musi być doładowany np. przez USB, jednak znacznie wydłuża czas pracy systemu. Zastosowany moduł ładowarki bazującej na TP4056 zabezpiecza akumulator przed przeładowaniem i nadmiernym rozładowanie ogniw;
- Włącznik zasilania, który odcina system od baterii;
- Przycisk chwilowy, który jest używany do konfiguracji modułu za pomocą smartfona i specjalnie przygotowanej aplikacji.

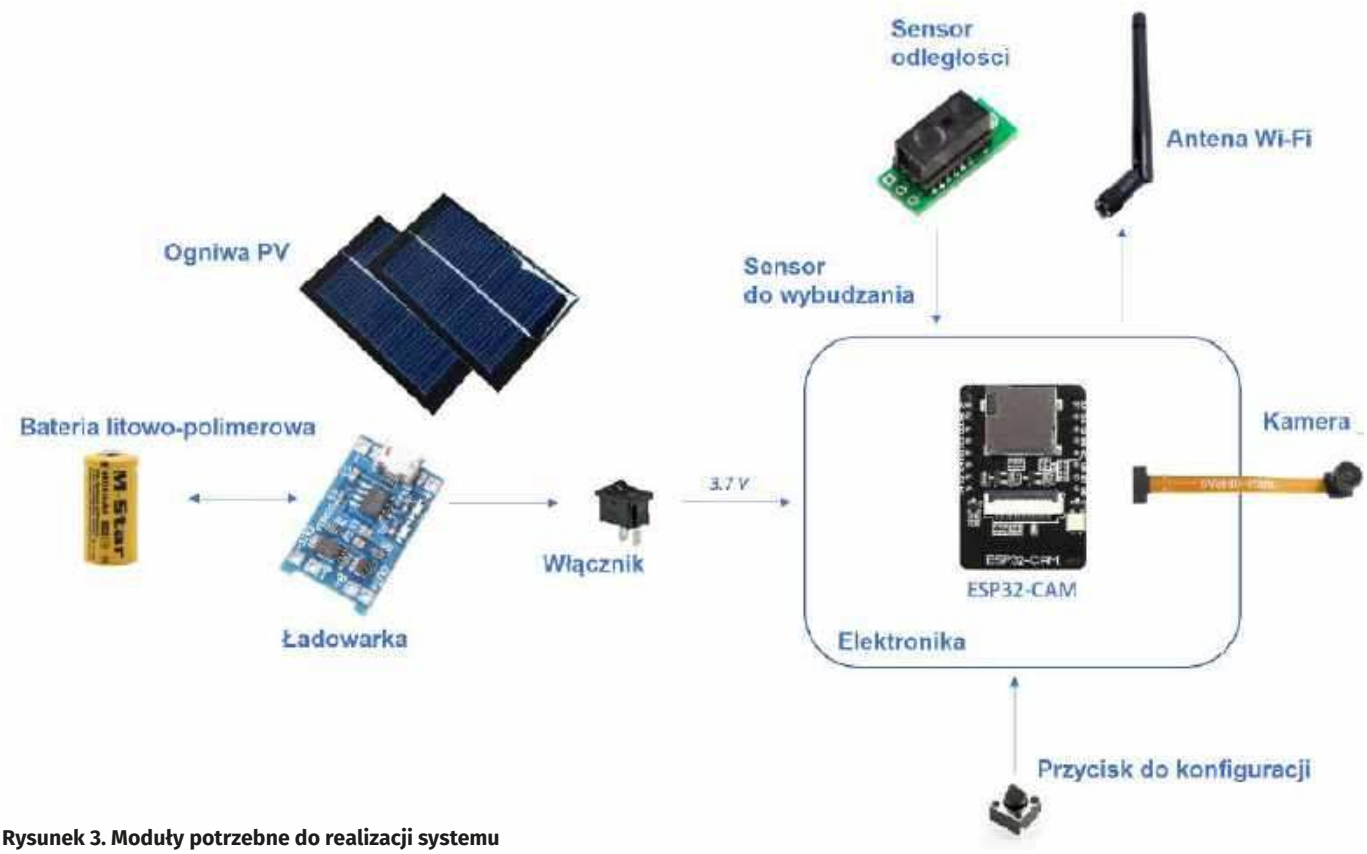


Fotografia 1. Wygląd płytki łączącej komponenty systemu

Energia była jednym z najtrudniejszych problemów przy projektowaniu tego systemu, ponieważ płytka ESP32-CAM wymaga napięcia wejściowego nie niższego niż 3,7 V: oznacza to, że napięcie akumulatora nie może spaść poniżej 70...75% jego maksymalnej wartości. Dlatego też konieczne jest doładowywanie ogniwa, na przykład z paneli PV. W artykule, opisującym ten proces, autor proponuje dwie opcje rozmiaru paneli słonecznych i dachu, który je trzyma:

- Opcja 1 – panele o wymiarach 90×60 mm, które dostarczają po 100 mA każdy. Dla autora (mieszkającego w okolicach

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 3. Moduły potrzebne do realizacji systemu

Paryża), wiosną i latem dostarczały one pod dostatkiem energii i były w stanie doładowywać na bieżąco ogniwo, ale zimą i jesienią słońca było za mało, aby utrzymać układ w ciągłej gotowości.

- Opcja 2 – panele 135×165 mm, które dostarczają po 583 mA każdy. To wydaje się dostateczną opcją dla niemalże dowolnego klimatu.

Budowa układu

Płytka drukowana

Można zbudować własną płytkę elektroniczną np. na płytce uniwersalnej lub użyć dołączonego do projektu pliku Gerber, który zawiera pełny opis układu i który można wyprodukować za około 2 dolary. Płytka zaprojektowana została za pomocą EasyEDA, bardzo wszechstronnego narzędzia z bezpośrednimi linkami do producentów płytek drukowanych. Należy zwrócić uwagę, że płytka ma elementy lutowane po obu stronach:

- strona TOP ma wszystkie elementy pasywne (rezystory, kondensatory), przycisk, złącze zasilania włącznik, złącze ładowarki (JST XH-2A) i złącze czujnika (JST-3A),
- strona BOTTOM ma dwa 8-stykowe żeńskie gniazda na goldpiny, w których zostanie umieszczony moduł ESP32-CAM.

Zasilanie i ładowanie

Moduł ładowarki i zasilania powinien być podłączony do reszty systemu. Autor rekomenduje zastosowanie czarnych i czerwonych przewodów, aby nie było niejasności w połączeniu i ryzyka zwarcia baterii (co wiąże się z ryzykiem pożaru lub wybuchu ogniwa). Do podłączenia zastosowano dwie pary złączy micro JST PH 2.0 do podłączenia wejść plus i minus modułu do paneli słonecznych. Złącza te można kupić wraz z przewodami, więc wystarczy przylutować przewody męskie do paneli słonecznych i żeńskie do wejść plus i minus modułu. Należy upewnić się, czy czerwony (plus) i czarny (minus) podłączono do odpowiednich miejsc na PCB modułu ładowarki.

Następnie do modułu dołączyć można baterię. Wystarczy przylutować dwa przewody pomiędzy wyprowadzeniami B+ i B– na module i dołączyć je do uchwytu baterii (znaki + i – na uchwycie baterii mogą być mało widoczne). Finalnie należy dwa przewody, podłączone do złącza JST XH-2Y, podłączyć do złącza przeznaczonego dla baterii na głównej płytce elektronicznej systemu. Czerwone i czarne przewody ze złączami JST PH 2.0 należy zlutować także z ogniwami fotowoltaicznymi. Pozwoli to podłączyć je do płytki modułu ładowarki.

Sensory

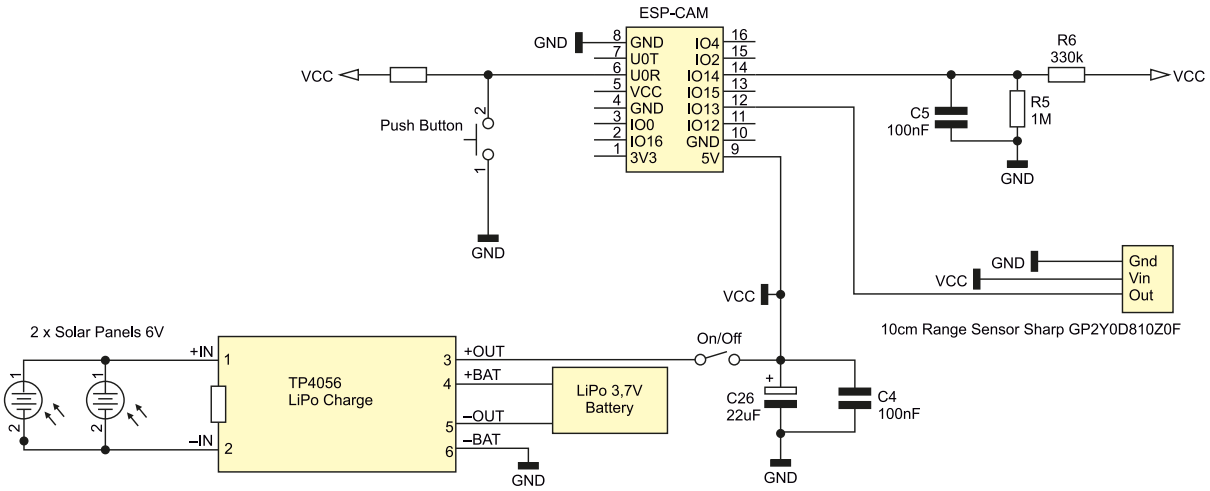
Do podłączenia sensora odległości potrzebne są zaledwie trzy przewody. Dobrze jest zastosować trzy różne kolory, najlepiej zachowując czarny i czerwony dla masy i zasilania. Z jednej strony przewodu instalowane jest żeńskie złącze Dupont, a z drugiej strony przewód zakończony jest złączem JST XH-3Y. Łącząc ze sobą przewody i złącza, należy zwrócić uwagę na kolejność sygnałów po obu stronach – ich kolejność jest różna.

Moduł ESP32-CAM

W pierwszej kolejności do modułu należy podłączyć antenę zewnętrzną. Ta operacja może być nieco trudna, ale korzystając z poniższego poradnika, można to zrobić z łatwością. Zasadniczo należy zmienić pozycję malutkiego rezystora wybierającego antenę z pozycji wybierającej antenę na płytce na pozycję łączącą z gniazdem zewnętrznej anteny. Można to zrobić w 5 krokach:

1. Należy nałożyć trochę topnika na rezystor, gdy lutownica się nagrzewa. Oczywiście biorąc pod uwagę wielkość rezystora, dobrze jest mieć dużą lampę powiększającą;
2. Można teraz położyć lutownicę na rezystorze, a gdy spoiwo się stopi, należy usunąć rezystor grotem lutownicy lub pęsetą;
3. Ponownie umieszczamy trochę topnika teraz na padach odpowiadających konfiguracji anteny zewnętrznej i lutujemy, dodając odrobinę cyny;
4. Odcinamy krótki kawałek cienkiego drutu i umieszczamy go między wyżej wymienionymi punktami za pomocą pęsety, jednocześnie umieszczając tam lutownicę. Spoiwo powinno się stopić i utrzymać kawałek drutu na miejscu. Płytka zmodyfikowana w ten sposób została pokazana na **fotografii 2**;
5. Finalnie, można przyciąć drut – modyfikacja jest gotowa.

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 4. Schemat ideowy systemu

Ostatecznie można kontynuować pracę z anteną wewnętrzną, jednak zasięg może nie być wystarczający do najbardziej ekstremalnych implementacji karmnika. Po podłączeniu zewnętrznej anteny do modułu należy ostrożnie dołączyć kamerę OV2640 za pomocą płaskiej, specjalnie przygotowanej taśmy.

Uwaga dotycząca złączy

Poszczególne złącza JST nie są tak naprawdę obowiązkowe, można je zastąpić dowolnymi innymi złączami, które łatwiej znaleźć, już z zarobionymi przewodami, bez konieczności ich zaciskania. Można nawet przylutować przewody bezpośrednio do płytek bez żadnego złącza, ale wtedy traci się możliwość demontażu układu.

Autor rekomenduje dodatkowe izolowanie włącznika i kabli z baterii z zastosowaniem koszulek termokurczliwych, które uchronią przewody przed wszelkimi zwarciami czy kontaktami z innymi elementami. Zwarcie na baterii LiPo może wywołać pożar lub jej wybuch.

Oprogramowanie karmnika IoT

Do opracowania oprogramowania w języku C zastosowano środowisko Arduino IDE. Musi być ono skonfigurowane do programowania modułu ESP32-CAM od firmy AI-Thinker. Dodatkowo potrzebny będzie kabel z układem FTDI – konwerter USB-UART, do programowania. Po zaopatrzeniu się w te elementy można przygotować środowisko dla oprogramowania Bird Feeder.

Na komputerze należy utworzyć folder o nazwie Bird Feeder i skopiować do niego wszystkie pliki dołączone do projektu (link na końcu artykułu). Główny pik szkicu to plik *BirdFeeder.ino* (**listing 1**). Na tym etapie nie jest wymagana zmiana parametrów konfiguracyjnych w skrypcie, zostanie to wykonane później za pośrednictwem aplikacji. Należy teraz skompilować i załadować plik binarny do modułu ESP32-CAM.

Kod nie jest zorientowany obiektowo, ale ma strukturę modułową. Głównym modułem jest *BirdFeeder.ino*, zawiera funkcje *setup()* i *loop()*. Sekwencja *setup()* konfiguruje poszczególne komponenty w systemie:

1. ESP32 budzi się z trybu wyłączenia zasilania lub ze stanu uśpienia przez sensor zbliżeniowy. W tym drugim przypadku rejestr B musi zostać przywrócony, ponieważ był używany przez Wi-Fi i pozostaje niezmieniony podczas uśpienia.
2. Karta SD nie jest używana i musi zostać wyłączona w celu ponownego użycia powiązanych wyprowadzeń GPIO.
3. Teraz można użyć wejścia analogowego do odczytania poziomu naładowania baterii. Pomiar nie jest zbyt dokładny, ale wystarczający do oceny poziomu naładowania akumulatora.
4. Lampa błyskowa LED jest wyłączona i nie jest używana.
5. Z pamięci EEPROM są odczytywane zapamiętane ustawienia.
6. Odczytywany jest stan przycisku, jeśli jest wciśnięty, system wchodzi w tryb ustawień, jeśli nie, kontynuuje normalnie pracę.
7. W trybie ustawień ESP32 tworzy punkt dostępowy Wi-Fi (ssid: BirdFeeder-Access-Point, hasło:123456789) i czeka na parametry z aplikacji do momentu zresetowania płytki.
8. Jeśli nie jest w trybie ustawień, wykonuje początkowe zdjęcie.
9. Następnie uruchamia się Wi-Fi i można kontynuować przesyłanie zdjęć do bazy danych Firebase w czasie rzeczywistym. Przesyłany jest również status Wi-Fi i stan baterii. Zdjęcie jest niemal natychmiast dostępne na smartfonie.
10. Po zakończeniu ESP32 wraca do stanu uśpienia, czekając na ponowne wyzwolenie przez czujnik.

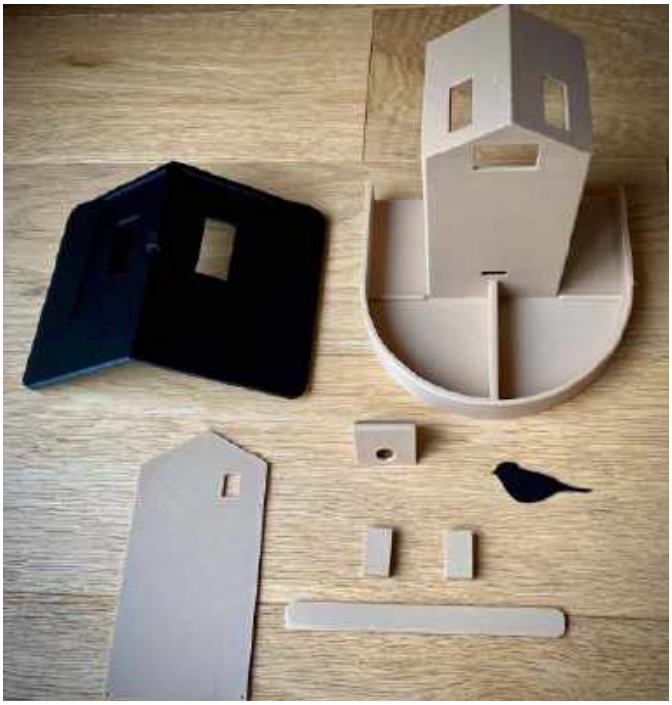
Pozostałe pliki pełnią funkcję bibliotek pomocniczych, gdzie zaimplementowano poszczególne funkcjonalności:

- *Battery.ino*, *Battery.h*: służy do odczytu stanu baterii. Nie jest to rozwiązanie nazbyt precyzyjne, ale wystarczy w zupełności do oceny jakości baterii i stopnia jej naładowania.
- *Camera.ino*, *Camera.h*: ustawienia aparatu i robienia zdjęć.
- *Eeprom.ino*, *Eeprom.h*: zapamiętuje parametry przesyłane przez aplikację Happy Birds, które muszą być przechowywane w pamięci stałej. Ten moduł obsługuje służącą do tego kość EEPROM.
- *Firebase.ino*, *firebase.h*: funkcje dostępu do bazy danych i pamięci masowej Google Firebase.
- *Registers.ino*, *Registers.h*: wyłącza wykrywanie spadku napięcia i zarządza rejestrem B, aby móc prawidłowo korzystać z Wi-Fi.
- *Setup.ino*, *Setup.h*: moduł uruchamiany, gdy karmnik jest w trybie ustawień. W tym trybie ESP32 tworzy punkt dostępowy i czeka na odebranie parametrów z aplikacji.
- *Wifi.ino*, *Wifi.h*: zarządza połączeniami Wi-Fi modułu, mierzy siłę sygnału i dba o to, aby Wi-Fi uruchamiane było tylko wtedy, gdy jest potrzebne, gdyż pobiera dużo energii.

Fotografia 2. Modyfikacja w obwodzie anteny modułu

Autor odradza wprowadzanie zmian do kodu z dwóch powodów. Głównym powodem jest kompatybilność z aplikacją, ale z drugiej strony ważny jest

eprasa.pl f1935705aa



Fotografia 3. Wydrukowane w technice 3D elementy karmnika

Fotografia 4. Wstępnie złożone elementy karmnika

poziom optymalizacji programu. ESP32-CAM to fajna, ale nietypowa płytka, w której wyprowadzenia GPIO bywają dosyć trudne do prawidłowego użycia, ponieważ są dzielone między kilka funkcji. Kolejność wykonywania linii w programie ma duże znaczenie.

Karmnik może przesłać do 200 zdjęć, które są trwale przechowywane w chmurze Google. Dzięki aplikacji można je zapisywać w swoim lokalnym albumie, udostępniać za pośrednictwem sieci społecznościowych, w tym specjalnie przygotowanej sieci Happy Birds. Po osiągnięciu limitu konieczne jest zwolnienie miejsca na dysku poprzez usunięcie niektórych zdjęć z poziomu aplikacji. Ograniczenie przestrzeni wynika z faktu, że jest to darmowa aplikacja. Autor zapowiada, że jeśli ten projekt okaże się sukcesem, przeskaluje całość, co najpewniej przełoży się na zwiększenie dostępnej pojemności, jak i rozbudowę sieci społecznościowej związanej z systemem.

Budowa karmnika i integracja elementów elektronicznych

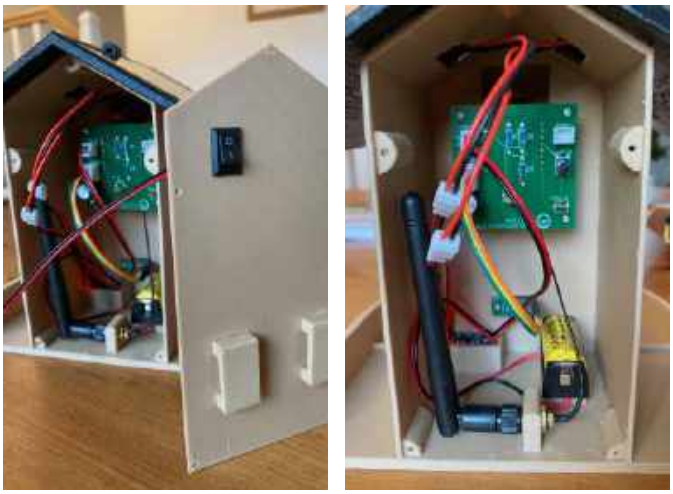
Bird Feeder został zaprojektowany w programie Fusion 360. Model składa się z kilku elementów, które trzeba wydrukować osobno. Autor użył trzech różnych rodzajów filamentu do druku, ale oczywiście finalna decyzja należy do osoby wykonującej urządzenie. Zastosowano filament z drobinkami drewna (SUNLU WOOD 1,75 mm). Dzięki temu karmnik wygląda niemalże jak wykonany z drewna. Elementy wydrukowane za pomocą tego filamentu to: główna część, wspornik kamery, tylna klapa, prowadnice i wspornik. Z czarnego filamentu (SUNLU PLA+ 1,75 mm) wykonano dach i ozdobny emblemat na karmnik. Ostatnie elementy – prawy i lewy karmnik – wykonano ze wzmocnionego filamentu z PETG (ERYONE PETG Clear 1,75 mm). Wydrukowane elementy karmnika pokazano na **fotografii 3**.

Nic oczywiście nie stoi na przeszkodzie, aby zbudować taką konstrukcję z drewna. Wymiary elementów dostępne są w projekcie (link na końcu artykułu), co powinno pomóc w wykonaniu bardziej „klasycznego" karmnika.

Wszystkie elementy trzeba ze sobą skleić. Wspornik kamery wkleja się z przodu karmnika, w pasujący do niego otwór z przodu. Dach umieszcza się oczywiście na górze, a ozdobnego ptaszka przykleić można z przodu, centralnie na karmniku (**fotografia 4**). Następnie na tylne drzwi nakleić można prowadnice, a w środku umieścić elektronikę (**fotografia 5**). Po odczekaniu ok. 24 godzin, aż klej wyschnie, można spryskać poszczególne części lakierem (dla ochrony zewnętrznej). Przed nałożeniem lakieru warto wypróbować go na elementach z danego materiału w niewidocznej ich części, aby upewnić się, czy nie dochodzi do niepożądanej reakcji chemicznej pomiędzy PLA/PETG a lakierem, przez co plastik może wyblaknąć, zmięknąć czy w inny sposób stracić swoje własności.

Następnie można przykleić panele słoneczne do dachu. Przewody powinny przechodzić przez dach. Kolejnym krokiem jest zamocowanie uchwytu do baterii za pomocą wkrętów samogwintujących M2. Finalnie można umieścić moduł ESP32-CAM na płytce drukowanej. Po zakończeniu montażu należy sprawdzić wszystkie połączenia. Należy także uszczelnić przejścia przewodów, wyprowadzenie kamery i inne miejsca, przez które ewentualna wilgoć mogłaby dostać się do środka urządzenia.

Wystawienie paneli słonecznych na działanie słońca lub światła powinno zapalić czerwoną diodę modułu ładowarki. Dołączenie micro-USB do zewnętrznego zasilania powinno również zapalić tę samą czerwoną diodę LED. Gdy bateria jest pełna, dioda LED zmienia kolor na niebieski. Po włączeniu systemu przyciskiem zasilania należy odczekać chwilę – ok. 1...2 minuty i położyć rękę przed czujnikiem, tuż nad obszarem karmienia – czerwona dioda LED powinna zaświecić się na czujniku, wewnątrz karmnika. Jeśli tak się stało, to znaczy, że urządzenie działa poprawnie.



Fotografia 5. Karmnik podczas montażu

eprasa.pl f1935705aa

Aplikacja mobilna

Aplikacja Happy Birds jest dostępna na urządzenia z systemem iOS w App Store oraz na urządzenia z systemem Android w Google Play. Jest w pełni darmowa. Na tym etapie należy ją pobrać i zainstalować na smartfonie lub tablecie, z którego korzystać będziemy oraz postępować zgodnie z kolejnymi instrukcjami. W zależności od ustawień aplikacja używa języka angielskiego lub francuskiego i działa w trybie jasnym i ciemnym. Można zmienić aktualny język lub tryb, przechodząc do ustawień telefonu (nie do ustawień aplikacji). Aby utworzyć konto, należy kliknąć przycisk *Register* (na dole pierwszej strony) i wypełnić formularz swoimi danymi wraz z e-mailem i hasłem. Jeśli rejestracja się powiedzie, przejdziemy na stronę ustawień.

Konfiguracja karmnika z aplikacją jest bardzo prosta. Dokładna instrukcja dostępna jest w postaci pliku pdf na stronie z projektem. Przed rozpoczęciem procesu konfiguracji należy naładować akumulator lub kontynuować z podłączoną ładowarką. Należy wejść w menu ustawień i kliknąć na przycisk *Bird Feeder + phone Setup*. System wchodzi teraz w tryb ustawień karmnika. Należy postępować zgodnie z instrukcjami wyświetlanymi na ekranie:

1. Należy wyłączyć karmnik i odkręcić tylną ścianę.
2. Teraz możemy nacisnąć przycisk ustawień i włączyć karmnik.
3. Potem przechodzimy do ustawień Wi-Fi w telefonie i łączymy się z siecią BirdFeeder-Access-Point (hasło to 123456789).
4. W aplikacji należy wprowadzić identyfikator SSID i hasło sieci Wi-Fi, do której podłączyć ma się karmnik podczas normalnej pracy. Można teraz zatwierdzić ustawienia i zapisać je w systemie.

Po krótkiej chwili (może to zająć kilka sekund) pojawi się komunikat potwierdzający pomyślną konfigurację. Można teraz wyłączyć karmnik i włączyć ponownie w normalnym trybie. Po tym należy podłączyć telefon do tego samego Wi-Fi i uruchomić aplikację.

