Nowa rubryka – Edukacja w EdW dla szkół i uczelni
Wykład 5 – Diody elektroluminescencyjne

ELEKTRONIKA dla wszystkich

nr 4/2023 (327) • kwiecień • www.elportal.pl

DIY PLUS tylko dla prenumeratorów

Uniwersalny mikrosterownik z Wi-Fi i dotykowym ekranem LCD

PROJEKTY dla elektroników
- Myjka ultradźwiękowa o dużej mocy, część 2
- Aktywne głośniki półkowe Hi-Fi, część 3: budowa opcjonalnych subwooferów
- System głośników CONCRETO

DIY dla wszystkich
- Inteligentny robot, który rozpoznaje i wita gości, a także potrafi marzyć
- Układ automatycznego włączenia oświetlenia latarni ulicznej
- Pierścień, który może Cię uratować, czyli futurystyczny monitor twojego zdrowia
- Automatyka domowa sterowana głosem

TUTORIALE
- Wiele hałasu na temat szumu – nowe podejście do generatorów szumu analogowego, część 1
- Pomiar impedancji i źródła prądu w układzie Howlanda
- Silniki krokowe w praktyce, część 5: Moduły sterowników bipolarnych silników krokowych
- Programowanie wizualne z XOD. Czasomierz wyzwalany i programowany pojedynczym przyciskiem
- Głos praktyka. Wprowadzenie do technologii montażu powierzchniowego, część 1
- Praktyczny kurs op-ampów
- Pokój Nauczycielski

Kolumny betonowe przeżywają renesans
System głośników CONCRETO

16,90 zł (w tym 8% VAT)
ISSN 1425-1698 Indeks 33362X
9 771425 169238 04

EP.com.pl
Największy portal dla elektroników konstruktorów

FIRMA PIEKARZ
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE
przełączniki
półprzewodniki
złącza
przekaźniki
radiatory
obudowy
i wiele więcej...
www.piekarz.pl

eprasa.pl b5de55c280

Sięgnij po archiwalne wydania

ELEKTRONIKI DLA WSZYSTKICH

Każde wydanie przejrzyj on-line

Szybka wysyłka GRATIS

Zamów wygodnie na www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl b5de55c280

Zaprenumeruj „Elektronikę dla Wszystkich”, a dostaniesz bezpłatny dostęp do archiwalnych e-wydań EdW!

Nie dotyczy wydań z ostatnich 24 miesięcy.

na start do 6* wydań gratis

po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty do 12* wydań gratis

DIY PLUS
tylko dla prenumeratorów

Tylko prenumeratorzy mają dostęp do inspirujących projektów w zbiorze DIY PLUS na www.elportal.pl

* Cena prenumeraty rocznej **na start** wynosi 185,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 304,20 zł oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań „Elektroniki dla Wszystkich”.
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

Po opłaceniu prenumeraty przyślemy Ci kod dostępu do projektów DIY plus na www.elportal.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 b5de55c280

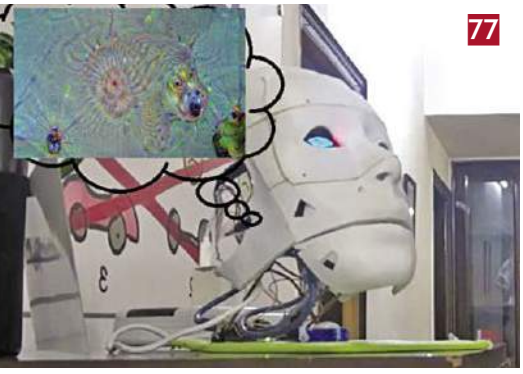
ELEKTRONIKA dla wszystkich

kwiecień 2023 • 4 (327)

8

18

31



77

Projekty dla elektroników:

Uniwersalny mikrosterownik domowy
z komunikacją Wi-Fi i dotykowym ekranem LCD 8
Myjka ultradźwiękowa o dużej mocy, część 2 18
Łatwe w budowie. Aktywne głośniki półkowe Hi-Fi, część 3:
budowa opcjonalnych subwooferów 26
Wystarczy wmontować głośniki do kilku drewnianych płyt
i przykleić je do betonowych bloków! System głośników CONCRETO 31

Tutoriale:

Audio Out: Wiele hałasu na temat szumu
– nowe podejście do generatorów szumu analogowego, część 1 38
Pomiar impedancji i źródła prądu w układzie Howlanda 42
Silniki krokowe w praktyce, część 5:
Moduły sterowników bipolarnych silników krokowych 46
Programowanie wizualne z XOD.
Czasomierz wyzwalany i programowany pojedynczym przyciskiem 53
Praktyczny kurs op-ampów 56
Głos praktyka. Praktyczne techniki przekształcania pomysłów w projekty.
Wprowadzenie do technologii montażu powierzchniowego, część 1 61
Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 5.
Diody elektroluminescencyjne (Light Emitting Diodes) 64
Pokój Nauczycielski 72

DIY dla wszystkich:

Inteligentny robot, który rozpoznaje i wita gości, a także potrafi marzyć 77
Układ automatycznego włączenia oświetlenia latarni ulicznej 82
Pierścień, który może Cię uratować,
czyli futurystyczny monitor twojego zdrowia 85
Automatyka domowa sterowana głosem 88

DIY PLUS

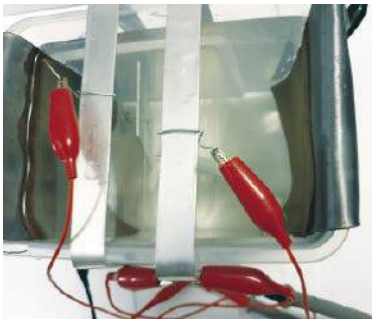
Łapacz snów z tęczą w Arduino 91
Transformator Tesli 91

Rubryki stałe:

Prenumerata 3
Od wydawcy 5
Poczta 6

eprasa.pl b5de55c280

A za miesiąc w majowym EdW



- **Domowe anodowanie aluminium**
  Takiego projektu jeszcze nie było. Wiele produktów aluminiowych, takich jak radiatory, jest dostępnych jako wstępnie anodowane, z twardą powłoką tlenku glinu (często barwioną na czarno), która sprawia, że powierzchnia jest znacznie twardsza i trwalsza. Ale czasami części są dostarczane jako „surowe" aluminium. A co, jeśli chciałbyś je anodować? Okazuje się, że nie jest to takie trudne do samodzielnego wykonania.
- **DIY piec do lutowania rozpływowego z regulacją PID, część 1**
  Ten tani i łatwy w budowie piec rozpływowy umożliwia lutowanie płytek drukowanych z mnóstwem elementów do montażu powierzchniowego. Działa podobnie jak profesjonalne urządzenie do lutowania rozpływowego, kosztujące tysiące dolarów. Może również służyć do „starzenia", sezonowania, suszenia, utwardzania kleju, żywicy lub farby i innych zadań, w których trzeba utrzymać coś w stabilnej podwyższonej temperaturze przez określony czas.
- **USB Super Codec – rewelacyjny konwerter ADC i DAC, część 1**
  Ten piękny moduł to szczyt możliwości w zakresie nagrywania i odtwarzania dźwięku o wysokiej wierności. Możesz wykorzystać Super Codec do digitalizacji płyt LP, cyfrowego nagrywania własnej muzyki lub odtwarzania za pomocą bardzo wysokiej jakości wzmacniacza stereo z doskonałymi głośnikami. Możesz również zamienić swój komputer w zaawansowany analizator audio.
- **Projekt niespodzianka!**
- Plus zwykła porcja intrygujących projektów DIY.
- Plus wiele artykułów w Twoich ulubionych cyklach Tutoriali.

W kioskach od 2 maja

Więcej światła!

Temat wykładu **Diody LED** pobudza do refleksji nad zawrotnym tempem zmian cywilizacyjnych. Nie do wiary, jak bardzo świat się zmienił w ostatnich 30 latach. Wiadomo – internet, smartfon, media społecznościowe... Tym razem jednak mam inny temat. Czy ktoś 30 lat temu słyszał o globalnym ociepleniu? Teraz ratowanie planety przed zagładą klimatyczną to temat nr 1. Rzadko się zdarza, by nowy wynalazek pojawił się tak bardzo w porę, jak to jest z diodami LED dającymi światło białe. Wymiana żarówek na zużywające kilkanaście razy mniej energii elektrycznej oświetlenie LED-owe to program wszystkich państw świata. Stało się to możliwe dzięki opracowaniu technologii produkcji niebieskich diod LED. Dlaczego niebieskich, a nie białych, wyjaśniamy w wykładzie. Równo 30 lat temu dokonali tego jako pierwsi Japończycy, a twarzą tego wynalazku jest Profesor Shuji Nakamura. Trzy lata później, w roku 1996 Profesor Nakamura ogłosił też jako pierwszy na świecie opracowanie technologii wytwarzania laserów półprzewodnikowych promieniujących światło niebieskie. Obie technologie – diody LED na światło niebieskie i lasery niebieskie łączy ten sam podstawowy materiał do ich wytwarzania – azotek galu (GaN). Zgodność materiału i nazwiska wynalazcy sprawia, że te dwa wynalazki niekiedy nie są rozróżniane. Łączy je wspólne pojęcie – optoelektronika niebieska, ale dzieli zarówno zasada fizyczna pracy jak i kierunek zastosowań.

Wybór materiału wynika stąd, że GaN jest półprzewodnikiem o szerokości przerwy energetycznej 3,4 eV, a tej wartości odpowiada energia kwantu światła (fotonu) o długości fali promieniowania o barwie niebieskiej. Zatem w efekcie „spadku" elektronu z pasma przewodnictwa do pasma walencyjnego, tracona przez elektron energia 3,4 eV zamienia się w foton światła niebieskiego. Dioda LED jest to złącze p-n pracujące w kierunku przewodzenia, zatem promieniowanie światła następuje w wyniku dyfuzyjnego przepływu elektronów z warstwy n do warstwy p ponad barierą potencjału obniżoną przez przyłożone napięcie i następującej rekombinacji tych elektronów z dziurami w warstwie p. Fotony powstające w wyniku tego zjawiska, nazywanego **elektroluminescencją**, nie mają idealnie tej samej energii, a więc promienie tego światła nie mają idealnie tej samej długości fali. W przypadku lasera półprzewodnikowego promieniowanie następuje w procesie spontanicznej emisji fotonów powstających w wyniku utraty energii przez elektrony „spadające" z poziomu wzbudzenia do poziomu podstawowego. Powstające w ten sposób fotony mają idealnie tę samą energię tworząc promienie światła spójnego. Nieporozumienie powstaje już w określeniu zarówno diody LED jak i lasera półprzewodnikowego źródłami światła monochromatycznego. Tylko bardzo łagodna definicja monochromatyczności (jednobarwności) pozwala objąć tym określeniem diody LED, ale na pewno dioda LED nie daje promieniowania koherentnego (spójnego), a więc promieniuje we wszystkich kierunkach, podczas gdy wiązka światła spójnego z lasera półprzewodnikowego jest skupiona i osiąga wielokrotnie większe natężenie światła.

Zatem z tego samego materiału GaN uzyskuje się zarówno niebieskie diody LED, jak i niebieskie lasery, ale są to przyrządy półprzewodnikowe działający na całkowicie różnych zasadach i dające promieniowanie niebieskie o całkowicie różnych właściwościach. Różne są też obszary ich zastosowań. Niebieska dioda LED, poprzez zmieszanie światła niebieskiego ze światłem żółtym luminoforu bombardowanego przez fotony promieniowania niebieskiego, otworzyła drogę do produkcji diod LED na światło białe. Zatem niebieska dioda LED otworzyła drogę do obserwowanej w ostatnich latach rewolucji w technice oświetleniowej. A do czego był potrzebny niebieski laser? Do technologii Blue-ray, tj. do czytników płyt DVD o ekstremalnie dużej pojemności. Promienie niebieskie, ze względu na ich małą długość fali pozwalają gęściej upakować ścieżki zapisu informacji na płycie DVD. Znaczenie tej technologii okazało się dość krótkotrwałe. Płyty DVD przechodzą do historii, zastąpione przez technologię streamingową. Nieograniczone zasoby gigabajtów i terabajtów mamy dostępne „w chmurze". Zatem wynalazek niebieskiej diody LED odegrał zdecydowanie większą rolę. Za ten wynalazek Shuji Nakamura wraz z Hiroshi Amano i Isamu Akasaki otrzymali w 2014 roku nagrodę Nobla. Dali oni światu „więcej światła" za wielokrotnie niższą cenę strat energii, wpisując się w fundamentalny nurt walki o ratowanie planety od zagłady klimatycznej. Przyznaję się do plagiatu – tytuł „Więcej światła" nawiązuje do słów Johanna Wolfganga Goethe, którymi ponoć na łożu śmierci nawoływał do krzewienia idei epoki Oświecenia. Chociaż diody LED dały nam więcej taniego światła, to alegoryczne hasło Goethego ciągle pozostaje aktualne. Z przebiciem się jego wezwania jest wciąż problem większy niż z technologią LED.

Wiesław Marciniak

eprasa.pl b5de55c280

Poczta

W rubryce „Poczta" zamieszczamy fragmenty listów od Czytelników. Szczególnie chętnie publikujemy komentarze do artykułów w bieżących wydaniach EdW oraz propozycje zadań, łamigłówek, quizów.

GaN i polski laser

W latach 80. studiowałem elektronikę na Politechnice Wrocławskiej i doskonale pamiętam wykłady z przyrządów półprzewodnikowych prowadzone na podstawie podręcznika profesora Marciniaka. Pracuję w branży elektronicznej na stanowisku menedżerskim i od wielu lat nie miałem w ręku lutownicy, ale od czasu do czasu przeglądam „Elektronikę Praktyczną" i „Elektronikę dla Wszystkich". Ostatnio z nostalgicznymi emocjami (wspomnienia lat studenckich) przeczytałem w EdW porywający wykład prof. Marciniaka o wynalazku tranzystorów. Sięgnąłem też po kolejny numer EdW z wykładem na temat elementów mocy. Zaskoczyły mnie informacje o elementach mocy z azotku galu. Wiedziałem, że poza krzemem stosuje się też SiC do wytwarzania tranzystorów wysokonapięciowych, ale GaN kojarzył mi się tylko ze słynnym polskim wynalazkiem – laserem niebieskim. A propos, co się stało z tym wynalazkiem, o którym było głośno 20 lat temu?

MK

Red. Historia polskiego lasera niebieskiego przeminęła z wiatrem, jak wiele innych mitów narodowych. Polecam lekturę bardzo dobrego artykułu „śledczego" Zbigniewa Piątka w miesięczniku „Elektronik" z 2006 roku. Można znaleźć w internecie pod tytułem „Polski niebieski laser wielki sukces czy manipulacja doskonała". Od siebie dodam, a wiem co mówię, bo jako były dyrektor Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych nie jestem bez grzechu, że jest to typowy przypadek ilustrujący patologiczny system finansowania rozwoju naukowo-technicznego w Polsce. Nie mówię o jawnym rozkradaniu środków publicznych na naukę, dokonywanym przez polityków, o czym ostatnio jest głośno. To coś nowego. Tego kiedyś nie było. Ale zawsze naukowcy starający się o finansowanie ich projektów musieli licytować bardzo wysoko, najlepiej szlema w bez atu, mając na ręku karty na jeden trefl. Tak było też w tym przypadku. Zespół profesora Sylwestra Porowskiego od lat pracował nad wysokociśnieniowym wytwarzaniem monokryształów GaN i miał liczące się naukowo osiągnięcia. Przede wszystkim opracowano technologię wytwarzania monokryształów bezdyslokacyjnych, których jakość predestynowała je do zbudowania lasera na światło niebieskie. Aby rozwijać te prace, przede wszystkim poprawić wyposażenie laboratorium, potrzebne były środki finansowe, a więc trzeba było zgłosić odpowiednio atrakcyjny projekt. Profesor Porowski zalicytował bardzo wysoko – obiecał opracowanie technologii produkcji laserów niebieskich o parametrach najlepszych na świecie, a w dalszej konsekwencji Polska miała zgarnąć 2% rynku światowego laserów niebieskich. Gdy ten projekt ruszał około roku 2000 od 5 lat istniała już japońska technologia produkcji laserów niebieskich, która wraz z przeniesieniem się jej twórcy Szuji Nakamury z Japonii do Kalifornii była rozwijana w amerykańskiej firmie Cree za pieniądze, o których profesorowi Porowskiemu się nie śniło. Po kilku latach wynik był oczywisty – Polski laser niebieski nie osiągnął zakładanych parametrów, a o perspektywach ekspansji na rynku światowym od samego początku można było powiedzieć, że to mrzonki.

Wiesław Marciniak

Przypominamy, że

Prenumeratorzy EdW

mają dostęp bezpłatny do e-wydań archiwalnych EdW (dostęp do e-wydań archiwalnych innych tytułów AVT z dużym rabatem). Tym razem otwieramy dostęp do e-wydań EdW bezterminowo. Nie dotyczy wydań z ostatnich 24 miesięcy.

Wydawnictwo AVT

Patronat AVT

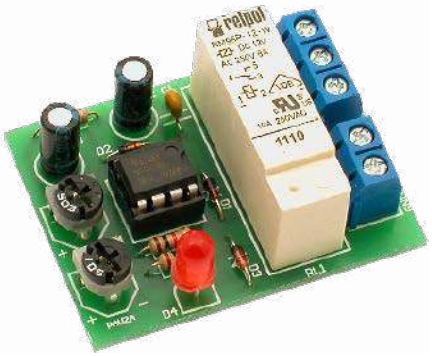
Poniżej prezentujemy listę szkół biorących udział w programie PATRONAT AVT, który jest całkowicie bezpłatny, a szkoły objęte tym patronatem korzystają z różnych benefitów, takich jak bezpłatne prenumeraty, darmowe pakiety próbne kitów AVT, itp. Szkoły, które dopiero teraz dowiadują się o naszej akcji PATRONAT AVT, prosimy o przeczytanie listu w EdW 09/2022 (wydanie dostępne na www.ulubionykiosk.pl) i zgłoszenie akcesu do PATRONATU AVT. Zgłoszenia prosimy wysyłać na adres: prenumerata@avt.pl.

- Centrum Edukacji Zawodowej, 82-200 Malbork, De Gaulle'a 75a
- Centrum Edukacji Zawodowej i Biznesu, 66-400 Gorzów Wielkopolski, Pomorska 67
- Gminny Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 4 w Więckach, 42-110 Popów, Więcki, Szkolna 1
- Górnośląskie Centrum Edukacyjne im. Marii Skłodowskiej-Curie w Gliwicach, 44-100 Gliwice, Okrzei 20
- Noworudzka Szkoła Techniczna w Nowej Rudzie, 57-401 Nowa Ruda, Stara Droga 4
- Regionalne Centrum Edukacji Zawodowej w Biłgoraju, 23-400 Biłgoraj, Kościuszki 98
- Regionalne Centrum Edukacji Zawodowej w Lubartowie, 21-100 Lubartów, 1 Maja 82
- Szkoła Podstawowa im. Rodzimych Bohaterów II Wojny Światowej w Załakowie, 83-342 Kamienica Królewska, Załakowo 6
- Techniczne Zakłady Naukowe w Dąbrowie Górniczej, 41-300 Dąbrowa Górnicza, Zawidzkiej 10
- Technikum nr 4 im. Marii Skłodowskiej-Curie, 41-902 Bytom, Katowicka 35
- Zespół Placówek Edukacyjno-Wychowawczych w Gołdapi, 19-500 Gołdap, Wojska Polskiego 18
- Zespół Placówek Oświatowych w Rudniku, 32-440 Sułkowice, Rudnik, Szkolna 55
- Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 2 w Wiśle, 43-460 Wisła, Malinka 53
- Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 3 w Gliwicach, 44-122 Gliwice, Żwirki i Wigury 85
- Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 4 w Rybniku, 44-207 Rybnik, Komisji Edukacji Narodowej 29
- Zespół Szkolno-Przedszkolny w Choceniu, 87-850 Choceń, Sikorskiego 12
- Zespół Szkolno-Przedszkolny w Ostrożnicy, 47-280 Pawłowiczki, Ostrożnica, Kościelna 42
- Zespół Szkół Budowlano-Elektrycznych im. Jana III Sobieskiego w Świdnicy, 58-100 Świdnica Śląska, Wałbrzyska 35-37
- Zespół Szkół Centrum Kształcenia Ustawicznego w Gronowie, 87-162 Lubicz Dolny, Gronowo 128
- Zespół Szkół Elektronicznych i Telekomunikacyjnych w Olsztynie, 10-144 Olsztyn, Bałtycka 37a
- Zespół Szkół Elektronicznych im. I. Domeyki w Bolesławcu, 59-700 Bolesławiec, Tyrankiewiczów 2
- Zespół Szkół Elektronicznych w Rzeszowie, 35-078 Rzeszów, Hetmańska 120
- Zespół Szkół Elektronicznych, Elektrycznych i Mechanicznych, 43-300 Bielsko-Biała, Słowackiego 24
- Zespół Szkół Elektrycznych nr 2 w Krakowie, 31-977 Kraków, Os. Szkolne 26
- Zespół Szkół Elektrycznych w Kielcach, 25-317 Kielce, Kaczorowskiego 8
- Zespół Szkół im. Bolesława Prusa, 42-207 Częstochowa, Prusa 20
- Zespół Szkół im. Ks. Dra Jana Zwierza w Ropczycach, 39-100 Ropczyce, Mickiewicza 14
- Zespół Szkół im. Ks. Stanisława Staszica, 39-400 Tarnobrzeg, Kopernika 1
- Zespół Szkół nr 1 w Przysietnicy, 36-200 Brzozów, Przysietnica 198
- Zespół Szkół nr 10 im. Prof. Janusza Groszkowskiego w Zabrzu, 41-807 Zabrze, Chopina 26
- Zespół Szkół nr 2 im. Eugeniusza Kwiatkowskiego w Dębicy, 39-200 Dębica, Lisa 2
- Zespół Szkół nr 2 im. Gen. Józefa Bema, 05-822 Milanówek, Wójtowska 3
- Zespół Szkół nr 2 im. Ks. Prof. Józefa Tischnera w Żorach, 44-240 Żory, Boryńska 2
- Zespół Szkół nr 2 w Pabianicach im. Prof. Janusza Groszkowskiego, 95-200 Pabianice, Św. Jana 27
- Zespół Szkół nr 4 w Nowym Sączu, 33-300 Nowy Sącz, Św. Ducha 6
- Zespół Szkół nr 40 im. Stefana Starzyńskiego, 03-771 Warszawa, Objazdowa 3
- Zespół Szkół Politechnicznych im. Bohaterów Monte Cassino we Wrześni, 62-300 Września, Wojska Polskiego 1
- Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 1 w Jarocinie, 63-200 Jarocin, Franciszkańska 1
- Zespół Szkół Ponadpodstawowych nr 2 im. E. Kwiatkowskiego w Jarocinie, 63-200 Jarocin, Franciszkańska 2
- Zespół Szkół Ponadpodstawowych nr 3 im. Armii Krajowej w Zamościu, 22-400 Zamość, Zamoyskiego 62
- Zespół Szkół Powiatowych im. Stanisława Staszica w Opocznie, 26-300 Opoczno, Kossaka 1a
- Zespół Szkół Publicznych w Szewnie, 27-400 Ostrowiec Świętokrzyski, Szewna, Langiewicza 3
- Zespół Szkół Spożywczych i Hotelarskich w Radomiu, 26-600 Radom, Św. Brata Alberta 1
- Zespół Szkół Techniczno-Informatycznych w Elblągu, 82-300 Elbląg, Rycerska 2
- Zespół Szkół Technicznych i Licealnych w Piechowicach, 58-573 Piechowice, Przemysłowa 21
- Zespół Szkół Technicznych i Ogólnokształcących nr 3 im. E.Abramowskiego, 40-659 Katowice, Harcerzy Września 1939 2
- Zespół Szkół Technicznych im. Armii Krajowej w Skarżysku-Kamiennej, 26-110 Skarżysko-Kamienna, Tysiąclecia 22
- Zespół Szkół Technicznych im. Ignacego Mościckiego w Tarnowie, 33-101 Tarnów, E. Kwiatkowskiego 17
- Zespół Szkół Technicznych w Kolbuszowej, 36-100 Kolbuszowa, Bytnara 2
- Zespół Szkół w Błażowej, 36-030 Błażowa, Kowala 3
- Zespół Szkół w Gościnie, 78-120 Gościno, Kościuszki 5
- Zespół Szkół w Zarzeczu, 37-205 Zarzecze, Św. Jana Pawła II 7
- Zespół Szkół Zawodowych nr 1 im. Gen. F. Kleeberga w Dęblinie, 08-530 Dęblin, Tysiąclecia 3

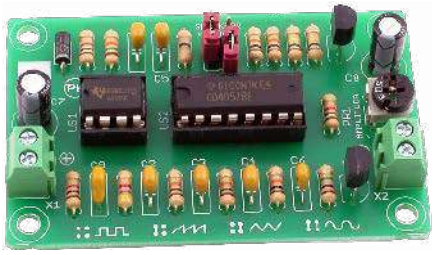
eprasa.pl b5de55c280

Najbardziej popularne kity AVT

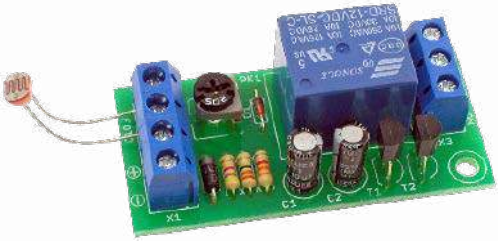
Poznaj listę **TOP 100** na www.elportal.pl/kityavt



AVT1459 Uniwersalny układ czasowy
https://sklep.avt.pl/avt1459.html



AVT1327 Mini generator funkcyjny
https://sklep.avt.pl/avt1327.html



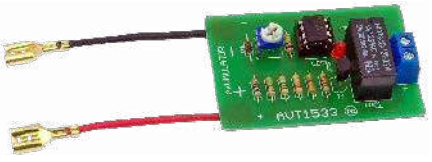
AVT1476 Automatyczny włącznik zmierzchowy
https://sklep.avt.pl/avt1476.html

AVT1594 Wzmacniacz mocy 2×45 W z STK4182
https://sklep.avt.pl/avt1594.html

AVT1661 Elektroniczna kostka do gry
https://sklep.avt.pl/avt1661.html

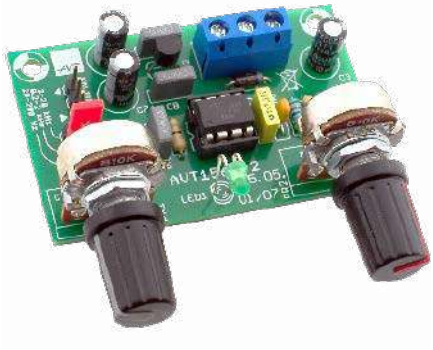
AVT1066 Miniaturowy zasilacz uniwersalny z LM317
https://sklep.avt.pl/avt1066.html

AVT1023 Przedwzmacniacz gramofonowy o charakterystyce RIAA
https://sklep.avt.pl/avt1023.html



AVT1533 Zabezpieczenie akumulatora 12 V przed rozładowaniem
https://sklep.avt.pl/avt1533.html

AVT5540 Radio FM z RDS
https://sklep.avt.pl/avt5540.html



AVT1569 Generator akustyczny 20 Hz...20 kHz
https://sklep.avt.pl/avt1569.html

AVT735 Regulator mocy PWM 10 A
https://sklep.avt.pl/avt735.html

AVT1597/3 Wzmacniacz audio z układem TDA2050 35 W
https://sklep.avt.pl/wzmacniacz-audio-z-ukladem-tda2050-zestaw-do-samodzielnego-montazu.html

Pełna oferta na: sklep.avt.pl

obejrzyj filmy na https://www.youtube.com/@serwisAVT

eprasa.pl b5de55c280

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: http://bit.ly/3JUnDYb

Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://bit.ly/3JPCp19

Uniwersalny mikrosterownik domowy z komunikacją Wi-Fi i dotykowym ekranem LCD

W module naszego mikrosterownika, oprócz kolorowego ekranu dotykowego, inną bardzo przydatną funkcją, wartą uwagi, jest komunikacja bezprzewodowa. Prawdopodobnie taką najbardziej uniwersalną siecią jest Wi-Fi, ponieważ większość domów i biur posiada takie instalacje. Gdy mikrosterownik ma dostęp do Internetu, lista czynności, które możesz z nim wykonać, szybuje pod niebo! Ten tani projekt korzysta z modułu ESP8266, który jest zarówno wszechstronny, jak i niedrogi.

Ze względu na mnóstwo potencjalnych zastosowań naszego uniwersalnego mikrosterownika D1 Mini LCD BackPack-a (co możesz tłumaczyć jako: Pakiet Wsparcia Modułu D1 Mini Wi-Fi z Ekranem LCD albo: Rozszerzenie Możliwości Modułu ESP8266 Wi-Fi o dotykowy ekran LCD), warto zwrócić uwagę na niektóre z najbardziej obiecujących zastosowań w obszarze automatyki domowej. Jest to dziedzina szybko rozwijająca się, i coraz łatwiej jest ją wdrożyć.

Systemy, które mogą być dołączone do istniejącej sieci Wi-Fi, są powszechnie stosowane, i wymagane jest tylko skromne okablowanie. Przykładowo, dodanie niestandardowego ekranu dotykowego z obsługą Wi-Fi do naszego modułu mikrosterownika BackPack-a bazującego na płytce D1 Mini Wi-Fi jest dość łatwe.

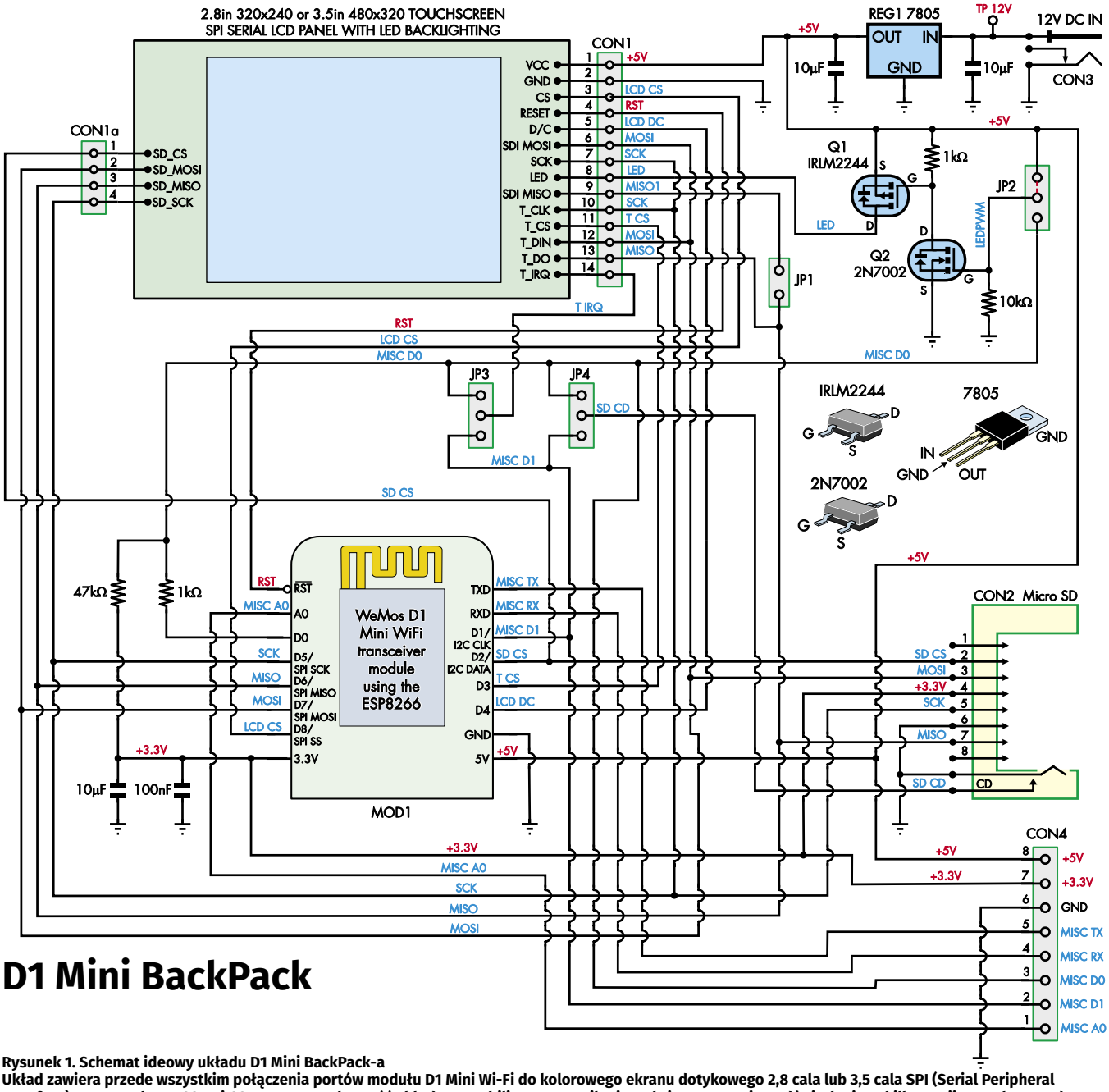
W październiku ubiegłego roku recenzowaliśmy płytki Inventa Maker Plates firmy Altronics (siliconchip.com.au/Article/12023). Są to płytki ścienne o standardowych wymiarach, które zawierają mikrosterownik kompatybilny z Arduino wraz z elementami sterującymi i wyświetlaczem.

Cechy i specyfikacja

- Wyświetlacz: kolorowy ekran LCD 3,5 cala 480×320
- Procesor: ESP8266, 160 MHz 32-bit.
- Pamięć flash: 4 MB
- Pamięć RAM: 80 kB
- Interfejs: Panel dotykowy
- Inne funkcje: Wi-Fi, zdalne (OTA) programowanie, strefa prototypowa, zasilanie 12 V

Świetnie nadają się do dodawania własnych funkcji do systemu automatyki domowej.

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 1. Schemat ideowy układu D1 Mini BackPack-a
Układ zawiera przede wszystkim połączenia portów modułu D1 Mini Wi-Fi do kolorowego ekranu dotykowego 2,8 cala lub 3,5 cala SPI (Serial Peripheral Interface) poprzez złącza CON1 i CON1A. Pozostała część układu to stabilizowane zasilanie, sekcja sterowania podświetleniem, kilka opcji zworek, wygodne gniazdo karty microSD oraz listwa kołkowa dający dostęp do kilku wybranych portów mikrosterownika ESP8266.

Kompatybilność z istniejącymi zestawami Arduino oznacza, że są one łatwe do zaprogramowania, a wyświetlacz (tekstowy lub kolorowy LCD) i elementy sterujące (klawisze lub panel dotykowy) sprawiają, że ich obsługa jest intuicyjna. Jednak tym, czego brakuje wspomnianym urządzeniom, jest sposób komunikacji z otoczeniem.

W zamierzeniu mają być one bezpośrednio podłączone przewodowo do jakiegoś zewnętrznego sprzętu. LCD Shield Maker Plate ma dwa wbudowane (niskonapięciowe) przekaźniki, więc jest idealna do sterowania instalacją oświetleniową 12 V lub małym silnikiem, na przykład do podnoszenia i opuszczania rolet.

Ale aby mogły one działać poza ich bezpośrednim sąsiedztwem, musisz poprowadzić rozległe okablowanie przez wnęki ścienne lub preinstalowane peszle.

O ile nie zainstalujesz takiego okablowania w budynku czy mieszkaniu w trakcie budowy czy remontu, to w zależności od tego, jak został zbudowany, poprowadzenie przewodów może być trudnym zadaniem.

Dlatego sensownym rozwiązaniem jest posiadanie panelu mikrosterownika z interfejsem Wi-Fi, ponieważ urządzenia z obsługą Wi-Fi są łatwo dostępne i coraz tańsze,.

W takiej instalacji możesz mieć interfejs użytkownika w dogodnym miejscu, a drugą ukrytą obudowę z obsługą Wi-Fi w pobliżu urządzenia, którym chcesz sterować. Jedyne przewody, jakie trzeba wtedy poprowadzić, związane są z zasilaniem, które jest zwykle dostępne w wielu miejscach w całym pomieszczeniu.

Możliwość dostępu do Internetu przez urządzenia obsługujące łączność Wi-Fi sprawia, że wiele przydatnych informacji jest na wyciągnięcie ręki.

Moduł D1 Mini Wi-Fi z mikrosterownikiem ESP8266

Moduł D1 Mini Wi-Fi to jedna z najmniejszych, w pełni zintegrowanych płytek z mikrosterownikiem zgodnym z Arduino.

eprasa.pl b5de55c280

Ponieważ wykorzystuje 32-bitowy mikroukład ESP8266, ma wbudowaną łączność bezprzewodową Wi-Fi w paśmie 2,4 GHz.

Układ ESP8266 bardzo szybko stał się ulubieńcem zarówno hobbystów jak i komercyjnych producentów.

Pojawia się w wielu dostępnych na rynku produktach Wi-Fi, w tym stosowanych w automatyce domowej, takich jak inteligentne kuliste żarówki energooszczędne Wi-Fi Globo czy inteligentne wyłączniki sieciowe.

W koszyku komercyjnych bezprzewodowych produktów automatyki domowej, które ostatnio wypróbowaliśmy, prawie wszystkie wykorzystywały ESP8266.

Jest to jeden z powodów niesłabnącej popularności platformy Arduino, co odnotowaliśmy w numerze marcowym SC w retrospektywie zastosowań Arduino (siliconchip.com.au/Article/12575).

D1 Mini Wi-Fi bazuje na module ESP-12, który zawiera mikrosterownik ESP8266 i pamięć flash 4 MB. Zawiera również konwerter CH340 USB-port szeregowy, regulator/stabilizator 3,3 V i wiele elementów pasywnych. Wydzielone jest dwanaście portów I/O do użytku zewnętrznego.

Użyliśmy modułu D1 Mini Wi-Fi w naszym projekcie Clayton's GPS Time Source – synchronizowanym wzorcu czasu (siliconchip.com.au/Article/11039). Łączy się on z Internetem przez Wi-Fi, aby symulować nadajnik czasu GPS, pobierając dokładny czas z serwera NTP (Network Time Protocol). Jest to przykład prostego i użytecznego źródła danych, do którego można uzyskać dostęp przez Wi-Fi.

ESP8266 zawiera 32-bitowy mikroprocesor pracujący z częstotliwością 80 MHz i posiadający 80 kB pamięci RAM dostępnej dla użytkownika, więc ma znacznie większe możliwości niż wiele płytek Arduino bazujących na mikrosterownikach AVR. Wszystkie płytki ESP8266, które widzieliśmy, mają co najmniej 512 kB pamięci flash; wiele z nich ma nawet znacznie więcej.

Można do nich dodać zarówno Wi-Fi, jak i graficzny interfejs użytkownika jakiegoś małego projektu. W szczególności, duża ilość pamięci flash pozwala na implementację i wyświetlanie kolorowej grafiki.

Abyś mógł wykorzystać nasz moduł D1 Mini LCD BackPack w konkretnym zastosowaniu, napisaliśmy dla niego program demonstracyjny, który wykorzystuje jego funkcje graficzne, interfejs dotykowy i łączność Wi-Fi.

Program pobiera dane o aktualnym czasie i pogodzie z Internetu; czas pochodzi z serwera NTP, a dane o pogodzie z https://openweathermap.org/.

Dane te są wyświetlane jako kombinacja tekstu i grafiki. Interfejs dotykowy jest skromny i pozwala użytkownikowi na wybór funkcji, takich jak ustawianie lokalizacji odczytu pogody i konfiguracja sieci Wi-Fi.

Tabela 1. Numeracja końcówek modułu D1 Mini Wi-Fi

Nazwa portu modułu	Numer końcówki	Komentarz
D0	16	Początkowo w stanie wysokim
D1	5	Domyślny SCL Arduino I²C
D2	4	Domyślnie Arduino I²C SDA
D3	0	Posiada rezystor polaryzujący, aby ustawić tryb pracy po resecie.
D4	2	j.w.
D5	14	Sprzętowy SPI SCK
D6	12	Sprzętowy SPI MISO
D7	13	Sprzętowy SPI MOSI
D8	15	Posiada rezystor polaryzujący, aby ustawić tryb pracy po resecie.
TX	1	Może być używany jako GPIO
RX	3	Może być używany jako GPIO.
A0	–	Wejście analogowe o nominalnym zakresie 3,2 V.

Szczegóły układu

Micromite i jego różne wcielenia BackPack-a były niezwykle popularne, nie tylko same w sobie, ale jako baza dla wielu projektów. W numerze SC z maja 2019 r. opublikowaliśmy również przystawkę pozwalającą płytkom kompatybilnym z Arduino R3 sterować dotykowymi ekranami LCD o przekątnej 3,5 cala lub 2,8 cala (siliconchip.com.au/Article/11629) (patrz wyżej).

Pomyśleliśmy więc, że sensowne będzie wykorzystanie tej samej zasady przy projektowaniu płytki umożliwiającej sterowanie tego typu ekranami dotykowymi za pomocą modułu D1 Mini Wi-Fi. Nasze oprogramowanie demonstracyjne zostało zaprojektowane dla wyświetlacza 3,5 cala, ale sprzęt obsługuje również nieco tańsze wyświetlacze 2,8 cala.

Biorąc pod uwagę niewielką różnicę w cenie, jest to to najlepsze rozwiązanie, chyba że Twoja aplikacja nie może wykorzystać ekranu 3,5-calowego.

Rysunek 1 pokazuje schemat ideowy naszego nowego modułu D1 Mini BackPack. Jak można zauważyć, nie ma w nim zbyt wielu elementów. Przesyła on niezbędne sygnały sterujące SPI z D1 Mini Wi-Fi (MOD1) do złączy dla dowolnego typu panelu LCD, podłączonego do CON1 i CON1A (gniazda montażowe dla CON1A są przewidziane w dwóch różnych miejscach, aby obsłużyć dwa różne rozmiary ekranu).

Sprzętowe sygnały SPI w D1 Mini HiFi dostępne są na końcówkach D5 (SCK), D6 (MISO) i D7 (MOSI). Ze względu na sposób mapowania połączeń, w rzeczywistości odpowiadają one portom I/O ogólnego przeznaczenia (GPIO) o numerach odpowiednio 14, 12 i 13.