Na tym etapie karmnik dla ptaków działa. Po nie więcej niż 1 minucie jest on już gotowy do testowania – wystarczy przysunąć rękę do sensora na odległość mniejszą niż 10 cm, a karmnik powinien wykonać zdjęcie, które zobaczymy w aplikacji. Jeśli tak jest, można zamknąć tylne drzwi śrubami i umieścić urządzenie w ogrodzie lub na balkonie.

Użytkowanie

Aplikacja powstała przy użyciu Fluttera, otwartej platformy Google do tworzenia aplikacji wieloplatformowych z jednego kodu źródłowego. To całkiem wygodne i łatwe rozwiązanie. Autorowi nauczenie się podstaw zajęło kilka tygodni, sama aplikacja powstawała jednak znacznie dłużej. Jest ona w tym momencie na etapie tzw. MVP (*Minimum Viable Product*), co oznacza, że jest to jej pierwsza wersja z zestawem podstawowych krytycznych funkcji:

- Odbiór i przechowywanie zdjęć ptaków nadesłanych przez karmnik;
- Zdjęcia mogą być również wykonywane przez aplikację (nie ma potrzeby stosowania karmnika);
- Biblioteka zdjęć ptaków do pomocy w ich identyfikacji;
- Udostępnianie za pomocą WhatsApp i Instagrama;
- Pamięć lokalna w albumie;
- Udostępnianie w sieci Happy Birds, w tym w strefie czatu;
- Odkrycie wszystkich karmników dla ptaków, udostępniających zdjęcia i zlokalizowanych na mapie geograficznej świata (uwaga: dokładność lokalizacji obniżona do 3 km w celu zachowania anonimowości);
- Dostępne tryby jasny i ciemny;
- Dostępny w języku angielskim i francuskim.

Podsumowanie

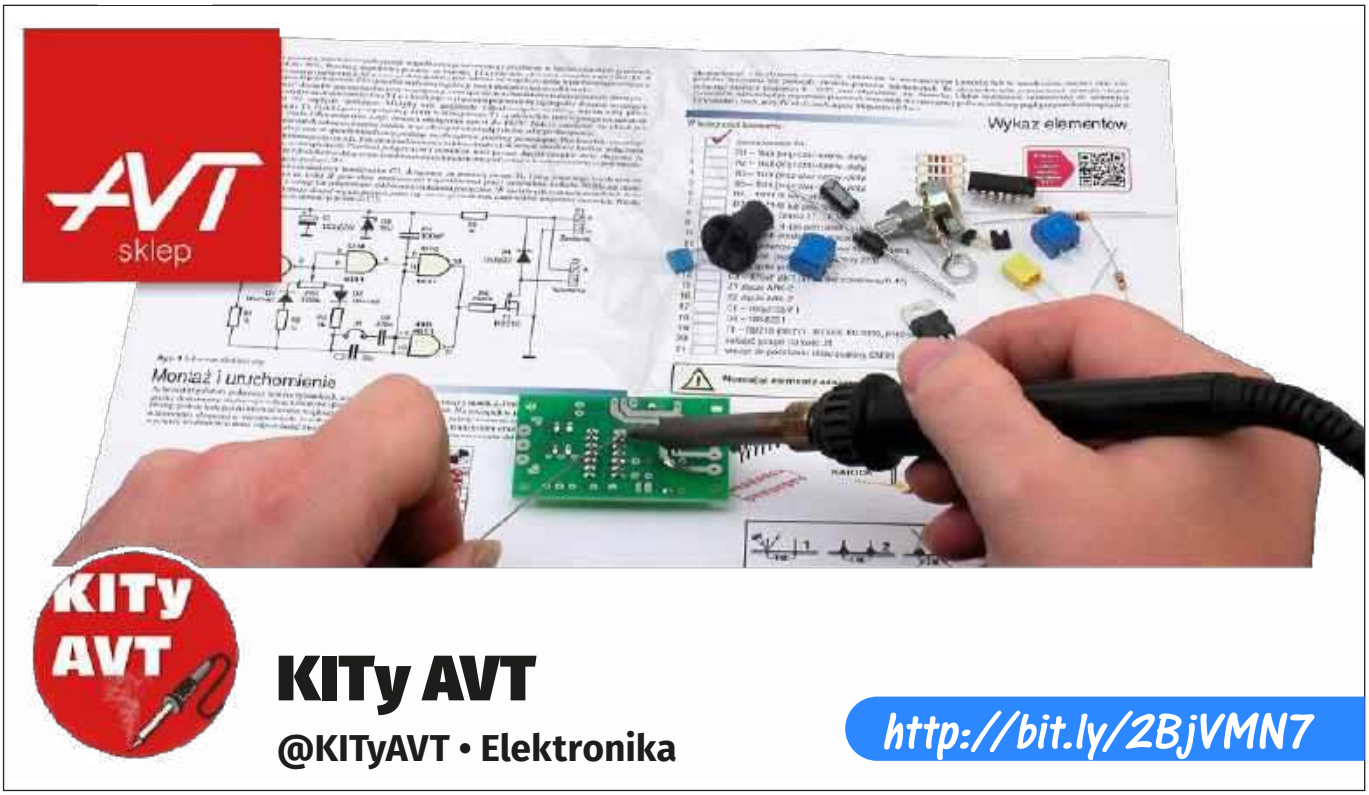
Autor konstrukcji, jak i redakcja EP mają nadzieję, że ten ciekawy projekt spotka się z zainteresowaniem. Z łatwością można zbudować własny karmnik dla ptaków i dołączyć do sieci Happy Birds. Jeśli rozwój sieci się powiedzie, autor planuje dodanie większej liczby funkcji w aplikacji. Zachęca też użytkowników do przesyłania mu swoich opinii, dotyczących znalezionych błędów, sugestii nowych funkcji i innych.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło https://bit.ly/3Hd8g9a

Ze względu na znaczną objętość, listing 1 jest dostępny w materiałach dodatkowych do artykułu.

REKLAMA



eprasa.pl f1935705aa

Zasilacze modułowe

Zasilacz jest bez wątpienia jednym z najistotniejszych bloków każdego urządzenia elektronicznego. Oprócz zapewnienia podstawowych parametrów wyjściowych – napięcia znamionowego, maksymalnego prądu obciążenia, mocy oraz sprawności, od współczesnych zasilaczy konstruktorzy oczekują także spełnienia szeregu innych warunków. Odporność na warunki środowiskowe, możliwość pracy w szczególnie wymagających aplikacjach (np. medycznych) czy też tak prozaiczne parametry, jak rozmiary, masa, sposób chłodzenia i metoda instalacji w docelowym urządzeniu – potrzeby są duże, a to jak zawsze prowadzi do sporej konkurencji w tym segmencie rynku.

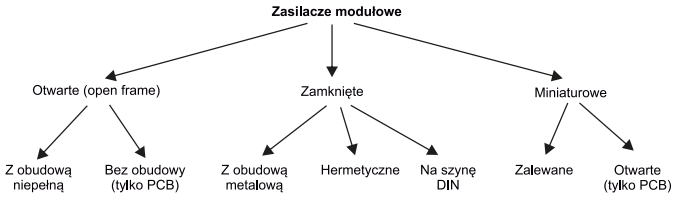
Zasilacze modułowe są doskonałą alternatywą zarówno dla obwodów budowanych od podstaw dla danego urządzenia, jak i dla zasilaczy wtyczkowych, chętnie stosowanych głównie w niewielkim sprzęcie codziennego użytku. Zanim przejdziemy do bardziej szczegółowych zagadnień technicznych, podsumujmy krótko najważniejsze korzyści płynące z zastosowania modułowych źródeł energii w projektowanych urządzeniach elektronicznych.

Zalety stosowania zasilaczy modułowych

Zasilacze modułowe stanowią prawie idealne rozwiązanie dla konstruktorów urządzeń elektronicznych w różnych branżach. Przemawia za tym:

1. **Łatwość integracji** – zastosowanie gotowego zasilacza modułowego sprowadza się (w zdecydowanej większości przypadków) do podłączenia zaledwie kilku przewodów (w odniesieniu do zasilaczy typu open frame) lub ścieżek (jeżeli mowa o zasilaczach montowanych na PCB docelowego urządzenia). Oprócz bezpiecznika, gniazda lub przewodu sieciowego oraz opcjonalnego wyłącznika, do pracy większości tego typu produktów nie są potrzebne żadne dodatkowe komponenty. Niektóre prostsze modele, zwłaszcza ultrakompaktowe zasilacze THT, wymagają zapewnienia kilku elementów dodatkowych (głównie do filtracji zakłóceń sieciowych czy też zabezpieczenia przeciwprzepięciowego), jednak większe zasilacze zwykle są już wyposażone we wszelkie niezbędne podzespoły – w tym kompletne filtry sieciowe EMI, warystory, itd.
2. **Obniżenie kosztów i skrócenie czasu certyfikacji** – markowe zasilacze modułowe mają komplet dokumentacji certyfikacyjnej, która znacząco skraca proces oceny zgodności urządzenia końcowego i zmniejsza jego koszty. Oprócz znacznej redukcji ryzyka uzyskania negatywnego wyniku badań bezpieczeństwa elektrycznego i EMC (który wiąże się zawsze z niemałymi kosztami z uwagi na ponowienie tych samych badań po wprowadzeniu niezbędnych poprawek w projekcie), dokumentacja zasilacza może także uprościć sam proces oceny [1].
3. **Niezawodność** – zasilacze modułowe są poddawane szeregowi rozmaitych badań środowiskowych i obciążeniowych, dzięki czemu konstruktorzy korzystający z gotowych źródeł zasilania otrzymują rozwiązanie sprawdzone w pełnym zakresie parametrów pracy. Przemysłowe zasilacze wysokiej klasy są w stanie wytrzymać nie tylko spore wahania temperatur, ale także niemałe przeciążenia i wibracje, co zyskuje szczególne znaczenie np. w maszynach obróbczych, w których drgania i wstrząsy stanowią naturalny czynnik środowiskowy.
4. **Uproszczenie prac serwisowych** – kolejną zaletą zasilaczy modułowych jest znaczące uproszczenie procesu serwisowania sprzętu.

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 1. Podział zasilaczy modułowych ze względu na konstrukcję

Wymiana całego zasilacza (w przypadku, gdy to on uległ awarii) jest zwykle nieporównanie prostsza i szybsza niż naprawa obwodów sieciowych zintegrowanych na płycie drukowanej urządzenia. Skrócenie czasu naprawy ma kluczowe znaczenie zwłaszcza w warunkach fabrycznych, w których każdy przestój generuje realne straty i dezorganizuje proces produkcji.

Nieliczne wady

Nieprzypadkowo we wstępie poprzedniego akapitu użyliśmy słowa „prawie", które – w myśl popularnego hasła czyni nierzadko sporą różnicę. Istnieją bowiem dwa główne ograniczenia użycia zasilaczy modułowych:

1. **Koszty przy produkcji masowej** – produkcja wielkoseryjna rządzi się własnymi prawami, w przypadku urządzeń elektronicznych każdy, nawet najmniejszy element powoduje wyraźny wzrost całkowitych kosztów wytworzenia produktu. Integracja obwodów zasilania na płycie urządzenia docelowego pozwala znacząco obniżyć kosztorys jednostkowy, zaś wymierne korzyści można uzyskać nawet pomimo jednoczesnego zwiększenia nakładów niezbędnych na opracowanie i certyfikację urządzenia. Innymi słowy, dodatkowe koszty związane z przeprowadzeniem procesu projektowania, testów wewnętrznych i badań laboratoryjnych w ogólnym rozrachunku zazwyczaj „utoną" wśród korzyści, uzyskanych dzięki rezygnacji z gotowego zasilacza modułowego na rzecz opracowania własnego rozwiązania. Dlatego też w niedrogich urządzeniach produkowanych na masową skalę próżno szukać markowych zasilaczy modułowych od czołowych wytwórców.
2. **Elastyczność** – o ile szeroka oferta dostępnych na rynku zasilaczy modułowych znakomicie ułatwia wybór rozwiązania możliwie najbardziej zbliżonego do potrzeb większości aplikacji, o tyle w przypadku rozwiązań nietypowych (np. zasilaczy wysokonapięciowych, niskoszumnych czy zapewniających ultraniski poziom prądów upływu) konstruktorzy mogą natrafić na niemałe problemy ze znalezieniem odpowiedniego, gotowego do użycia rozwiązania. W takich przypadkach można wybrać jedną z dwóch ścieżek projektowych – zastosować gotowy zasilacz najbardziej zbliżony do stawianych mu wymagań i „obudować" go odpowiednimi układami dodatkowymi w celu osiągnięcia zadanych parametrów bądź opracować nowe rozwiązanie całkowicie od podstaw.

Podział zasilaczy ze względu na konstrukcję

Dostępne na rynku zasilacze modułowe można podzielić na kilka głównych grup – schematyczny, uproszczony podział został pokazany na **rysunku 1**.

Zasilacze open frame można uznać za najszerszą grupę modułowych źródeł zasilania, przeznaczonych do zabudowy w urządzeniach docelowych. Mniejsze zasilacze o mocy rzędu kilkunastu...kilkudziesięciu watów są w większości przypadków oferowane w postaci płytki drukowanej pozbawionej jakiejkolwiek obudowy (**fotografia 1**), zaś modele o większej mocy można zwykle spotkać w wersji z obudową niepełną, tj. pozbawioną pokrywy (**fotografia 2**). Swego rodzaju „wersją przejściową" są modele z obudową zredukowaną do... samej tylko podstawy montażowej, czyli chassis (**fotografia 3**).

Zasilacze otwarte mogą wymagać aktywnego chłodzenia przez wymuszony obieg powietrza, wiele z nich jednak pracuje nawet bez wentylatora – wystarczy zapewnić odpowiednie otwory wentylacyjne w obudowie i zalecaną przez producenta przestrzeń wokół modułu. W przypadku zasilaczy w obudowach niepełnych uformowanych z grubej, perforowanej lub litej blachy (**fotografia 4**) zadaniem osłony jest nie tylko mechaniczne mocowanie zasilacza, ale także częściowe ekranowanie i – co ważne, zwiększenie powierzchni chłodzenia pasywnego (blacha stanowi zwykle radiator dla tranzystorów kluczujących). Warto pamiętać, że jeżeli zasilacz wymaga chłodzenia wymuszonego, konstrukcja PCB i kierunek zagięcia blachy pełniącej funkcję obudowy określają kierunek wlotu strumienia powietrza – projektując obudowę, warto trzymać się ściśle zaleceń montażowych producenta, co pozwoli zachować optymalne warunki odprowadzania ciepła. Co więcej, należy zwrócić uwagę na ewentualne zapisy w specyfikacji technicznej, dotyczące radiatorów (o ile

Fotografia 2. Przykład zasilacza open frame z niepełną obudową (Digital Power Corp., http://bit.ly/3FF2bkA)

Fotografia 1. Zasilacz open frame bez obudowy (Mean Well, http://bit.ly/3nuS9w1)

Fotografia 3. Zasilacz open frame z płytą podstawy (CUI, http://bit.ly/34XmLzR)

eprasa.pl f1935705aa

Fotografia 4. Zasilacz open frame w obudowie niepełnej bez perforacji (FSP, http://bit.ly/3tBjnVw)

Fotografia 5. Zasilacz closed frame w obudowie z blachy perforowanej z chłodzeniem pasywnym (konwekcyjnym) marki Traco Power (http://bit.ly/3A5rcUL)

są one rozdzielone pomiędzy poszczególnymi sekcjami) – w przypadku niektórych zasilaczy zwarcie radiatorów (np. przez metalową obudowę urządzenia) jest niedopuszczalne. Wtedy należy obowiązkowo zapewnić odpowiedni – wymagany normami dla danej grupy urządzeń, odstęp izolacyjny pomiędzy radiatorami a pokrywą.

Zasilacze zamknięte stanowią szeroką i mocno zróżnicowaną grupę produktów, przeznaczonych do pracy w rozmaitych aplikacjach – od oświetlenia LED, poprzez instalacje automatyki przemysłowej, aż po systemy medyczne czy serwerownie. Zasilacze w zamkniętych obudowach metalowych to zwykle moduły o mocy wyjściowej przekraczającej 100 W. Te o mniejszej mocy są zazwyczaj wyposażone w perforowane obudowy chłodzone konwekcyjnie, czyli swobodnym przepływem powietrza (**fotografia 5**) lub strumieniem wymuszonym przez zewnętrzny wentylator. Modele o mocy wyjściowej rzędu kilkuset watów bywają często uzupełniane o wbudowany wentylator (**fotografia 6**), co znakomicie upraszcza konstrukcję mechaniczną urządzenia i zmniejsza liczbę dodatkowych połączeń elektrycznych w porównaniu do rozwiązań korzystających z osobnego wentylatora. W zestawieniu z zasilaczami open frame, istotnymi zaletami zamkniętej obudowy jest znacznie lepsze ekranowanie elektroniki zasilacza (co zapewnia ochronę przed emisją zakłóceń na zewnątrz, ale także zmniejsza poziom interferencji „odczuwany" przez układy znajdujące się wewnątrz obudowy urządzenia) oraz zabezpieczenie przed przypadkowym zwarciem w przypadku mechanicznego uszkodzenia okablowania wewnętrznego [2].

Fotografia 6. Zasilacz w obudowie z wentylatorem (Mean Well, http://bit.ly/3tMRxGb)

Fotografia 7. Zasilacz hermetyczny do systemów oświetlenia LED z serii GPV-100 (GLP, http://bit.ly/3frroEg)

Do grupy zasilaczy zamkniętych należą także popularne zasilacze modułowe przeznaczone do aplikacji w systemach oświetlenia LED. W pomieszczeniach o dużej wilgotności (np. łazienkach i kuchniach), a także na zewnątrz budynków doskonale sprawdzają się zasilacze hermetyczne. Z uwagi na niekorzystne warunki chłodzenia (jedyną dostępną drogą utraty ciepła jest jego przewodzenie przez obudowę) moduły w osłonach tworzywowych mają niezbyt dużą moc wyjściową (zwykle na poziomie kilkunastu...kilkudziesięciu watów, czasem około 100 W – **fotografia 7**). Znacznie lepsze osiągi (rzędu 300 W i więcej) uzyskują z oczywistych przyczyn moduły montowane w obudowach z wytłaczanego aluminium (**fotografia 8**). Najczęściej spotykane na rynku zasilacze hermetyczne mają klasę szczelności IP67 i są wyposażone w przyłącza w postaci przewodów wyprowadzonych fabrycznie poza boczne ścianki obudowy.

Zasilacze w obudowach na szynę DIN (**fotografia 9**) stanowią najczęstszy wybór wśród projektantów systemów automatyki przemysłowej, maszyn CNC, instalacji budynkowych montowanych w znormalizowanych rozdzielniach, itp. Z uwagi na zakres zastosowań markowe modele przetwornic AC/DC są odporne na trudne warunki otoczenia, w tym wspomniane wcześniej wibracje i duże wahania temperatur. Co ważne, większość tego typu produktów jest też przeznaczona do pracy ciągłej. Zasilacze na szynę DIN często współpracują z falownikami, sterownikami PLC, panelami operatorskimi i komputerami przemysłowymi, stąd występują przeważnie w „standardowym" zakresie napięć, tj. 5 V, 12 V, 24 V i 48 V.

Fotografia 8. Zasilacz wodoodporny IP67 w obudowie metalowej do systemów oświetlenia LED (GLP, http://bit.ly/33oYG4n)

eprasa.pl f1935705aa

Fotografia 9. Zasilacz na szynę DIN (Mean Well, http://bit.ly/324vsHr)

Zasilacze (sub)miniaturowe są przeznaczone do montażu na płycie drukowanej docelowego urządzenia. Większość produktów z tej kategorii to kompaktowe moduły zalewane z wyprowadzeniami dostosowanymi do montażu przewlekanego (**fotografia 10**), rzadziej powierzchniowego (**fotografia 11**). Wraz z postępującą miniaturyzacją transformatorów impulsowych, związaną ze wzrostem częstotliwości kluczowania przetwornic AC/DC, zasilacze montażowe sukcesywnie zmniejszają swoje rozmiary, dzięki czemu na rynku dostępne są już rozwiązania subminiaturowe, których wymiary nie przekraczają 30 mm w żadnej osi (!). Jako przykład przywołajmy tutaj serię niewiarygodnie wręcz małych zasilaczy marki CUI oznaczoną PBO-3C (fotografia 12). Ten superkompaktowy moduł ma wymiary zaledwie 26,4×15,4×11,0 mm i – co ciekawe, zamiast konwencjonalnych wyprowadzeń drutowych ma specjalne wypustki na jednym z dłuższych brzegów PCB, co dodatkowo redukuje całkowite rozmiary konstrukcji.

Fotografia 10. Zasilacz kompaktowy do montażu THT (Traco Power, http://bit.ly/3KiPPBW)

Fotografia 11. Miniaturowy zasilacz do montażu SMT (Mean Well, http://bit.ly/33Cyovl)

Fotografia 12. Zasilacz subminiaturowy do montażu THT (CUI, http://bit.ly/3qtEas9)

Fotografia 13. Zasilacz modułowy w obudowie ze złączami śrubowymi typu ARK (MeanWell, http://bit.ly/3IqUsZd)

Złącza wejściowe/ wyjściowe zasilaczy

Dość istotnym zagadnieniem z uwagi tak na wygodę, jak i bezpieczeństwo oraz niezawodność połączeń wykonanych pomiędzy zasilaczem a resztą urządzenia, jest rodzaj obecnych w nim złączy wejściowych (sieciowych [3]) i wyjściowych.

- **Terminale śrubowe** – część zasilaczy korzysta z klasycznych złączy typu *terminal block* (popularnie zwanych ARK) o rastrze 5,0 mm lub innym (**fotografia 13**) – rozwiązanie to, choć proste w użyciu i dobrze znane, sprawdza się jednak głównie w niewielkich zasilaczach o niewielkim prądzie obciążenia i to przy użyciu przewodów o niezbyt dużym przekroju. Większe zasilacze są wyposażone najczęściej w solidne złącza barierowe (**fotografia 14**), które oprócz dużej obciążalności prądowej styków zapewniają także bardzo mocne połączenie mechaniczne i wysoki poziom izolacji galwanicznej. Ogromną zaletą złączy barierowych są przekładki pomiędzy sąsiadującymi pinami, które skutecznie zabezpieczają przed powstawaniem przypadkowych zwarć w przypadku przetarcia izolacji przewodów w rejonie końcówki, odłączenia (urwania) przewodu, itd. Warto zwrócić uwagę, czy złącze ma dodatkową osłonę izolacyjną (**fotografia 15**), która stanowi jeszcze lepsze zabezpieczenie w przypadku urwania lub złamania przewodu (jak pisaliśmy wcześniej, niektóre normy wprost wymagają tego typu zabezpieczenia). Choć złącza barierowe mogą współpracować z odizolowanymi końcówkami przewodów (także zaopatrzonych w tulejki), to zdecydowanie najlepszym pomysłem jest zastosowanie przewodów zarobionych za pomocą końcówek widełkowych o odpowiednim rozmiarze pasującym do szerokości przedziału złącza barierowego.

Fotografia 14. Przykładowe złącze barierowe (SCED, http://t.ly/BP0v)

Fotografia 15. Złącze barierowe zasilacza modułowego z osłoną izolacyjną (Lux-Driver, http://t.ly/cmg6)

- **Złącza rastrowe** – zasilacze open frame o małej i średniej mocy wyjściowej (zwykle do około 100 W) są najczęściej wyposażone w złącza rastrowe z zatrzaskową blokadą mechaniczną. Wśród najczęściej spotykanych odmian złączy można znaleźć różne wersje jednorzędowych gniazd JST oraz Molex o rastrze korespondującym z wymaganą obciążalnością prądową oraz napięciem pracy (**fotografia 16**).
- **Złącza Molex Mini-Fit** – rzadziej spotykane wśród uniwersalnych zasilaczy modułowych są złącza typu Mini-Fit (**fotografia 17**), kojarzone głównie z zasilaczami komputerowymi ATX. Niebywałe zalety tych elementów stykowych to wysoka obciążalność prądowa, bardzo solidne połączenie mechaniczne bez użycia narzędzi, a także kompaktowe wymiary przy sporej liczbie pinów.

Fotografia 16. Zasilacz open frame ze złączami rastrowymi (Mean Well, http://t.ly/8gIR)

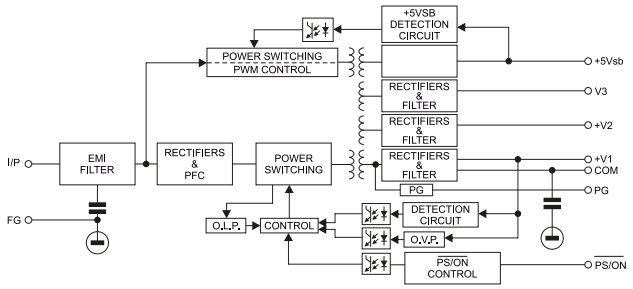
eprasa.pl f1935705aa

Warto dodać, że w zależności od klasy izolacji zasilacze modułowe mogą mieć albo połączenie uziemienia stanowiące zabezpieczenie elektryczne (w przypadku zasilaczy klasy I), albo (w zasilaczach klasy II) tylko połączenie FG (functional ground), mające znaczenie dla tłumienia zakłóceń z użyciem wbudowanych filtrów EMI. To ostatnie połączenie bywa często wykonane w postaci… metalizowanego otoczenia jednego z otworów montażowych PCB – warto zwrócić na to uwagę, uważnie studiując notę katalogową danego zasilacza. W przypadku dużych zasilaczy zamkniętych lub otwartych, pracujących w I klasie izolacji i wyposażonych w wielopinowe złącza barierowe lub rastrowe, problem zwykle nie istnieje, gdyż z natury rzeczy ich obudowa jest najczęściej uziemiona, a i tak styk dla przewodu ochronnego jest wyprowadzony na jeden z pinów złącza sieciowego.