Użyliśmy numeracji z przedrostkiem „D", ponieważ tak właśnie oznaczone są porty I/O w module D1 Mini Wi-Fi. Więcej informacji o ciekawej i nieco mylącej numeracji zastosowanej na tej płytce znajdziesz w **tabeli 1**.

Końcówka CS ekranu LCD jest podłączona do styku D8 modułu Wi-Fi, a port D/C (data/command) jest podłączony do styku D4. Ze względu na małą liczbę dostępnych styków, końcówka RST ekranu LCD jest podłączona do portu RST(Inv) modułu D1 Mini Wi-Fi; oszczędzamy jeden port, a działanie jest poprawne.

Oddzielny styk T_CS sterownika ekranu dotykowego jest podłączony do końcówki D3.

Chociaż panel zawiera gniazdo karty SD, my zdecydowaliśmy się mimo to dodać do naszej płytki również gniazdo karty microSD Są ku temu dwa powody: ścieżki do gniazda SD na PCB panelu LCD są dość pokrętne, co sprawia, że karta jest bardziej podatna na zakłócenia. Ponadto, gdy karta SD jest włożona, to dość mocno wystaje poza obręb modułu.

Karta microSD jest mniejsza, a będąc przymocowaną do płytki, jest mniej podatna na zakłócenia w pracy wskutek interferencji z sygnałami wyświetlacza i zamontowanych elementów. Styki CS gniazd kart: SD i microSD są podłączone do portu D2 I/O modułu D1 Mini Wi-Fi.

Ponieważ gniazda kart są niczym innym jak bezpośrednimi połączeniami, końcówki te mogą być współdzielone, o ile w obu gniazdach nie ma jednocześnie karty. Jeśli nie potrzebujesz funkcji karty microSD, port I/O (D2) może być użyty do innych celów.

Dodaliśmy również gniazdo zasilania DC i liniowy stabilizator 7805 napięcia 5 V. Tak więc, jeśli jest potrzebne napięcie 12 V, np. do obsługi świateł, silników lub przekaźników, całość

eprasa.pl b5de55c280

Top www www.piekarz.pl
Firma Piekarz Sp. J.
Hurtowania Części
Elektronicznych
Tel.: 22-835-50-37
Tel.: 22-835-50-41

jest zasilana z pojedynczego źródła napięcia 12 V (takiego jak zasilacz wtyczkowy DC). Stabilizator będzie pracował, dopóki napięcie wejściowe nie spadnie poniżej około 7 V.

Podczas pracy z zasilaniem 12 V, stabilizator rozprasza moc około 2 W i robi się dość ciepły.

Jeśli potrzebujesz pobierać więcej prądu z szyny 5 V, lub po prostu zmniejszyć wydzielanie ciepła w stabilizatorze, możesz go zastąpić naszym zamiennikiem Switchmode 78xx z numeru sierpniowego SC w 2020 r. (siliconchip.com.au/Article/14533),

Na PCB znajdują się cztery kondensatory bocznikujące; dwa dla stabilizatora 5 V i dwa dla gniazda karty microSD. Na PCB znajdziesz pola lutownicze, które pasują zarówno do elementów SMD 3216 (1206 w calach), jak i przelotowych 5 mm.

W komplecie znajdują się cztery zestawy zworek. Można ich nie używać, jeśli dana funkcja nie jest potrzebna, jeśli np. porty I/O są wykorzystane przez inną aplikację.

Zworka JP1 może być użyta do podłączenia linii MISO ekranu LCD (która zazwyczaj nie jest potrzebna) do magistrali SPI. Stwierdziliśmy, że niektóre 3,5-calowe wyświetlacze nie pracują poprawnie; dlatego nie połączyliśmy tych dwóch linii bezpośrednio. Dla naszej aplikacji demonstracyjnej, a w rzeczywistości również dla większości innych aplikacji, można styki JP1 pozostawić po prostu otwarte.

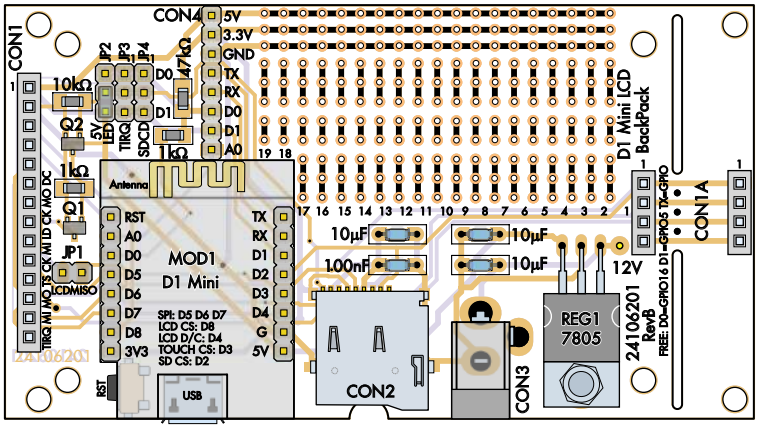
Zworka JP2 może być użyta do podłączenia podświetlenia ekranu LCD do szyny 5 V lub do portu I/O D0. Przypuszczamy, że większość aplikacji będzie zasilana ze stałego okablowania, więc możliwość wyłączania podświetlenia ekranu za pomocą D0, w celu oszczędzania energii, wydaje się tylko ciekawostką.

Środkowy kołek listwy JP2 idzie do pary MOSFET-ów i dwóch rezystorów polaryzacji ich bramek: do szyny 5 V/do masy. MOSFET-y zapewniają wysokoprądowe zasilanie potrzebne dla diod LED podświetlenia. W przypadku ekranu 3,5-calowego może to być nawet prąd 250 mA. Identyczny układ sterowania podświetleniem ekranu LCD jest stosowany w modułach Micromite BackPack.

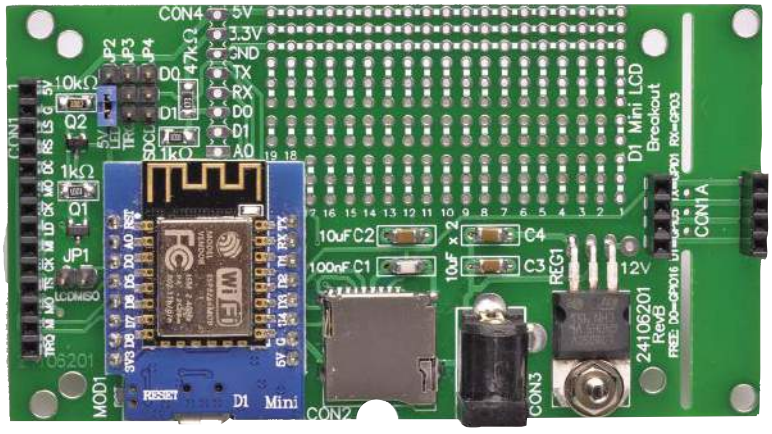
Dla naszej przykładowej aplikacji zworka JP2 jest ustawiona w pozycji 5 V (podświetlenie na stałe).

Trójkołkowe listwy wyboru opcji JP3 i JP4 definiują pozostałe połączenia i prowadzą do styku przerwania wyzwalanego dotykiem ekranu (T_IRQ) i przełącznika wykrycia karty SD (SD_CD). Można je ustawić tak, aby podłączyć któryś z powyższych sygnałów do portu D0 lub D1.

Połączenie do portu D0 modułu Wi-Fi jest doprowadzone przez szeregowy rezystor 1 kΩ, ponieważ ten port jest aktywnie ustawiany w stanie wysokim podczas włączania



Rysunek 2. Użyj tego schematu montażowego elementów na PCB i rzeczywistego zdjęcia poniżej jako instrukcji podczas montażu. Nie ma tu zbyt wielu komponentów, więc jeśli tylko będziesz uważał na części SMD, w krótkim czasie powinieneś zmontować urządzenie. Po zamontowaniu ekranu dotykowego zasłania on prawie wszystkie elementy na PCB. Z tego powodu możesz zechcieć zamontować opcjonalne zewnętrzne wejścia/wyjścia na listwie kołkowej (lub listwie gniazd) CON4 po spodniej stronie (nie montowane na PCB, brak w spisie elementów).



zasilania. Rezystor zapobiega nadmiernemu przepływowi prądu, jeśli port D0 pełni funkcję wykrywania karty SD, ponieważ jest wtedy po prostu zwarty do masy przez przełącznik wewnątrz gniazda karty.

Aby wspomóc funkcję wykrywania kart, zastosowany jest również rezystor polaryzujący 47 kΩ, ponieważ port D0 nie posiada wewnętrznej polaryzacji. Wartości tych dwóch rezystory można zmienić, jeśli dla tego portu I/O wymagana jest inna funkcja.

Aby wypełnić wolną przestrzeń, która pozostała na płytce PCB, dostosowanej wymiarami do rozmiaru ekranów dotykowych, przewidzieliśmy duży obszar prototypowy, nie pokazany na schemacie ideowym.

Składa się on z 19 kolumn po osiem pól, z otworami do montażu przewlekanego, które zostały rozmieszczone tak, aby pasowały do nich podzespoły w obudowie DIL 0,3 cala, choć mogą być użyte dla innych typów komponentów.

Opcjonalna, montowana od dołu, z wyprowadzeniami lutowanymi od góry, pojedyncza listwa kołkowa CON4 (lub jednorzędowa listwa gniazd żeńskich, wg Twojego uznania) pozwala na dodatkowy dostęp do linii sygnałów z portów D1, D0, TX, RX (UART), masy i napięć zasilających oraz do pojedynczego wejścia analogowego A0 (uwaga: ta listwa kołkowa nie była montowana na płytce, co widać na fotografiach). Na górze PCB znajdują się trzy rzędy wielokrotnych pól lutowniczych do podłączenia masy (GND) oraz napięć: 5 V i 3,3 V.

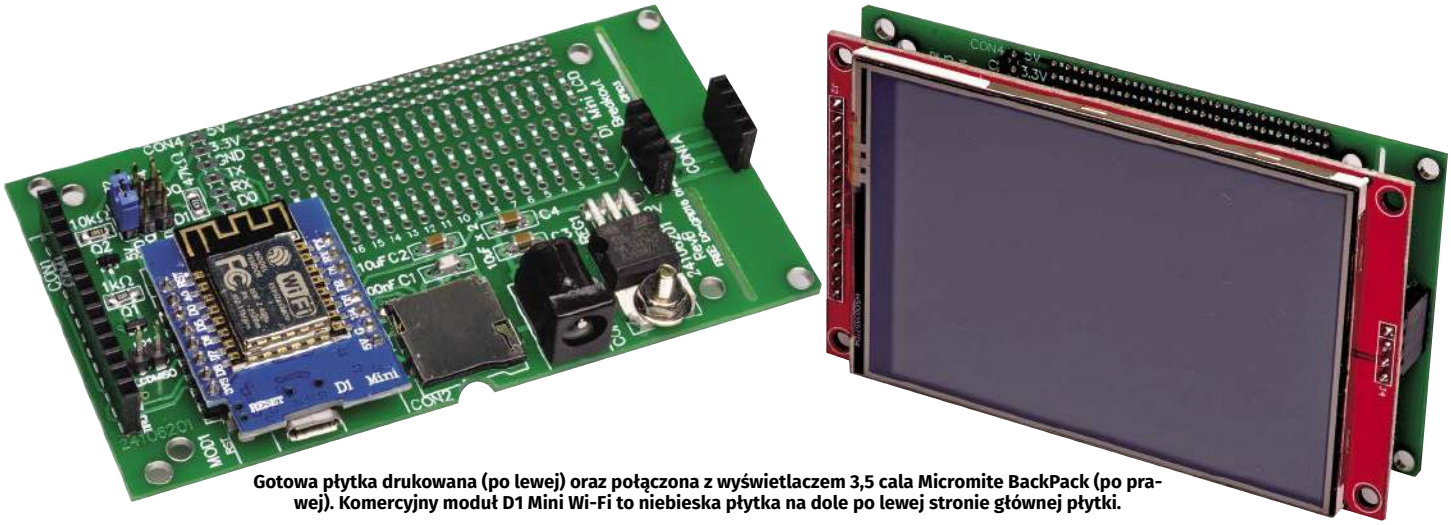
Sama płytka drukowana nawiązuje do układu elementów zastosowanego zarówno w Micromite Back-Pack V3, jak i w 3,5-calowym Touchscreen Arduino Adaptor. Płytka może być nieco skrócona w przypadku użycia 2,8-calowego panelu ekranu LCD.

Dwa zestawy jednorzędowych żeńskich gniazd prostych CON1A oraz CON1 pozwalają na bezpieczne zamocowanie i podłączenie panelu ekranu dotykowego LCD o rozmiarze 2,8 lub 3,5 cala, za pomocą śrub M3 i gwintowanych kołków dystansowych.

Opcje konstrukcyjne

Istnieje kilka opcji, które należy rozważyć podczas montażu. Moduł Wi-Fi MOD1 może być zamontowany na stałe na płytce drukowanej poprzez bezpośrednie przylutowanie,

eprasa.pl b5de55c280



Gotowa płytka drukowana (po lewej) oraz połączona z wyświetlaczem 3,5 cala Micromite BackPack (po prawej). Komercyjny moduł D1 Mini Wi-Fi to niebieska płytka na dole po lewej stronie głównej płytki.

lub może być demontowany poprzez zastosowanie odpowiednich gniazd.

W tym drugim przypadku, prawdopodobnie będziesz musiał zwiększyć odstęp pomiędzy płytką drukowaną a panelem ekranu LCD, aby uzyskać dodatkową wysokość wymaganą przy użyciu tych wyższych złączy modułu Wi-Fi. Stworzyliśmy dodatkową przestrzeń pomiędzy PCB i ekranem LCD poprzez przylutowanie jednorzędowych męskich listew kołkowych do jednorzędowych gniazd żeńskich.

Oczywiście, możesz być również ograniczony przez przestrzeń dostępną do montażu, jeśli planujesz zamontować całość we wnęce ściennej lub podobnie ograniczonym otoczeniu. W takim przypadku najlepsze jest wlutowanie modułu Wi-Fi MOD1 bezpośrednio do PCB. Opiszemy montaż z modułem MOD1 lutowanym do PCB, choć będzie to ostatni krok.

Jeśli nie potrzebujesz gniazda karty microSD, to jej gniazdo CON2 i leżące nad nim dwa kondensatory można pominąć. Należy jednak pamiętać, że ich montaż będzie później znacznie trudniejszy, więc najlepiej zamontować je tak czy inaczej, jeśli jest jakakolwiek szansa, że gniazdo będzie potrzebne w przyszłości.

Jeśli planujesz używać tylko ekranu 2,8-calowego, to możesz odciąć lub odłamać prawą część PCB przed rozpoczęciem montażu. Ułatwiają to wyfrezowane w PCB szczeliny. Nie ma jednak nic złego w pozostawieniu płytki w całości, jeśli masz na nią miejsce.

Aby uniknąć wdychania pyłu z włókna szklanego, przytnij płytkę drukowaną na zewnątrz i załóż maskę na twarz. Ostrożnie przetnij cztery miedziane ścieżki PCB, aby zapobiec ich oderwaniu od laminatu. Za pomocą szczypiec płaskich wygnij płytkę drukowaną w trzech miejscach, w których jest połączona; powinna się dać złamać w najsłabszych miejscach.

Powinieneś również spiłować lub przeszlifować wszelkie szorstkie krawędzie pozostałe po odłamaniu; ponownie uważaj, aby nie wdychać pyłu.

Dopasowanie elementów

D1 Mini BackPack zbudowany jest na dwustronnej płytce drukowanej o kodzie 24106201 i wymiarach 99×54,5 mm. Podczas montażu należy zapoznać się ze zdjęciami i schematem montażowym PCB (**rysunek 2**). Na płytce jest kilka elementów montowanych powierzchniowo; zalecamy użycie lutownicy o cienkim grocie i regulowanej temperaturze, topnika lutowniczego, pęsety, plecionki lutowniczej oraz jakiejś lupy.

Najpierw zamontuj gniazdo karty microSD (CON2), ponieważ ma ono najmniejszy raster styków lutowniczych. Ma ono parę styków lokalizujących, więc łatwo jest je ustawić w odpowiednim miejscu.

Nałóż topnik na jego pola lutownicze i umieść gniazdo, sprawdzając czy styki pasują. Zwiększ nieco temperaturę lutownicy i przylutuj jeden z większych styków mechanicznych, aby przymocować go na miejscu.

Przylutuj wyprowadzenia elektryczne, dodając niewielką ilość lutu na grot lutownicy, a następnie dotknij grotem do każdego styku. Topnik powinien ułatwić lutowiu spłynięcie i utworzenie czystego połączenia. Jeśli zrobisz mostek lutowniczy, zostaw go na razie i upewnij się, że pozostałe styki są przylutowane.

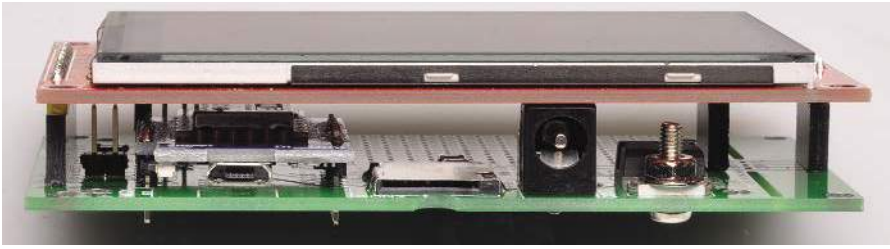
Teraz wróć i usuń wszelkie zwarcia za pomocą plecionki lutowniczej. Nałóż więcej topnika na zwarte wyprowadzenia, a następnie przyciśnij plecionkę lutownicą do nadmiaru lutu. Gdy lut się roztopi, powoli odciągnij plecionkę od styków.

Po zakończeniu montażu wyprowadzeń elektrycznych można przystąpić do wlutowania pozostałych styków mechanicznych. Pozostawienie ich na koniec montażu ułatwi ewentualne całkowite usunięcie gniazda, jeśli coś pójdzie nie tak i będzie to niezbędne. Nałóż więcej topnika, jeśli to konieczne, i nie zapomnij, aby po zakończeniu lutowania zmniejszyć temperaturę lutownicy do ustawienia dla typowych elementów.

Najmniejszymi elementami są dwa tranzystory w obudowie SOT-23 ale mają więcej miejsca wokół swoich wyprowadzeń, więc zamontuj je jako następne.

Sprawdź oznaczenia, aby upewnić się, że Q1 i Q2 nie są wzajemnie zamienione. Q1 powinien być oznaczony kodem zaczynającym się od „X", natomiast Q2 może mieć oznaczenie 72, 702 lub ewentualnie coś innego w zależności od producenta (te kody są malutkie, więc przyda się lupa, aby je odczytać).

Dobrym sposobem lutowania elementów montowanych powierzchniowo jest nałożenie topnika na pola lutownicze PCB i pobielenie końcówki lutownicy nieco większą ilością lutu. Przytrzymaj montowany element na miejscu



Kolejny widok na sposób współpracy naszej płytki z modułem ekranu dotykowego LCD – po prostu podłącza się ekran do 14-stykowego gniazda żeńskiego (CON1) skrajnie po lewej stronie i 4-stykowego gniazda (CON1A) po prawej. Zasilanie odbywa się przez gniazdo DC (CON3); obok znajduje się gniazdo karty microSD (CON2) z gniazdem USB pod modułem Wi-Fi (po lewej).

eprasa.pl b5de55c280

sklep.semicon.com.pl
■ Montaż elektroniki ■ Szablony SMT ■ Moduły laserowe
■ Konwerting materiałów ■ Chemia dla elektroniki ■ Podzespoły
■ Komponenty elektroniczne ■ Narzędzia
SEMICON®

pęsetą i przyłóż grot lutownicy tylko do jednego wyprowadzenia.

Jeśli złącze nie jest płaskie i prostokątne, przelutuj je, aż będzie prawidłowe. Następnie przylutuj pozostałe wyprowadzenia. Teraz, gdy część jest umocowana, można poprawić wszystkie styki. Może to być tak proste, jak nałożenie dodatkowego topnika na lut, a następnie dotknięcie go lutownicą.

Następnie należy zamontować cztery rezystory, upewniając się, że użyto właściwych wartości, zgodnie z opisem na PCB i rysunkiem 2.

Jeśli używasz kondensatorów z wyprowadzeniami drutowymi, to lutuj i przycinaj je jak w standardowej technice montażu przelotowego. W przypadku części montowanych powierzchniowo postępuj zgodnie ze wskazówkami kilka akapitów powyżej

Umieść najpierw kondensator 100 nF; jest on prawdopodobnie mniejszy niż inne kondensatory, i znajduje się najbliżej gniazda karty microSD. Powtórz to z pozostałymi kondensatorami, upewniając się, że przylegają płasko do PCB i leżą równo z krawędziami pól lutowniczych.

Zegnij wyprowadzenia stabilizatora REG1 o 90° w dół, około 6 mm od korpusu, i umieść je w otworach w płytce PCB. Zamontuj śrubę M3 i załóż podkładkę i nakrętkę; jeśli zrobisz to przed lutowaniem, będziesz miał pewność, że stabilizator jest umieszczony prawidłowo. Teraz przylutuj wyprowadzenia REG1 i odetnij ich nadmiar.