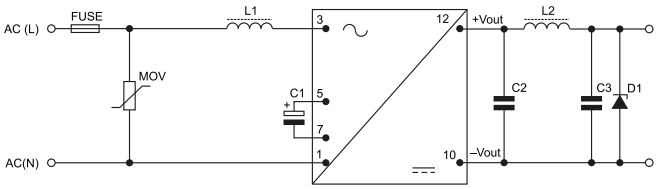
Fotografia 17. Złącza typu Mini-Fit (Molex, http://t.ly/tswm)

Filtry EMI

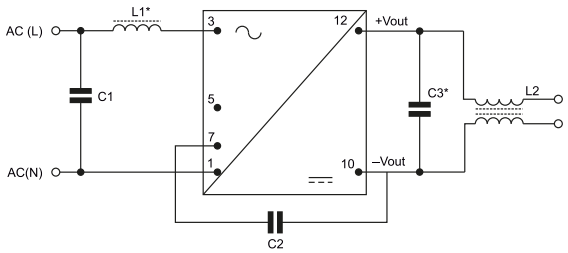
Jak wspomnieliśmy wcześniej, większość „pełnowymiarowych" zasilaczy modułowych ma fabrycznie wbudowane filtry EMI, których zadaniem jest tłumienie zakłóceń przedostających się z sieci na wejście zasilacza oraz z zasilacza do sieci – obecność filtra jest konieczna w każdym zasilaczu impulsowym, który ma spełniać wymogi EMC w zakresie (odpowiednio) podatności na zakłócenia przewodzone oraz emisji takich zakłóceń. Dodatkowo, z uwagi na nieciągły charakter obciążenia, jakie stanowi przetwornica AC/DC dla sieci elektroenergetycznej, konieczne jest zastosowanie układów korekcji współczynnika mocy (PFC) – przykładowy schemat zasilacza medycznego RPT-160 marki Mean Well, wyposażonego we wszystkie wymienione elementy, pokazano na **rysunku 2**.



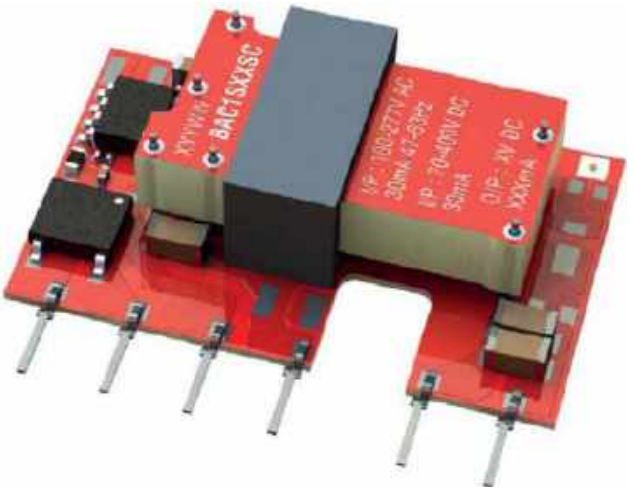
Rysunek 2. Schemat blokowy zasilacza impulsowego RPT-160 marki Mean Well (http://t.ly/QpIr)



Rysunek 3. Standardowy schemat aplikacyjny zasilacza BAC1 dla napięcia 5 V (http://t.ly/1gh3)

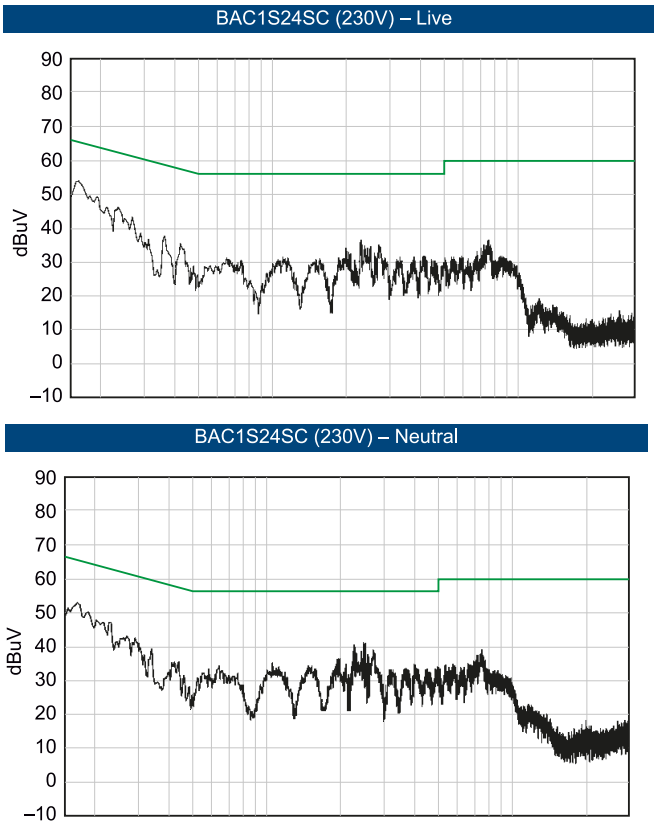


Rysunek 4. Zalecany schemat filtra EMI dla zasilacza BAC1 (Murata, http://t.ly/1gh3)



Fotografia 18. Przetwornica z serii BAC1 marki Murata (http://t.ly/1gh3)

Mniejsze zasilacze z oczywistych przyczyn mogą nie pomieścić elementów tworzących filtr sieciowy o wymaganych normami EMC parametrach. Dlatego też, w przypadku najbardziej kompaktowych zasilaczy subminiaturowych do montażu THT, producenci podają zalecane zestawy elementów dyskretnych, które umożliwiają osiągnięcie zadanego poziomu redukcji zakłóceń. Jako doskonały przykład takiej sytuacji może posłużyć miniaturowa przetwornica BAC1 marki Murata (**fotografia 18**). Ten ultranowoczesny moduł zasilania (w chwili pisania niniejszego artykułu oczekujący nawet na certyfikację medyczną wg norm 60601-1!) do osiągnięcia parametrów standardowych, opisanych przez notę katalogową, wymaga zastosowania szeregu dodatkowych elementów, pełniących funkcję zabezpieczenia przeciwprzepięciowego na wejściu (warystor) i na wyjściu (dioda TVS) oraz podstawowych filtrów: wejściowego (dławik i kondensator)



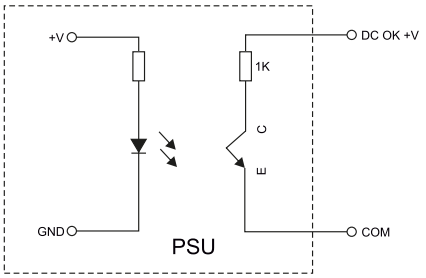
Rysunek 5. Widma emisji zakłóceń przewodzonych wprowadzanych do przewodów sieciowych: fazowego (z lewej) i neutralnego (z prawej) dla przetwornicy BAC1 zasilanej napięciem 230 V (Murata, http://t.ly/1gh3)

eprasa.pl f1935705aa

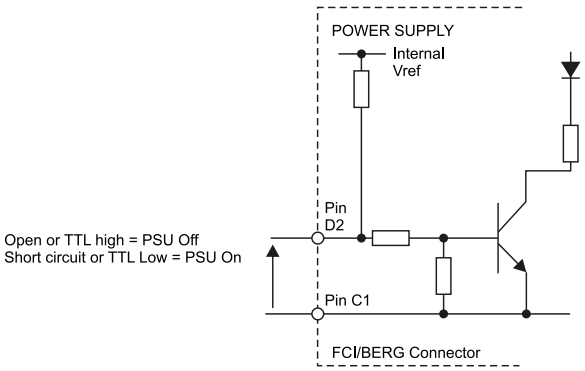
oraz wyjściowego (filtr LC typu Pi) – schemat aplikacyjny pokazano na **rysunku 3**. Dodatkowo, producent podaje wartości i rodzaje elementów zalecanych do pracy w roli filtra EMI wymaganego przez normę EN55032 (**rysunek 4**), choć niewątpliwie aplikacja tego typu zasilacza wymaga nieco więcej zaagażowania, niż miałoby to miejsce w przypadku większych modeli openframe, to i tak osiągi pod względem poziomu zakłóceń (**rysunek 5**), a także bezpieczeństwa elektrycznego (wytrzymałość bariery izolacyjnej na poziomie aż 4 kV!) zasługują na uznanie, zważywszy na bardzo małe wymiary całości – niecałe 34×22×10 mm.

Funkcje specjalne

Mniejsze (i zarazem prostsze) zasilacze modułowe często mają po stronie wtórnej tylko i wyłącznie zaciski udostępniające napięcie wyjściowe, zaś jedyne funkcje dodatkowe to wbudowane wskaźniki LED (informujące o obecności napięcia wyjściowego) czy też niewielkie potencjometry montażowe, umożliwiające regulację napięcia wyjściowego w niewielkim zakresie (zwykle ±10%). Bardziej rozbudowane modele mogą natomiast oferować szereg innych, często wysoce zaawansowanych funkcji, udostępnianych za pomocą dodatkowych styków w złączu wyjściowym (a nierzadko nawet niewielkim, osobnym złączu rastrowym, przeznaczonym specjalnie do tego celu).

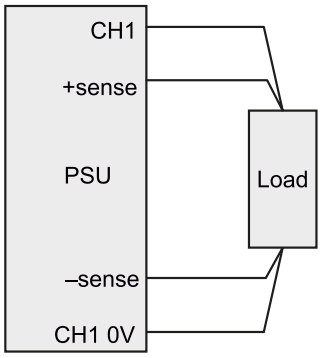


Rysunek 6. Realizacja obwodu kontrolnego (DC OK) na bazie transoptora z wyjściem tranzystorowym (Mean Well, http://t.ly/yxgg)



Rysunek 7. Przykładowa realizacja wejścia uruchamiającego zasilacz za pomocą zdalnego sygnału napięciowego (XP Power, http://t.ly/fwZU)

- **PG/POK/DC OK** (rysunek 2) – wyprowadzenia stosowane w wielu większych zasilaczach open i closed frame, a także w modelach do montażu na szynie DIN. Zadaniem takiego dodatkowego wyjścia sygnałowego jest poinformowanie innych urządzeń (np. sterownika PLC, komputera, kontrolera mikroprocesorowego, itd.) o tym, czy napięcie na głównym wyjściu zasilacza mieści się w przewidzianym przez producenta zakresie (np. $U_{wy} \geq 90\% U_{nom}$). Opisywana funkcja jest różnie realizowana w konkretnych modelach zasilaczy, niektóre z nich zawierają niewielkie przekaźniki elektromechaniczne o obciążalności styków rzędu nawet 1 A, inne zaś mają wbudowany osobny transoptor przeznaczony do tego celu (**rysunek 6**).
- **PS ON/Remote ON-OFF/Enable** – część zasilaczy ma dodatkowe wejście, wykonane np. w postaci prostego obwodu tranzystorowego (**rysunek 7**), służące do zdalnego załączania zasilacza za pomocą słabego sygnału napięciowego lub prądowego. Zasilacze przeznaczone do montażu w kasetach typu rack i stosowane głównie w infrastrukturze teleinformatycznej mają ponadto dodatkowe, mechaniczne rozwiązania, których celem jest zapewnienie możliwości podłączenia i odłączenia zasilacza w sposób zabezpieczający styki przed wypaleniem przez łuk elektryczny. Przykładowo, firma XP Power zastosowała w tym celu krótsze styki w złączu systemowym, obecnym w zasilaczach dużej mocy (1500 W) z serii GFR – podczas wsuwania zasilacza do kasety (**fotografia 19**) styk zezwolenia załącza się jako ostatni, dzięki czemu impuls prądowy obciążenia pojawia się dopiero po ustabilizowaniu kontaktu pomiędzy wejściem kasety a wyjściem zasilacza.
- **AC OK** – kolejny typ wyjścia sygnałowego, informujący tym razem o spadku napięcia sieciowego poniżej pewnej wartości progowej, co stwarzałoby ryzyko problemów z utrzymaniem pożądanej regulacji napięcia wyjściowego. Ta funkcja spotykana jest w bardziej zaawansowanych zasilaczach (np. wspomnianej serii GFR marki XP Power).
- **SENSE** – niektóre zasilacze o większej mocy wyjściowej mają dodatkowe wejścia analogowe oznaczone +SENSE i -SENSE. Ich przeznaczeniem jest monitorowanie napięcia na wejściu obciążenia, tj. już za przewodami zasilającymi – rozwiązanie takie pozwala na kompensację strat transmisyjnych, czyli spadków napięcia na przewodach doprowadzających prąd do obciążenia. Przykład poprawnego połączenia



Rysunek 8. Prawidłowe podłączenie linii SENSE w zasilaczu modułowym (TDK Lambda, http://t.ly/kryk)

Fotografia 19. Kaseta z zasilaczami z serii GFR o maksymalnej mocy sumarycznej do 6 kW (XP Power, http://t.ly/Hpkc)

Fotografia 20. Zasilacz modułowy NV-100 marki TDK Lambda (http://t.ly/hiWG)

eprasa.pl f1935705aa

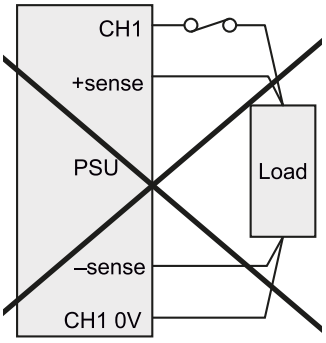
Fotografia 21. Zasilacz modułowy UHP-200(R) (Mean Well, http://t.ly/pLNY)

pokazano na **rysunku 8**. Korzystając z zasilacza wyposażonego w wejścia kompensacyjne, warto dokładnie zapoznać się z dokumentacją, by uniknąć błędnego podłączenia – przykładowo, w zasilaczach z serii NV-100 marki TDK Lambda (**fotografia 20**) istnieje możliwość pozostawienia niepodłączonych wejść SENSE, jednak nieprawidłowe byłoby zastosowanie ich w przypadku, w którym jedna z linii zasilania może zostać w niekontrolowany sposób odłączona od obciążenia za pomocą przełącznika lub nawet bezpiecznika (**rysunek 9**).

Najbardziej zaawansowane zasilacze modułowe mają także szereg innych wyjść i wejść sygnałowych, w pewnych przypadkach pokrywających niemal wszystkie możliwe potrzeby systemów, do których są przeznaczone. Opisane wcześniej zasilacze z serii GFR marki XP Power są wyposażone w wejścia do regulacji napięcia wyjściowego w zakresie ±10% wartości nominalnej (V Program), wyjścia analogowe do pomiaru prądu obciążenia (*Current Monitor*), a także wejścia wstrzymujące pracę zasilacza (*Inhibit*), wyjścia informujące o wystąpieniu jakiegokolwiek błędu, w tym błędu wbudowanego wentylatora (*Fault*). Producent zadbał nawet o funkcję szybkiej detekcji obecności zasilacza w slocie kasety (w tym celu zastosował 10-omowy rezystor podłączony do pary osobnych styków).

Zasilacze z serii GFR są przykładem produktów umożliwiających monitoring parametrów pracy (napięcia, prądu obciążenia, temperatury wewnątrz obudowy oraz czasu pracy), identyfikację modelu i numeru seryjnego, a także sterowanie włączaniem/wyłączaniem urządzenia za pomocą interfejsu I²C.

Warto wspomnieć także o dodatkowych wyjściach zasilających, które można znaleźć w niektórych modelach zasilaczy uniwersalnych i medycznych. Jako przykład przywołamy tutaj wspomniany wcześniej zasilacz RPT-160 marki MeanWell (rysunek 2), który obok trzech regularnych wyjść napięciowych, oferuje także dodatkową linię +5 Vsb (*standby*). Wyjście to może być zastosowane do podtrzymania zasilania dodatkowych obwodów (np. nadrzędnych układów zarządzających zasilaniem i resetem całego systemu) w czasie awarii obciążenia lub jego planowego wyłączenia. Wyjście standby może pracować niezależnie od wyjścia głównego (lub wyjść w przypadku zasilaczy wielokanałowych), jest wydzielone i nie reaguje na działanie sygnałów zdalnego włączania/wyłączania, a nawet obwodów zabezpieczeń przeciwprzeciążeniowych. Przykład działania zasilacza z wyjściem dodatkowym pokazano obrazowo na wykresie, zamieszczonym na **rysunku 10**.



Rysunek 9. Przykład niedozwolonego podłączenia linii SENSE w zasilaczu NV-100 (TDK Lambda, http://t.ly/kryk)

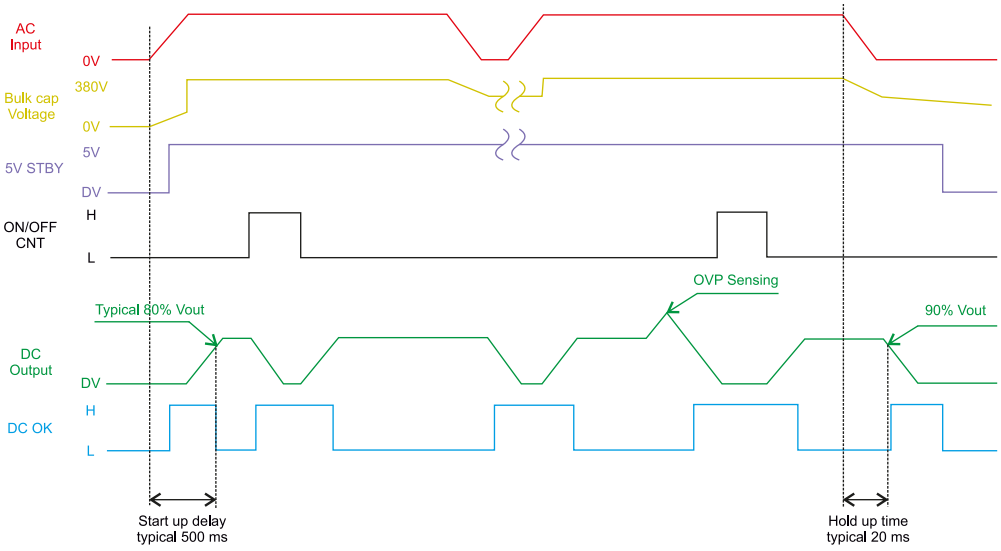
Specjalne tryby łączenia zasilaczy

Większość opisanych funkcji dodatkowych ma „doprecyzować" współpracę zasilacza z urządzeniami (obwodami) obciążenia, a w bardziej złożonych systemach z nadrzędnymi, niezależnymi kontrolerami. Warto jednak wiedzieć, że w przypadku krytycznej infrastruktury, od której wymaga się ciągłej, bezawaryjnej pracy, konieczne bywa zastosowanie dodatkowych funkcji, umożliwiających połączenie ze sobą dwóch lub więcej zasilaczy w ramach tego samego podsystemu.

- **Połączenie redundantne** – niektóre modele zasilaczy mogą pracować w trybie połączenia redundantnego i to bez zastosowania jakichkolwiek dodatkowych elementów lub balanserów. Przykładowo, zasilacze z serii UHP-200R marki Mean Well (**fotografia 21**) pozwalają na bezpośrednie, równoległe łączenie wyjść (**rysunek 11**), dzięki czemu awaria jednego z zasilaczy nie spowoduje przerwy w pracy zasilanego przez nie systemu.
- **Balansowanie obciążeń** – w przypadku systemów o bardzo dużym zapotrzebowaniu na moc (np. w centrach obliczeniowych, dużych serwerowniach, itd.) istnieje potrzeba odpowiedniego rozłożenia obciążenia na kilka jednostek zasilających. Rozwiązanie tego problemu oferują zasilacze wyposażone w funkcję współdzielenia prądu wyjściowego (*current sharing*) – jako przykładem znów posłużymy się zasilaczami z serii GFR marki XP Power (**rysunek 12**). Odpowiednie połączenie linii CURRENT SHARE i SENSE pozwala uzyskać balans pomiędzy obciążeniem poszczególnych zasilaczy z tolerancją rzędu ±10%.

Zasilacze do aplikacji medycznych – podstawowe zagadnienia

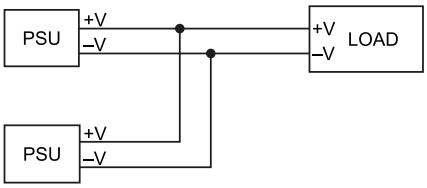
Przeglądając oferty czołowych producentów zasilaczy modułowych, nietrudno zauważyć, że wśród wszystkich oferowanych przez nich rozwiązań szczególną grupę stanowią zasilacze medyczne.



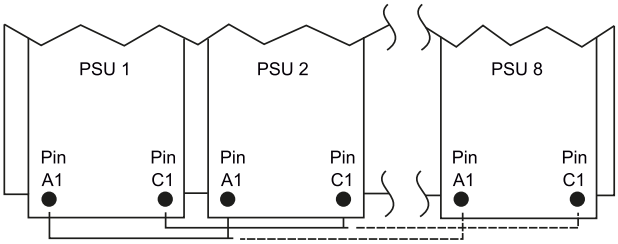
Rysunek 10. Zasada działania zasilacza z wyjściem dodatkowym (standby). Napięcie jest obecne przez cały czas pracy zasilacza, nawet po wykryciu przeciążenia wyjścia głównego (http://t.ly/YeKT)

eprasa.pl f1935705aa

Podczas gdy każda gałąź przemysłu musi korzystać z rozwiązań dostosowanych do obowiązujących w niej norm branżowych, to właśnie ochrona zdrowia otrzymała szczególne miejsce na rynku zasilaczy, a wynika to z wyjątkowo restrykcyjnych wymagań w zakresie ochrony przeciwporażeniowej zarówno pacjenta, jak i operatora obsługującego dane urządzenie.



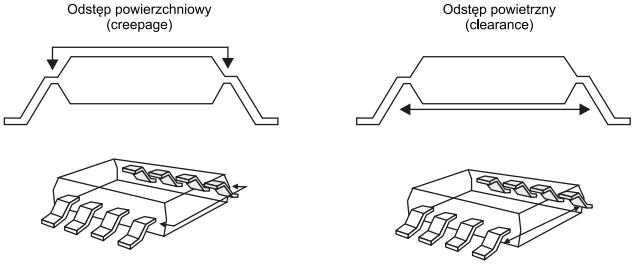
Rysunek 11. Połączenie redundantne dwóch zasilaczy modułowych UHP-200R (Mean Well, http://t.ly/pLNY)



Rysunek 12. Połączenie zasilaczy z serii GFR w trybie balansowania obciążenia (XP Power, http://t.ly/CjqH)

Podstawową normą obowiązującą konstruktorów urządzeń i systemów medycznych jest dokument oznaczony numerem 60601-1. Przyjęta w Polsce norma zharmonizowana PN-EN 60601-1:2011 (*Medyczne urządzenia elektryczne – Część 1: Wymagania ogólne dotyczące bezpieczeństwa podstawowego oraz funkcjonowania zasadniczego*) oraz jej uzupełnienie w postaci PN-EN 60601-1:2011/A1:2014-02 definiują konkretne wymogi, jakie musi spełnić urządzenie medyczne w celu ochrony pacjenta oraz operatora przed potencjalnymi zagrożeniami, przede wszystkim tymi, związanymi z ewentualnym porażeniem elektrycznym. Dlatego też lwia część normy 60601-1 dotyczy wytrzymałości **barier izolacyjnych** oraz minimalizacji **prądów upływu**, wprowadza przy tym podział środków ochrony na tzw. środki ochrony pacjenta (MOPP) i środki ochrony operatora (MOOP). Mogą one przyjmować formę bariery izolacyjnej w postaci izolacji stałej, odstępów powierzchniowych i odstępów powietrznych (**rysunek 13**), zaś każdy środek ochrony powinien spełniać określone warunki wymiarowe oraz wytrzymałościowe (w przypadku izolacji stałej) dla spodziewanego poziomu napięć roboczych. Zasilacze sieciowe przeznaczone do aplikacji medycznych w naturalny sposób muszą zatem podlegać normie 60601-1, gdyż to one właśnie stanowią pierwszą i najważniejszą (a często jedyną) barierę pomiędzy ciałem pacjenta (względnie operatora) a obwodem sieciowym. Co więcej, wymogi zmieniają się także w funkcji warunków środowiskowych i wysokości nad poziomem morza, na której ma pracować urządzenie.

Kolejnym fundamentalnym pojęciem w świecie urządzeń medycznych jest tzw. **część aplikacyjna** – w skrócie rzecz ujmując, termin ten oznacza podzespół urządzenia (zwykle jego określony blok funkcjonalny) mający bezpośredni kontakt z pacjentem. Części aplikacyjne dzieli się na trzy kategorie: B (mające kontakt z ciałem pacjenta, zwykle bez kontaktu galwanicznego mającego na celu wymianę energii elektrycznej pomiędzy pacjentem a urządzeniem), BF (tzw. „pływające", o wyższym poziomie zabezpieczeń, czyli silniej redukujące możliwy prąd upływu pacjenta – np. konwencjonalne elektrokardiografy) oraz CF. Ostatnia z wymienionych klas dotyczy urządzeń pracujących w bezpośrednim kontakcie galwanicznym z sercem (np. aparatura do zabiegów kardiologii inwazyjnej) i z tego względu wymaga ograniczenia amplitudy niepożądanych prądów płynących przez pacjenta do/z urządzenia (i to w różnych warunkach) do absolutnego minimum. Jakby tego było mało, urządzenie medyczne nie może przekroczyć określonych progów prądu upływu nawet w przypadku niektórych typów awarii, zwanych **stanem pojedynczego uszkodzenia** (np. zwarcie powierzchniowego lub powietrznego odstępu izolacyjnego, który ma pełnić funkcję pojedynczego środka ochrony).



Rysunek 13. Odstępy izolacyjne w zastosowaniu do obudowy układu scalonego (np. transoptora, http://t.ly/0blw)

Prądy upływu

Tematyka normy 60601-1 jest o tyle istotna dla projektantów zasilaczy, że obwód sieciowy jako taki stanowi jedno z największych zagrożeń dla pacjenta i operatora – nietrudno wyobrazić sobie katastrofalne skutki wystąpienia zbyt wysokiego napięcia np. na narzędziu chirurgicznym wprowadzonym do ciała pacjenta (zwłaszcza serca czy mózgu), a nawet na... elektrodach EKG, do których w sposób ciągły podłączony jest pacjent monitorowany na oddziale intensywnej opieki medycznej. Sprawę dodatkowo komplikuje specyfika współczesnych procedur medycznych, zwłaszcza tych wysoce inwazyjnych. W przypadku, gdy pacjent jest jednocześnie galwanicznie podłączony do szeregu różnych urządzeń diagnostycznych (np. kardiomonitora, urządzeń neurofizjologicznych, itd.) i dodatkowo „traktowany" przyrządami elektrochirurgicznymi, elektrostymulatorem lub kardiowerterem, a nawet defibrylatorem (generującym napięcia podawane bezpośrednio na tkanki pacjenta), brak solidnych barier izolacyjnych mógłby łatwo doprowadzić do powstania tragicznych w skutkach prądów, płynących w niekontrolowany sposób przez ciało pacjenta.

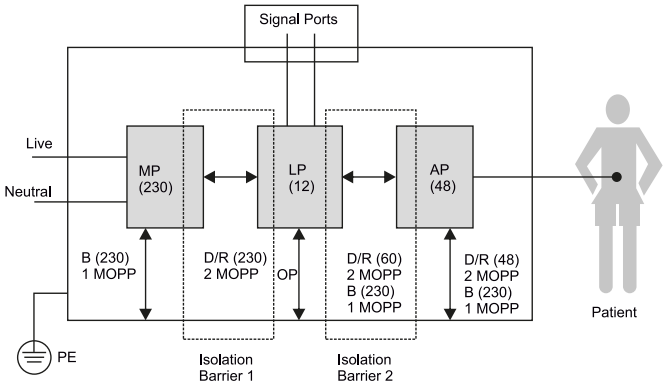
Problem jest niezwykle istotny zwłaszcza z uwagi na niską impedancję, jaka występuje przy bezpośrednim kontakcie instrumentów medycznych z „mokrymi" tkankami lub krwią. Trudności, z jakimi muszą zmierzyć się projektanci urządzeń medycznych w celu zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa, doprowadziły do powstania potężnej oferty zasilaczy medycznych, spełniających wyśrubowane normy branżowe – przede wszystkim 60601-1 oraz 60601-1-2, obejmującą kompatybilność elektromagnetyczną wyrobów medycznych.

Norma 60601-1 definiuje trzy rodzaje prądów upływu:

- **prąd dotykowy** – płynący od obudowy lub jej części do innej części obudowy lub do ziemi (z wyjątkiem prądu uziomowego),
- **prąd upływu pacjenta** – płynący przez pacjenta w dowolnym kierunku [4]: od przyłączy (np. portu elektrod EKG) do ziemi lub od pacjenta (przez urządzenie) do ziemi. Drugi z wymienionych przypadków dotyczy części aplikacyjnych typu BF lub CF w warunkach, gdy źródłem przepływu prądu jest „obce" napięcie, pojawiające się na ciele pacjenta,
- **prąd upływu uziomowy** – płynący od części sieciowej urządzenia (np. obwodu pierwotnego zasilacza) do przewodu ochronnego, co ważne – po izolacji lub wskroś bariery galwanicznej.

Zasilacze przeznaczone do aplikacji medycznych muszą redukować prąd dotykowy i prąd upływu pacjenta do poziomu pozwalającego na bezpośrednie zastosowanie ich (zasilaczy) w urządzeniach docelowych. Ponieważ jednak na etapie projektowania zasilacza nie sposób dokładnie przewidzieć całego schematu koordynacji izolacji w urządzeniu (przykład na **rysunku 14**), w którym zostanie on zastosowany, producenci podają często jedynie maksymalną wartość prądu uziomowego oraz prąd upływu, nie rozdzielając tego ostatniego na prąd dotykowy oraz prąd upływu pacjenta [5] – dopilnowanie spełnienia wymagań w tych zakresach leży już w zakresie

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 14. Przykładowy schemat izolacji urządzenia medycznego (MP – część sieciowa, AP – część aplikacyjna (http://t.ly/YSGb)

obowiązków wytwórcy końcowego urządzenia. Co więcej – żaden, zasilacz medyczny nie daje gwarancji, że kompletne urządzenie spełni wymogi normy, nawet jeśli sam zasilacz oferuje pełną zgodność z normą. Dlatego właśnie w notach katalogowych zasilaczy można spotkać zapisy, że dany produkt nadaje się do zastosowania w urządzeniach z częścią aplikacyjną typu BF, ale tylko pod warunkiem odpowiednio zaprojektowanej reszty systemu.

Analiza parametrów przykładowego zasilacza medycznego

Jako przykład doskonale zaprojektowanego zasilacza medycznego weźmy model TPP 450B-M marki Traco Power (**fotografia 22**) – w skrócie przeanalizujemy najważniejsze „medyczne" parametry, decydujące o możliwości zastosowania go w urządzeniach o bezpośrednim kontakcie galwanicznym z ciałem pacjenta.

- **II klasa ochronności** – urządzenie bazujące na zasilaczu TPP 450B-M nie wymaga podłączenia przewodu ochronnego, dlatego zasilacz korzysta z mocniejszych barier izolacyjnych (tzw. izolacja wzmocniona), stanowiących podstawowy środek bezpieczeństwa pacjenta/operatora. Zasilacz może jednak też pracować w I klasie izolacji, zależnie od potrzeb projektanta. Co więcej, II klasa ochronności jest niezbędna w przypadku urządzeń pracujących w warunkach domowych, gdyż doświadczenie pokazuje, że instalacje sieciowe w budynkach mieszkalnych nie zawsze są w stanie zapewnić wymagany poziom jakości uziemienia, będący warunkiem krytycznym do bezpiecznego korzystania z urządzeń pracujących w I klasie ochronności;
- **2×MOPP** – zastosowanie odpowiedniej koordynacji izolacji, pozwalającej na uzyskanie ochrony przeciwporażeniowej na poziomie dwóch środków ochrony pacjenta, jest wymagane, by obwody podłączone do wyjścia zasilacza mogły współpracować bezpośrednio z częścią aplikacyjną;

Fotografia 22. Zasilacz medyczny z serii TPP 450B-M (Traco Power, http://t.ly/6Zbq)

- **prąd upływu <100 µA (max.)** – pozwala na zastosowanie zasilacza w urządzeniach z częścią aplikacyjną typu BF (norma wymaga redukcji prądu upływu pacjenta do <100 µA w stanie normalnym i <500 µA w stanie pojedynczego uszkodzenia);
- **wytrzymałość izolacji IP/OP równa 4 kV** – tak wysoka ochrona obwodu wtórnego od części sieciowej wynika z wymogów normy 60601-1 dla poziomu zabezpieczenia równego 2×MOPP przy napięciu sieciowym do 250 Vrms (354Vpk);
- **izolacja pomiędzy wyjściem a obudową** (lub przewodem PE) 2,5 kV – podana wartość to znacznie więcej niż wymagany środek ochrony 1×MOPP równy 1,5 kV dla roboczego napięcia sieciowego do 250Vrms;
- **izolacja pomiędzy wejściem a obudową** (lub przewodem PE) – 2,5 kV (jw.).

Warto dodać, że funkcje takie, jak obwody SENSE, wyjścia kontrolne PG (*power good*) czy też dodatkowe wyjścia zasilania podtrzymującego (*standby*), mogą pomóc w spełnieniu wymagań bezpieczeństwa funkcjonalnego, nadal jednak zapewnienie pełnej zgodności z normami branżowymi leży po stronie projektanta i wymaga szczegółowej analizy ryzyka systemu jako całości.

Zasilacze do montażu na PCB

Kolejnym tematem szczególnie interesującym z technicznego punktu widzenia są zasilacze miniaturowe do montażu na płycie drukowanej urządzenia docelowego. Poniżej prezentujemy cztery wybrane, reprezentatywne przykłady z tej coraz obszerniejszej grupy urządzeń.

Na **rysunku 15** zamieszczono widok 10-watowego zasilacza do montażu przewlekanego marki Racom. Seria RAC10-K/277 obejmuje modele o napięciu wyjściowym 3,3 V, 5 V, 12 V, 15 V, 18 V, 24 V, a także dwie wersje z wyjściem bipolarnym ±12 V i ±15 V. Moduły mogą pracować bez żadnych elementów dodatkowych (filtrów, zabezpieczeń) i są w stanie wytrzymać chwilowe przeciążenie aż do 140% wartości maksymalnego obciążenia ciągłego.

Rysunek 15. 10-watowy moduł zasilacza w obudowie do montażu THT – RAC10-K/277 (Recom, http://t.ly/Nhw9)

Na **fotografii 23** została pokazana przetwornica AC/DC do zastosowań medycznych, także przeznaczona do montażu na PCB. Moduł spełnia wymogi 2×MOPP i pracuje w II klasie ochronności – przy nominalnym zakresie napięcia sieciowego do 240 VAC oferuje wzmocnioną izolację o wytrzymałości 4000 V, zaś prąd upływu nie przekracza 100 µA. Zewnętrzne wymiary korpusu zasilacza to 67,5×88,9×34,2 mm.

Fotografia 23. Medyczna przetwornica AC/DC marki Traco Power – seria TMM 60 (http://t.ly/OI0s)

Kolejnym niezwykle ciekawym przykładem grupy zasilaczy do montażu na PCB jest seria PFH500F marki TDK Lambda (**fotografia 24**). W solidnej, metalowej obudowie o wymiarach 101,6×60,96×13,46 mm, znalazł się zaawansowany zasilacz impulsowy o mocy aż 500 W (!), oferujący szereg funkcji dodatkowych, w tym – oprócz linii TRIM, ON/OFF, PG, SENSE oraz wyjścia dodatkowego napięcia zasilającego, nawet interfejs cyfrowy PMBus, umożliwiający odczyt wartości napięcia, prądu, częstotliwości

Fotografia 24. 500-watowy moduł zasilacza PFH500F marki TDK Lambda (http://t.ly/fJHR)

eprasa.pl f1935705aa

Fotografia 25. Ultraminiaturowy zasilacz nieizolowany LSxx-K3BxxSS marki Mornsun (http://t.ly/4lFq)

kluczowania przetwornicy DC/DC, napięcia i prądu wejściowego, informacji fabrycznych, a także… temperatury i to aż w czterech punktach płyty drukowanej zasilacza. Użytkownik ma nawet możliwość ustawienia napięcia wyjściowego (w dość szerokim zakresie) oraz poziomów zabezpieczeń przeciwprzepięciowych, termicznych i nadprądowych. W sprzedaży dostępne są modele o napięciu nominalnym 12 V, 28 V oraz 48 V.

Na koniec naszego opisu pozostawiliśmy jeszcze jeden, dość nietypowy model zasilacza impulsowego – seria LSxx-K3BxxSS (**fotografia 25**) obejmuje dwa modele o mocy wyjściowej 1 W i 3 W oraz napięciach, odpowiednio 5 V i 12 V. Mikroskopijne wprost wymiary całości (16,13×15,1×9,5 mm) pozwalają na zastosowanie w najbardziej kompaktowych konstrukcjach, z jednym istotnym ograniczeniem – w przeciwieństwie do wszystkich omówionych wcześniej zasilaczy, w tym przypadku mamy do czynienia z topologią nieizolowaną. Z tej przyczyny moduł nie nadaje się do urządzeń, w których wymagana jest galwaniczna izolacja obwodu wtórnego, niezbędna do pracy z (potencjalnym) galwanicznym kontaktem ciała użytkownika z przewodzącymi elementami produktu. Zasilacz z powodzeniem sprawdzi się jednak w niektórych zastosowaniach przemysłowych, automatyce domowej czy też aplikacjach IoT.

Podsumowanie

W ramach pojedynczego artykułu nie sposób wykonać nawet pobieżnego przekroju wszystkich możliwych rodzajów zasilaczy modułowych. Skupiliśmy się na zaprezentowaniu ogólnego podziału tej grupy produktów, wskazując reprezentatywne przykłady i zwracając uwagę na zagadnienia, które – choć pozornie niezbyt istotne, mogą zaważyć na niezawodności bądź bezpieczeństwie całego systemu. Jak zawsze, walka na rynku zasilaczy toczy się nie tylko na polu podstawowych parametrów (mocy wyjściowej, sprawności czy też wymiarów mechanicznych), ale coraz częściej w obszarze dodatkowych funkcjonalności oraz zgodności z wymogami rozmaitych norm branżowych.

Choć zasilacze modułowe stanowią doskonałe rozwiązanie skracające tak krytyczny parametr, jak tzw. *time-to-market* (czas niezbędny na opracowanie i wprowadzenie nowego produktu na rynek), to należy zawsze mieć świadomość, że nawet najlepszy, najdokładniej zabezpieczony przez producenta zasilacz nie gwarantuje zgodności z normami całego systemu, w którym został zastosowany. O ostatecznych wynikach badań bezpieczeństwa elektrycznego i funkcjonalnego, użyteczności oraz kompatybilności elektromagnetycznej przesądzi bowiem całość projektu, zaś sam zasilacz może jedynie ułatwić konstruktorowi pracę. Jako przykład wybraliśmy urządzenia medyczne – choć noty katalogowe znakomitej większości zasilaczy medycznych sugerują możliwość ich pracy w systemach z częściami aplikacyjnymi typu BF, to spełnienie wszystkich restrykcyjnych wymogów normy 60601-1 w tym zakresie wykracza daleko poza wybór samego tylko źródła zasilania. Dlatego też w praktyce konieczne jest stosowanie szeregu rozmaitych zabiegów konstrukcyjnych, mających na celu odpowiednie zabezpieczenie pacjenta i operatora.

Warto też pamiętać, że oprócz czołowych marek, które często przewijały się w tym artykule, w sprzedaży dostępnych jest też wiele zasilaczy pochodzących od mniejszych firm, często o bardzo interesujących funkcjach i imponujących parametrach.

inż. Przemysław Musz, EP

[1] Przykładowo, wykazanie obecności bariery izolacyjnej o wymaganym normami poziomie wytrzymałości napięciowej pozwala uniknąć konieczności weryfikowania tego zabezpieczenia przez laboratorium notyfikowane, przeprowadzające proces badania zgodności wyrobu.

[2] Zadaniem konstruktorów – zwłaszcza w przypadku branż takich jak medycyna – jest zapewnienie użytkownikom i samemu urządzeniu ochrony przed skutkami ewentualnego odłączenia jednego z przewodów. Przykładowo, norma 60601-1 określa, że urwany lub odłączony przewód wewnętrzny, poruszając się wokół punktu zamocowania, nie może dotknąć innego punktu obwodu, jeżeli mogłoby to prowadzić do powstania nieakceptowalnego ryzyka. Uziemiona obudowa zasilacza typu closed frame może w pewnym zakresie pomóc spełnić ten wymóg, rzecz jasna o ile zostanie to potwierdzone przeprowadzoną analizą ryzyka.

[3] Dla sprecyzowania warto dodać, że choć w artykule skupiamy się na zasilaczach w najbardziej podstawowym tego słowa znaczeniu (tj. na zasilaczach sieciowych), to istnieje grupa urządzeń zdolnych do współpracy także ze stałym napięciem wejściowym. Zastosowana synonimizacja obejmuje zatem większość, ale nie wszystkie zasilacze modułowe i ma na celu jedynie uproszczenie terminologii na potrzeby niniejszego opisu.

[4] Pojęcia „kierunku" używamy tutaj dla pewnego uproszczenia: nie chodzi bowiem o kierunek wynikający z polaryzacji napięcia, ale o to, gdzie znajduje się źródło napięcia wywołujące przepływ owego prądu.

[5] Często sumaryczny prąd upływu nazywany jest przez producentów zasilaczy medycznych także prądem dotykowym (touch current), znów nie jest to jednak w 100% zgodne z nomenklaturą normy 60601-1 – nietrudno bowiem wyobrazić sobie przykład urządzenia w tworzywowej, izolującej obudowie, w którym prąd upływu będzie równoznaczny tylko i wyłącznie z prądem upływu pacjenta (prąd dotykowy ≈ 0).

Czytaj artykuły jeszcze przed wydrukowaniem „Elektroniki Praktycznej"
www.ep.com.pl/**EPwtoku**

eprasa.pl f1935705aa

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (11)

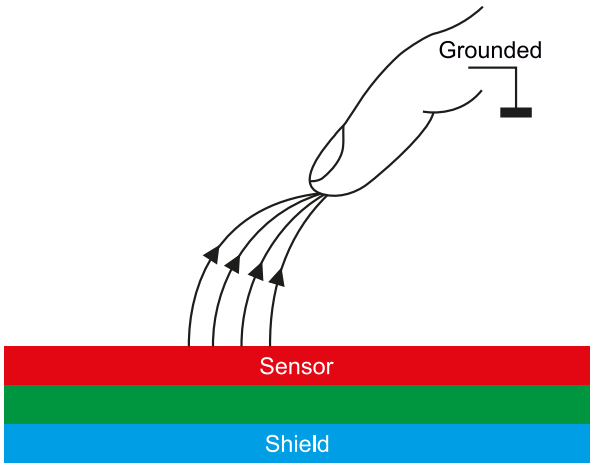
Front-endy pojemnościowe

W poprzedniej części cyklu Poradnik Implementacji omówiliśmy tematykę front-endów indukcyjnych. Tym razem natomiast przejdziemy do opisu układów przeznaczonych do pomiaru pojemności. O ile bowiem znaczna część dostępnych obecnie na rynku mikrokontrolerów jest wyposażona w proste, sprzętowe bloki peryferyjne do obsługi przycisków dotykowych – działających w oparciu na detekcji zmian pojemności – o tyle aplikacje wymagające dokładnych pomiarów tego parametru korzystają ze znacznie bardziej rozbudowanych rozwiązań.

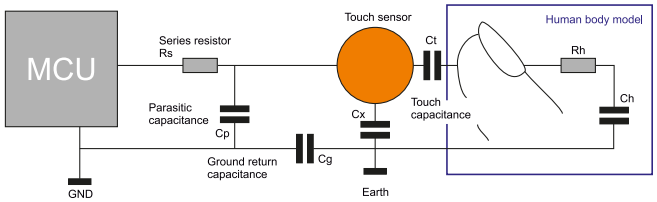
Poprzednie odcinki znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Topologie czujników pojemnościowych

Podstawowa zasada działania sensorów pojemnościowych, opierająca się na pomiarze zmiany pojemności czujnika względem znanej pojemności odniesienia, w praktyce przyjmuje kilka postaci, które można podzielić na trzy grupy. Układ elektrod schematycznie pokazany na **rysunku 1** jest najczęściej stosowany przez przyciski dotykowe i detektory gestów – dwustronna płytka drukowana umieszczona zostaje tuż pod powierzchnią nieprzewodzącej obudowy, przy czym ścieżki (lub pole miedzi) po stronie sąsiadującej z obudową tworzą elektrodę „gorącą", zaś funkcję ekranu pełni warstwa oddalona od pokrywy urządzenia. Zbliżenie palca do panelu (a zwłaszcza jego dotknięcie) powoduje wzrost pojemności takiego prostego kondensatora na drodze sumowania pojemności własnej czujnika oraz pojemności dodanej, tworzonej przez układ: elektroda aktywna – ciało człowieka – ziemia – masa układu pomiarowego (**rysunek 2**).

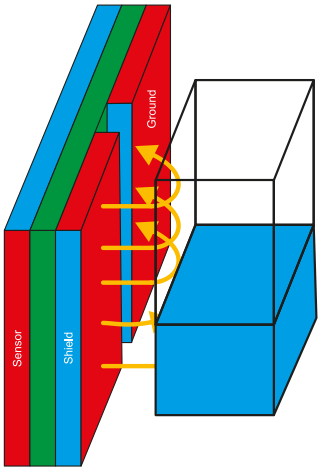


Rysunek 1. Schemat prostego czujnika pojemnościowego z pojedynczą elektrodą aktywną (https://t.ly/yVRa)

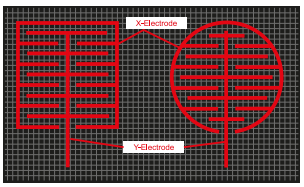


Rysunek 2. Uproszczony model układu prostego czujnika pojemnościowego po dotknięciu go przez użytkownika (https://t.ly/iHJt)

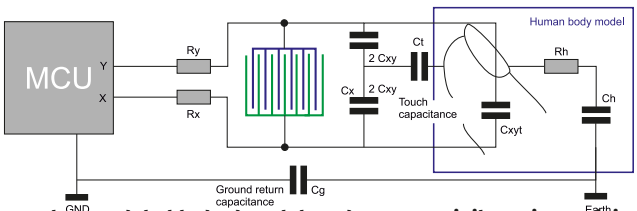
Na **rysunku 3** zaprezentowano kolejną, często spotykaną topologię układu do pomiaru pojemności, tym razem wykorzystującą dwie elektrody aktywne, z których żadna nie jest tożsama z ekranem – ten znajduje się pod elektrodami i jest od nich galwanicznie oddzielony przez warstwę izolatora. Topologia ta jest często spotykana w sensorach do pomiaru objętości medium w zbiorniku, jednak zakres jej zastosowań wykracza daleko poza takie aplikacje. Znacznie bardziej rozpowszechnioną, praktyczną realizację tej koncepcji stanowią elektrody grzebieniowe, spotykane w interfejsach dotykowych (**rysunek 4**). W takim przypadku pojemność tworzona przez ciało człowieka oraz pojemność sprzężenia nie sumują się bezpośrednio z pojemnością własną czujnika, zamiast tego zachodzi bardziej złożony proces, polegający z jednej strony na zwiększeniu pojemności pomiędzy elektrodami przez dodatkową „okładzinę" kondensatora (tworzoną przez palec użytkownika), z drugiej zaś, na pewnym zmniejszeniu tej pojemności poprzez wytworzenie dodatkowej drogi przepływu ładunków, zaburzającej pole elektryczne wokół elektrod (**rysunek 5**).



Rysunek 3. Schemat czujnika pojemnościowego z parą elektrod aktywnych (https://t.ly/yVRa)

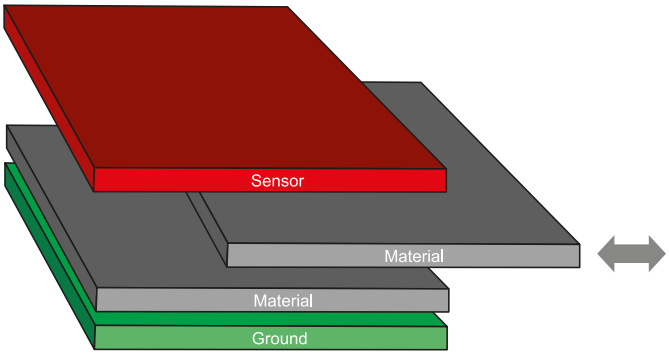


Rysunek 4. Przykładowe układy elektrod grzebieniowych dla pojedynczego przycisku dotykowego (https://t.ly/iHJt)



Rysunek 5. Model układu dwuelektrodowego czujnika pojemnościowego po dotknięciu go przez użytkownika (https://t.ly/iHJt)

eprasa.pl f1935705aa



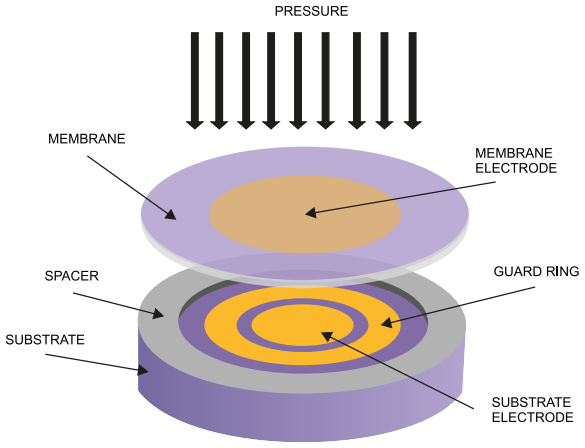
Rysunek 6. Schemat układu elektrod planarnych do pomiaru przenikalności dielektrycznej badanej próbki (https://t.ly/yVRa)

Trzecią, znacznie rzadziej spotykaną w codziennej praktyce metodą pomiaru pojemności jest badanie zmiany tego parametru przez umieszczenie pomiędzy elektrodami pomiarowymi (o niezmiennej odległości) dodatkowego materiału w postaci płaskiej warstwy izolacyjnej (**rysunek 6**). Układ taki można zastosować np. do pomiaru stałej dielektrycznej próbki laminatu lub innego dielektryka – wartość ε_r wpływa bowiem wprost proporcjonalnie na wynikową pojemność kondensatora płaskiego.

Aplikacje front-endów pojemnościowych

Pomiary pojemności są stosowane w codziennej praktyce znacznie częściej niż opisane w poprzednim odcinku naszego cyklu metody indukcyjne. Choć zakres zastosowań obydwu rodzajów pomiaru w dużej części się pokrywa, to pewne szczególne zalety układów pojemnościowych – znacznie niższy pobór energii, prostsza konstrukcja (zwłaszcza w miniaturowych systemach, np. MEMS) czy też możliwość pracy z obiektami nieprzewodzącymi, sprawiają, że front-endy pojemnościowe można spotkać w niemal każdej gałęzi przemysłu elektronicznego. Wśród najczęściej spotykanych grup aplikacji możemy wymienić:

- klawiatury i złożone interfejsy dotykowe,
- panele dotykowe ekranów LCD,
- interfejsy HMI bazujące na rozpoznawaniu gestów,
- przemysłowe czujniki zbliżeniowe,
- czujniki poziomu cieczy i materiałów sypkich,
- przepływomierze elektromagnetyczne z odczytem bezkontaktowym,
- czujniki wilgotności i sensory punktu rosy,
- czujniki ciśnienia (**rysunek 7**) i siły,
- detektory zanieczyszczeń wody,
- samochodowe czujniki deszczu,
- profilometry do badania powierzchni metalu,
- czujniki dotyku montowane w klamkach samochodowych.