Zworki, gniazda i listwy

Łatwiej jest zamontować kołkowe listwy zworek JP1-JP4 przed lutowaniem gniazd CON1 i CON1A. Wsuń JP1 na miejsce i przylutuj jeden styk. Jeśli kołki nie są prostopadłe, to możesz przytrzymać drugi kołek i dopasować pierwszy podczas przetapiania lutu. Kiedy będziesz pewny, że jest prostopadły, przylutuj drugi styk.

Aby utrzymać JP2-JP4 w jednej linii, wciśnij je wszystkie do gniazd żeńskich, które będą używane jako CON1 i CON1A. Jak w przypadku JP1, przylutuj jeden styk z grupy, a następnie wyreguluj, aby listwa była prostopadła do PCB. Następnie przylutuj pozostałe styki. Na końcu odłącz gniazda żeńskie. Możesz sobie ułatwić pracę wykorzystując odcinek 3×2 kołki z dwurzędowej listwy kołkowej. Lutuje się on do PCB o wiele łatwiej niż odcinek jednorzędowy.

Jeśli planujesz wykorzystać gniazdo karty SD na module ekranu LCD, to musisz zamontować złącze CON1A, w miejscu zależnym od tego, czy planujesz wykorzystać wyświetlacz 2,8 cala czy 3,5 cala. Możesz też zamontować oba. Nawet jeśli nie planujesz używać tego gniazda kart SD, to dodatkowe gniazda pomagają w mechanicznym zabezpieczeniu i wyrównaniu płytek. Dlatego dobrze jest je zamontować.

Wiele paneli LCD nie ma zamontowanych męskich listew 4-kołkowych, więc też trzeba będzie je przylutować. Najlepszym sposobem, jaki znaleźliśmy, aby dopasować wszystkie listwy ekranu LCD, jest połączenie razem 4-kołkowych listew męskich z gniazdami żeńskimi, a następnie wciśnięcie 14-kołkowej listwy panelu LCD do żeńskiego gniazda naszego modułu.

Połóż panel LCD ekranem do dołu i umieść 4-kołkowe listwy męskie w ich polach lutowniczych, z listwą (lub listwami) skierowaną dłuższymi kołkami męskimi do góry (w orientacji odpowiadającej listwie 14-kołkowej). Następnie na każdą listwę kołkową wciśnij otworami gniazda żeńskie: 14-stykowe i 4-stykowe. Połóż płytkę drukowaną modułu Back Pack-a na górze, elementami do dołu, i ustaw ją tak, aby styki lutownicze gniazd trafiły w otwory PCB. Przylutuj końcówki gniazd do płytki BackPack-a, a następnie odwróć zespół i przylutuj styki listew męskich do panelu ekranu LCD.

Takie postępowanie zapewnia, że wszystkie kołki i gniazda będą wlutowane w płytki tak prostopadle, jak to tylko możliwe. Ułatwia to wymianę panelu LCD, jeśli jest to konieczne; na przykład, jeśli zmieniasz wersję 3,5 cala na 2,8 cala.

Przy okazji możesz zauważyć, że montujemy ekran dotykowy obrócony o 180° w porównaniu z naszymi poprzednimi projektami Micromite BackPack-a. Ponieważ sterowniki ekranu LCD i detekcji dotyku są w stanie obracać wielokrotnie wyświetlany obraz o 90°, nie powoduje to później żadnych problemów.

Następnie przylutuj gniazdo zasilania DC. Może to wymagać trochę bardziej nagrzanej lutownicy, a duże pola lutownicze będą potrzebowały sporej ilości lutu. Podobnie jak w przypadku innych części, możesz przylutować jedno wyprowadzenie, sprawdzić czy część jest prawidłowo zorientowana, a następnie przylutować pozostałe styki.

Ostatnim elementem jest płytka MOD1 czyli moduł D1 Mini Wi-Fi. Wiele z nich (takich jak XC3802 Jaycara) jest dostarczanych z dołączonymi luzem listwami kołkowymi. Zakładamy, że płytka Wi-Fi jest wyposażona w męskie listwy kołkowe na spodzie (w sposób, który pozwoliłby na jej użycie w płytce prototypowej), więc jeśli Twoja płytka Wi-Fi ma zamontowane inne złącza, może będziesz musiał je wymienić.

Jeśli w przyszłości będziesz chciał usunąć płytkę Wi-Fi, koniecznym będzie, aby na płytce drukowanej zostały zamontowane listwy gniazd żeńskich. Jak wspomniano o tym wcześniej, być może będziesz musiał znaleźć sposób na umieszczenie panelu LCD w większej odległości od BackPack-a, aby uwzględnić miejsce, które zajmują te gniazda.

Zakładamy, że lutujesz D1 Mini Wi-Fi bezpośrednio do PCB, tak jak my to zrobiliśmy.

Umieść męskie listwy kołkowe pomiędzy MOD1, a płytką drukowaną i przylutuj kilka

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Moduł Mini Wi-Fi LCD BackPack

1 dwustronna płytka drukowana o symbolu 24106201 i wymiarach 99×54,5 mm
1 komercyjny moduł mikrosterownika ESP8266 D1 Mini Wi-Fi (MOD1) [Jaycar XC3802 lub podobny]
1 ekran dotykowy SPI LCD 3,5 cala z kontrolerem ILI9488 [np. Silicon Chip nr kat. SC5062].
1 obudowa UB3 Jiffy Box
1 laserowo wycięta pokrywa pasująca do do obudowy UB3 Jiffy Box z wycięciem na ekran 3,5 cala (opcjonalnie): [Silicon Chip Cat SC5083]
1 szt. 14-drożna listwa gniazd żeńskich (CON1)
1 szt. (opcja: 2 szt.) 4-drożna listwa gniazd żeńskich (CON1A)
2 szt. 8-drożne listwy gniazd żeńskich (do podłączenia MOD1; opcjonalnie)
1 szt. (opcja) 4-kołkowa listwa męska (zwykle jest w komplecie z ekranem dotykowym)
1 szt. 2-kołkowy odcinek listwy męskiej (JP1)
3 szt. 3-kołkowe odcinki listwy męskiej (JP2, JP3, JP4) (opcja: odcinek 3×2 listwy kołkowej dwurzędowej)
4 zworki (JP1-JP4)
1 gniazdo SMD karty microSD (CON2)
1 gniazdo DC montowane na płytce drukowanej, rozmiar 5,5/2,1 lub 5,5/2,5 pasujący do wtyczki zasilacza (CON3)
1 śruba M3×10, nakrętka sześciokątna i podkładka (dla REG1)
8 śrub M3×6
4 kołki dystansowe z gwintem M3 o długości 12 mm (lub dłuższe w przypadku montażu MOD1 na gniazdach)

Półprzewodniki:

1 szt. liniowy stabilizator 7805 napięcia 5 V 1 A w obudowie TO-220 (REG1)
1 szt. P-kanałowy MOSFET IRLML2244TRPBF w obudowie SMD SOT-23 (Q1)
1 szt. N-kanałowy MOSFET 2N7002 w obudowie SMD SOT-23 (Q2)

Kondensatory:

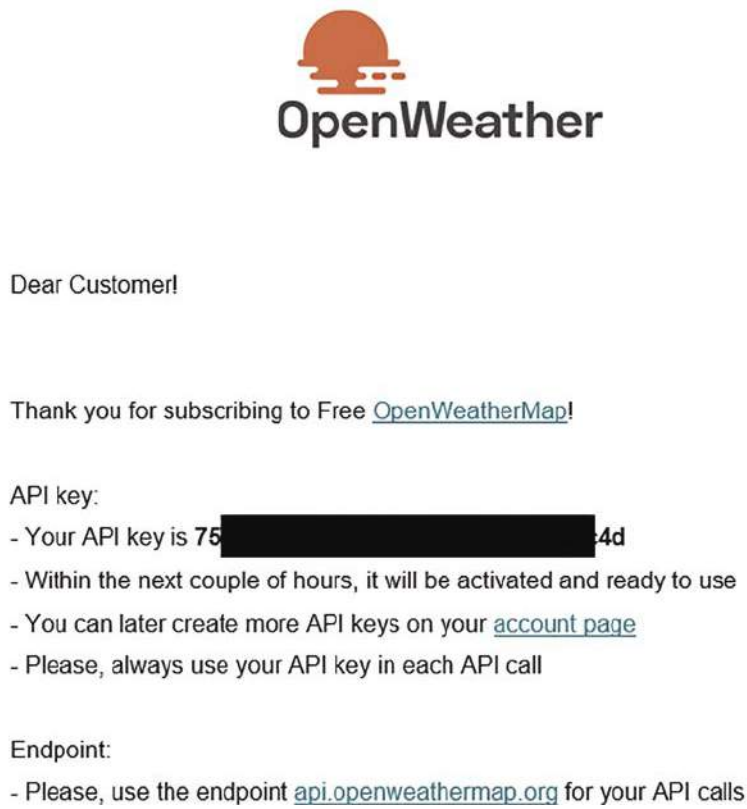
3 szt. kondensatory ceramiczne MLC X7R 10 µF 16 V SMD, rozmiar 3216 (1206) lub odpowiednik do montażu przewlekanego
1 szt. kondensator ceramiczny MLC X7R 100 nF 50 V SMD, rozmiar 3216 (1206) lub odpowiednik do montażu przewlekanego

Rezystory: (wszystkie SMD 3216(1206), 1%)

1 szt. 47 kΩ (kod 473/4702) 1 szt. 10 kΩ (kod 103/1002) 2 szt. 1 kΩ (kod 102/1001)

Kompletny zestaw części (jak podano wyżej) jest dostępny w Silicon Chip online Shop – Cat SC5503 @ $70,00

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 3. Jeśli rejestracją w serwisie pogodowym powiedzie się, otrzymasz e-mail z openweathermap.org z Twoim kluczem API (nasz został ukryty, więc nie możesz go użyć!). Skopiuj go otoczony cudzysłowem do szkicu Arduino zamiast ciągu OWM_API_KEY. Zachowaj swój klucz API w tajemnicy, ponieważ każdy, kto go zna, może skorzystać z serwisu w Twoim imieniu.

styków od góry, następnie odwróć całość i przylutuj kilka styków od dołu. Sprawdź, czy wszystko kołki są prostopadłe. Możesz również sprawdzić, czy można podłączyć kabel USB.

Nawet jeśli nie planujesz zasilać urządzenia z gniazda USB, dobrze jest zostawić dostęp do niego w celu programowania.

Gdy będziesz zadowolony z ustawienia, przylutuj pozostałe styki i skróć je.

Dla napisanego przez nas oprogramowania demonstracyjnego potrzebna jest tylko jedna zworka, zakładana na JP2, ustawiona po stronie 5 V. Zobacz zdjęcia i schemat montażowy, aby ją poprawnie dopasować.

Ostatnim krokiem do skompletowania urządzenia jest dopasowanie panelu LCD. Należy podłączyć ekran 3,5 cala LCD do CON1 i skrajnego gniazda CON1A. Hipotetyczna instalacja we wnęce ściennej będzie wymagała dalszych kroków, ale będą one specyficzne dla twoich warunków. Przyjrzymy się możliwościom montażu, gdy urządzenie będzie już działać.

Aby zamocować pewnie panel ekranu LCD, przymocuj gwintowane kołki dystansowe na górze płytki drukowanej za pomocą śrub M3 od spodu, następnie wsuń panel LCD do gniazd i zabezpiecz go czterema pozostałymi śrubami od góry.

Oprogramowanie

Aby skorzystać z naszego oprogramowania, będziesz potrzebował środowiska programowania Arduino IDE oraz bibliotek płytki ESP8266. W tym miejscu zakładamy, że znasz IDE (Integrated Development Environment). Można je pobrać z siliconchip.com.au/link/aatq lub strony projektu. Używamy wersji 1.8.5; powinieneś użyć tej lub późniejszej (ale bez przesady; dostępne są wersje beta 2.x.x) wersji.

Zainstalowanie dodatku ESP8266 dla Arduino IDE wymaga dodania adresu URL http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json do listy Additional Board Manager (znajduje się w zakładce File > Preferences).

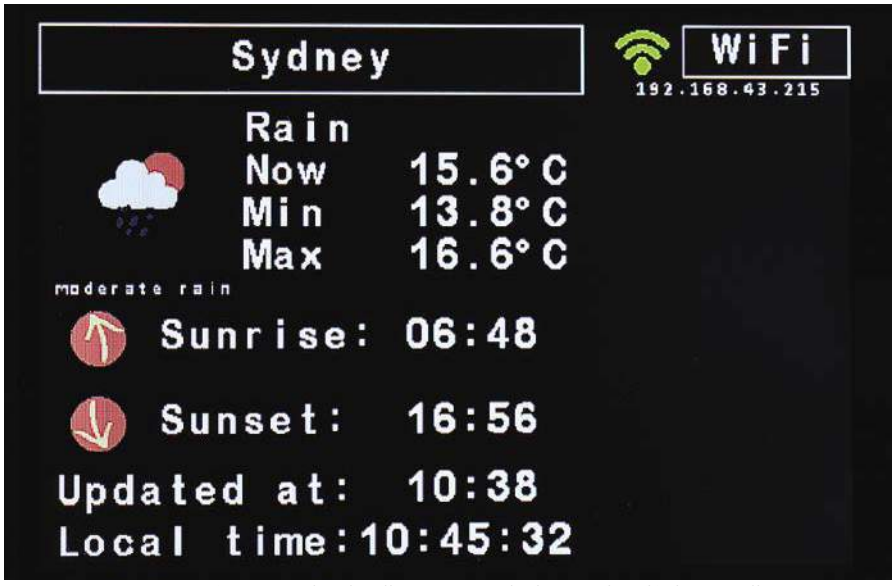
Po dodaniu adresu URL dodatek ESP8266 może być zainstalowany przez otwarcie Menadżera tablic (Tools > Board > Board Manager), wyszukanie ESP8266 i kliknięcie „Install". Może to trochę potrwać, ponieważ jest to kompletny zestaw narzędzi programistycznych i plików wspomagających płytkę.

Możesz także potrzebować sterowników konwertera USB–złącze szeregowe dla układu CH340 używanych przez D1 Mini Wi-Fi. Dla naszego Weather-Duino w 2015 roku (siliconchip.com.au/Article/8457) użyliśmy sterowników z siliconchip.com.au/link/ab2g.

Moduł Wi-Fi D1 Mini odpowiada zakładce „LOLIN (WEMOS) D1 R2 & Mini" w Arduino Tools > Board Menu. Upewnij się, że wybrałeś tę płytkę i wybrałeś właściwy port szeregowy.

Rozpakuj nasz szkic do folderu szkiców Arduino i otwórz go w IDE. Nie są potrzebne żadne zewnętrzne biblioteki; używane biblioteki Wi-Fi są dołączone do pobranego oprogramowania płytki ESP8266. W folderze ze szkicem znajdują się pliki bibliotek specyficznych dla wyświetlacza LCD.

Jak w każdym projekcie wykorzystującym Wi-Fi, musi istnieć sposób na wybranie sieci Wi-Fi i wprowadzenie hasła sieciowego.



Zrzut ekranu 1. Strona główna naszej aplikacji demonstracyjnej pokazuje zbiór informacji z OpenWeatherMap. Próbowaliśmy użyć biblioteki dekodującej PNG do wyświetlania ikon, ale wciąż miała ona dość duże zapotrzebowanie na pamięć dynamiczną i nie działała. Zamiast tego, ikony są przechowywane w pamięci flash.

eprasa.pl b5de55c280

Zrzut ekranu 2. Ekran konfiguracji połączenia Wi-Fi zapewnia interfejs podobny do wielu "inteligentnych" urządzeń. Sieci są skanowane i wyszczególnione, użytkownik musi jedynie wpisać odpowiednie hasło.

W wielu projektach ESP8266 jest to po prostu zakodowane w samym szkicu, ale to trochę prymitywne i niewygodne.

Nasz szkic jest nieco sprytniejszy. Jeśli wykryje, że nie wybrano żadnej sieci Wi-Fi, przeszukuje pobliskie sieci i przedstawia użytkownikowi listę do wyboru. Użytkownik może następnie wprowadzić hasło; ustawienia są zapisywane w nieulotnej pamięci flash. W rezultacie otrzymujemy znacznie przyjaźniejszy interfejs użytkownika.

Dzięki temu żadne ustawienia Wi-Fi w szkicu nie muszą być zmieniane przed załadowaniem; wszystkie mogą być ustawione później.

Przyp. Red. EdW: wiele pożytecznych informacji na temat ESP8266 i CH340 znajdziesz w artykule Pana Pawła Hoffmana „Czujnik smogu IoT" w nr 5/6 z 2019 r. EdW.

Serwis Publiczna Mapa Pogody

Jedną z funkcji naszego programu demonstracyjnego jest pobieranie informacji o pogodzie i wyświetlanie ich na ekranie LCD. Dane te pochodzą ze strony internetowej **openweathermap.org**. Chociaż korzystanie z tych danych jest bezpłatne, wymagane jest założenie konta. Jest ono wykorzystywane do ograniczenia darmowego transferu, a także do zapewnienia dostępu do większej ilości danych dla kont płatnych.

Do założenia konta potrzebny jest adres e-mail; otwórz stronę siliconchip.com.au/link/ab2h w przeglądarce internetowej i wprowadź swoje dane. Zostanie Ci wysłany e-mail z linkiem weryfikacyjnym; po jego kliknięciu otrzymasz drugi e-mail.

Ten drugi email zawiera klucz API, który jest kodem szesnastkowym potrzebnym naszemu szkicowi do uzyskania dostępu do danych OpenWeather-Map (patrz **rysunek 3**). Istnieje możliwość wygenerowania kolejnych kluczy API z konta OpenWeatherMap.

Darmowy klucz API pozwala na ograniczoną liczbę dostępów dziennie, częstszy dostęp do bardziej szczegółowych danych umożliwiają konta płatne.

Szczegóły na ten temat znajdują się na stronie https://openweathermap.org/price.

W każdym razie darmowe konto i klucz API wystarczą nam do uzyskania skromnej ilości danych aktualizowanych w użytecznym tempie.

Należy wprowadzić klucz API do szkicu przed kompilacją. Poszukaj w głównym pliku szkicu linii zawierającej ciąg OWM_API_KEY i zmień ją na klucz, który otrzymałeś. Powinien on być otoczony cudzysłowem.

Teraz możemy przesłać szkic do D1 Mini Wi-Fi, wciskając przycisk Upload w IDE. Proces kompilacji i wgrywania może potrwać minutę lub dwie, po czym ekran LCD powinien się zresetować.

Szkic

Duża część szkicu poświęcona jest sterowaniu wyświetlaczem LCD i zapewnieniu przyjaznego interfejsu użytkownika, w tym procedurom graficznego interfejsu użytkownika, GUI. GUI wyświetla i nadzoruje takie funkcje jak przyciski i klawiatura ekranowa.

Szkic wykorzystuje dwa źródła danych internetowych do aktualizacji swojego wyświetlacza. Pierwszym z nich są dane NTP (Network Time Protocol) dotyczące aktualnego czasu. Ponieważ NTP podaje czas tylko jako UTC (podobnie jak GMT), do obliczenia i wyświetlenia rzeczywistego czasu lokalnego potrzebny jest offset strefy czasowej.

Na szczęście dane OpenWeatherMap zawierają informacje o strefie czasowej. Jest ona również używana do wyświetlania takich informacji jak aktualne i prognozowane temperatury oraz reprezentujące je grafiki. Wyświetlane są również czasy wschodu i zachodu słońca.

Czas jest pobierany z serwera NTP co godzinę, a wewnętrzny zegar D1 Mini Wi-Fi jest używany do śledzenia czasu pomiędzy odczytami z NTP. Dane pogodowe są aktualizowane co 10 minut.

Działanie

Po wgraniu szkicu można otworzyć w komputerze emulację monitora szeregowego, aby uzyskać informacje o debugowaniu.

Na LCD pojawi się komunikat „Scanning...", po czym pojawi się lista nazw sieci Wi-Fi (SSID). Stuknięcie w jedną z nich spowoduje wyświetlenie monitu o wprowadzenie hasła za pomocą klawiatury ekranowej.

Następnie pojawi się monit o wprowadzenie lokalizacji. Jest to lokalizacja używana przez szkic do komunikacja z serwisem

REKLAMA

eprasa.pl b5de55c280

Zrzut ekranu 3. Zalety dużego ekranu dotykowego ujawniają się na stronie wpisywania hasła. Tutaj możemy wykorzystać dużą przestrzeń ekranu do emulacji pełnej klawiatury QWERTY, która umożliwia wprowadzanie wszystkich znaków ASCII. Większość klawiszy znajduje się w typowych miejscach; niektóre zostały przeniesione dla zachowania zwartości ekranu. Podobny ekran służy do wprowadzania lokalizacji miejsca odczytu pogody.

Open-WeatherMap. Stwierdziliśmy, że proste „Sydney" wystarczyło, aby uzyskać dokładne dane dla naszej lokalizacji w Australii, ale jeśli, powiedzmy, mieszkasz w Sydney w Nowej Szkocji, możesz potrzebować podać więcej szczegółów.

Wpisanie „Melbourne" wyświetlało dane bardziej zgodne z Melbourne, Floryda, USA, niż Melbourne, Victoria, AU. „Melbourne, AU" okazało się wystarczająco precyzyjne.

Jeśli nie jesteś pewien, otwórz emulację monitora szeregowego i obserwuj wyświetlane informacje; wiele danych jest wyprowadzanych w celu debugowania. Dane pobrane z OpenWeatherMap pojawią się jako pojedyncza, długa linia. Informacje takie jak szerokość, długość geograficzna czy kraj mogą być użyte do sprawdzenia poprawności lokalizacji.

Informacje o użytkowniku (takie jak sieć Wi-Fi i lokalizacja) są zapisywane w pamięci nieulotnej. ESP8266 nie posiada dedykowanej pamięci EEPROM, ale Arduino IDE zapewnia emulację EEPROM poprzez wykorzystanie niewielkiej części pamięci flash.

W ten sposób ustawienia te są zachowywane po wyłączenia zasilania i są ładowane przy włączeniu zasilania. Po skonfigurowaniu, ekran zazwyczaj wyświetla pełne informacje po około dziesięciu sekundach od włączenia zasilania.

Montaż

Jeśli chcesz używać urządzenia w wolnostojącej obudowie, to montaż jest taki sam jak w przypadku Micromite LCD BackPack-a V3; i możesz użyć pokrywy zaprojektowanej dla tego projektu, aby zamontować go w skrzynce UB3 Jiffy.

Jeśli istniejący otwór na kable nie pasuje do Twojego zastosowania, możesz podłączyć gniazdo zasilania DC na luźnych przewodach montowanych na obudowie.

Podobnie jak w przypadku płytek Altronics Inventa, spodziewamy się, że niektórzy użytkownicy będą chcieli instalować je we wnęce ściennej. Może to być tak proste, jak użycie akrylowego elementu opisanego powyżej jako maskownica.

Innym prostym sposobem jest wykonanie kwadratowego wycięcia w pustej płycie ściennej, typu płyty gipsowo-kartonowej, a także czterech okrągłych otworów o średnicy 3 mm na śruby. BackPack D1 Mini można wtedy zamontować podobnie jak inne BackPack-i, używając śruby w każdym rogu, aby go zamocować.

Możesz użyć gołej płytki drukowanej jako szablonu do wykonania otworów; może to być łatwiejsze niż w przypadku zabudowanej płytki drukowanej lub wyświetlacza LCD z wystającymi listwami kołkowymi.

Jeśli montujesz moduł do ściany, za którą znajdują się przewody instalacji elektrycznej, rozważ dodanie kołków dystansowych, aby oddzielić je od siebie. Zmniejszy to również rozmiar otworu, który trzeba będzie wyciąć w ścianie.

Więcej niż demo

Nasze oprogramowanie dostarcza użytecznych funkcji, ale tak naprawdę pokazuje tylko niewielki ułamek tego, co można zrobić z tym sprzętem. Można dodać stosunkowo łatwo wiele innych przydatnych działań.

Dzięki popularności Arduino IDE i ESP8266 w sieci można znaleźć wiele przykładów tego, do czego można wykorzystać nasz projekt. Obejmuje to korzystanie z zasobów internetowych w celu wyświetlania danych, a także protokoły umożliwiające interakcję z innymi urządzeniami w sieci LAN lub nawet przez VPN.

Tabela 1 pokazuje konfigurację portów modułu D1 Mini Wi-Fi, co może być bardzo pomocne, jeśli planujesz zmodyfikować kod oprogramowania. W przeciwieństwie do płytek wykorzystujących mikrosterowniki z rodziny AVR, wiele portów D1 Mini Wi-Fi ma indywidualne cechy, co oznacza, że nie są całkowicie zamienne z serią AVR.

Dlatego starannie dobraliśmy porty wykorzystane w D1 Mini LCD BackPack-u.

Dopasowanie do obudowy UB3 Jiffy: ponieważ nasz projekt wykorzystuje ten sam panel LCD co 3,5 calowy Micromite BackPack, może być zamontowany w obudowie UB3 Jiffy Box przy użyciu tej samej wyciętej laserowo pokrywy akrylowej (nr Cat SC5083). Jest to idealny sposób montażu i ochrony urządzenia w przypadku konieczności instalacji we wnęce ściennej.

eprasa.pl b5de55c280

Bezprzewodowe programowanie modułu

Jedna z bibliotek w ramach profilu płytki Arduino ESP8266 zapewnia bardzo przydatną funkcję, zwłaszcza jeśli planujesz zamontować urządzenie na stałe w ścianie.

Programowanie „Over The Air" (OTA) oznacza, że szkice programów mogą być wgrywane do urządzenia przez Wi-Fi. Szkic musi mieć dołączoną bibliotekę OTA, więc pierwsze wgranie szkicu trzeba wykonać przez port szeregowy, ale tak długo, jak kolejne wgrywane kody zawierają bibliotekę OTA, OTA może być nadal używane.

Istnieją pewne ograniczenia; na przykład ESP8266 musi mieć wystarczająco dużo miejsca w pamięci, aby pomieścić aktualnie działający szkic obok nowego szkicu. To praktycznie zmniejsza dostępną dla szkicu pamięć flash o połowę.

Mechanizm ten oznacza, że ESP8266 musi być podłączony do tej samej sieci Wi-Fi co użytkownik. Jeśli użytkownik wyloguje się z sieci Wi-Fi, to OTA nie będzie działać. Możliwość programowania przez Wi-Fi oznacza również, że ktoś inny, z dostępem do naszej sieci Wi-Fi, mógłby przeprogramować urządzenie, chociaż zapewniona jest podstawowa funkcja ochrony dostępu do sieci hasłem. Mimo to, jest to przydatna funkcja, zwłaszcza jeśli trzeba przetestować urządzenie po montażu w miejscu docelowym, lub jeśli trudno jest podłączyć kabel USB.

Istnieją przykładowe szkice (pod hasłem ArduinoOTA), a więcej informacji można znaleźć na stronie siliconchip.com.au/link/ab2i.

Podsumowanie

Chociaż przedstawiony tu program demonstracyjny jest sam w sobie całkiem użyteczny, ma on stanowić przede wszystkim punkt wyjścia dla innych projektów.

Na przykład, swoje dane udostępnia wielu operatorów transportu publicznego. Możliwe byłoby więc wyświetlenie, kiedy ma odjechać najbliższy autobus z najbliższego przystanku, a nawet kiedy to nastąpi z dokładnością co do minuty, jeśli dostępne są dane w czasie rzeczywistym.

Podczas gdy wiele z tych usług wymaga rejestracji użytkownika, istnieje swobodnie dostępna usługa dla informacji o tramwajach w Melbourne. Jest ona udokumentowana na stronie siliconchip.com.au/link/ab2j.

Projekt ten zapewnia również doskonały sposób sterowania innymi urządzeniami. Dostępnych staje się coraz więcej urządzeń automatyki domowej, a wiele z nich nadaje się do integracji w takim systemie.

Nawet w przypadku, gdy nie można tego zrobić bezpośrednio, istnieją alternatywne oprogramowania typu „open-source", które to umożliwiają.

W szczególności wiele inteligentnych żarówek kulistych Globo i przełączników wykorzystujących ESP8266 można zmodyfikować, ładując otwarte programowanie Tasmota (https://tasmota.github.io/docs/).

To oprogramowanie i wiele innych wykorzystuje protokół MQTT (protokół bezpośredniej komunikacji pomiędzy urządzeniami); istnieje wiele bibliotek MQTT dla mikrosterownika ESP8266, więc dołączenie tego protokołu w naszym oprogramowaniu nie jest trudne.

Ponieważ wykorzystuje on model publish/subscribe, wiele urządzeń może działać korzystając z tych samych informacji.

Istnieją również aplikacje na telefony komórkowe, które można skonfigurować w celu zapewnienia pulpitu nawigacyjnego MQTT, umożliwiając na przykład wyświetlanie danych MQTT lub wysyłanie wiadomości MQTT po naciśnięciu przycisku.

Dużą szansą jest tu automatyzacja działań w oparciu o informacje, do których dostęp ma D1 Mini Wi-Fi, np. włączanie świateł o zachodzie słońca lub wyłączanie grzejnika.

Nawet gdyby nasze urządzenie D1 Mini BackPack było tylko bardzo małym fragmentem takiego projektu, to niewątpliwie byłoby przydatne samo w sobie. ■

Tim Blythman

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

Artykuł reprodukowano na podstawie umowy z magazynem „Silicon Chip", 2022. www.siliconchip.com.au

Quiz: Diody LED

Pierwsze diody LED na podczerwień pojawiły się na rynku w roku:
☐ 1948
☐ 1955
☐ 1961

Pierwsze diody LED na podczerwień SNX-100 kosztowały:
☐ 130 USD
☐ 50 USD
☐ 12 USD

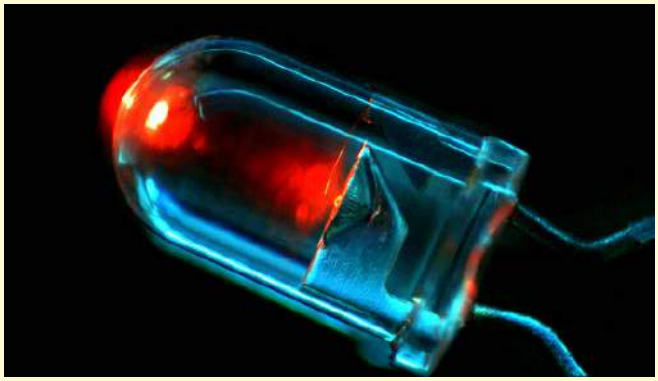
Pierwsze diody LED emitujące widzialne światło czerwone opracowano w roku:
☐ 1961
☐ 1968
☐ 1971

Pierwszą diodę LED emitującą światło żółte opracowano w firmie:
☐ General Electric
☐ Monsanto
☐ Fairchild

Pierwsze diody LED na podczerwień wytwarzano z:
☐ krzemu
☐ germanu
☐ arsenku galu

Co decyduje o barwie diody LED?
☐ Wielkość prądu przewodzenia
☐ Barwna soczewka w obudowie
☐ Rodzaj materiału półprzewodnikowego

Czy światło diody LED różni się od promieniowania lasera półprzewodnikowego?
☐ Tak
☐ Nie
☐ Zależy od rodzaju diody LED



Białą diodę LED otrzymuje się przez zmieszanie dwóch barw:
☐ Czerwonej i zielonej
☐ Niebieskiej i żółtej
☐ Niebieskiej i czerwonej

Czy biała dioda LED emituje światło monochromatyczne?
☐ Tak
☐ Nie
☐ Zależy od rodzaju materiału

W białych diodach LED stosuje się warstwę fosforescencyjną, która bombardowana fotonami światła niebieskiego emituje światło:
☐ żółte
☐ czerwone
☐ zielone

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 07.04.2023.

eprasa.pl b5de55c280

Ta duża i mocna myjka ultradźwiękowa świetnie nadaje się do czyszczenia nieporęcznych przedmiotów, takich jak części mechaniczne i delikatne wyroby o skomplikowanych kształtach. W zeszłym miesiącu opisaliśmy jej właściwości i działanie. Teraz przejdźmy do jej budowy i uruchomienia!

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: http://bit.ly/3JJ54GH
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://bit.ly/3RIuoyn

Myjka ultradźwiękowa o dużej mocy, część 2

Jak wspomniano w poprzednim artykule, mikrokontroler w myjce ultradźwiękowej wykorzystuje trzy MOSFET-y i transformator podwyższający do wytworzenia napięcia około 100 V AC, aby zasilać przetwornik ultradźwiękowy o mocy nieco poniżej 40 W.

Przetwornik ten jest przymocowany do boku naczynia zawierającego płyn czyszczący i przedmioty do czyszczenia. Użytkownik wybiera poziom mocy i czas, a urządzenie wykonuje resztę.

Elementy elektroniczne są zamontowane na dwóch płytkach drukowanych, które są umieszczone w odlewanej obudowie aluminiowej. Wszystkie elementy sterujące i diody sygnalizacyjne znajdują się na jej pokrywie.

Jedyne zewnętrzne okablowanie to zasilanie 12 V DC urządzenia (pobór około 4 A przy pełnej mocy) oraz jeden podwójny przewód, który wychodzi z obudowy przez przepust i idzie do przetwornika, przyklejonego do pojemnika z cieczą.

Budowa myjki ultradźwiękowej nie jest zbyt trudna. Główne kroki to nawinięcie transformatora, przylutowanie elementów do płytek drukowanych, nawiercenie obudowy, zamontowanie elementów w obudowie i okablowanie. Opiszemy teraz szczegółowo poszczególne etapy budowy.

Montaż płytek drukowanych

Myjka ultradźwiękowa zbudowana jest na dwóch płytkach PCB. Główna płytka oznaczona jest kodem 04105201 i ma wymiary 103,5×79 mm, natomiast mniejsza płytka sterująca oznaczona jest kodem 04105202 i ma wymiary 65×47 mm.

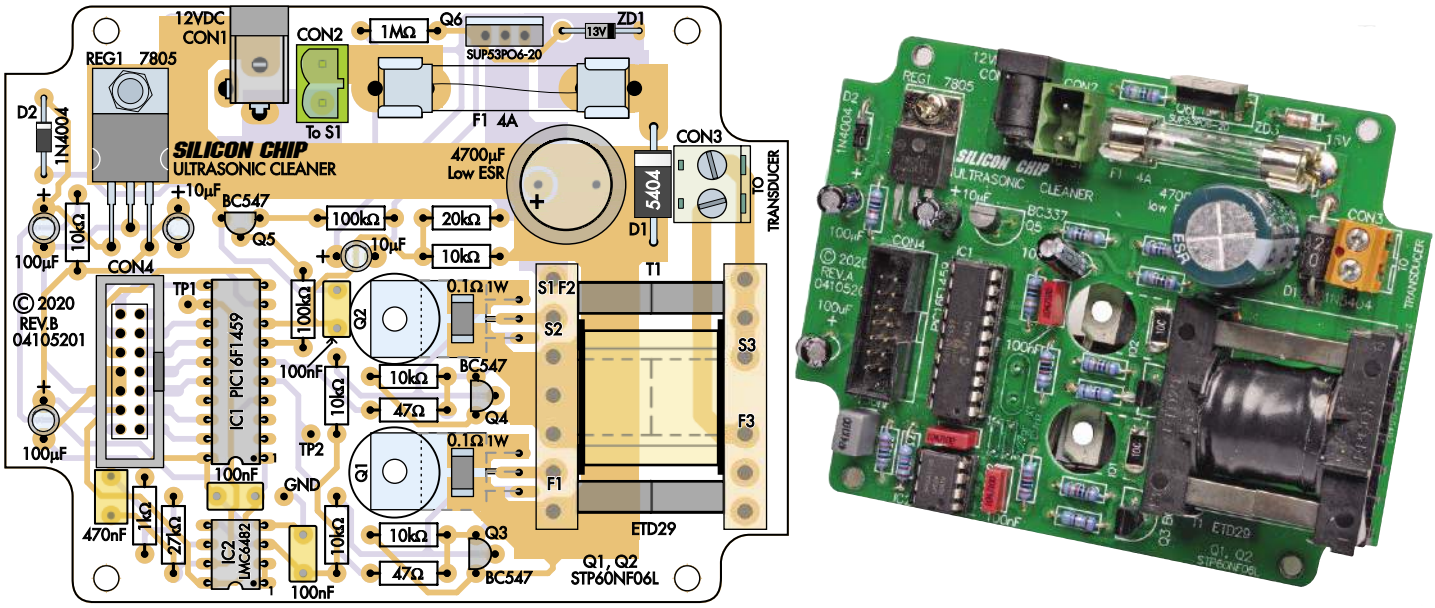
Zmontowane PCB znajdują się w odlewanej obudowie aluminiowej o wymiarach 115×90×55 mm. Schematy montażowe obu płytek pokazane są na **rysunkach 6** i 7.

Zacznij od zamontowania rezystorów we wskazanych miejscach na obu płytkach PCB. Kolorowe kody rezystorów mogą być słabo czytelne, dlatego najlepiej jest sprawdzić wartości rezystancji za pomocą multimetru cyfrowego na zakresie omomierza, aby upewnić się, że trafią one na właściwe miejsca.

Dwa rezystory SMD 0,1 Ω montuje się na górze płytki, lutując najpierw jeden koniec

Ostrzeżenie!
Przetwornik jest zasilany napięciem 100 V AC, co jest więcej niż wystarczające, aby spowodować szok. Dotknięcie obu zacisków przetwornika podczas pracy spowoduje porażenie prądem, a będzie ono jeszcze dotkliwsze, jeśli ręce będą mokre. Musisz zamknąć przetwornik w obudowie z PCW opisanej w tym artykule i uruchamiać go tylko wtedy, gdy jest tak osłonięty i podłączony do wanny wypełnionej do odpowiedniego poziomu płynem czyszczącym.

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 6. Schemat montażowy elementów głównej płytki PCB myjki. Zwróć uwagę na orientację diod, układów scalonych, kondensatorów elektrolitycznych i wtyku IDC Z-WS14 (CON4). MOSFET-y Q1 i Q2 są zamontowane od spodu, a ich wyprowadzenia wychodzą przez sześć pól lutowniczych obok transformatora T1. Dwa otwory w płytce drukowanej umożliwiają dostęp do radiatorów, dzięki czemu można je zamontować do spodu aluminiowej obudowy w celu rozpraszania wydzielanego w nich ciepła. Ostateczna wersja PCB różni się nieco od zdjęcia wcześniejszego prototypu po prawej.

i sprawdzając położenie przed przylutowaniem drugiego końca.

Kontynuując montaż głównej płytki, wlutuj diody D1 i D2, paskami katodowymi skierowanymi w stronę górnej krawędzi płytki, jak pokazano na rysunku 6. Zamontuj też ZD1 zorientowaną jak na rysunku 6. Zalecamy, aby IC1 i IC2 były montowane na podstawkach. Upewnij się, że wycięcia obu układów skierowane są w stronę dolnej krawędzi płytki drukowanej. Teraz można również zamontować trzy kołki PC; są one oznaczone jako GND, TP1 i TP2 (jeśli chcesz, możesz je pominąć i sondować później bezpośrednio ścieżki PCB).

Teraz zamontuj płasko na płytce drukowanej stabilizator REG1 z wyprowadzeniami wygiętymi w dół pod kątem 90°, aby pasowały do otworów w płytce. Przymocuj go do płytki za pomocą śruby M3×6 i nakrętki, a następnie przylutuj i przytnij jego wyprowadzenia.

Zamontuj również oprawki bezpiecznika 5×20, upewniając się, że są one prawidłowo zorientowane, z ogranicznikami na zewnątrz bezpiecznika.

Dobrym pomysłem jest włożenie bezpiecznika przed wlutowaniem oprawek na miejscu, aby upewnić się, że bezpiecznik jest wyrównany w oprawkach i że są one prawidłowo zorientowane.

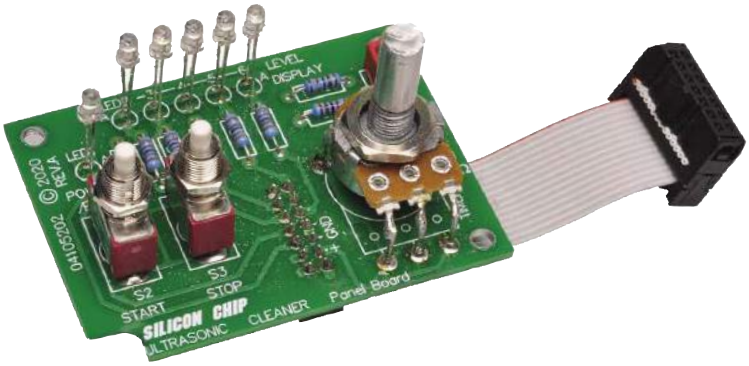
W idealnym przypadku oprawki bezpiecznika powinny być również przylutowane po jednej stronie każdej oprawki na górze płytki drukowanej (a nie tylko od spodu), aby zminimalizować rezystancję połączenia.

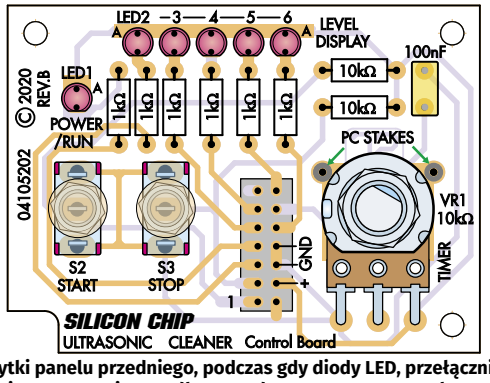
Następnie można zainstalować gniazdo zasilania DC (CON1) i 2-drożne gniazdo bloku zacisków (CON2). Zwróć uwagę na orientację CON2; włóż wtyczkę do gniazda przed jego przylutowaniem. Zapewni to prawidłowe położenie. Aby zespół zmieścił się na płytce drukowanej, śruby mocujące przewody muszą być skierowane w stronę bezpiecznika. Zamontuj również 2-drożny zacisk śrubowy (CON3), z wejściem na przewody w kierunku krawędzi płytki PCB. Od Red. EdW: kompletne złącze CON2 kupisz w Sklepie AVT jako: gniazdo męskie do druku TLPHC, 2 piny, raster 5.08; plus: listwa zaciskowa TLPS 2 piny, raster 5.08.