Rysunek 7. Konstrukcja pojemnościowego czujnika ciśnienia (https://t.ly/oBm4)

Tabela 1. Porównanie parametrów aplikacji układów pojemnościowych (na podstawie https://t.ly/yVRa)

Wymagania/parametry	Interfejsy dotykowe	Pojemnościowe układy pomiarowe
Liczba kanałów wejściowych	duża (zwykle > 8)	mała (zwykle < 4)
Rozdzielczość przetwornika	mała	duża (>= 20 bit)
Typowy zakres odległości	kilka mm	kilkadziesiąt cm
Wymagana czułość	mała (10...100 fF)	duża (<1 fF)
Pobór prądu	μA...mA	μA

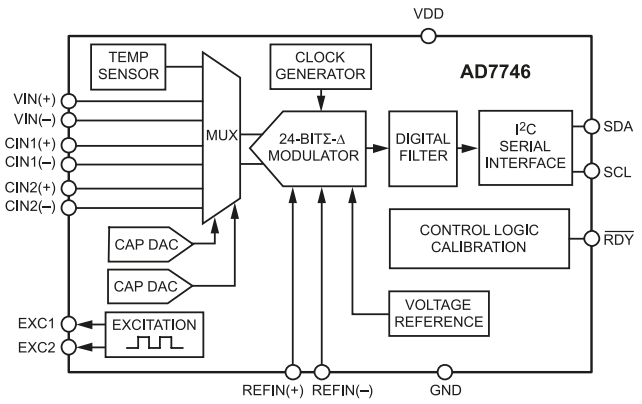
W naszym opisie skupimy się na uniwersalnych front-endach pomiarowych, pominiemy natomiast bardzo obszerny segment układów przeznaczonych specjalnie do aplikacji interfejsów dotykowych oraz kontrolerów paneli dotykowych dla ekranów LCD. Układy projektowane z myślą o zastosowaniach pomiarowych (przemysłowych, medycznych, motoryzacyjnych i in.) znacząco różnią się, zarówno pod względem parametrów, jak i konstrukcji niezbędnej do realizacji zadanych funkcji. Uproszczone porównanie pojemnościowych układów pomiarowych oraz interfejsowych zestawiono w **tabeli 1**.

AD7745/AD7746/AD7747

Rodzina układów AD774x marki Analog Devices obejmuje trzy modele front-endów pojemnościowych, przy czym wersje z końcówką „5" i „6" są przeznaczone do stosowania z czujnikami „pływającymi", zaś AD7747 może mierzyć pojemności dołączone do masy układu. Układy AD7745 i AD7746 różnią się natomiast liczbą kanałów wejściowych – pierwszy z nich ma jeden różnicowy kanał pomiarowy, zaś drugi – dwa. Schemat blokowy tego ostatniego został pokazany na **rysunku 8**. Multiplekser wejściowy umożliwia przełączanie pomiędzy kanałami CIN1 i CIN2, a dodatkowo pozwala na pomiar napięcia, pochodzącego np. z zewnętrznego dzielnika, czujnika temperatury lub innego źródła sygnału analogowego. Dodatkowo istnieje możliwość podłączenia do ADC wbudowanego sensora termicznego o dokładności co najmniej ±2°C (typowo ±0,5°C).

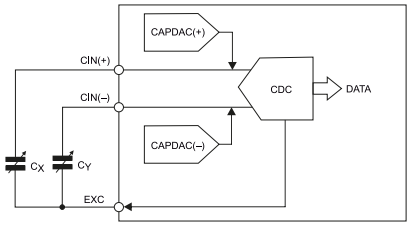
Efektywna rozdzielczość 24-bitowego przetwornika (bazującego na modulatorze delta-sigma 2. rzędu i filtrze cyfrowym 3. rzędu) wynosi 21 bitów, zaś liniowość utrzymuje się na poziomie ±0,01%. Dokładność przy zastosowaniu fabrycznej kalibracji układów to aż ±4 fF (!). Każdy układ z serii AD774x zawiera wbudowany generator przebiegu taktującego oraz źródło napięcia odniesienia, co znacząco redukuje liczbę niezbędnych do pracy komponentów dyskretnych – istnieje jednak możliwość podłączenia zewnętrznego napięcia referencyjnego, co może mieć znaczenie w układach, które wymagają lepszej dokładności i stabilności termicznej (wbudowany wzorzec oferuje dryf termiczny na poziomie ±5 ppm/°C).

Niezwykle istotnym elementem front-endów pojemnościowych (tak jest też w przypadku AD774x) są wbudowane przetworniki cyfrowo-pojemnościowe (CAPDAC), których zadaniem jest programowa

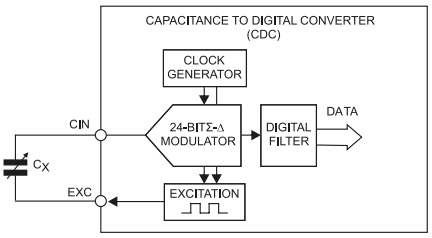


Rysunek 8. Schemat blokowy układu AD7746 (https://t.ly/3Ry0)

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 9. Schemat blokowy dla różnicowego pomiaru pojemności z zaznaczonymi połączeniami przetworników CAPDAC w układach AD7745/6 (https://t.ly/3Ry0)

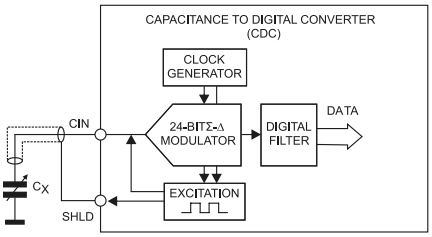


Rysunek 10. Podłączenie pojemności mierzonej do układu AD7745/6 (https://t.ly/3Ry0)

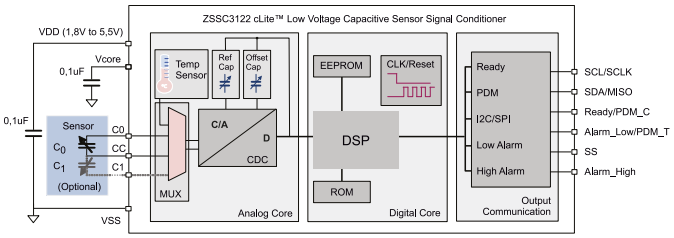
niwelacja offsetu (tzw. *common-mode capacitance*), czyli stałej pojemności złożonej z pojemności pasożytniczych, jak i własnej, „podstawowej" pojemności elementu mierzonego. W przypadku rodziny AD774x przetworniki CAPDAC są w stanie poradzić sobie z offsetem na poziomie 17 pF, przy czym zakres pomiarowy wynosi ±4 pF (w przypadku AD7745 i AD7746) lub ±8 pF (AD7747). Układy z rodziny AD774x zawierają dwa osobne przetworniki (CAPDAC A i CAPDAC B), pełniące funkcję „ujemnej pojemności", podawanej niezależnie na oba wejścia różnicowe przetwornika CDC (**rysunek 9**).

Zasada działania front-endu opiera się na synchronicznym próbkowaniu ładunku przepływającego przez mierzoną pojemność, przy pobudzeniu sygnałem prostokątnym, pochodzącym z wbudowanego generatora. Sygnał ten jest dostępny na wyjściu EXC (**rysunek 10**) – przy czym w przypadku układów AD7745/6 dostępne są dwa wyjścia EXCA i EXCB (programowane niezależnie za pomocą rejestrów konfiguracyjnych) – producent zaleca, by w dwukanałowej wersji układu wykorzystywać osobne wejścia do obydwu mierzonych pojemności. Aby ułatwić użytkowanie układu, jego projektanci zapewnili dostęp do trzech rejestrów kalibracyjnych: CAP OFFSET (przesunięcie poziomu wartości zapisywanej do rejestru wyjściowego), CAP GAIN (skalowanie wzmocnienia) oraz VOLT GAIN (skala dla wejścia napięciowego) – warto przy tym pamiętać, że pojemności pasożytnicze większe niż 1 pF producent zaleca redukować w pierwszej kolejności za pomocą przetworników CAPDAC i dopiero potem (precyzyjnie) poprzez użycie rejestru CAP OFFSET.

W przypadku układu AD7747 do dyspozycji użytkownika nie ma już jednak linii EXC – te zostały podpięte wewnętrznie, co było konieczne, by umożliwić włączenie pojemności mierzonych między wejścia układu a masę. Zamiast wyjścia EXC konstruktorzy Analog Devices przewidzieli natomiast linę SHLD, która, choć udostępnia dokładnie taki sam sygnał, jak przebieg podany na właściwe wejście



Rysunek 11. Wykorzystanie linii SHLD układu AD7747 do podłączenia aktywnego ekranu (https://t.ly/1toI)



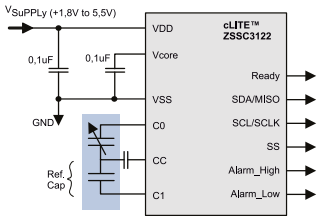
Rysunek 12. Schemat blokowy układu ZSSC3122 marki Renesas (https://t.ly/BrWG)

pomiarowe, służy do podłączenia… aktywnego ekranu (**rysunek 11**). Zasada działania tego typu ekranowania okazuje się genialna w swojej prostocie – dzięki temu, że ekran jest „zasilany" takim samym sygnałem jak wejście pomiarowe, pomiędzy linią sygnałową a ekranem nie przepływa praktycznie żaden ładunek (prąd przemienny). Taka sztuczka układowa sprawia, że pojemność pasożytnicza jest niemal niewidoczna dla układu pomiarowego, co w dużej mierze zwiększa dokładność pomiaru i uniezależnia go od zmiennego wpływu otoczenia na ścieżkę sygnałową, biegnącą pomiędzy mierzoną pojemnością a wejściem front-endu.

ZSSC3122

Kolejny interesujący front-end pojemnościowy to ZSSC3122 marki Renesas. Twórcy układu zaoferowali szereg udogodnień, gwarantujących w pewnych obszarach znacznie większą elastyczność aplikacyjną niż opisane wcześniej propozycje Analog Devices. Schemat blokowy front-endu firmy Renesas pokazano na **rysunku 12**. Układ wyposażono w rdzeń pomiarowy (CDC) z multiplekserem wejściowym i wewnętrznymi obwodami kondycjonowania (offset oraz pojemność odniesienia). Wyjście przetwornika podłączono do procesora DSP, zapewniającego dokładną kalibrację w domenie cyfrowej, przeprowadzaną na bieżąco z użyciem współczynników zapisanych w nieulotnej pamięci EEPROM. Sporą różnicę w porównaniu do układów z rodziny AD774x stanowi tutaj mnogość obsługiwanych przez front-end interfejsów wyjściowych – do dyspozycji użytkownika jest nie tylko szyna I²C, ale także SPI, wyjście PDM oraz linie binarne (Alarm High/Alarm Low).

Istotnym ograniczeniem ZSSC3122 jest stosunkowo niewielka rozdzielczość (8...14 bitów), układ daje w zamian za to możliwość uzyskania znacznie wyższej częstotliwości odczytów niż front-endy ADI (w tym przypadku najkrótszy okres odczytu wynosi 0,7 ms, co daje częstotliwość na poziomie przeszło 1400 Hz – konkurencyjne układy AD7745/6 mogą pracować przy częstotliwości odświeżania zaledwie do 90 Hz). W wielu aplikacjach bardzo interesująca okaże się funkcja pomiaru ratiometrycznego – konfiguracja ta wykorzystuje dwie zewnętrzne pojemności, przy czym jedna to właściwa pojemność mierzona, zaś druga pełni funkcję pojemności odniesienia (do ich podłączenia służą wejścia C0 i C1 na **rysunku 13**). Wynik pomiaru jest generowany wg wzoru (1):

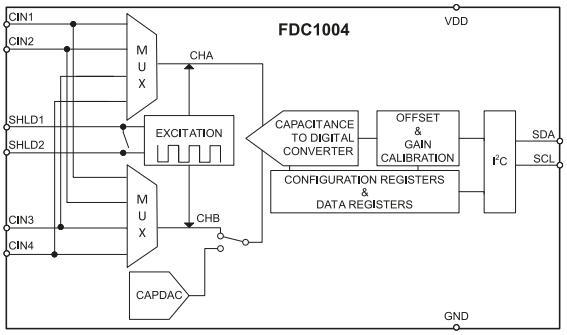


Rysunek 13. Podłączenie układu ZSSC3122 w trybie pomiaru ratiometrycznego z zewnętrzną pojemnością odniesienia (https://t.ly/BrWG)

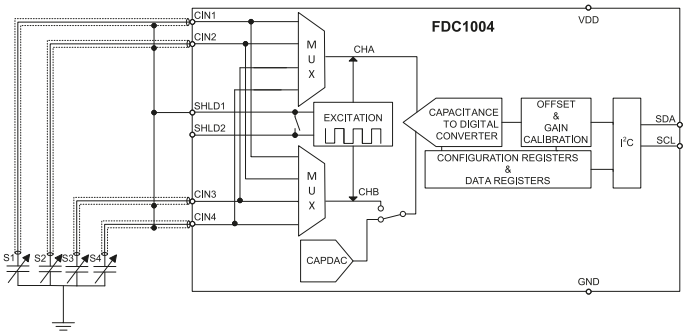
$$Z_{CDC} = 2^{R}\,\frac{C_0 - C_{OFF}}{C_1} \quad (1),\ \text{gdzie:}$$

Z_{CDC} – wartość odczytana z wyjścia przetwornika CDC,
R – rozdzielczość przetwornika [bit],
C_0 – pojemność pomiędzy wejściem C0 a węzłem wspólnym,
C_1 – pojemność pomiędzy wejściem C1 a węzłem wspólnym,
C_{OFF} – offset zerowy przetwornika CDC.

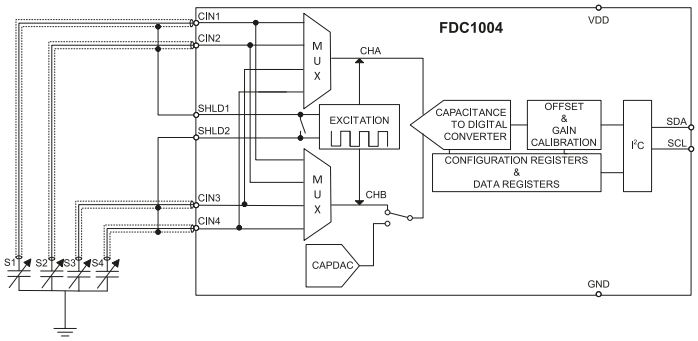
eprasa.pl f1935705aa



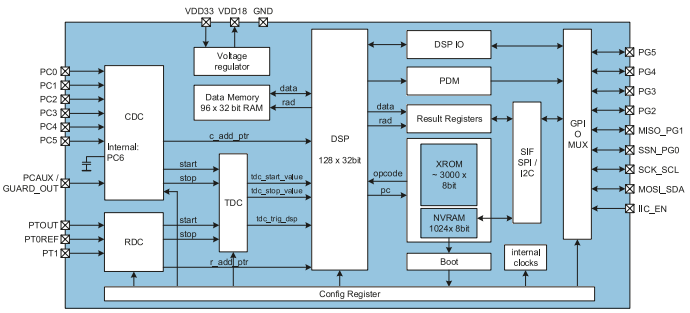
Rysunek 14. Schemat blokowy front-endu FDC1004 (https://t.ly/t13u)



Rysunek 16. Układ FDC1004 w trybie wejść single-ended z włączoną kompensacją offsetu za pomocą przetwornika CAPDAC (https://t.ly/t13u)



Rysunek 15. Układ FDC1004 podłączony w trybie różnicowym (https://t.ly/t13u)



Rysunek 17. Schemat blokowy układu PCap04 marki AMS (https://t.ly/Z1aY)

Warto zwrócić uwagę na kondensator, podłączony do wejścia CC – brak konieczności galwanicznego połączenia węzła kondensatorów C0 i C1 ze wspomnianym pinem układu daje dodatkową elastyczność w niektórych aplikacjach (producent podaje tu przykład czujnika inercyjnego z ruchomą masą). Dla ścisłości warto dodać, że układ może pracować także w trybie różnicowym, jednak, nieco wbrew nazwie, nie należy spodziewać się w tym przypadku pomiaru różnicowego w typowym tego słowa znaczeniu (tj. podobnie jak w przypadku wejść napięciowych, w których sygnały są analogowo odejmowane). Zamiast klasycznej różnicy pojemności C0 i C1, na wyjściu cyfrowym pojawia się bowiem wartość odniesiona do sumy obu pojemności, tj. (2):

$$Z_{CDC} = 2^R \frac{C_0}{C_0 + C_1} \quad (2).$$

Ważne, by spełnić warunek stałości sumy C0+C1 (co oznacza, że gdy jedna z pojemności rośnie o pewną wartość, druga spada o tyle samo – nietrudno się domyślić, w jakiego rodzaju aplikacjach można wykorzystać taki tryb pomiaru).

Układ ZSSC3122 jest w stanie mierzyć pojemności do 10 pF, zaś maksymalna rozdzielczość osiągalna przez przetwornik CDC wynosi do 125 aF/LSB. Użytkownik może ustawić wewnętrzne pojemności offsetu i odniesienia w przedziałach do (odpowiednio) 10,1 pF oraz 11,5 pF (±10%).

FDC1004

Schemat blokowy czterokanałowego układu FDC1004 marki Texas Instruments został pokazany na **rysunku 14**. Także w tym przypadku konstruktorzy mają do wyboru kilka trybów pracy, a to za sprawą połączenia zalet znanych z opisanych wcześniej układów AD774x oraz ZSSC3122 – na pokładzie front-endu TI znalazły się bowiem zarówno rozbudowane multipleksery wyjściowe (obsługujące do 4 kanałów single-ended lub dwa kanały różnicowe), jak i przetwornik CAPDAC z możliwością sprzętowej kompensacji offsetu do niemal 100 pF. Nie zabrakło też dwóch wyjść ekranu aktywnego (SHLD), pozwalających na rozdzielenie ekranu na dwie grupy (obsługujące osobne czujniki różnicowe wg **rysunku 15**) lub połączenie za pomocą wewnętrznego klucza w przypadku pracy w trybie single-ended (**rysunek 16**).

Dwa czterokanałowe multipleksery umożliwiają wybór praktycznie dowolnej konfiguracji wejść różnicowych przetwornika CDC – na wejście nieodwracające może zostać skierowany sygnał z któregokolwiek z wejść CIN1...4, zaś do wejścia odwracającego można podłączyć zarówno ww. wejścia CINx, jak i wyjście konwertera offsetu CAPDAC.

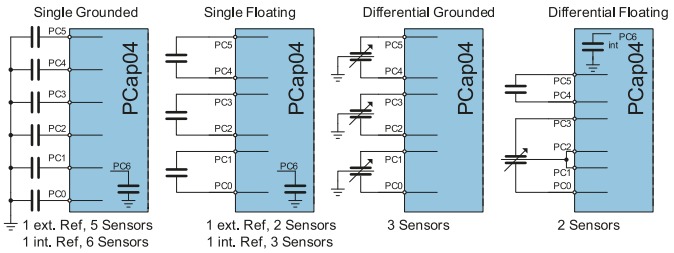
Zakres pomiarowy front-endu FDC1004 wynosi ±15 pF, maksymalna rozdzielczość jest równa 0,5 fF, zaś prędkość odczytów można skonfigurować w szerokim zakresie 100, 200 lub 400 Sps. Co więcej, maksymalne obciążenie pojemnościowe ekranu aktywnego wynosi w przypadku układów FDC1004 aż 400 pF.

PCAP04

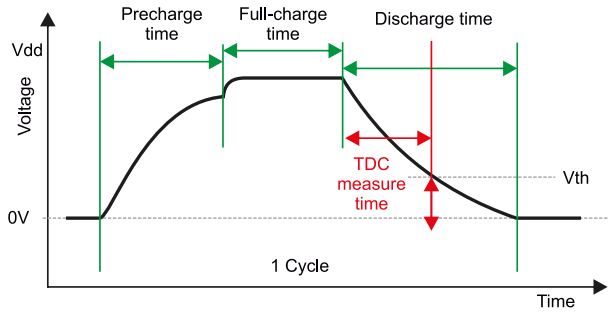
Układ PCAP04 marki AMS można uznać za jeden z najbardziej zaawansowanych front-endów pojemnościowych dostępnych obecnie na rynku. Rozbudowana struktura rdzenia pomiarowego umożliwia pracę zarówno w trybie wysokiej rozdzielczości (do 20 bitów, maksymalna czułość na poziomie 2,5 aF!), jak też wysokiej częstotliwości próbkowania (do 50 kHz). Zaproponowany przez AMS układ (**rysunek 17**) to już nie tylko klasyczny, 6-kanałowy front-end analogowy CDC, ale rozbudowany SoC z 32-bitowym, 60-megahercowym procesorem DSP o architekturze typu Harvard i trzema blokami pamięci: NVRAM (pamięć programu procesora DSP), RAM (pamięć operacyjna) i XROM (stały zestaw najczęściej wykorzystywanych procedur programowych). W układzie znalazł się dodatkowy przetwornik do pomiaru czujników rezystancyjnych (RDC), stabilizator liniowy, blok taktowania oraz kontroler I/O obsługujący interfejsy szeregowe I²C i SPI, wyjście impulsowe PDM lub PWM oraz uniwersalne linie GPIO.

Obecność wbudowanego, „pełnoprawnego" procesora DSP daje konstruktorom potężną elastyczność aplikacyjną, a to za sprawą gotowego oprogramowania wbudowanego, umożliwiającego nie tylko bezpośredni odczyt wyników pomiaru, lecz także wykonywanie podstawowego kondycjonowania sygnałów „w locie". Standardowy program umożliwia obliczanie stosunków mierzonych pojemności z uwzględnieniem współczynników kalibracyjnych, zaś bardziej rozbudowana wersja firmware, także udostępniana przez producenta, pozwala na dokonywanie linearyzacji z użyciem wielomianów trzeciego stopnia (dla pojemności) i drugiego stopnia (dla czujnika temperatury).

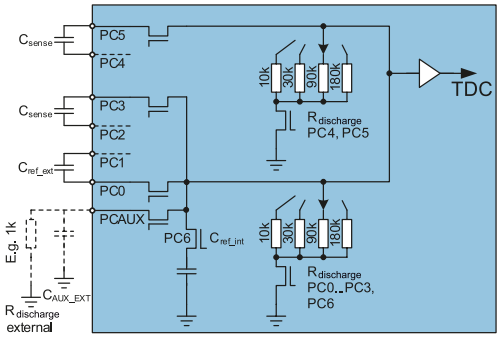
eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 18. Topologie pomiarowe przy zastosowaniu układu PCap04 marki AMS (opis w tekście) (https://t.ly/Z1aY)



Rysunek 19. Zasada działania front-endu PCap04 – pomiar czasu rozładowania pojemności wejściowej (https://t.ly/Z1aY)

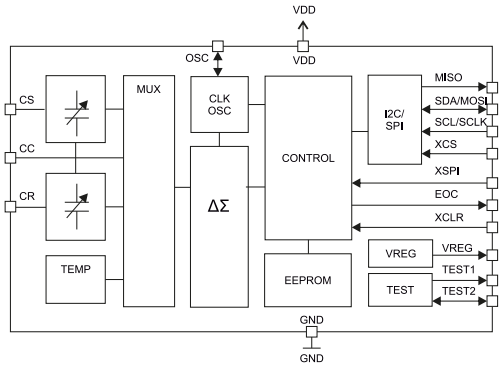


Rysunek 20. Blok rezystancji rozładowujących układu PCap04 (https://t.ly/Z1aY)

Tak wysoki poziom złożoności obliczeń, realizowanych przez sam front-end, umożliwia obsługę układu za pomocą nawet najprostszych, niskomocowych mikrokontrolerów – co ma niemałe znaczenie, tym bardziej że układ może pracować z prądem zasilania obniżonym nawet do 3 µA. W strukturze front-endu nie zabrakło rzecz jasna stopnia wyjściowego do zasilania ekranu aktywnego.

Układ wejściowy front-endu umożliwia wykorzystanie wielu różnych topologii pomiarowych – można mierzyć sześć różnych, uziemionych jednostronnie pojemności w trybie single-ended, trzy pojemności „pływające", trzy różnicowe (z odczepem połączonym z masą – patrz opis układu ZSSC3122) lub nawet pojemność różnicową z odczepem pływającym. Możliwe układy połączeń zaprezentowano na **rysunku 18**.

Co niezwykle ważne, konstruktorzy układu PCap04 zastosowali całkowicie inną technologię pomiaru, niż miało to miejsce w przypadku opisanych wcześniej front-endów. Tutaj mamy bowiem do czynienia z przetwornikiem TDC (time-to-digital converter), mierzącym czas rozładowania pojemności wejściowej (**rysunek 19**) przez jeden z wewnętrznych rezystorów układu (**rysunek 20**). Taka metoda pomiaru skutkuje imponującym zakresem pomiarowym – front-end



Rysunek 21. Schemat blokowy układu MAS6510 marki MAS (https://t.ly/DIgJ)

PCap04 może pracować z pojemnościami od 1 pF aż do 100 nF (5 rzędów wielkości!).

MAS6510

Ostatnim układem, jaki omówimy, będzie front-end MAS6510 marki Micro Analog Systems. Ten helsiński producent typu fabless opracował niewielki układ bazujący na 24-bitowym przetworniku CDC typu delta-sigma, pracującym w trybie ratiometrycznym lub różnicowym (**rysunek 21**).

Dwa przetworniki CAPDAC o pojemności maksymalnej 22 pF umożliwiają niwelację offsetu z rozdzielczością na poziomie 86 fF/LSB. Interesującą funkcją układu jest możliwość ustawienia wzmocnienia przez zapis 8-bitowej wartości do rejestru kontrolującego poziom sygnału pobudzającego (GRDAC) – w połączeniu z doborem wartości pojemności odniesienia, ustawienie takie pozwala zoptymalizować zakres dynamiki przetwornika CDC. Dodatkowo, użytkownik może skorzystać z wbudowanego silnika linearyzacji, przeznaczonego do użycia w aplikacjach o charakterystyce Cs(x)~1/x, gdzie Cs(x) – pojemność sensora w funkcji parametru x (np. ciśnienia). Front-end MAS6510 zawiera, oprócz właściwej części pomiarowej, także interfejs I²C/SPI, regulator napięcia oraz pamięć EEPROM i wewnętrzny blok taktowania z możliwością podpięcia zewnętrznego sygnału taktującego (co jest konieczne do zwiększenia zakresu pomiarowego ponad 40 pF). Typowy zakres pomiarowy wynosi od 2 do 30 pF, zaś rozdzielczość przetwornika delta-sigma to 17,5 bita. Osiągane częstotliwości próbkowania mieszczą się w zakresie od 12 Hz do 173 Hz.

Podsumowanie

Zaprezentowane w tym odcinku front-endy pojemnościowe powstały z myślą o pomiarach o wysokiej rozdzielczości w aplikacjach przemysłowych, medycznych czy też motoryzacyjnych. Na podstawie tego opisu nietrudno zauważyć, że większość układów powtarza pewne standardowe rozwiązania, choć niektóre z nich, np. PCap04 czy FDC1004, łączą zalety konkurencyjnych produktów, dzięki czemu nadają się do znacznie szerszego zakresu zastosowań. Co więcej, jak pokazaliśmy na przykładzie wspomnianego układu PCap04, nawet w segmencie pomiaru tak podstawowych wielkości, do jakich należy pojemność elektryczna, można spotkać złożone front-endy SoC, integrujące w sobie rozbudowany procesor DSP i zapewniające funkcjonalność dużo bardziej zaawansowaną niż proste układy AFE z przetwornikiem, multiplekserem oraz blokiem rejestrów I/O.

W kolejnym odcinku Poradnika Implementacji pozostaniemy przy tematyce pomiaru wielkości elektrycznych – tym razem skupimy się na układach przeznaczonych do aplikacji energetycznych.

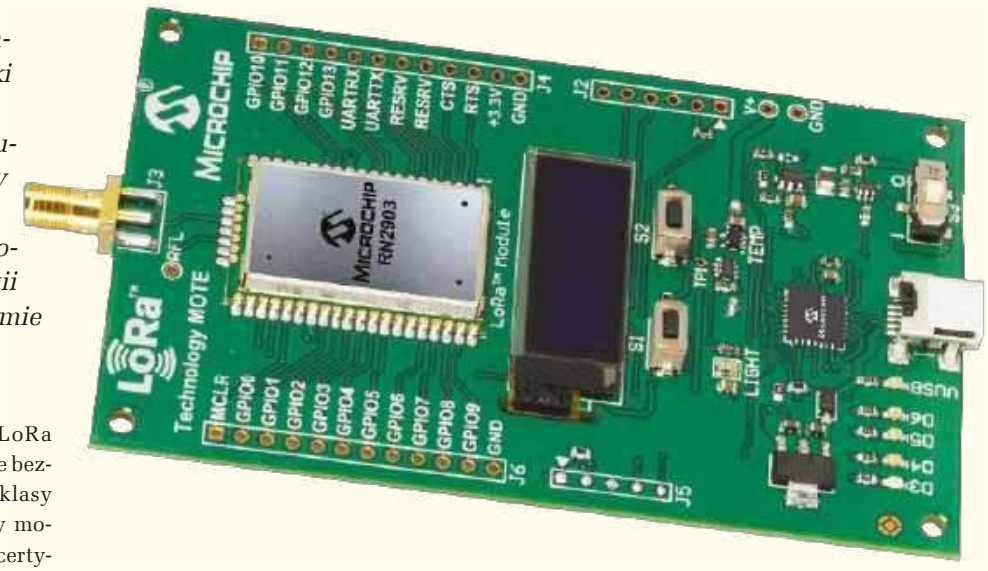
inż. Przemysław Musz, EP

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

eprasa.pl f1935705aa

Wygraj zestaw ewaluacyjny LoRa z modułem RN2903

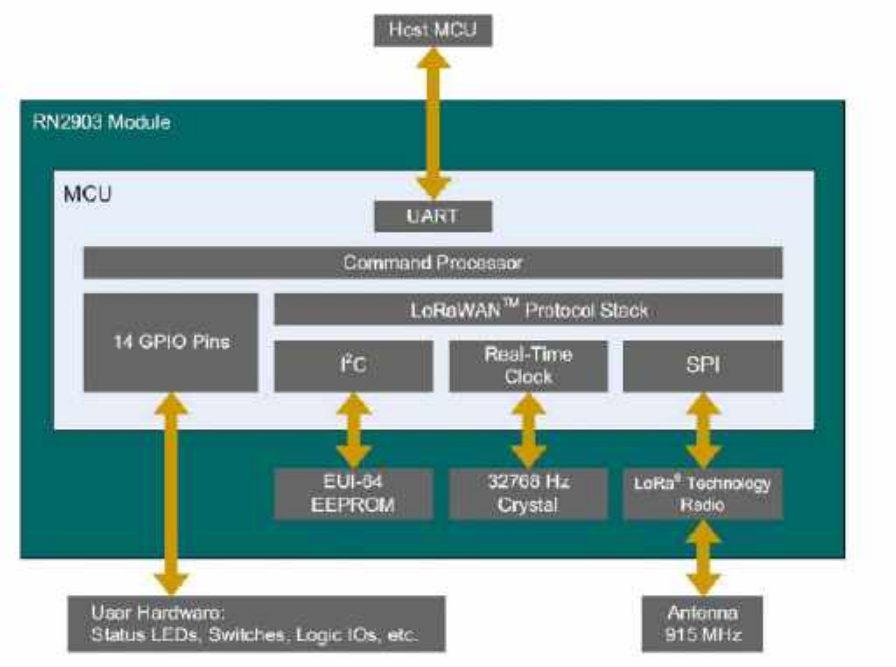
Firma Microchip organizuje konkurs dla czytelników „Elektroniki Praktycznej", w ramach którego można wygrać płytkę ewaluacyjną RN2903 LoRa technology Mote (DM164139), która jest kompletnym urządzeniem końcowym bezprzewodowej technologii LoRaWAN, bazującym na modemie RN2903 LoRa.



Zestaw ewaluacyjny RN2903 LoRa Mote to kompletne urządzenie końcowe bezprzewodowej technologii LoRaWAN klasy A. Na płytce znajduje się nowoczesny modem RN2903 LoRa, który jest w pełni certyfikowanym modułem radiowym na pasmo 915 MHz. Wykorzystuje unikalną modulację widma rozproszonego (*spread spectrum*) w paśmie Sub-1 GHz i jest zoptymalizowany do zapewnienia dużego zasięgu z wysoką przepustowością transmisji i przy małym poborze mocy. Wbudowany protokół LoRaWAN klasy A umożliwia bezproblemową łączność z dowolną infrastrukturą sieciową zgodną z LoRaWAN, zarówno publiczną, jak i prywatną. Moduł RN2903 został zaprojektowany z myślą o łatwości użytkowania i pozwala znacząco skrócić czas projektowania i wprowadzania na rynek. Jest idealny do czujników zasilanych bateryjnie i aplikacji o małym poborze mocy, takich jak IoT, M2M, smart city, sieci czujników, automatyka przemysłowa itp.

Zestaw ewaluacyjny przystosowany jest do zasilania bateryjnego i stanowi wygodną platformę do szybkiego demonstrowania możliwości modemu dalekiego zasięgu, a także do weryfikacji współdziałania podczas łączenia się z bramami i infrastrukturą zgodną z LoRaWAN v1.0. Płytka Mote zawiera czujniki światła i temperatury do generowania danych, które są przesyłane według ustalonego harmonogramu lub inicjowane przez naciśnięcie przycisku. Wyświetlacz LCD dostarcza informacji zwrotnych o stanie połączenia, parametrach odczytanych z czujników oraz o odebranych danych i potwierdzeniach transmisji.

Do połączenia z komputerem służy standardowy interfejs USB ze zintegrowanym konwerterem do interfejsu UART modemu RN2903. Podobnie jak w przypadku wszystkich produktów z rodziny Microchip RN, umożliwia to szybką konfigurację i kontrolę wbudowanego stosu protokołu LoRaWAN za pomocą zestawu poleceń ASCII wysokiego poziomu.



Rysunek 1. Schemat blokowy modułu RN2903 LoRa

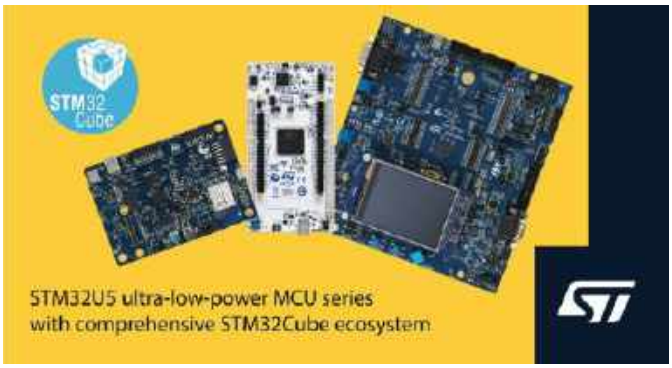
Aby mieć szansę na wygranie zestawu ewaluacyjnego RN2903 LoRa technology Mote lub aby otrzymać kupon rabatowy 15% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie:
https://bit.ly/33xgoCZ.

Szczegółowe informacje na temat płytki ewaluacyjnej oraz modułu LoRa RN2903 można znaleźć pod adresami:

- https://bit.ly/3nGBwxB
- https://bit.ly/3Aihr5S

eprasa.pl f1935705aa

koktajl niusów



Pełne wsparcie dla układów serii STM32U5

Pewien czas temu, w celu szerszej popularyzacji układów serii STM32U5, firma STMicroelectronics, wraz z nowymi płytami uruchomieniowymi, wprowadziła nowe funkcjonalności dla środowiska STM32Cube. W szczególności chodziło o układy STM32U575 oraz STM32U585, które łączą w sobie innowacje w zakresie bezpieczeństwa i oszczędzania poboru mocy. Mikrokontrolery zostały wyposażone w rdzeń Cortex-M33 firmy ARM oraz pamięć Flash o pojemności 2 MB uwzględniającą autonomiczny tryb LPBAM (*Low Power Background Autonomous Mode*) zapewniającą bezpośredni dostęp do pamięci (DMA) bez udziału procesora, akcelerator ST ART Accelerator, możliwość wyłączenia obsługi nieużywanych obszarów pamięci, konfigurowalny przetwornik DC/DC i stabilizator LDO. Wszystko to przy dynamicznym poborze prądu sięgającym zaledwie 19 µA/MHz. Dzięki tym wszystkim możliwościom układy STM32U5 mogą być stosowane m.in. w trackerach, smartwatchach, systemach inteligentnego domu, licznikach mediów, sygnalizacji przemysłowej, terminalach POS, pompach insulinowych i glukometrach oraz wszelkich rozwiązaniach przenośnych.

Wśród zestawów rozwojowych ułatwiających wdrożenie nowej rodziny STM32U5 dostępne są:

- Discovery Kit for IoT Node (B-U585I-IOT02A) wyposażony w sensory MEMS, interfejsy BLE i Wi-Fi oraz dostęp do usług chmurowych (wliczając te od firm Amazon i Microsoft),
- NUCLEO-U575ZI-Q (Nucleo-144) dla hobbystów i osób ceniących minimalizm rozwiązań z opcją ich nieograniczonej rozbudowy,
- STM32U575I-EV dla profesjonalistów i wymagających uzytkowników.

Dodatkowo dostępnych jest ponad 200 projektów w repozytorium GitHub i na stronie producenta. Dzięki nim można w bezproblemowy sposób rozpocząć własne projekty ze wspomnianą wcześniej rodziną układów.

W przypadku oprogramowania (tzn. STM32Cube) pojawiły się następujące funkcjonalności/dodatki dla układów STM32U5:

- wsparcie dla narzędzia OpenBootloader obsługującego niestandardowe kody asemblera;
- wsparcie dla rozwiązania Secure Firmware Install (SFI), które chroni przed przypadkowym lub nieautoryzowanym pobieraniem firmware'u klienta;
- nowa wersja certyfikowanej biblioteki kryptograficznej X-CUBE-CRYPTOLIB, w której zawarto nowe algorytmy szyfrujące i uproszczony interfejs API;
- dwa wrappery: „Azure RTOS i ThreadX RTOS" oraz „FreeRTOS i CMSIS OS", które zapewniają wysoką wydajność rozwiązań oraz ułatwiają ich certyfikację przemysłową;
- biblioteka autotestów X-CUBE-STL, z dokumentacją bezpieczeństwa funkcjonalnego, dzięki którym możliwy jest rozwój aplikacji krytycznych bezpieczeństwa i ich certyfikacja zgodna z normą IEC 61508 SIL;
- pakiety cyberbezpieczeństwa obejmujące kody referencyjne związane z rozwiązaniami: Secure Boot, Secure Firmware Update (SBSFU) i Trusted Firmware (TF-M), z czego ostatni bazuje na technologii TrustZone firmy ARM i pozwala bezpiecznie implementować usługi certyfikacji PSA level 3 i SESIP level 3.

Wszystkie te funkcjonalności sprawiają, że zapewniona jest ochrona przed atakami „side-channel" oraz monitoring wymazywania danych (spełnia to wymagania branży kart płatniczych dla terminali POS). Warto przy tym dodać, że mikrokontrolery serii STM32U5 są dostępne w obudowach WLCSP o wymiarach: 4,2×3,95 mm, a także UQFN48 i UFBGA169 o wymiarach 7×7 mm. Na 30 września 2022 r. zaplanowano webinarium „Solving Power and Performance Challenges with the STM32U5 MCU" będące praktycznym kursem obsługi opisanej rodziny układów. Aby się zarejestrować, należy odwiedzić stronę: www.st.com/content/st_com.

Źródło: www.st.com/stm32u5

Wytwarzanie krzemowych układów scalonych w domu

Sprzęt potrzebny to zrealizowania tytułowego zadania jest drogi, co zniechęca do produkcji układów w warunkach domowych. Nie ma też uzasadnienia dla takich działań, skoro układy scalone można tanio kupić. Jednak jest to możliwe do wykonania. Niewątpliwie potrzeba wysokotemperaturowego pieca, mikroskopu elektronowego i odpowiedniego oprogramowania, aby osiągnąć wspomniany wyżej cel. Na uwagę zasługują dokonania użytkownika o nicku Breaking Taps, który zamieścił na portalu YouTube film (link: https://youtu.be/ZAu3sXXCZuo), w którym zaprezentował proces domieszkowania wafla krzemowego przy użyciu kwasu fosforowego i lasera podczerwonego, imitując w ten sposób dyfuzję przeprowadzaną w przemysłowych warunkach. Laser zapewnia tyle samo ciepła, co piec – wystarczy umieścić domieszkę na waflu i podziałać na nią odpowiednio dobranymi impulsami. Przemysłowa linia produkcyjna do układów krzemowych to ogromny koszt i jedynie kilka firm na świecie

eprasa.pl f1935705aa

stać na tak drogie wyposażenie technologiczne. Dlatego otrzymany efekt jest zaskakujący, choć nie jest idealny i nie dorówna fabrycznej jakości, to uzyskujemy to co trzeba (warto pomyśleć o zamianie lasera na laser UV z powodu mniejszego ryzyka uszkadzania przez nie wafli krzemowych – ale to przy okazji).

Źródło: https://bit.ly/3gotJjD

Tapo Care – usługa chmurowa firmy TP-Link dla kamer monitoringu

Wskazana w tytule firma nie przestaje zaskakiwać – tym razem w jej ofercie znalazła się subskrypcyjna usługa Tapo Care zapewniająca bezpieczne przechowywanie nagrań monitoringu w chmurze przez 30 dni. Dostęp do nich będzie możliwy nawet w przypadku zniszczenia lub kradzieży sprzętu. Dodatkowo usługa rozszerza zakres działania kamer Tapo – użytkownicy mogą przede wszystkim korzystać z inteligentnego powiadamiania polegającego na otrzymywaniu alertów wideo informujących o wykryciu nieproszonych osób, np. włamywaczy, lub innych podejrzanych sytuacji – każda niepożądana aktywność jest opatrzona materiałem wizualnym, który jest dostarczany natychmiast, co pozwala na szybką reakcję ze strony subskrybentów Tapo Care.

Rozwiązanie może być przydatne do pilnowania dzieci na odległość (przykładowo usługę można skonfigurować tak, by reagowała na dźwięki ich płaczu) i zwierząt, gdy jest się poza domem – wspomniane alerty mogą posłużyć m.in. do głosowego upominania psa, który coś zbroił. Wspierana przez kamery Tapo dwukierunkowa transmisja audio w pełni umożliwia takie zadania, podobnie jak funkcja śledzenia ruchu dostępna w modelach z obracanym obiektywem. Wszystko to jest uzupełnione opcją ustalania obszarów zwanych prywatnymi strefami, w obrębie których dźwięk i obraz nie mają być rejestrowane (z szacunku do życia osobistego użytkowników). Usługa jest bezpłatna w ciągu pierwszych 30 dni (od momentu jej subskrypcji) – po ich upływie można wybrać jeden z poniższych wariantów:

Plan podstawowy

- 17,99 zł miesięcznie lub 174,99 zł rocznie (dla 1 kamery)
- 58,99 zł miesięcznie lub 589,99 zł rocznie (dla 4–10 kamer)
- 34,99 zł miesięcznie lub 354,99 zł rocznie (dla 2 kamer)

Plan premium

- 52,99 zł miesięcznie lub 529,99 zł rocznie (dla 3 kamer)

Źródło: https://www.tp-link.com/pl/tapocare/

Adaptery do galwanicznego izolowania debuggerów

Na potrzeby aplikacji z obwodami wysokiego napięcia, w tym samochodowych systemów zarządzania poborem mocy, firma iSYSTEM opracowała serię galwanicznie izolowanych adapterów, które pozwalają na bezpieczną diagnostykę wspomnianych systemów bez ryzyka uszkodzenia oprzyrządowania. Są to urządzenia odporne na wysokie napięcia, przystosowane do użycia z dostępnymi debuggerami,

m.in. iC5700. Dwa złącza o 14 bądź 20 pinach (DEBUG TOOL dla debuggerów oraz TARGET do testowania) są kompatybilne z interfejsami JTAG i SWD, wybieranymi dodatkowymi przełącznikami. Zasilanie jest pobierane z gniazda USB-C. Wspierane są następujące architektury scalone: ARM (ARM), AURIX DAP (Infineon Technologies), CoreSight (ARM), MPC5xxx/SPC5 (NXP Semiconductors/STMicroelectronics).

Źródła: https://bit.ly/3APIpBU, https://bit.ly/32WKgsg

Kiedy jedna płytka Arduino Nano Every to dla Ciebie za mało

Tytułowe płytki są dostępne w zestawach po 3 sztuki – Arduino Nano Every 3 Boards Pack. Wszystkie płytki zestawu są pozbawione złączy i zawierają ośmiobitowy mikrokontroler ATmega4809 o częstotliwości taktowania 20 MHz, który udostępnia 14 wyprowadzeń cyfrowych (sześć z nich może pełnić funkcję wyjść PWM) i 8 wejść analogowych dołączonych do obecnego w układzie przetwornika analogowo-cyfrowego o rozdzielczości 10 bitów. Mikrokontroler ma pamięć Flash o pojemności 48 kB, SRAM o pojemności 6 kB i EEPROM o pojemności 256 B, oraz wyposażony jest w interfejsy I²C, SPI i UART/USART. Na płytce znajdują się dwa wyjścia o napięciach 3,3 V i 5 V oraz wejście Vin umożliwiające dołączenie zasilania o napięciu z zakresu 6...21 V. Programowanie płytek odbywa się poprzez USB lub złącze ICSP dla zewnętrznych programatorów. Obsługę płytek zapewnia darmowe środowisko Arduino IDE. Zestaw nie zawiera kabli USB.

Źródło: https://store.arduino.cc/nano-every-pack

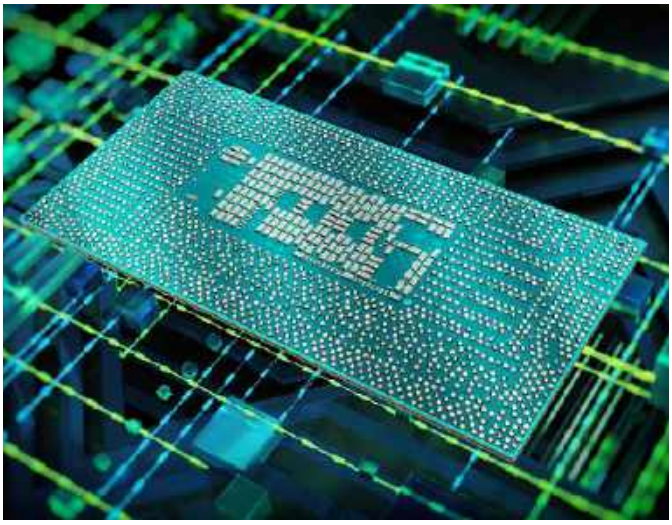
Zamiary firmy Qualcomm odnośnie do pojazdów przyszłości

Na dzień przed targami CES 2022 (4 stycznia br.) firma Qualcomm ujawniła informacje związane z pojazdami przyszłości. Dotyczą one oprogramowania do kamer systemów jazdy zautomatyzowanej i systemów ADAS (*Advanced Driver Assistance Systems* – złożone systemy wspomagania kierowcy) bazującego na układzie SoC

eprasa.pl f1935705aa

wykonanym niezwykle małym w procesie technologicznym 4 nm, oraz rozwiązanie o nazwie Snapdragon Ride Vision System, będące nowoczesnym systemem wizji dla pojazdów. Według CEO Qualcomma – Cristiano Amona, wspomniane oprogramowanie ma pochodzić od firmy Arriver, a system ma zadebiutować w 2024 roku, po wprowadzeniu (jeszcze w tym roku) koncepcji Snapdragon Cockpit Platforms w pojazdach Volvo Car Group (jest to jeden z większych partnerów firmy). Ponadto, we współpracy z producentem podzespołów samochodowych Huizhou Desay SV Automotiv, ma powstać czwarta generacja kabiny bazujacej na sztucznej inteligencji i z łącznością sieciową. Wszystko to na bazie platformy Snapdragon Digital Chassis, którą Amon określa jako sposób na szybkie wdrażanie innowacji w motoryzacji i nowych systemach informacyjno-rozrywkowych (*infotainment*) w autach.

Źródło: https://bit.ly/3se7Cls



Nowe procesory Intel Core 12 do przenośnych rozwiązań

Na początku stycznia br. firma Intel zaprezentowała nową, dwunastą generację procesorów Intel Core, którą stanowi 28 modeli zapewniających szybkie i niezawodne obliczenia, bez względu na czas i miejsce ich realizacji, do rozwiązań konsumenckich i biznesowych, w tym Internetu Rzeczy (IoT). W stosunku do poprzedniej generacji ta jest wydajniejsza o prawie 40% i stanowi w pełni skalowalne rozwiązanie. Szczególnie chodzi o układy serii H, na czele z najszybszym (obecnie) na świecie modelem Core i9-12900HK, oraz serii U i P, z czego pierwsza obejmuje procesory o mocy 9...15 W przeznaczone do laptopów o zoptymalizowanych kształtach, a druga skupia się na procesorach o mocy 28 W, które zawierają do 14 rdzeni i 20 wątków, oraz wbudowaną grafikę Iris Xe i są przeznaczone do komputerów o wysokiej wydajności. Jak powiedział wiceprezes i menedżer oddziału Client Computing Group firmy Intel Gregory Bryant: „Wraz z wprowadzeniem na rynek procesorów Intel Core 12 odblokowaliśmy nowe doświadczenia i ustanawiamy nowy standard wydajności z najszybszym układem (jaki dotychczas powstał)."

Powyższe procesory pojawią się na rynku w pierwszym kwartale br. i w pierwszej kolejności będą to układy serii H taktowane zegarem 5 GHz, zapewniające obsługę standardów: Wi-Fi 6E i Thunderbolt 4 oraz pamięci: DDR4, DDR5, LPDD4 i LPDD5 (wszystko to dla wymagających użytkowników i graczy, niezależnie od aplikacji tych układów). Jednocześnie Intel pokazał 3 nowe chipsety: B660, H610 i H670 wspierające rozwiązania: PCIe 4.0, Wi-Fi 6E i Volume Management Device (VMD) wraz ze zmianą taktowania pamięci, a także ogłosił programy: Engineered for Intel Evo i Intel Evo vPro w celu wymiany doświadczeń związanych z tworzeniem oraz testowaniem akcesoriów wspierających standardy Bluetooth i Thunderbolt.

Źródło: https://intel.ly/3J37bBD

Mała biodegradowalna bateria cynkowa

Naukowcy z uniwersytetu NTU w Singapurze niedawno opracowali cienką, biodegradowalną baterię cynkową o wymiarach 40×40×0,4 mm. Jej rozkład w ziemi trwa ok. miesiąca. Elektrody baterii są rozmieszczone po obu stronach zanurzonego w hydrożelu papieru. Papier pełni funkcję izolatora separującego anodę baterii, wykonaną z cynku i węgla, od jej katody zawierającej nikiel i mangan. W celu zwiększenia przewodności elektrody zostały pokryte cienką warstwą złota, a sam wynalazek zdołał zasilić mały wentylator i diodę LED przez co najmniej 45 minut. Mimo zginania, skręcania oraz cięcia, funkcjonalność baterii pozostała niezmieniona.

Według profesora Fan Hong Jina z Wydziału Nauk Fizycznych i Matematycznych NTU: „Tradycyjne baterie występują w różnych modelach i rozmiarach, a wybór ich odpowiedniego typu do określonego urządzenia może stanowić problem. Dzięki naszym badaniom pokazaliśmy prostszy oraz tańszy sposób produkcji baterii, poprzez opracowanie pojedynczego kawałka, który może być przycinany do pożądanych wielkości bez utraty wydajności. W rezultacie nasza papierowa bateria może być integrowana z elastyczną elektroniką, która jest stopniowo rozwijana".