Zamontuj teraz wtyk IDC Z-WS14 prosty do druku (CON4). Upewnij się przed przylutowaniem końcówek, że wycięcie jest zorientowane jak na rysunku 6, a oprawka jest dociśnięta do końca do PCB.

Następnie zamontuj kondensatory, zwracając uwagę, że kondensatory elektrolityczne muszą być skierowane dłuższymi dodatnimi wyprowadzeniami do pól lutowniczych oznaczonych „+”. Następnie przylutuj trzy małe tranzystory (Q3-Q5), wszystkie o symbolu BC547.

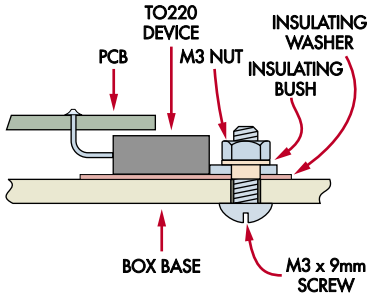
MOSFET Q6 (SUP53P06-20) jest zamontowany pionowo z otworem montażowym w radiatorze 22 mm nad górną płaszczyzną płytki. MOSFET-y Q1 i Q2 są zamontowane **(UWAGA!)** na spodzie płytki. Wygnij trzy





Rysunek 7. Przejście taśma – druk, na kabel płaski 14-żyłowy, CON5, montuje się od spodu płytki panelu przedniego, podczas gdy diody LED, przełączniki i potencjometr VR1 wystają przez otwory w pokrywie obudowy. Upewnij się, że korpus potencjometru VR1 jest podłączony do masy poprzez przylutowanie do kołków PC, a także sprawdź, czy wszystkie diody LED są zorientowane jak na rysunku.

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 8. W ten sposób MOSFET-y są montowane do płytki PCB i do obudowy (w celu ich chłodzenia). Przed włączeniem myjki upewnij się, że radiatory tranzystorów są w pełni odizolowane od obudowy. Podczas testów MOSFET-y mogą być zamocowane na zewnątrz obudowy, a następnie przeniesione do środka (sposób montażu jest taki sam w obu przypadkach).

wyprowadzenia każdego MOSFET-a do góry pod kątem 90°, 5 mm od dolnej krawędzi obudowy. Następnie włóż wyprowadzenia MOSFET-ów do płytki od spodu, ale jeszcze ich nie lutuj.

Teraz umieść płytkę drukowaną w obudowie, opierając ją na wewnętrznych narożnikach montażowych i przykręconych do PCB kołkach dystansowych – opis dalej. Zaznacz na obudowie miejsca montażu MOSFET-ów, w tym miejsca otworów montażowych w ich radiatorach, korzystając z okrągłych otworów w PCB, następnie wyjmuj płytkę i umieść w tych miejscach silikonowe podkładki izolacyjne. **Rysunek 8** pokazuje, jak będą montowane MOSFET-y, choć jeszcze nie mocujemy ich do obudowy.

Włóż ponownie płytkę drukowaną i ustaw MOSFET-y tak, aby leżały płasko na spodzie obudowy, na podkładkach silikonowych. Teraz przylutuj wyprowadzenia tranzystorów na górze płytki. Następnie wyjmij płytkę i przylutuj wyprowadzenia również na spodzie płytki. Podobnie przylutuj po obu stronach płytki wyprowadzenia MOSFET-a Q6.

Nawinięcie transformatora

Rysunek 9 pokazuje szczegóły uzwojenia transformatora. Uzwojenia pierwotne wykonano z emaliowanego drutu miedzianego DNE o średnicy 1 mm, natomiast na uzwojenie wtórne użyto drutu DNE o średnicy 0,63 mm.

Zacznij od uzwojenia pierwotnego. Najpierw utnij dwa odcinki drutu miedzianego o średnicy 1 mm i długości po 400 mm każdy. Usuń emalię z jednego końca każdego drutu za pomocą drobnego papieru ściernego lub noża. Pocynuj końcówki drutów i owiń jeden drut wokół wyprowadzenia „7" na spodzie karkasa transformatora, a drugi wokół wyprowadzenia „8". Przylutuj oba druty blisko karkasa.

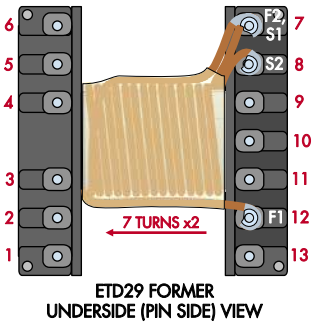
Teraz nawiń siedem zwojów oboma drutami (obok siebie), aż uzwojenia dotrą do przeciwległego końca karkasa. Kierunek nawijania nie ma znaczenia, o ile oba druty są nawinięte razem w tym samym kierunku. Owiń uzwojenia warstwą taśmy elektroizolacyjnej.

Przeprowadź przewody z powrotem wzdłuż grzbietu oprawki. Używając multimetru-omomierza, znajdź drut, który przylutowany jest do wyprowadzenia „7" i przylutuj jego drugi koniec do wyprowadzenia „12" w taki sam sposób jak poprzednio. Koniec drugiego drutu (idącego od wyprowadzenia „8") przylutuj do wyprowadzenia „7". Owiń uzwojenia warstwą taśmy izolacyjnej.

W uzwojeniu wtórnym zastosuj DNE o średnicy 0,63 mm. Przylutuj jeden koniec drutu do wyprowadzenia „3" i nawiń 29 zwojów (kierunek nawijania nie ma znaczenia).

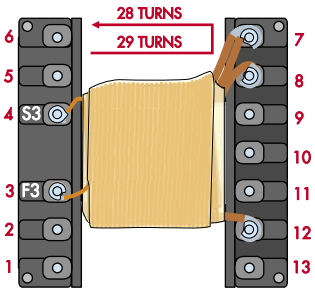
1. Najpierw nawiń uzwojenie pierwotne używając emaliowanego drutu miedzianego DNE o średnicy 1,0 mm. Nawijaj uzwojenia pierwotne bifilarnie, w postaci 2×7 zwojów w jednej warstwie. Jedno uzwojenie zaczyna się od wyprowadzenia „7" i kończy na wyprowadzeniu „12"; drugie uzwojenie zaczyna się od wyprowadzenia „8" i kończy na wyprowadzeniu „7". Gdy oba uzwojenia są przymocowane, owiń je warstwą taśmy elektroizolacyjnej.

(S1 = PRIMARY 1 START, F1 = FINISH
S2 = PRIMARY 2 START, F2 = FINISH)

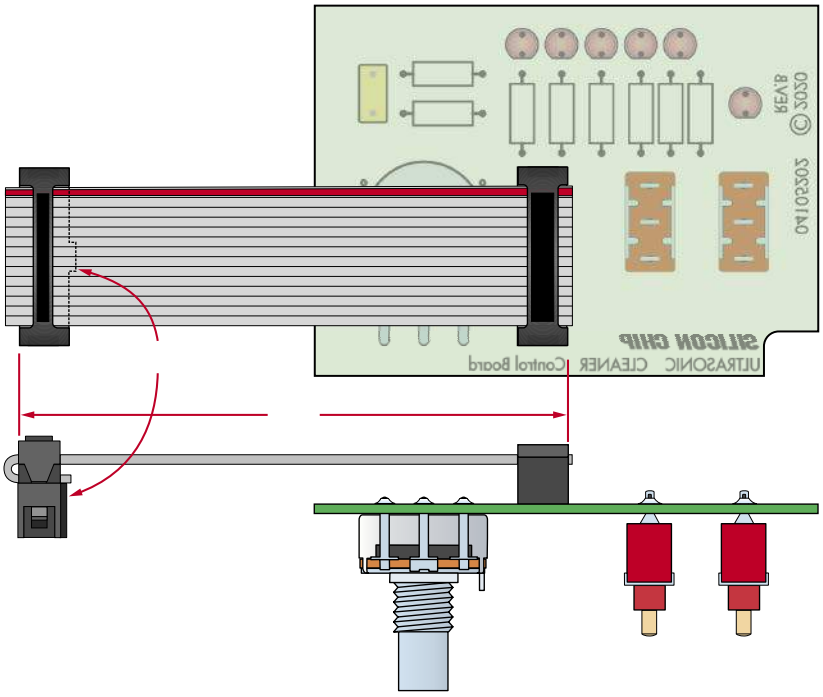


2. Następnie nawiń uzwojenie wtórne, używając emaliowanego drutu miedzianego DNE o średnicy 0,63 mm: 57 zwojów w dwóch warstwach, zaczynając od wyprowadzenia „3" i kończąc na wyprowadzeniu „4". Każdą warstwę izoluj jedną warstwą taśmy elektroizolacyjnej.

(S3 = SECONDARY START,
F3 = SECONDARY FINISH)

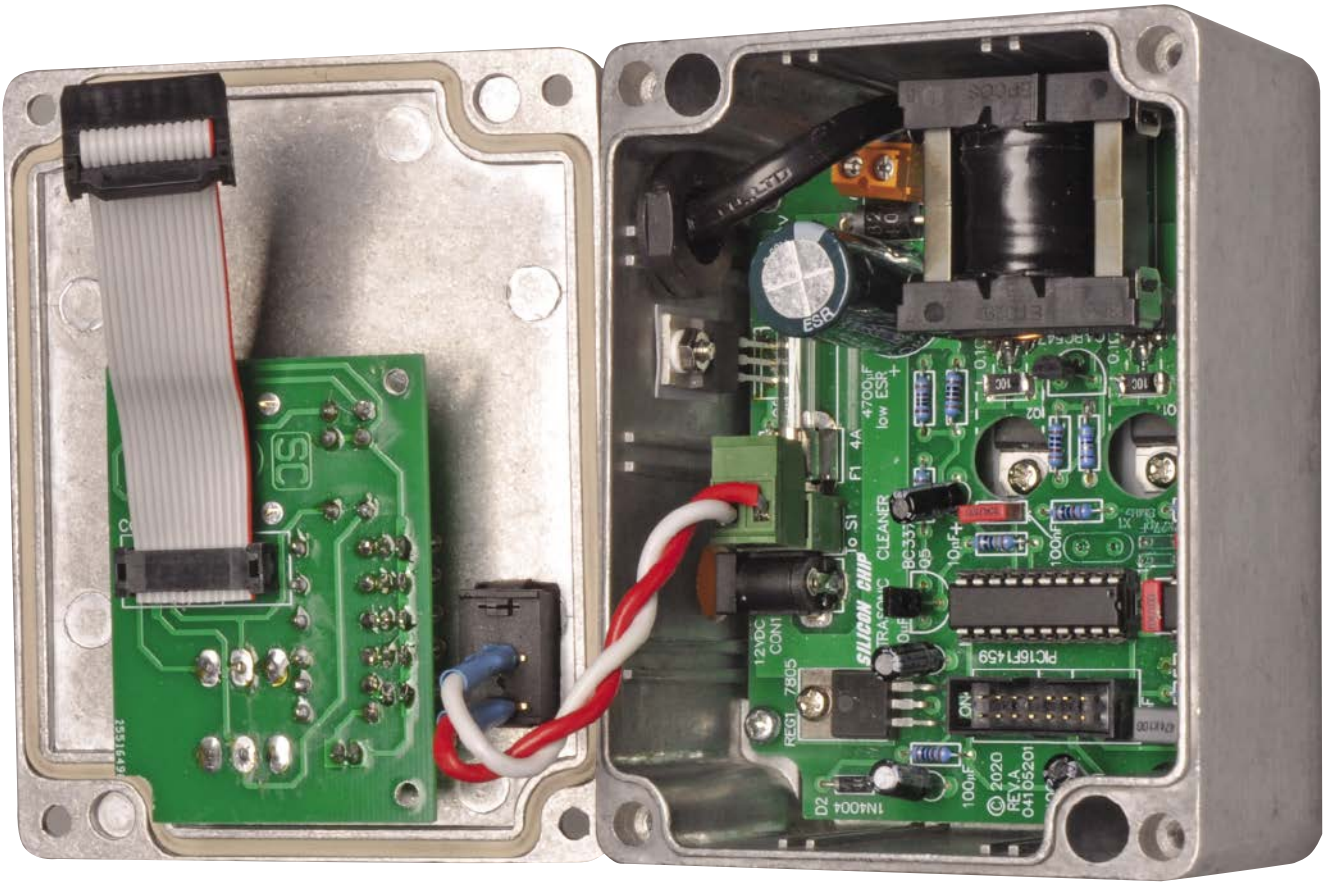


Rysunek 9. Postępuj dokładnie według instrukcji nawijania uzwojeń transformatora, aby upewnić się, że gotowy transformator ma prawidłowo połączone uzwojenia i właściwą przekładnię.



Rysunek 10. W ten sposób łączy się przewód taśmowy z płytką panelu przedniego. Jeśli CON4 został prawidłowo zamontowany na płycie głównej, to powinien się teraz bez problemu zatrzasnąć. Należy zwrócić uwagę, że przejście taśma – druk, na kabel płaski IDC, używane jako CON5 na płycie przedniej, jest przylutowane, tzn. nie ma złącza: wtyk IDC-gniazdo. Styki przejścia są przylutowane bezpośrednio do PCB. Zwróć uwagę na usytuowanie oznaczonego kolorowym paskiem brzegu przewodu taśmowego i występu-klucza gniazda Z-FC14 zaciskanego na przewodzie taśmowym. Zobacz też: EdW 12/2022, str. 23.

eprasa.pl b5de55c280



Gotowy sterownik pokazany w stanie „otwartym", ale z przewodem taśmowym odłączonym od CON4.

Następnie owiń nawój taśmą izolacyjną i kontynuuj nawijanie z powrotem na pierwszej warstwie, w tym samym kierunku, co poprzednio, aby wykonać łącznie 57 (29+28) zwojów. Koniec drutu odizoluj i przylutuj do wyprowadzenia „4". Ponownie owiń zwoje taśmą elektroizolacyjną.

Po nawinięciu i zaizolowaniu, wsuń ferrytowe rdzenie do karkasa i zabezpiecz klipsami. Klipsy te naciskają na końce rdzenia i wpinają się w wycięcia z boku karkasa.

Najlepiej nie montować jeszcze transformatora bezpośrednio na płytce drukowanej. Można go tymczasowo podłączyć, używając krótkich odcinków drutu miedzianego o średnicy 0,7 mm lub podobnego, pomiędzy wyprowadzeniami „3", „4", „7", „8" i „12" transformatora a polami lutowniczymi na PCB dla tych wyprowadzeń. Dzięki temu łatwiej będzie zmienić uzwojenie wtórne, jeśli przetwornik ultradźwiękowy będzie wymagał mniejszej lub większej liczby zwojów. Więcej na ten temat później.

Teraz włóż oba układy IC1 i IC2 do swoich gniazd, zwracając uwagę na ich orientację, jak pokazano na schemacie montażowym.

Montaż płytki sterującej na panelu przednim

Na tej płytce pozostało do wlutowania tylko kilka części, ale należy uważać, aby zamontować je po właściwej stronie. Większość elementów jest umieszczona na górnej stronie, ale przejście taśma – druk, na kabel płaski, 14-żyłowy (CON5), jest umieszczone na spodzie. Zamontuj najpierw CON5, zwracając uwagę na to, aby zorientować go z trójkątem oznaczającym styk 1, jak pokazano na rysunku 7. Przylutuj wyprowadzenia do druku od górnej strony płytki.

Teraz gniazdo należy zacisnąć na 14-żyłowym przewodzie taśmowym IDC. Na **rysunku 10** pokazano sposób ułożenia przewodu w gnieździe CON5. Przewód może być zabezpieczony przez nałożenie małego kawałka miękkiego drewna (np. sosnowego) na przylutowane styki gniazda na płytce drukowanej i kolejnego kawałka drewna z drugiej strony płytki, nad zaciskiem gniazda, oraz ściśnięcie całości za pomocą zacisku śrubowego lub imadła.

Od Red. EdW: przyklejenie taśmy IDC do wgłębień w zacisku odrobiną kleju momentalnego zabezpiecza przed skośnym ustawianiem się kabla podczas zaciskania.

Drugi koniec kabla IDC idzie do standardowego gniazda Z-FC14 zaciskanego na taśmę 14-żyłową. Ponownie zwróć uwagę na prawidłową orientację gniazda względem kabla, jak pokazano na rysunku 10. Gniazdo zaciśnij w 2-ch krokach, najpierw gniazdo, kabel i zacisk (jak poprzednio, odrobina kleju momentalnego ułatwi całą operację), a następnie wciśnij listwę blokującą. Możesz to zrobić jak poprzednio, używając drewnianych listewek ochronnych i zacisku śrubowego lub imadła (albo użyć specjalistycznego narzędzia, takiego jak Altronics Cat T1540). Zachowaj ostrożność i pracuj uważnie – zatrzaski gniazda są delikatne i łatwo je wyłamać.

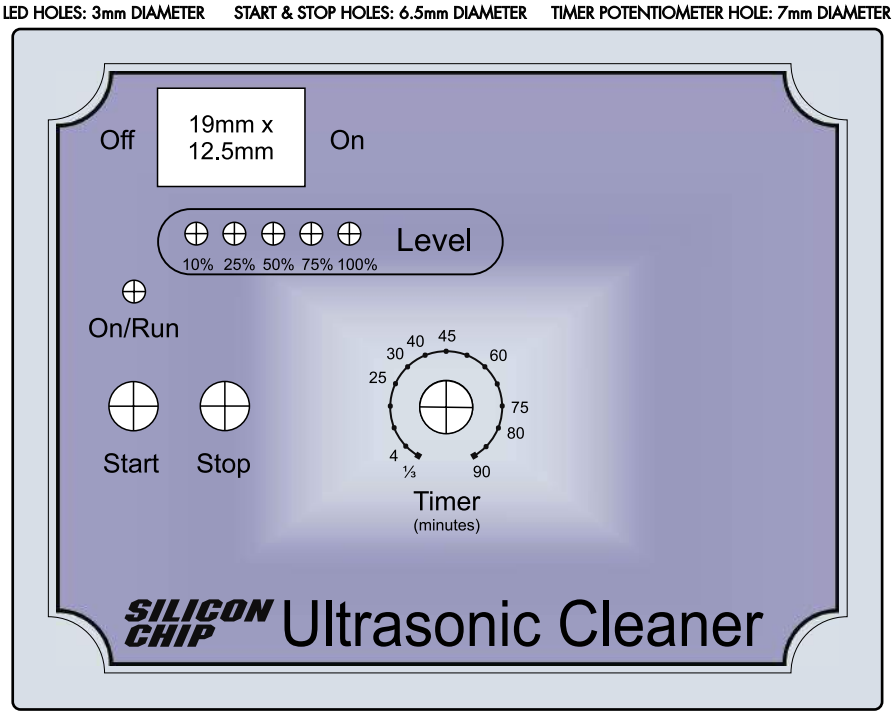
Jeśli jeszcze tego nie zrobiłeś, zamontuj teraz rezystory. Wlutuj także pięć kołków PC od górnej strony PCB do podłączenia potencjometru oraz zamontuj kondensator 100 nF.

Pozostałe prace montażowe dla tej płytki wykonujemy po przygotowaniu pokrywy obudowy. Przytnij oś potencjometru tak, aby jej długość wynosiła 12 mm od gwintowanej obsady, lub odpowiednio do zastosowanego pokrętła.

Etykieta na panel przedni (**rysunek 11**) pokazuje położenie na pokrywie diod LED, przełączników zasilania, startu i stopu oraz potencjometru. Etykietę tę można również pobrać z naszej strony internetowej jako plik PDF.

Wydrukuj ją i przymocuj do pokrywy, zwracając uwagę na prawidłowe wyśrodkowanie papierowego szablonu. Zaznacz i wytnij otwory. Otwór na wyłącznik zasilania można wykonać poprzez wywiercenie serii

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 11. Projekt nalepki na pokrywę/panel przedni dla myjki ultradźwiękowej. Służy również jako szablon do wiercenia/przycinania pokrywy. Można go pobrać jako plik PDF ze strony internetowej Silicon Chip, wydrukować i opcjonalnie zalaminować (lub wydrukować na papierze z etykietami samoprzylepnymi – więcej szczegółów w tekście).

małych otworów na obwodzie, wybicie środka i spiłowanie do takiego kształtu, aż wyłącznik będzie pasował i mocno trzymał się na miejscu.

Odłam króciec ustalający na potencjometrze i zamontuj potencjometr na pokrywce. Umieść podkładkę między obudową a pokrywą, z nakrętką po zewnętrznej stronie pokrywy. Zamontuj również przełączniki, z jedną nakrętką po każdej stronie pokrywy. Orientacja przełączników nie ma znaczenia.

Włóż diody LED na swoje miejsca od górnej strony płytki, zwracając uwagę na to, aby dłuższe przewody (anody) wchodziły w otwory oznaczone literą „A". Nie lutuj jeszcze diod LED.

Umieść płytkę drukowaną na zaciskach przełączników i przylutuj je do PCB. Zeskrob powłokę z korpusu potencjometru w miejscu, gdzie mają być przylutowane dwa kołki montażowe PC (nie wdychaj pyłu).

Pozwoli to lutowi zwilżyć obudowę potencjometru, aby uzyskać dobre połączenie lutowane. Przylutuj kołki PC do styków roboczych po wygięciu ich tak, aby zetknęły się z kołkami PC.

Teraz można wsunąć diody LED do otworów w pokrywie i przylutować je na miejscu, a następnie przyciąć.

Płytka drukowana jest utrzymywana we właściwym położeniu przez przełączniki i potencjometr. Nie ma potrzeby stosowania dodatkowych podpór. Jeśli koniecznie chcesz, możesz zastosować 15 mm plastikowe kołki rozporowe/dystansowe zatrzaśnięte w otworach w rogach PCB.

Etykieta na panel przedni

Nalepka na panel przedni może być wykonana z folii do rzutników, z nadrukiem w formie lustrzanego odbicia, tak aby po przymocowaniu tusz znalazł się pomiędzy obudową a folią. Użyj folii do projektora, odpowiedniej dla Twojej drukarki (atramentowej lub laserowej) i przymocuj ją za pomocą przezroczystego, neutralnie utwardzanego kitu silikonowego. Odpowiedni jest silikon dachowy lub łazienkowy.

Wyciśnij grudki i pęcherzyki powietrza, zanim silikon się utwardzi.

Po utwardzeniu, wytnij otwory w folii odpowiednim nożem, np. modelarskim. Inne opcje i więcej szczegółów dotyczących tworzenia etykiet można znaleźć na stronie siliconchip.com.au/Help/FrontPanels.

Z boku obudowy, od góry, wymagane są dwa otwory na złącze zasilania DC i przewód przetwornika ultradźwiękowego oraz jeden do montażu tranzystora Q6. Ich lokalizacje i wymiary pokazano na **rysunku 12**.

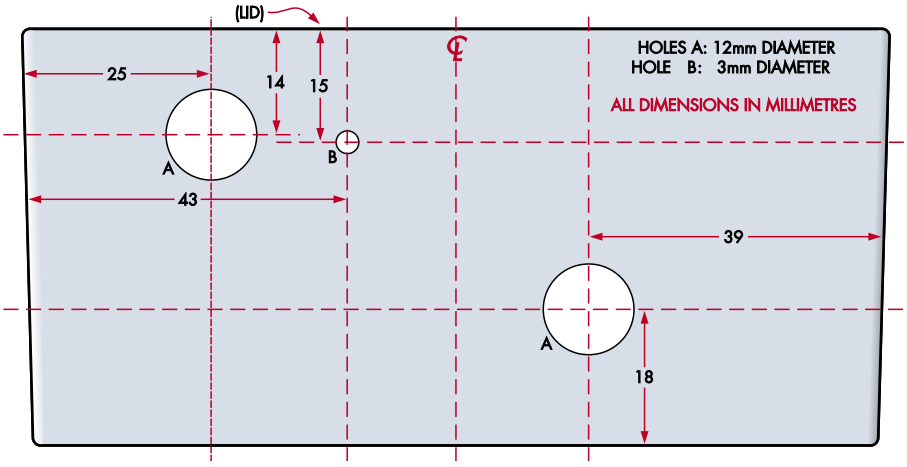
W podstawie obudowy wymagane są również otwory do montażu MOSFET-ów Q1 i Q2. Powinieneś wcześniej zaznaczyć ich położenie; wywierć je wiertłem ∅=3 mm. Sfazuj lekko te otwory, oraz otwór z boku na Q6, od wewnątrz obudowy, aby uniknąć uszkodzenia podkładki izolacyjnej przez ostrą krawędź otworu.

Otwory dla Q1 i Q2 sfazuj również lekko z zewnątrz obudowy. Jest to konieczne, aby te MOSFET-y mogły być zamontowane tymczasowo w celach testowych na zewnątrz obudowy. W ten sposób będziesz miał lepszy dostęp do płytki drukowanej w celu przetestowania i usunięcia ewentualnych problemów bez konieczności wyjmowania jej z obudowy.

Zamontuj cztery gwintowane kołki dystansowe M3 o długości 9 mm do spodu PCB za pomocą śrub M3×6, następnie przymocuj MOSFET-y Q1 i Q2 za pomocą podkładek silikonowych, tulei izolacyjnych oraz śrub i nakrętek M3, jak pokazano na rysunku 8.

Sprawdź za pomocą multimetru na największym zakresie pomiaru rezystancji, czy metalowe radiatory MOSFET-ów są odizolowane od obudowy. Odczyt w okolicach kilkunastu megaomów oznacza, że izolacja jest dobra. Niższe odczyty wskazują na zwarcie radiatora z obudową.

Podłącz przełącznik S1 do płytki używając drutu na prąd min. 5 A i zabezpiecz miejsca



Rysunek 12. W górnym boku obudowy należy wywiercić tylko trzy otwory, dwa o średnicy 12 mm i jeden 3 mm. Otwór 3 mm służy do zamocowania MOSFET-a Q6, a pozostałe są przeznaczone na gniazdo zasilania DC i przepust kablowy przetwornika. Strzałką „LID" oznaczona wierzchnia krawędź aluminiowej obudowy.

eprasa.pl b5de55c280

Oto przetwornik (po lewej) i przetwornik wewnątrz naszej „specjalnej obudowy hydraulicznej" z kształtek PCW. To zdjęcie zostało zrobione przed przyklejeniem do pojemnika myjki.

lutowania rurką termokurczliwą. Po zaciśnięciu drugich końcówek przewodów w zacisku śrubowym listwy CON2, połącz listwę zaciskową z gniazdem CON2.

Przygotowanie przetwornika ultradźwiękowego

W sieci dostępnych jest wiele odpowiednich przetworników ultradźwiękowych 50 W/60 W 40 kHz.

Jednym z takich jest Beijing Ultrasonic BJC-4050T- 45HS PZT-4, Altronics planuje dostarczać odpowiedni przetwornik, jako Cat Z1690 (aktualnie niedostępny).

Jeśli nie możesz go zakupić w Altronics, spróbuj następujących linków: www.siliconchip.com.au/link/ab3g lub siliconchip.com.au/Shop/7/5629. Możesz także kupić zestaw wszystkich elementów i części niezbędnych do wykonania myjki (kit), pod tym adresm: altronics.com.au/p/k6022-high-power-ultrasonic-cleaner/.

Okablowanie może być przylutowane do zacisków przetwornika; odpowiedni jest kabel 2×0,75 mm^2 w kształcie „8" lub równoważny podwójny kabel w osłonie. Zaciski na przetworniku są odsłonięte i muszą być chronione w obudowie, aby zapobiec przypadkowemu dotykowi lub zwarciu, ponieważ zagrażają porażeniem.

Przy równoczesnym dotknięciu obu styków napięcie 100 V AC może spowodować nieprzyjemny wstrząs.

Dotknięcie jednego styku lub powierzchni czołowej przetwornika nie spowoduje porażenia, ponieważ wyjście transformatora jest odseparowane od głównego obwodu. Zachowaj jednak skrajną ostrożność!

Odpowiednia obudowa przetwornika ultradźwiękowego może być wykonana przy użyciu 50 mm kształtek PCW DWV (Drain, Waste and Vent czyli rury do odpływu, na ścieki i do wentylacji). Użyliśmy zaślepki i adaptera gwintu śrubowego (z odciętą częścią gwintu), aby przedłużyć zaślepkę do całkowitej długości zewnętrznej 50 mm. Zamiast adaptera można użyć zaślepki i krótkiego odcinka rury o długości 50 mm.

Przewody są wyprowadzone przez przepust kablowy, który jest zamocowany z boku zaślepki. Otwór o średnicy 12 mm na przepust kablowy wywierć w takim miejscu zaślepki PCW, aby wewnątrz niej było dosyć miejsca na nakrętkę mocowania przepustu. Zaślepka będzie wymagała usunięcia części powierzchni na zewnątrz wokół otworu za pomocą pilnika, tak aby przepust przylegał z zewnątrz pewnie do zaślepki. Na ostatniej fotografii, na górze po prawej widać dokładnie sposób mocowania identycznego przepustu kablowego w obudowie elektroniki.

Zaciski na przetworniku będą musiały być zagięte na końcach, aby zmieściły się w obudowie.

Przetwornik powinien być zamontowany w obudowie przy użyciu neutralnie utwardzanego uszczelniacza silikonowego (takiego jak uszczelniacz dachowy czy łazienkowy). Użyj tylko tyle silikonu, aby przymocować przetwornik do wnętrza obudowy, wokół zewnętrznej dolnej części w kształcie dzwonu. Całkowite zamocowanie go w silikonie nieco stłumi emisję ultradźwięków. Powierzchnia czołowa przetwornika powinna być wolna od silikonu. Dzięki temu będzie można przymocować przetwornik do zewnętrznej części wanny za pomocą żywicy epoksydowej.

Podłącz przewód zasilania przetwornika ultradźwiękowego do płytki drukowanej przy użyciu zacisku śrubowego CON3. Upewnij się, że z zacisków nie wychodzą żadne miedziane druciki, które mogłyby spowodować zwarcie. Drugi koniec tego kabla przylutuj do przetwornika ultradźwiękowego, po przeprowadzeniu przez przepust w obudowie z PCW i skręć mocno wszystkie części przepustu, aby zabezpieczyć przetwornik przed dostaniem się do niego wody lub innego płynu, ale dopiero po przyklejeniu przetwornika i jego obudowy do zbiornika na płyn czyszczący.

Testowanie

Przed testowaniem, jeśli jeszcze tego nie zrobiłeś, włóż bezpiecznik 5×20 do zacisków. Jeśli zasilasz urządzenie z akumulatora, lub twój zasilacz nie ma jeszcze wtyczki DC

Oto przetwornik przyklejony do pojemnika myjki (w tym przypadku jest to taca kuchenna ze stali nierdzewnej). Aby przykleić czoło przetwornika do boku pojemnika, użyliśmy dwuskładnikowego kleju epoksydowego „J-B Weld", który naszym zdaniem klei mocniej niż jakikolwiek inny. Możesz zauważyć przezroczysty neutralnie utwardzany kit silikonowy użyty w celu przyklejenia kołnierza obudowy z PCW do boku pojemnika z płynem do czyszczenia.

eprasa.pl b5de55c280

pasującej do gniazda w obudowie myjki, załóż wtyczkę na koniec przewodów zasilających.

Kiedy będziesz gotowy, podłącz zasilanie do układu i sprawdź obecność napięcia 5 V pomiędzy wyprowadzeniami „20" i „1" układu IC1 oraz pomiędzy wyprowadzeniami „4" i „8" dla układu IC2. Powinieneś uzyskać odczyt 4,75...5,25 V.

Przy pierwszym włączeniu zasilania i po naciśnięciu przełącznika **Start**, myjka ultradźwiękowa przeprowadzi kalibrację przetwornika. Możesz to zrobić teraz, ale dopóki przetwornik jest odłączony od wanny, kalibracja będzie nieprawidłowa.

Dzieje się tak dlatego, że impedancja przetwornika jest różna w stanie obciążonym i przy biegu jałowym.

Kiedy przetwornik jest obciążony (poprzez dołączenie do wanny z płynem), impedancja jest wyższa, więc jeśli uruchomisz go teraz, będzie musiał ponownie skalibrować go później. Procedura, jak to zrobić, jest opisana w sekcji **Kalibracja** poniżej.

Po skalibrowaniu będzie pokazywany poziom mocy, a dioda LED zasilania będzie się świecić, gdy przetwornik będzie zasilany na ustawionym poziomie mocy.

Jeśli nie jest podłączony żaden przetwornik, dioda LED zasilania zgaśnie na chwilę i zapali się jedna lub dwie diody LED poziomu. Następnie dioda lub diody poziomu zgasną, a dioda zasilania zapali się ponownie. Nie nastąpi kalibracja.

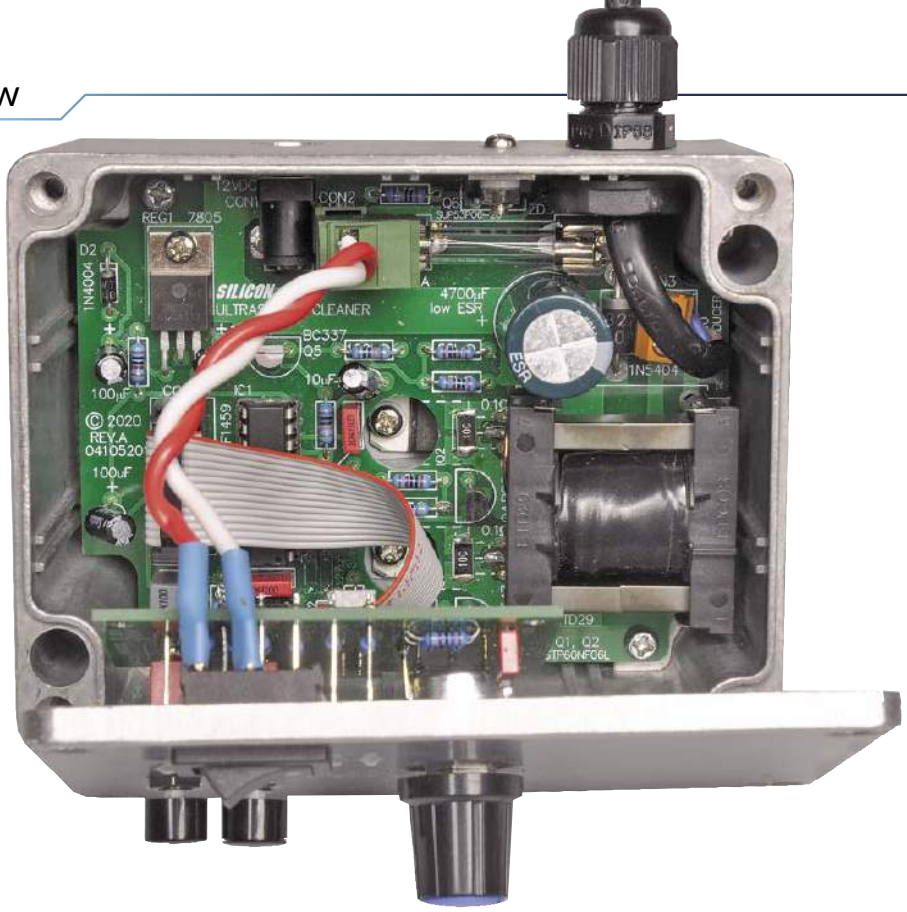
Aby prawidłowo przetestować płytkę, musisz mieć przetwornik przynajmniej tymczasowo przymocowany do odpowiedniego naczynia, wypełnionego cieczą, np. wodą. W tym momencie musisz sprawdzić, czy transformator dostarcza odpowiednie napięcie, aby osiągnąć pełną moc. Twój przetwornik może różnić się od tego, którego my użyliśmy, być innego typu lub po prostu pochodzić z innej partii.

Diagnostyka

Zastosowaliśmy LED-owy wskaźnik poziomu mocy, abyś mógł sprawdzić, czy twój przetwornik dostarcza pełnej mocy. Po podłączeniu przetwornika do wanny i włączeniu zasilania urządzenia, ustaw poziom mocy na 100%. Wyświetlacz wskaże, czy przetwornik może lub nie może jej dostarczyć. Jeśli może, dioda LED 100% będzie się świecić.

Jeśli przetwornik nie może dostarczyć takiego poziomu mocy, moc zacznie się automatycznie zmniejszać, aż LED-y wskażą faktyczny poziom mocy przetwornika.

Jeśli tak się stanie, możesz być w stanie osiągnąć pełną moc poprzez usunięcie części wody z kąpieli. Może to jednak spowodować, że nie będziesz miał wystarczającej ilości płynu do praktycznego czyszczenia. Jeśli zdecydujesz się obniżyć poziom wody, upewnij się, że ponownie przeprowadzisz procedurę kalibracji (patrz poniżej) przed powtórnym przetestowaniem pełnej mocy.



Kolejny widok głównej płytki drukowanej wewnątrz odlewu aluminiowej obudowy – niewidoczna jedna płytka drukowana zamontowana na pokrywie. Widać tu wyraźnie jeden z dwóch MOSFET-ów, którego śruba mocująca jest dostępna przez otwór w płytce drukowanej. Nie zapomnij o podkładkach i tulejach izolacyjnych pod spodem i wewnątrz radiatorów!

Alternatywą dla obniżenia poziomu wody jest zwiększenie liczby zwojów uzwojenia wtórnego transformatora T1. Zwiększy to napięcie zasilające przetwornik, aby umożliwić dostarczenie dodatkowej mocy. Ile zwojów należy dodać, można określić na zasadzie prób i błędów.

Gdy możliwe jest uzyskanie pełnej mocy, przetwornik może nie być w stanie pracować przy bardzo niskich poziomach mocy. Można to stwierdzić ustawiając poziom mocy na najniższą wartość. Jeśli ta niska moc nie jest możliwa, wskaźnik sam wzrośnie do wyższego poziomu, pokazując najniższy dostępny poziom mocy.

Zauważ, że zamiast tego może pojawić się wskazanie nadmiaru prądu (lewa, środkowa i prawa dioda poziomu migające jednocześnie). Jeśli tak się zdarzy, sugeruje to, że masz za dużo zwojów na uzwojeniu wtórnym transformatora (patrz sekcja rozwiązywania problemów poniżej).

Najniższy dostępny poziom mocy będzie zależał od nachylenia krzywej mocy vs częstotliwości przetwornika. Jest to miara tego, jak gwałtownie spada moc, gdy odstrajamy przetwornik od rezonansu. Stromy przebieg krzywej moc/częstotliwość dla danego przetwornika będzie oznaczać, że może on pracować przy najniższej mocy.

Dla kontrastu, inne przetworniki o mniej stromych krzywych mogą być w stanie pracować tylko z minimalną mocą o co najmniej jeden poziom powyżej minimum (tj. 20% zamiast 10%).

Zakończenie budowy

Gdy jesteś już zadowolony z dostępnego zakresu mocy, należy odłączyć płytkę drukowaną od obudowy. Transformator T1 może być teraz zainstalowany na stałe na płytce drukowanej, a nie poprzez krótkie odcinki przewodów połączeniowych.

Przed zamontowaniem płytki w obudowie odłącz przewód zasilania przetwornika ultradźwiękowego od PCB (upewniając się, że zasilanie jest wyłączone!), następnie przeprowadź przewód od zewnątrz obudowy przez nakrętkę zaciskową przepustu, przepust, otwór w obudowie i umieszczoną wewnątrz obudowy nakrętkę przepustu. Skręć mocno wszystkie elementy, aby woda czy inny płyn nie mogły się dostać do wnętrza obudowy. Ponownie podłącz przewód do CON3. Upewnij się, że z zacisków nie wychodzą miedziane druciki, które mogłyby spowodować zwarcie. Zobacz szczegóły mocowania na ostatniej fotografii w tekście, u góry po prawej.

Trzy MOSFET-y są przymocowane do wnętrza obudowy za pomocą podkładek

eprasa.pl b5de55c280

silikonowych, tulei izolacyjnych, śrub M3 i nakrętek. Patrz rysunek 8 (tak samo jak poprzednio, ale tym razem od wewnątrz). Ponownie należy sprawdzić omomierzem czy radiatory są odizolowane od obudowy, stosując tę samą procedurę, co poprzednio. Na ostatniej fotografii, przez okrągłe otwory w PCB, widać śruby mocujące MOSFET-y Q1 i Q2 do obudowy.

Pokrywa jest przymocowana do obudowy za pomocą czterech załączonych śrub. Włóż dostarczoną uszczelkę neoprenową w kanał pokrywy i przytnij ją na odpowiednią długość przed przymocowaniem pokrywy za pomocą śrub. Na koniec przyklej cztery gumowe nóżki do podstawy.

Kalibracja

Jak wspomniano wcześniej, kalibracja następuje automatycznie po pierwszym naciśnięciu przełącznika **Start**. Aby ponownie skalibrować urządzenie, przytrzymaj przełącznik **Stop**, naciśnij przełącznik **Start**, a następnie zwolnij oba.

Należy to zrobić, gdy przetwornik jest przymocowany do wanny wypełnionej płynem.

Uruchomienie przetwornika bez obciążenia spowoduje, ze względu na jego niższą impedancję, duży przepływ prądu przez przetwornik. Chociaż obwód zapobiega nadmiernemu prądowi poprzez wyłączenie, to dobrą praktyką jest zasilanie przetwornika tylko pod obciążeniem.

Podczas kalibracji, zostanie znaleziona i zapisana w nieulotnej pamięci flash częstotliwość rezonansu przetwornika. Oznacza to, że urządzenie nie musi znajdować częstotliwości rezonansowej za każdym razem, gdy myjka jest używana.

Na początku procedury kalibracji zapali się wszystkie pięć diod LED poziomu mocy, po czym zgasną. Zapoznaj się z sekcją dotyczącą rozwiązywania problemów, jeśli występują kłopoty z kalibracją.

Używanie minutnika

Podczas czyszczenia części ustaw minutnik na maksymalny potrzebny Ci czas. Czas można zmienić podczas pracy urządzenia, a ono samo zastosuje nowy czas pracy, pod warunkiem, że jest on dłuższy niż ten, który już upłynął.

Ustawienie czasu na krótszy niż dotychczasowy spowoduje natychmiastowe zatrzymanie urządzenia, podobnie jak naciśnięcie przycisku **Stop**.

Rozwiązywanie problemów

W przypadku trudności z przeprowadzeniem kalibracji, można uruchomić bardziej kompleksową procedurę diagnostyczną, która dostarczy więcej informacji.