Profesor powiedział również: „Kiedy dochodzi do rozkładu baterii, jej materiały elektrodowe są wprost uwalniane do środowiska – zastosowane w katodzie nikiel oraz mangan stają się tlenkami bądź wodorotlenkami, podobnie jak występujący w anodzie cynk, co sprawia, że stworzony przez nas wynalazek stanowi doskonałą alternatywę dla używanych współcześnie źródeł zasilania w formie baterii".

Z kolei asystent profesora, Lee Seok Woo, dodał: „Wierzymy, że nasza bateria pomoże w rozwiązaniu problemu odpadów elektronicznych (*e-waste*), biorąc pod uwagę jej nietoksyczność oraz brak aluminiowych lub plastikowych opakowań, dzięki czemu może ona przechowywać więcej energii, a przez to mocy w mniejszych systemach".

W przyszłości zespół NTU ma nadzieję zademonstrować pełną integrację wyżej wspomnianej baterii z drukowanymi elementami i obwodami, jak również powłokami oraz systemami magazynowania energii. Opisany wynalazek idealnie wpisuje się w wizję singapurskiej uczelni dążącej do tworzenia zrównoważonych rozwiązań w celu sprostania wyzwaniom, jakie stoją przed człowiekiem. Baterię można zobaczyć na: https://bit.ly/3L3XRPK.

Źródła: https://bit.ly/3ghV0oc, https://bit.ly/3ojC0tI

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@wat.edu.pl

eprasa.pl f1935705aa

Systemy dla Internetu Rzeczy (57)

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

Superkondensator z przetwornicą dwukierunkową Continua MAX38889

Postępy w technologii superkondensatorów i analogowych układów zasilania sprawiają, że wyposażenie systemu w zasilanie rezerwowe jest teraz bardziej kompaktowe i wygodne niż kiedykolwiek. Budowanie architektur zasilania do pracy ciągłej wymaga dodatkowych obwodów i źródła zasilania. Superkondensatory wyjątkowo pasują do takich aplikacji, szczególnie w przypadku napięć 5 V i niższych, gdzie niwelują problemy związane z wymianą baterii lub przerwami w zasilaniu. Układy scalone rodziny Continua MAX3888xx stanowią kompleksowe rozwiązanie – zmniejszą złożoność i koszty układu z pojedynczym superkondensatorem oraz zapewniają niezawodne działanie o najwyższej sprawności i najmniejszych rozmiarach.

Akumulatory i superkondensatory są szeroko stosowane jako źródła zasilania awaryjnego w wielu aplikacjach. Każde rozwiązanie oferuje inne atrybuty wydajności w odniesieniu do gęstości przechowywania, liczby opłacalnych cykli ładowania/rozładowania, wydajności impulsowej i wielu innych czynników. Jeśli superkondensator jest wybraną opcją zasilania awaryjnego, to tak jak w przypadku akumulatorów wymaga również optymalnego zarządzania i dostosowania do wydajności.

Chociaż istnieje wiele rodzajów aplikacji zasilania awaryjnego, superkondensatory stanowią eleganckie rozwiązanie dla elektroniki na poziomie płytki. Dzięki znacznie większej energii na jednostkę objętości (masy) niż konwencjonalne kondensatory, superkondensatory mogą napędzać system znacznie dłużej, zapewniając więcej niż czas na poprawne zamknięcie systemu. W przeciwieństwie do akumulatorów, superkondensatory ładują się znacznie szybciej i tolerują znacznie więcej cykli ładowania. Są doskonałą opcją w przypadku tworzenia

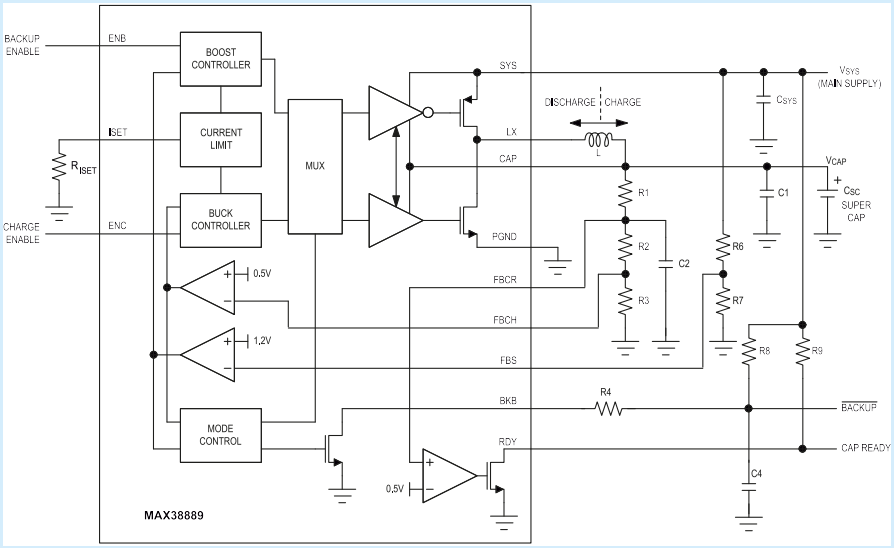
Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl f1935705aa

kopii zapasowych systemu oraz podczas krótkich przerw w zasilaniu, takich jak przerwy w dostawie prądu czy wymiana baterii.

W rzeczywistych projektach pożądane jest takie rozwiązanie, które nie tylko oferuje podstawową funkcjonalność, ale także spełnia trudne ograniczenia dotyczące rozmiaru i wydajności. Często dzieje się tak w przypadku zasilania awaryjnego, które musi działać bezgłośnie i przez długi czas w projektach takich jak inteligentne liczniki mediów, zdalne czujniki, węzły IoT, urządzenia śledzące i samochodowe kamery na desce rozdzielczej.

Typowy superkondensator ładuje się do napięcia 2,7 V. Aby zapewnić zasilanie 5 V, napięcie 2,7 V musi zostać podwyższone lub należy użyć wielu superkondensatorów do wytworzenia na wyjściu 5 V. Dodatkowy koszt i złożoność wiążą się z równoważeniem ogniw (aktywnym lub pasywnym), które jest wymagane w przypadku korzystania z wielu superkondensatorów. Architektura z pojedynczym superkondensatorem eliminuje złożoność i koszty równoważenia ogniw. Superkondensator jest ładowany przez układ ładujący i w razie zaniku zasilania rozładowywany przez przetwornicę podwyższającą.



Rysunek 1. Schemat funkcjonalny układu MAX38889 firmy Maxim [1]

Układ scalony MAX38889

Układ MAX38889 z rodziny Continua MAX3888xx firmy Maxim (obecnie oddział firmy Analog Devices) jest regulatorem napięcia do systemów zasilania awaryjnego z superkondensatorami. Został zaprojektowany do wydajnego przenoszenia mocy między elementem magazynującym a szyną zasilającą systemu. Zapewnia dwukierunkowy transfer mocy przy użyciu tej samej cewki indukcyjnej i eliminuje potrzebę stosowania dodatkowego konwertera mocy. Schemat funkcjonalny układu MAX38889 jest pokazany na **rysunku 1.**

Układ MAX38889 może pracować w jednym z trzech trybów:

- Tryb ładowania (Charge Mode)

Gdy główne zasilanie systemowe VSYS jest obecne, a jego napięcie jest powyżej progowego napięcia systemowego VSYSTH, układ działa w trybie ładowania i ładuje superkondensator do napięcia VCAP.

- Tryb gotowości (Ready Mode)

Po naładowaniu elementu magazynującego układ przechodzi do trybu gotowości i pobiera tylko 4 μA prądu, utrzymując element magazynujący w stanie gotowości.

- Tryb podtrzymania (Discharge (Backup) Mode)

Gdy zasilanie systemowe jest odłączone, układ zapobiega jego spadkowi poniżej napięcia progowego VSYSTH, automatycznie przechodzi do trybu podtrzymania i pobiera energię z superkondensatora, oddając ją do szyny systemowej. Utrzymywane jest wtedy napięcie systemowe na poziomie niższym od VSYSTH o 2,5%. Taka histereza pomiędzy trybem ładowania i podtrzymania zapewnia stabilne przełączanie i pracę układu. Superkondensator musi być w pełni naładowany, aby umożliwić działanie w trybie podtrzymania.

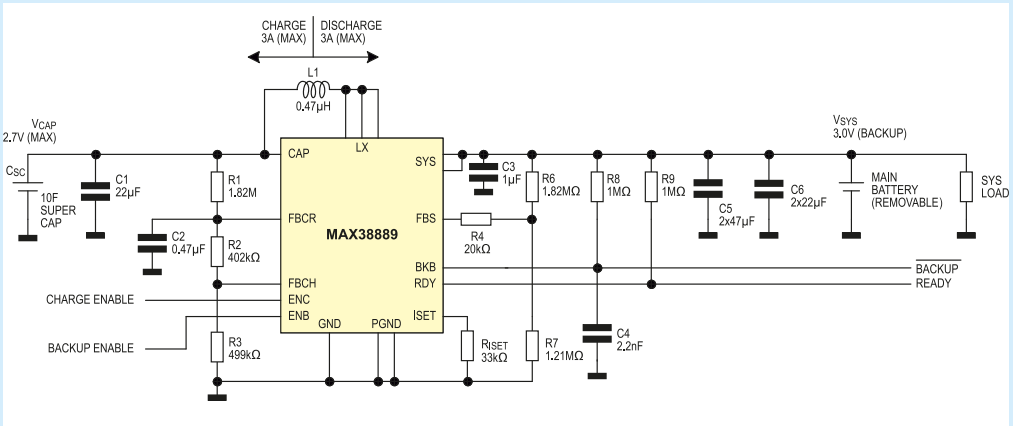
Kluczowe parametry układu MAX38889 (dla VSYS=3,7 V, VCAP=2,5 V):

- napięcie wyjściowe: 2,5...5,5 V,
- napięcie na superkondensatorze: 0,5...5,5 V,
- maksymalny prąd cewki: 3 A,
- histereza pomiędzy trybem ładowania i podtrzymania: 2,5%,
- dokładność wartości progowej: ±1%,
- wydajność szczytowa: 94%,
- prąd w trybie gotowości: 4 μA,
- obudowa: TQFN16 3×3 mm.

Oferowane są też inne układy z rodziny Continua MAX3888xx. Układ MAX38888 ma taką samą budowę i podobne parametry: mniejszy maksymalny prąd pracy 2,5 A, mniejszy zakres napięcia na superkondensatorze: 0,8...4,5 V. Układ MAX38886 ma podobne parametry jak układ MAX38888 ale nie ma wyprowadzeń znaczników stanu.

Typowa aplikacja układu MAX38889 została pokazana na **rysunku 2**. Układ ma wyprowadzenia, które pozwalają na konfigurowanie jego pracy bez konieczności programowania:

- Wejście ENC (*Charger Enable*) – poziom niski wyłącza ładowanie superkondensatora, poziom wysoki (odniesiony do VSYS) umożliwia ładowanie superkondensatora (gdy napięcie VSYS jest powyżej progu VSYSTH);
- Wejście ENB (*Backup Enable*) – poziom niski wyłącza możliwość pracy w trybie podtrzymania, poziom wysoki (odniesiony do VSYS) umożliwia pracę w trybie podtrzymania (gdy napięcie VSYS jest poniżej progu VSYSTH);
- Wyjście RDY (*Ready*) – ma stan niski, kiedy napięcie na wejściu FBCR (dzielnik dołączony do superkondensatora) jest poniżej 0,5 V i stan wysoki (rezystor podciągający), gdy jest powyżej tej wartości. Gdy poziomy logiczne na wejściach ENC i ENB są niskie, to poziom na wyjściu RDY też jest niski.



Rysunek 2. Typowy układ aplikacyjny układu MAX38889 firmy Maxim [1]

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

eprasa.pl f1935705aa

- Wyjście BKB (*Backup Status*) – ma stan niski wtedy, gdy napięcie na wejściu FBS (dzielnik dołączony do szyny systemowej) jest poniżej 1,2 V i wysoki (rezystor podciągający), gdy jest powyżej. Gdy poziomy logiczne na wejściach ENC i ENB są niskie, to poziom na wyjściu BKB jest wysoki.
- Wejście ISET (*Charge/Discharge Current Select*) – średni prąd cewki jest programowany przez użytkownika za pomocą zewnętrznego rezystora o wartości 33...100 kΩ:
  - w trybie ładowania średni prąd ładowania superkondensatora (0,5...1 A) wynosi ICAP_CHG=1,5 A×(33 kΩ/RISET);
  - w trybie podtrzymania przetwornica podwyższająca reguluje napięcie VSYS z prądem maksymalnym (1...3 A) ILX_BU=3 A×(33 kΩ/RISET).

Wyjścia RDY i BKB umożliwiają śledzenie stanu układu w czasie rzeczywistym.

Konfigurowanie napięcia pracy superkondensatora

W trybie ładowania układ dostarcza energię do superkondensatora, aż do osiągnięcia napięcia VCAP_MAX określonego przez dzielnik rezystorowy dołączony do wejścia FBCH (rysunek 2). Aby prąd upływu był mały, należy dobrać dużą rezystancję dzielnika. Typowa wartość dla R3 to 500 kΩ. Wtedy dla VCAP_MAX=2,7 V wartość R1+R2=2,7 MΩ. Jeśli wyjście RDY ma zmienić stan na wysoki od napięcia VCAP równego 1,5 V, to dla R2=402 kΩ uzyskujemy R1=1,8 MΩ.

W trybie podtrzymania układ rozładuje superkondensator, pobierając z niego energię do pracy przetwornicy podwyższającej. Gdy napięcie VSYS spadnie poniżej napięcia progowego VUVLOFG lub gdy napięcie na VFBCH spadnie do poziomu 10% napięcia progowego VTH_FBCH, to przetwornica zostanie wyłączona w celu zabezpieczenia superkondensatora przed zupełnym rozładowaniem.

Konfigurowanie napięcia systemowego

W trybie podtrzymania napięcie systemowe jest określone przez dzielnik rezystorowy dołączony do wejścia FBS. Jeśli napięcie VFBS ma wartość powyżej 1,23 V, to przetwornica (obniżająca) układu pobiera prąd z szyny systemowej i ładuje superkondensator. Jeśli napięcie VFBS spadnie poniżej 1,2 V, to przetwornica (podwyższająca) układu pobiera prąd z superkondensatora i reguluje napięcie na szynie systemowej na poziomie niższym od VSYSTH o 2,5%.

Wybór superkondensatora

Na sperkondensatorze musi pozostać napięcie wymagane do stabilnej pracy układu scalonego. Układ podczas pracy w trybie podtrzymania pobiera stałą moc. Dla wysokiego napięcia VCAP prąd jest niski, ale rośnie w miarę spadku tego napięcia. Energia kondensatora potrzebna do pracy w trybie podtrzymania jest ilorazem stałej mocy pobieranej z układu (VSYS×ISYS) oraz czasu podtrzymania TBACKUP.

$$E = \frac{1}{2} \cdot C_{SC} \cdot \left(V^2_{CAPMAX} - V^2_{CAPMIN}\right)$$

Dla sprawności przetwornicy η wymagana pojemność jest określona wzorem

$$C_{SC} = \frac{2 \cdot V_{SYS} \cdot I_{SYS} \cdot T_{BACKUP}}{\left[\left(V^2_{CAPMAX} - V^2_{CAPMIN}\right) \cdot \eta\right]}$$

Wymagane obliczenia są dosyć skomplikowane, dlatego można skorzystać z firmowego arkusza obliczeniowego (**rysunek 3**) pozwalającego na szybkie wyliczenie potrzebnej pojemności superkondensatora

	Your Values	Errors and Notes
$V_{CAP\ MAX}$ (V)	2.65	
$V_{CAP\ MIN}$ (V)	1.55	
t_{BU} (s)	9.48	
V_{SYS} (V)	3.04	
I_{SYS_LOAD} (A)	0.2	
Efficiency η (%)	92	

Note: Check values and correct errors before calculating

E_{LOAD} (J)	5,76384	Energy supplied to the system load during backup
Supercap (F)	2,71214	Perhaps round to nearest standard value

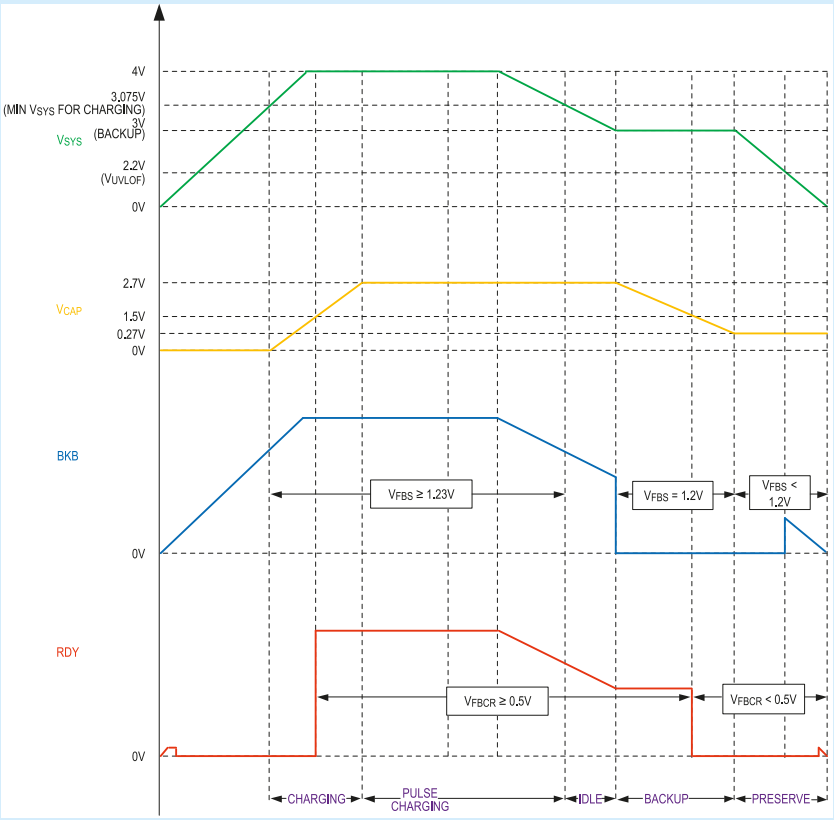
Rysunek 3. Arkusz kalkulacyjny do obliczania pojemności superkondensatora [3]

dla zadanych parametrów [3]. Wystarczy wpisać dane w zielone pola i przycisnąć przycisk *Calculate*. Jeśli w polu *Errors and Notes* nie ma komentarzy, to wyliczoną wartość można uznać za poprawną. W przeciwnym wypadku należy założenia zweryfikować, posługując się poradnikiem zamieszczonym poniżej tabeli. Podaje on ograniczenia zakresów wartości. Arkusz jest przeznaczony dla układu MAX38888, jednak parametry napięciowe układu MAX38889 są podobne (ma większy prąd pracy i trochę większy zakres napięcia pracy).

Przykład pracy układu MAX38889 dla typowych parametrów: VSYSTH=3,075 V, VCAP_MAX=2,7 V, VCAP_MIN=0,27 V, jest pokazany na **rysunku 4**. Górne wykresy pokazują napięcia VSYS i VCAP. Dolne wykresy pokazują napięcia na wyprowadzeniach stanu BKB i RDY. Zachowanie tych wyjść jest dosyć skomplikowane.

Praca układu MAX38889 w systemie zasilania

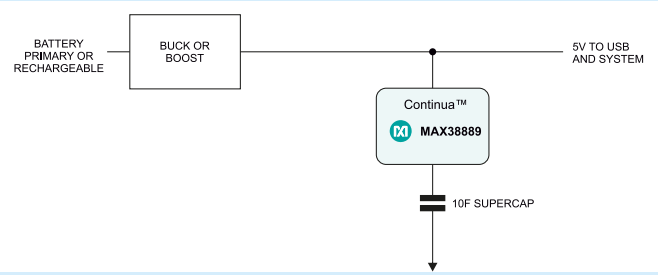
Cechy MAX38889 pozwalają na uzyskanie maksymalnej mocy z pojedynczego superkondensatora 2,7 V, jednocześnie minimalizując dodatkowe obwody, zmniejszając całkowity koszt BOM i upraszczając



Rysunek 4. Wykresy obrazujące efekty pracy układu MAX38889 [1]

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

eprasa.pl f1935705aa



Rysunek 5. Przykład dołączenia układu MAX38889 do szyny systemowej zasilania [1]

ogólną implementację. Sposób dołączenia układu MAX38889 do szyny systemowej zasilania jest pokazany na **rysunku 5**. Pracuje wtedy jako automatyczne podtrzymanie zasilania.

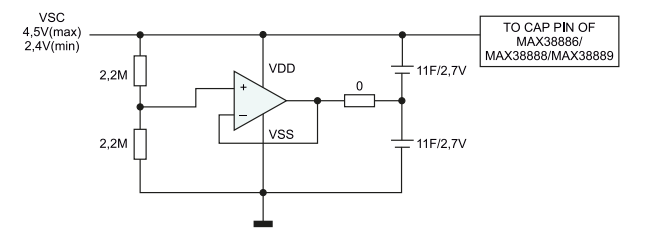
Praca z szeregowo połączonymi superkondensatorami

W przypadku zastosowań, w których wymagana jest wyższa wartość napięcia, konieczne jest łączenia wielu superkondensatorów szeregowo, ponieważ standardowe napięcie superkondensatora ma wartość 2,7 V. Ze względu na tolerancje pojemności, różne prądy upływu i ESR napięcie na każdym kondensatorze nie jest równomiernie rozłożone. Prowadzi to do nierównowagi napięcia na superkondensatorach, ponieważ napięcie jednego superkondensatora będzie wyższe niż drugiego superkondensatora. Wraz ze wzrostem temperatury i wieku superkondensatorów ta nierównowaga napięcia wzrasta, a napięcie na jednym superkondensatorze może wzrosnąć do wartości większej niż napięcie znamionowe. Bardzo ważne jest zrównoważenie napięć na każdym superkondensatorze, aby zapewnić długą żywotność.

Jest kilka metod realizacji równoważenia:

- Metoda pasywna równoważenia napięć – jest to metoda z zastosowaniem rezystorów dołączonych równolegle do superkondensatorów. Dla dwóch superkondensatorów połączonych szeregowo i rezystorów 100 kΩ uzyskiwane różnice napięcia wynoszą kilkadziesiąt miliwoltów. Metoda jest skuteczna, ale powoduje stałe rozładowywanie superkondensatorów przez rezystory. Czas równoważenia jest długi.
- Metoda aktywna równoważenia napięć – jest to metoda z zastosowaniem wzmacniacza operacyjnego. Aby zmniejszyć rozpraszanie mocy i utrzymać równowagę napięć, obwód równoważący można zrealizować za pomocą wzmacniacza operacyjnego. To rozwiązanie może przyczynić się do szybszego zrównoważenia napięcia, nawet jeśli stosuje się wysokie wartości rezystancji. Aby zmniejszyć straty mocy w dodatkowym obwodzie, trzeba wybrać wzmacniacz operacyjny, który wymaga bardzo niskiego prądu zasilania, np. 750 nA. Napięcie robocze wzmacniacza operacyjnego powinno być wyższe niż maksymalne napięcie superkondensatora. Może być potrzebny rezystor tłumiący, aby uniknąć nieprawidłowych oscylacji.

Układ równoważący z **rysunku 6** będzie aktywny, gdy napięcie na superkondensatorze nie jest zrównoważone. Po zrównoważeniu napięć na każdym superkondensatorze maleje pobór energii przez układ równoważenia. Całkowite zużycie energii jest znacznie



Rysunek 6. Aktywna metoda równoważenia napięć na superkondensatorach [4]

mniejsze niż w przypadku metody pasywnej. Napięcie niezrównoważenia wynosi kilka miliwoltów.

Jest jeszcze stosowana aktywna metoda równoważenia napięć z użyciem przeznaczonych układów scalonych z matrycą tranzystorów MOSFET [4].

Zestaw ewaluacyjny z układem MAX38889

Firmowy zestaw ewaluacyjny z układem MAX38889 umożliwia szybkie rozpoczęcie prób praktycznych, szczególnie że układ ma bardzo małą obudowę TQFN16 3×3 mm [2]. Płytka drukowana została zrealizowana jako dwuwarstwowa (dokładne rysunki w dokumentacji) [2]. Widok płytki drukowanej zestawu jest pokazany na zdjęciu tytułowym [2]. Zwraca uwagę duży superkondensator 10 F/2,7 V po prawej stronie i masywne gniazdka bananowe z wyprowadzonymi napięciami VSYS, VCAP.

W zestawie zostało zastosowane rozwiązanie ze schematu pokazanego na rysunku 2 z drobnymi dodatkami:

- wejście ENC zostało wyprowadzone na złącze ENC umożliwiające dołączenie do VSYS za pomocą zworki,
- wejście ENB zostało wyprowadzone na złącze ENC umożliwiające dołączenie do VSYS za pomocą zworki.
- do wyjścia jest dołączany rezystor 4,02 Ω, 1 W poprzez zworkę LOAD.

Ustawione fabrycznie parametry pracy: VSYSTH=3,075 V, VCAP_MAX=2,7 V, VCAP_MIN=0,27 V, ICAP_CHG=1,5 A, ILX_BU=3 A.

Producent zaleca wykonanie poniższych czynności, aby zweryfikować działanie płytki:

Uwaga! Nie należy włączać zasilania, dopóki wszystkie połączenia nie zostaną wykonane.

1. Sprawdź, czy zworka jest założona na stykach ENC 1 i 2 (ładowanie włączone);
2. Sprawdź, czy zworka jest założona na stykach ENB 1 i 2 (podtrzymanie włączone);
3. Sprawdź, czy zworka LOAD jest otwarta (żadne obciążenie nie jest podłączone do VSYS);
4. Na zasilaczu ustaw napięcie na 3,4 V (przy wyłączonym wyjściu);
5. Podłącz wyjście zasilacza do zacisków VSYS i PGND;
6. Podłącz multimetr cyfrowy między zaciskami VSYS i PGND;
7. Podłącz multimetr cyfrowy między zaciskami VCAP i PGND;
8. Włącz zasilanie i sprawdź, czy napięcie superkondensatora na VCAP wzrasta i zatrzymuje się przy około 2,7 V;
9. Odłącz zasilanie od zacisków VSYS i PGND;
10. Sprawdź, czy napięcie VSYS wynosi ok. 3 V i czy superkondensator zaczyna się rozładowywać;
11. Zainstaluj zworkę JU2 (włącza obciążenie 4,02 Ω pomiędzy VSYS i PGND);
12. Sprawdź, czy VSYS pozostaje na poziomie 3 V, podczas gdy VCAP obniża się do poziomu ok. 1 V;
13. Sprawdź, czy VSYS wynosi 0 V, gdy VCAP spadnie poniżej 1 V.

Próby wykonane według powyższej procedury wykazały kilka ciekawych zachowań układu MAX38889:

- Prąd ładowania zależy od napięcia wejściowego z szyny systemowej zasilania. np. dla 3,4 V wynosi ok. 0,36 A (dla fabrycznych ustawień konfiguracyjnych zestawu). Maleje on szybko w miarę zmniejszania tego napięcia do poziomu progu VSYSTH. Czas pełnego naładowania superkondensatora (0...2,7 V) dla typowego wejścia (3,4 V, 1 A) wynosi ok. 18 s;
- W trakcie doładowania superkondensatora w stanie gotowości (**rysunek 7**) napięcie na wyjściu BKB spada do 1,5293 V (szpilka). Jest to poziom zbliżony do typowego progu przełączania wejścia logicznego CMOS. Może to powodować fałszywe sygnalizowanie stanu rozładowania. Dzieje się tak pomimo zastosowania w układzie filtra 20 kΩ, 2,2 nF dołączonego do wyjścia BKB;

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

eprasa.pl f1935705aa

Wybrane artykuły kursu „Systemy dla Internetu Rzeczy" w miesięczniku „Elektronika Praktyczna":

[S51] Pozyskiwanie energii słonecznej – układ BQ25570, EP 8/2021

[S55] Zestaw ewaluacyjny EVK10330 firmy E-peas pozyskiwania energii słonecznej, EP 12/2021

Literatura:

[1] MAX38889 2,5 V–5,5 V, 3 A Reversible Buck/Boost Regulator for Backup Power Applications, https://bit.ly/3tCcvaj

[2] MAX38889 AEVKIT, Evaluation Kit for the MAX38889, https://bit.ly/3Kn2B2w

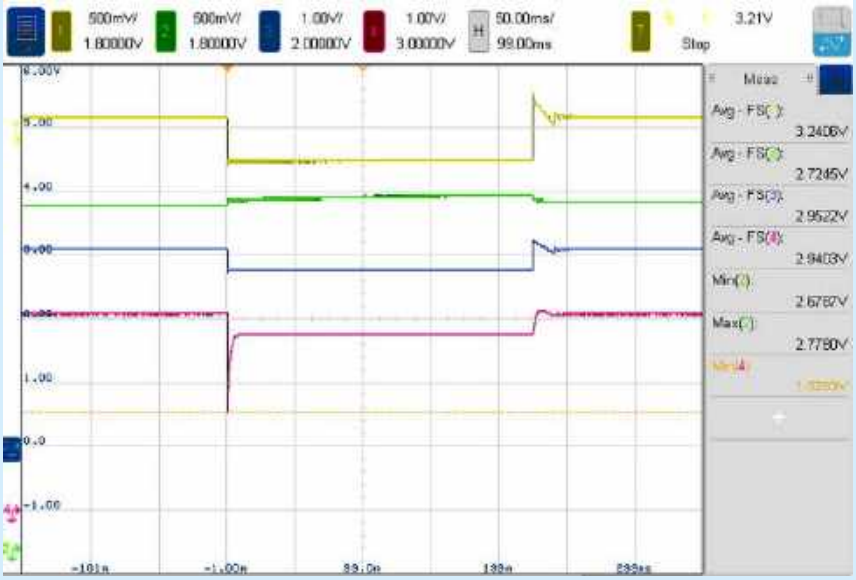
[3] Super Capacitor Calculator (XLSM), Maxim Integrated, https://bit.ly/3Kl5ror

[4] VOLTAGE BALANCING TECHNIQUES FOR SERIES SUPERCAPACITOR CONNECTIONS FOR MAX38886, MAX38888, MAX38889, Niranjan Kumar Bompally, AN7552, 28 Jun, 2021, https://bit.ly/3Ii1GOL

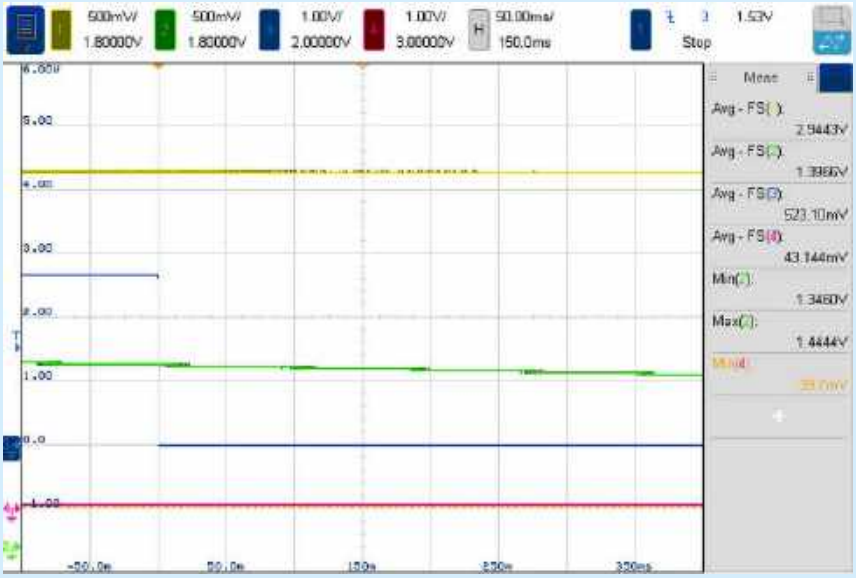
- Wyjście RDY sygnalizuje tylko poziomem wysokim stan ładowania i gotowości a stanem niskim stan podtrzymania;
- Wyjście BKB ma stan niski w stanie ładowania dla VCAP poniżej ok. 1,5 V oraz poniżej ok. 1. 6 V w stanie podtrzymania (**rysunek 8**). Wydaje się, że te poziomy zależą od szybkości zmian napięcia VCAP;
- Układ udostępnia tryb podtrzymania, dopiero gdy w pełni naładuje superkondensator (po przejściu do stanu gotowości). Stan gotowości nie jest osobno sygnalizowany – nie wiadomo, czy i kiedy superkondensator został w pełni naładowany;
- W stanie podtrzymania wyłączenie przetwornicy podwyższającej jest wykonywane przy napięciu VCAP zależnym od szybkości spadku tego napięcia. Dla obciążenia 164 Ω (**rysunek 9**) jest to ok. 200 mV (ok. 18 mA), dla obciążenia 4,02 Ω (ok. 0,7 A) jest to ok. 600 mV.

Pierwsze dołączenie zestawu do zasilacza pokazało duży prąd upływu superkondensatora. Kondensator był prawdopodobnie rozładowany przez dłuższy czas. Po utrzymaniu stanu naładowania przez kilka godzin superkondensator się uformował i nastąpił duży spadek prądu upływu. Jest to typowe zjawisko dla kondensatorów aluminiowych.

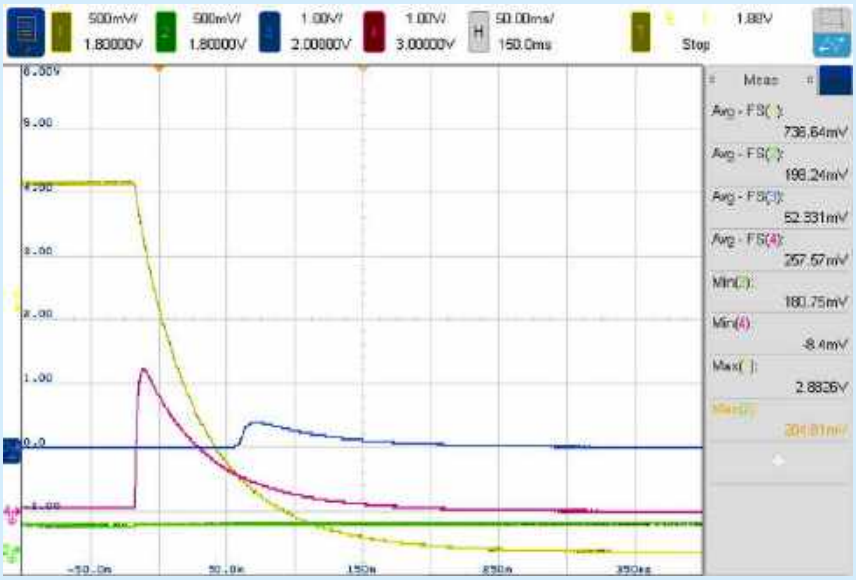
Zastosowany na płytce zestawu superkondensator 10 F jest wycofany z produkcji i ma dosyć kiepskie parametry. Dlatego zostały wykonane próby z superkondensatorem BUP002R8L606FC 60 F, 2,8 V (BIGCAP) z rezystancją ESDR 30 mΩ przy prądzie upływu poniżej 180 μA (test 72 h, 25°C). Czas pełnego naładowania tego superkondensatora (0...2,7 V) dla typowego wejścia (3,4 V) wynosi ok. 110 s. Prąd pobierany wzrasta od ok. 0,36 A do ok. 0,8...0,9 A. Napięcie VCAP wykazuje sinusoidalne oscylacje 12,9 kHz z amplitudą ok. 1,32 V. Zakłócenia o tej częstotliwości pojawiają się też na wejściowej szynie systemowej. Podczas rozładowania z obciążeniem 4,02 Ω czas do zmiany wyjścia BKB na poziom niski wynosił



Rysunek 7. Doładowanie superkondensatora w stanie gotowości



Rysunek 8. Zmiana stanu znacznika BKB podczas rozładowania superkondensatora w stanie podtrzymania



Rysunek 9. Wyłączenie przetwornicy podwyższającej w stanie podtrzymania

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

eprasa.pl f1935705aa

58 s, a czas do wyłączenia przetwornicy podwyższającej ok. 75 s. Od napięcia VCAP ok. 1,1 V regulowane napięcie wyjściowe stopniowo spadało przez 8 s do poziomu ok. 2,2 V (**rysunek 10**). Tak niski poziom napięcia na szynie systemowej może wymagać zastosowania zabezpieczenia podnapięciowego w zasilanym układzie.

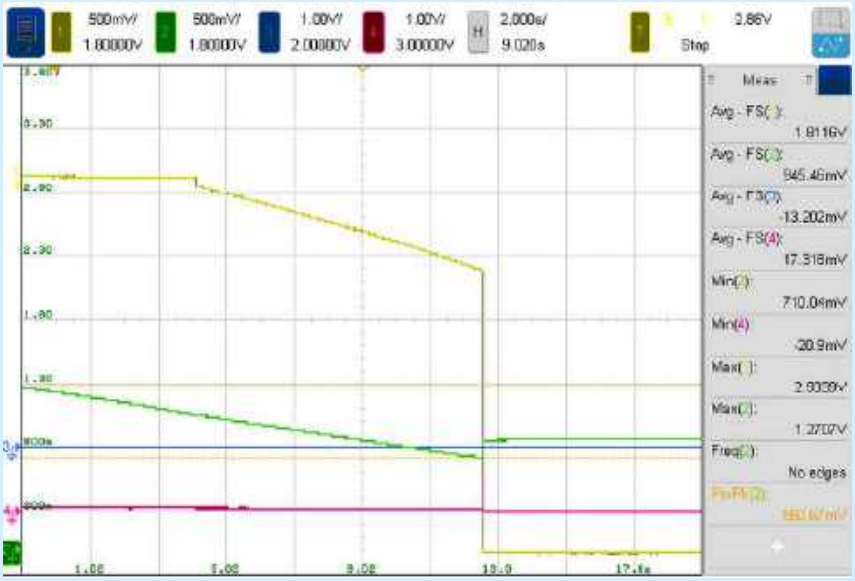
Ciekawie zachowuje się układ przy ograniczeniu prądu wejściowego do 4,6 mA (**rysunek 11**). Układ ładuje wtedy superkondensator impulsowo z częstotliwością ok. 550 kHz. Zakłócenia o tej częstotliwości pojawiają się też na wejściowej szynie systemowej.

Podsumowanie

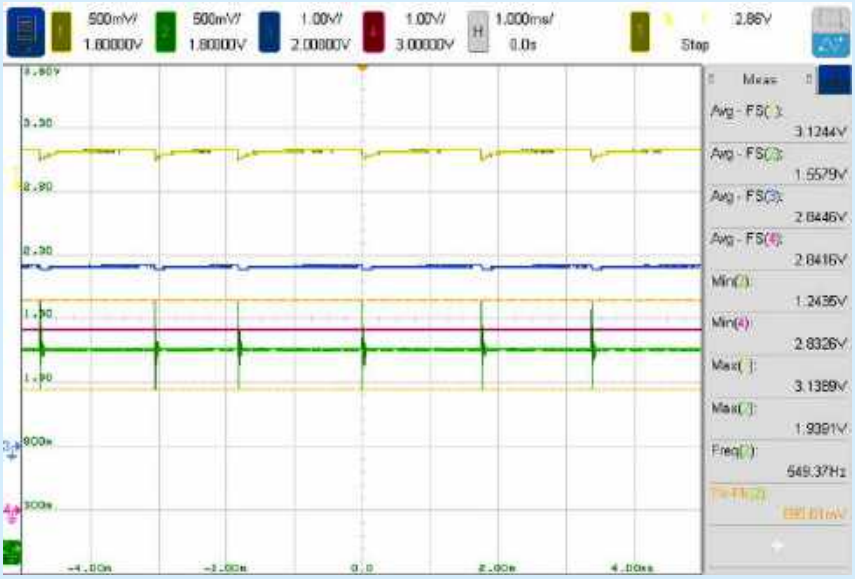
Układ MAX38889 bardzo szybko ładuje superkondensator przy wystarczająco dużym prądzie pobieranym z szyny systemowej. Próby pokazały pewne kłopoty działania przy zbyt szybkich i zbyt wolnych zmianach napięcia na superkondensatorze. Układ potrafi za to poprawnie pracować przy bardzo szerokim zakresie prądu wejściowego. Prąd pobierany z szyny systemowej silnie zależy od rezystancji doprowadzenia. Układ tak reguluje pobór prądu, że na wejściu jest napięcie trochę powyżej ustawionego progu VSYSTH (tutaj jest to ok. 3,12 V).

Zastosowanie pojedynczego superkondensatora w systemie pozyskiwania energii solarnej z układem BQ25570 zastało opisane w poprzednim artykule [S51]. Zastosowanie dwóch niskonapięciowych superkondensatorów z aktywnym równoważeniem w systemie pozyskiwania energii solarnej z układem AEM10330 zastało pokazane w poprzednim artykule [S55]. Podstawową zaletą układu MAX38889 jest automatyczna praca, obsługa niskonapięciowego superkondensatora i prosty sposób zastosowania go jako „dodatek" do systemu.

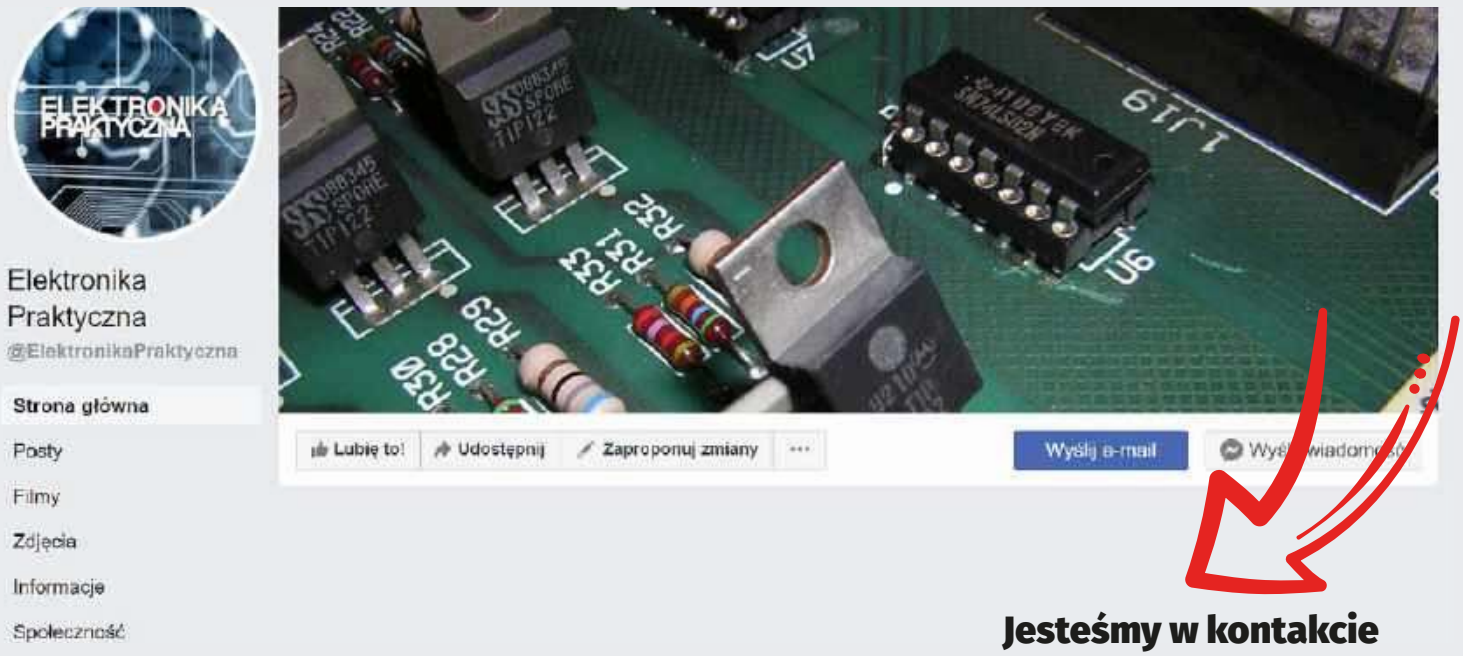
Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska



Rysunek 10. Wyłączanie przetwornicy podwyższającej dla superkondensatora 60 F



Rysunek 11. Ładowanie prądem 4,6 mA (pojemność 60 F)



Jesteśmy w kontakcie

https://www.facebook.com/ElektronikaPraktyczna

eprasa.pl f1935705aa

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 3/2022

Stacja pogodowa WS-01

Pomysł na projekt został zainicjowany wtedy, gdy zepsuła się dotychczasowa stacja pogodowa. Ponieważ wcześniej wykonywałem projekt miernika temperatury, ciśnienia oraz wilgotności, postanowiłem zmodyfikować tę konstrukcję, dodając do niej kolorowy wyświetlacz. Ponadto poprzedni projekt był wyposażony w przetwornicę zasilającą zbudowaną z elementów dyskretnych, co przekładało się na niski koszt elementów. Postanowiłem zaimplementować to samo rozwiązanie w nowym projekcie. Sensorem parametrów środowiskowych jest popularny czujnik BME280 komunikujący się z mikrokontrolerem za pomocą interfejsu I²C. Jest on łatwo dostępny w postaci gotowej płytki PCB z wyprowadzeniami typu goldpin.

Uniwersalna ładowarka akumulatorów litowych

Akumulatory litowe są dzisiaj powszechnym źródłem zasilania. Opisana ładowarka umożliwia ładowanie jednego ogniwa LiPo, Li-Ion, $LiFePO_4$, zapewniając nadzór nad prawidłowym procesem ładowania. Dzięki zastosowaniu jednego z nowszych układów ładowarek – BQ25300 firmy Texas Instruments, aplikacja składa się zaledwie z kilku elementów. Układ umożliwia wybranie prądu ładowania pomiędzy 0,5 A, 1 A i 2 A, przy zachowaniu wysokiej sprawności działania – ponad 85%. Ładowarka jest autonomiczna i do pracy nie wymaga procesora zewnętrznego, wszystkie ustawienia konfiguruje się zworkami.

Płynny regulator prędkości i kierunku obrotów silnika 12 V

Regulatory PWM do sterowania prędkością obrotową silników prądu stałego są spotykane w wielu wykonaniach. Część z nich ma wbudowaną możliwość zmiany kierunku obrotów wału silnika, co odbywa się poprzez przełączenie oddzielnego przycisku lub przestawienie dźwigni. Zaprezentowany układ pozwala zmieniać zarówno szybkość obrotową, jak i kierunek obrotów przy użyciu tylko jednego pokrętła. Obsługa suwnicy, wciągarki, ramienia czy innej maszyny tego typu wymaga od jej operatora precyzyjnego sterowania elementem napędowym w obie strony. Musi mieć możliwość jego przyspieszenia, zwolnienia oraz płynnej zmiany kierunku obrotów silnika. Obsługa za pomocą jednego pokrętła jest wtedy idealnym rozwiązaniem.

MultiGPIO dla RPi

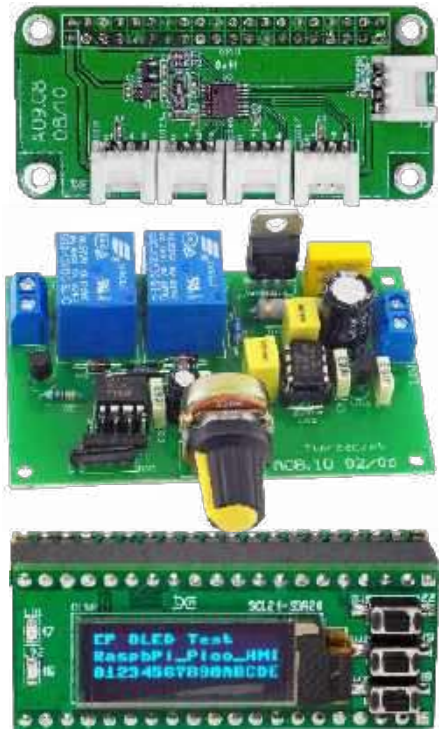
Uniwersalny moduł rozszerzający możliwości takich modułów, jak RPI Zero, o osiem dowolnie konfigurowalnych wyprowadzeń, które mogą pełnić funkcję wejść/wyjść cyfrowych, wejść analogowych z przetwornikiem ADC lub wyjść napięciowych wyposażonych w przetwornik DAC. Moduł bazuje na układzie AD5593R. Wyprowadzenia cyfrowe mają możliwość konfiguracji jako otwarty dren (OD), przeciwsobnej push-pull (PP) oraz trójstanowej (Tristate). Wyprowadzenia analogowe mogą pełnić funkcję przetwornika ADC/DAC o rozdzielczości 12 bitów. Aplikację układu ułatwia wbudowane źródło napięcia odniesienia, konfigurowane rezystory pull-down oraz programowany zakres napięć ADC/DAC. Dodatkowo w strukturze dostępny jest też czujnik temperatury.

Interfejs użytkownika z wyświetlaczem OLED dla Pi Pico

Projekt to nakładka dla płytki Pi Pico, która rozbudowuje jej funkcjonalność o prosty interfejs użytkownika z trzema przyciskami, dwoma diodami LED i graficznym wyświetlaczem OLED 128×32. Wyprowadzenie interfejsu UART, I²C oraz dwóch wejść przetwornika ADC i wyprowadzeń IO na miniaturowe złącza JST ułatwia podłączenie Pi Pico do układów zewnętrznych.

a ponadto tematy wiodące EP 03/2022:

- Pomiar temperatury i termowizja
- Montaż i demontaż elementów SMD



Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 29
ARMEL 9
BORNICO 11
COMPUTER CONTROLS 7, 60
ELMAX 15
EUROCIRCUITS 17, 63
EVATRONIX 53, 67
GAMMA 9
HAMMOND 31
MICROCHIP 106
PIEKARZ 9
SATLAND PROTOTYPE 65
SEMICON 56, 57
WAGO 58, 59

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali Współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22 (godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

Fotografia na okładce:
By MW AHM – Own work, CC BY-SA 4.0,
https://bit.ly/3DjQBKn

eprasa.pl f1935705aa

Otwórz drzwi do świata IoT

Wi-Fi® i Open Source Linux®

Uaktywnij Wi-Fi w dowolnym linuksowym MPU dzięki gotowym certyfikowanym modułom Wi-Fi firmy Microchip z obsługą sterowników Mainline Linux. Oferujemy gotowe do użycia sterowniki Linux dla kontrolerów Wi-Fi Link ATWILC1000 (tylko Wi-Fi) i ATWILC3000 (Wi-Fi + BLE 5). Skróć czas projektowania dzięki naszym bogatym zasobom na Github (https://github.com/linux4sam), takim jak drivery, jądro, obrazy demonstracyjne (z dołączonym driverem) i przewodnikiem „Getting Started". Dostarczamy obrazy dla hostów MPU na ATSAMA5D2 i ATSAMA5D4 lub możesz wykorzystać MPU innych dostawców za pośrednictwem głównego jądra Linux.

Get started today with the ATWILC1000-SD evaluation kit.

- Wi-Fi IoT link controller module connects to Microchip AVR® MCUs, MPUs and other processors
- SPI and SDIO host interfaces optimized for Linux
- Supports Personal & Enterprise IEEE 802.11 WEP, WPA, WPA2 Security

Aby uzyskać więcej informacji, odwiedź stronę z www.microchip.com/wifi-for-linux.

MICROCHIP

microchip.com/wifi-for-linux

Nazwa i logo Microchip, logo Microchip i AVR są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Microchip Technology Incorporated w USA i innych krajach. Wszystkie inne znaki towarowe są własnością ich zarejestrowanych właścicieli. © 2022 Microchip Technology Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone. DS70005483A. MEC2401A-POL-01-22

eprasa.pl f1935705aa