Procedura ta jest inicjowana przez wyłączenie zasilania, odczekanie 10 sekund, a następnie naciśnięcie i przytrzymanie przełączników **Start** i **Stop** podczas włączania zasilania. Zostanie uruchomiona procedura diagnostyczna, co zostanie zasygnalizowane zapaleniem się wszystkich pięciu diod LED poziomu mocy.

W tym trybie częstotliwość zasilania przetwornika ultradźwiękowego może być regulowana ręcznie za pomocą potencjometru minutnika (VR1). Częstotliwość wynosi 40 kHz, gdy potencjometr jest ustawiony w położeniu środkowym i może być zmieniana od 37,6 kHz do 42,4 kHz poprzez obrót potencjometru VR1.

Dalsze zmiany częstotliwości mogą być dokonywane poprzez ustawienie potencjometru skręconego w pełni w lewo lub w pełni w prawo i naciśnięcie przełącznika **Start**. Przy ustawieniu potencjometru w pełni w lewo i naciśnięciu przełącznika **Start,** częstotliwość spadnie o około 540 Hz, tak, że całkowity zakres regulacji będzie o 540 Hz niższy, tj. 37,06-41,86 kHz zamiast 37,6-42,4 kHz.

Częstotliwość można dalej zmniejszać potencjometrem skręconym w pełni w lewo w krokach po 540 Hz aż do minimum 34,88 kHz, poprzez wielokrotne naciskanie przełącznika **Start.**

Podobnie, zakres częstotliwości może być zwiększany w krokach po 540 Hz poprzez ustawienie potencjometru skręconego w pełni w prawo i naciskanie przełącznika **Start**. Powtarzając tę czynność można zwiększyć częstotliwość maksymalnie do 45,45 kHz.

Można monitorować częstotliwość przetwornika podłączając licznik lub miernik częstotliwości do TP2. Pobór prądu można monitorować za pomocą woltomierza podłączonego do TP1. Tak naprawdę nie musisz znać częstotliwości, więc jeśli nie masz urządzenia do pomiaru tego parametru, nie jest ono bezwzględnie konieczne.

Najbardziej krytycznym pomiarem jest odczyt pobieranego prądu w punkcie TP1. Wyreguluj VR1, aby znaleźć punkt rezonansowy, w którym prąd jest maksymalny.

Aby przetwornik był w stanie dostarczyć pełną moc, napięcie w punkcie TP1 musi wynosić 4,2 V tuż poniżej lub powyżej częstotliwości rezonansu. 4,2 V odpowiada napięciu 300 mV na rezystorach 0,1 Ω, a więc prądowi 3 A. Przy zasilaniu 12 V odpowiada to mocy 36 W.

Jeśli nastąpi przeciążenie prądowe i napięcie na TP1 wzrośnie powyżej 4,8 V, zasilanie przetwornika zostanie odłączone. Ma to na celu ograniczenie do bezpiecznego poziomu mocy podawanej do przetwornika. Przeciążenie sygnalizowane jest zapaleniem się środkowej i zewnętrznych diod LED na wskaźniku poziomu mocy. Zasilanie jest przywracane chwilowo co dwie sekundy w celu sprawdzenia prądu. Ustaw potencjometr, aby przywrócić zasilanie w sposób ciągły.

Można również nacisnąć przełącznik **Stop**, aby wyłączyć przetwornik. Aby wznowić, należy wyłączyć zasilanie i ponownie wejść w procedurę diagnostyczną, jak opisano powyżej.

Jak wspomniano wcześniej, jeśli podczas rezonansu w punkcie TP1 jest za małe napięcie, to trzeba będzie zwiększyć ilość zwojów uzwojenia wtórnego transformatora (lub spuścić część wody). Prawidłowa liczba zwojów (lub ilość wody) jest wtedy, gdy w rezonansie napięcie w TP1 jest bliskie 4,5 V. To pozwala na pewną swobodę w regulacji częstotliwości, aby osiągnąć napięcie 4,2 V w punkcie TP1 czyli 36 W dostarczanych do przetwornika, gdy znajduje się lekko poza punktem rezonansu.

Jeśli napięcie TP1 przy zbliżaniu się do rezonansu jest zbyt wysokie (tj. powyżej 4,5 V), należy zmniejszyć liczbę zwojów uzwojenia wtórnego lub użyć więcej wody w zbiorniku. ■

John Clarke

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

Artykuł reprodukowano na podstawie umowy z magazynem „Silicon Chip", 2022. www.siliconchip.com.au

REKLAMA

AVT sklep

Elementy do Twojego projektu możesz kupić na: sklep.avt.pl

eprasa.pl b5de55c280

Łatwe w budowie
Aktywne głośniki półkowe Hi-Fi,
część 3: budowa opcjonalnych subwooferów

Zakończyliśmy prace nad aktywnymi monitorami (i świetnie one naprawdę brzmią!). Ale mogą brzmieć jeszcze lepiej dzięki dodaniu subwoofera lub dwóch! I właśnie teraz to zrobimy! Zwykle wystarczyłby tylko jeden subwoofer, ale jeśli zbudujesz dwa, będziesz miał jednocześnie wspaniałe podstawki.

Subwoofery zostały zaprojektowane do pracy jako para. Dzięki temu można je wykorzystać jako podstawki pod głośniki półkowe, a nasza konstrukcja jest zoptymalizowana pod tym kątem.

Oczywiście możesz je umieścić w pokoju w innym miejscu. Tak długo, jak nie znajdą się zbyt blisko ściany, jakość dźwięku nie powinna ulec pogorszeniu (idealne rozmieszczenie głośników i tak jest zawsze nieco problematyczne).

Konstrukcja subwooferów jest w zasadzie taka sama jak głośników głównych, zasadnicze różnice to: obudowy są wyższe, w każdej jest tylko jeden (duży) przetwornik, który jest umieszczony z boku, a nie z przodu, a dwie pasywne zwrotnice zastąpiono jedną aktywną. To sprawia, że płytka wzmacniacza jest nieco większa niż ta stosowana w głównych kolumnach.

Ponieważ etapy konstrukcji obudowy są takie same, nie będziemy powtarzać ich opisu. **Rysunek 17** pokazuje cięcia i otwory, które trzeba wykonać. Tym razem potrzebne będą trzy arkusze 15 mm sklejki (najlepiej szkutniczej) o wymiarach 600×1200 mm, a nie dwa, a ponadto, miejmy nadzieję, że panel przedni subwoofera-2 został już wycięty podczas wykonywania skrzynek monitorów.

Więcej szczegółów znajdziesz na załączonych zdjęciach i opisach konstrukcyjnych. W obudowach zainstalowaliśmy po dwa wzmocnienia, aby usztywnić ścianki. Chociaż subwoofer nie jest przeznaczony do odtwarzania koncertów rockowych, chcemy, aby obudowa była solidna i sztywna. Jedno usztywnienie znajduje się poniżej, a drugie powyżej wycięcia na przetwornik Altronics C3088. Przykleiliśmy je i przykręciliśmy do ścian od wewnątrz.

Jeśli zastosujesz subwoofery inaczej niż my, lub wolisz nie używać ich jako podstawek pod głośniki (np. małe dzieci w pobliżu!), możesz zbudować je o innym kształcie, np. sześcianu.

Musiałbyś tylko zachować objętość wewnętrzną 35 litrów, z portem bass-reflexu z rury PCV o średnicy zewnętrznej 75 mm (72 mm średnicy wewnętrznej) i długości 130 mm. Ponownie, spróbuj uzyskać tolerancję długości ±3 mm.

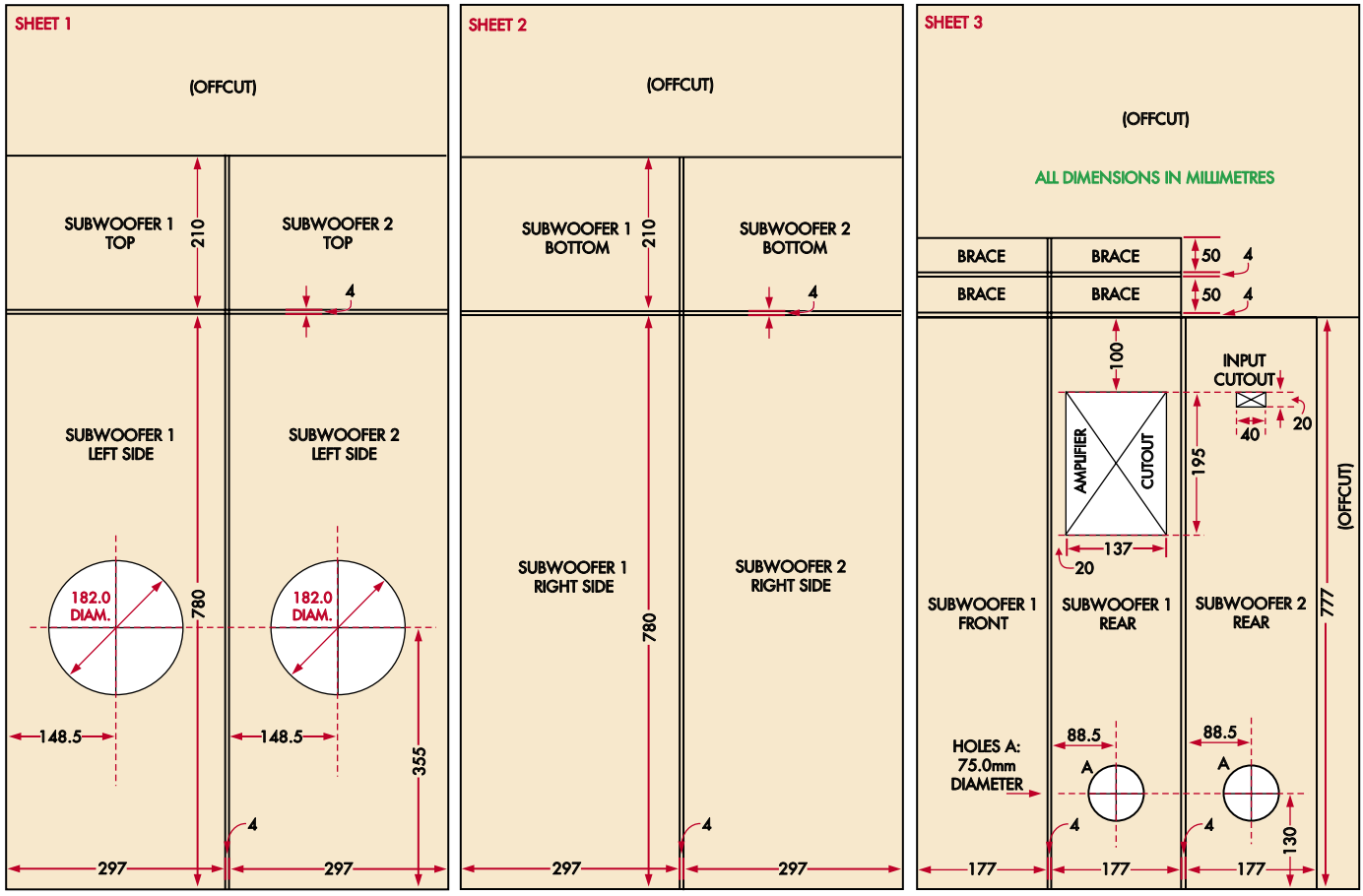
Budowa zwrotnicy aktywnej

Zanim będziesz mógł złożyć kompletną płytę elektroniki, musisz zbudować zwrotnicę aktywną. Potrzebna jest do tego płytka drukowana oznaczona kodem 01101202, o wymiarach 132×45 mm. Jej schemat montażowy pokazuje **rysunek 18**.

Zacznij od zamontowania wymienionych rezystorów. Wszystkie są metalizowane o obciążalności 1/4 W. Najlepiej jest sprawdzić przed zamontowaniem wartość każdego za pomocą ustawionego na pomiar rezystancji multimetru cyfrowego, ponieważ kolorowe paski mogą być trudne do rozróżnienia. Następnie zamontuj, tam gdzie jest to pokazane, dwa koraliki ferrytowe, które przed przylutowaniem ich do płytki trzeba nasunąć na kawałki odciętych wyprowadzeń rezystorów.

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://bit.ly/3XgpjiP
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://bit.ly/3XgqC1j

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 17. Panele subwooferów są wycięte z trzech arkuszy sklejki o wymiarach 600×1200 mm. Podobnie jak w przypadku monitorów, można przeciąć dwa arkusze przez środek. Aby nie trzeba było kupować czwartego arkusza na jeden panel przedni, ostatni element jest wykonany z jednego z odciętych arkuszy głośników półkowych (patrz rysunek 13, w poprzednim numerze EdW)

Kolejno zamontuj trzy diody, upewniając się, że są one zorientowane paskami katodowymi zgodnie z rysunkiem 18. Zauważ, że tylko D3 jest diodą typu 1N4148.

Następnie zamontuj wzmacniacze operacyjne NE5532. Biorąc pod uwagę, że płytka będzie zainstalowana w subwooferze (i narażona na związane z tym wibracje), sugerujemy przylutowanie ich bezpośrednio do płytki, zamiast używania podstawek.

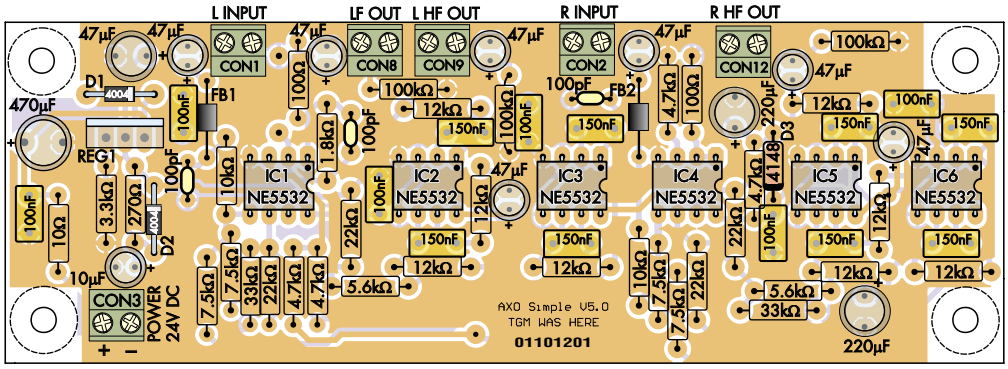
Niezależnie od tego, upewnij się, że wszystkie OpAmp-y są prawidłowo zorientowane, jak pokazano na schemacie montażowym. Ułatwieniem jest, że wszystkie są skierowane wycięciami w prawo.

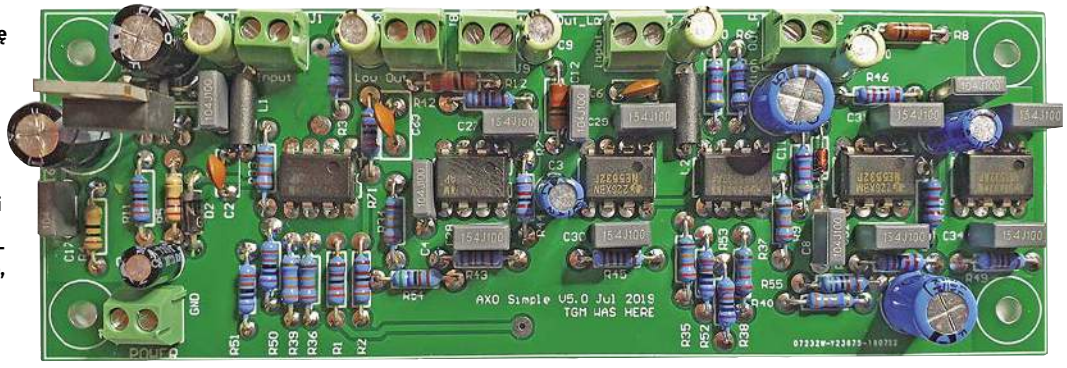
Następnie zamontuj złącza śrubowe, tak aby ich otwory na przewody były skierowane na zewnątrz PCB. Przejdź do lutowania kondensatorów ceramicznych i foliowych MKT, z których żaden nie jest spolaryzowany. Będą one miały nadrukowany kod określający ich wartość, np. 155 dla 150 nF (15×10^5).

Po tym wlutuj kondensatory elektrolityczne. Są one spolaryzowane, a ich dłuższe wyprowadzenia wskazują końcówkę dodatnią, która musi być umieszczona obok symbolu „+" na płytce drukowanej (pasek na obudowie kondensatorów wskazuje z kolei na wyprowadzenie ujemne).

Aby uniknąć deformacji i przemieszczania się paneli subwoofera, należy je wszystkie usztywnić, jak pokazano na tych zdjęciach. Wykorzystaliśmy głównie ścinki z arkuszy sklejki oraz trochę drewna, które mieliśmy pod ręką. Wszystkie panele i usztywnienia przykręciliśmy i przykleiliśmy wkrętami, aby mieć pewność, że nic nie będzie drgać ani poruszać się

eprasa.pl b5de55c280





Rysunek 18. Potrzebna jest tylko jedna taka zwrotnica aktywna na parę subwooferów. Montaż jest dość prosty, ponieważ większość elementów jest niewielka i stosowany jest montaż przewlekany. Zwróć tylko uwagę na orientację układów scalonych, stabilizatora napięcia, diod i kondensatorów elektrolitycznych oraz upewnij się, że wszystkie połączenia lutowane są poprawne. Odpowiadające zdjęcie poniżej pomoże Ci również w rozmieszczeniu komponentów. W szczególności zwróć uwagę na orientację układów scalonych NE5532 – we wszystkich przypadkach albo ich wycięcie, albo wgłębienie oznaczające końcówkę 1 musi być skierowane w prawo (nawet jeśli przez to ich oznaczenia są do góry nogami)!

Zamontuj pionowo stabilizator napięcia LM317, z jego metalowym radiatorem skierowanym w stronę diody D1. Płytka jest kompletna.

Płyta wzmacniacza subwooferów

Teraz możesz zbudować płytę wzmacniacza subwooferów, która jest zasadniczo taka sama jak płyta wzmacniacza monitorów, z dodatkiem płytki zwrotnicy aktywnej.

Z tego powodu jest ona nieco większa, ma wymiary 165×250 mm. Zaznacz i wywierć otwory zgodnie z **rysunkiem 19**, używając tej samej techniki, którą zastosowałeś poprzednio w przypadku monitorów.

Będziesz potrzebował również drugiej małej płytki do zamontowania gniazd połączeniowych w pasywnym subwooferze, która jest identyczna z tą, którą wykonałeś dla pasywnego monitora (rysunek 15, EdW 3/2023).

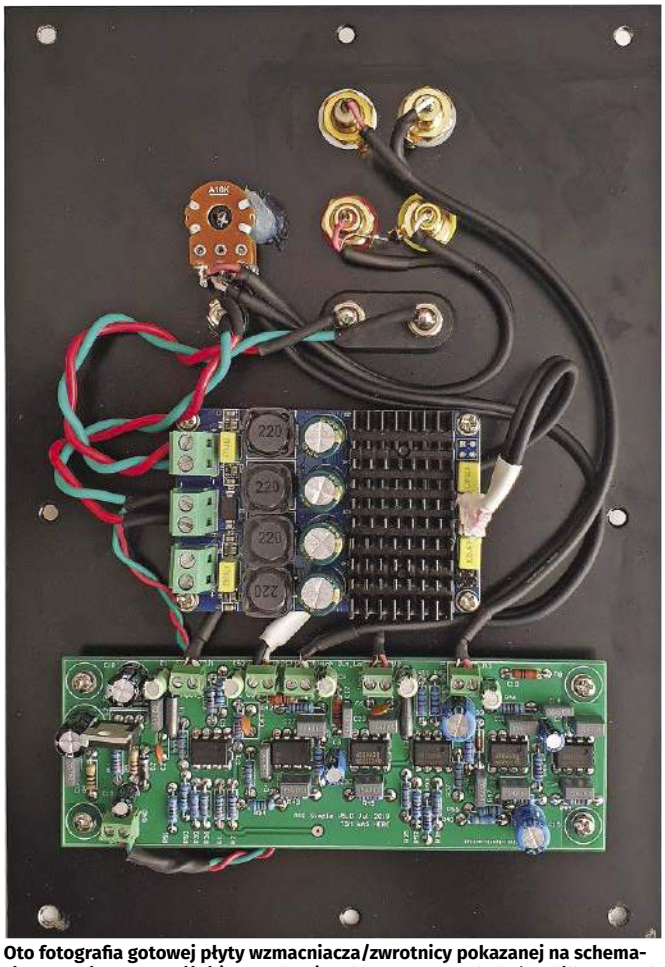
Po zamocowaniu potencjometru, złączy i płytki wzmacniacza, zamontuj zwrotnicę aktywną, używając tego samego rodzaju tulejek dystansowych, śrub i podkładek, co w przypadku modułu wzmacniacza. Następnie podłącz wszystko, jak pokazano na rysunku 19.

W przypadku głównego wzmacniacza monitorów, „wyjścia" z obrotowych ślizgaczy potencjometru regulacji głośności szły do aktywnych styków gniazda wejściowego modułu wzmacniacza. W tym wzmacniaczu połączenia te idą dwoma oddzielnymi, ekranowanymi przewodami do zacisków „L INPUT" (CON1) i „R INPUT" (CON2) zwrotnicy aktywnej.

Zaciski CON3 (wejście zasilania DC zwrotnicy aktywnej) są połączone równolegle z zasilaniem modułu wzmacniacza.

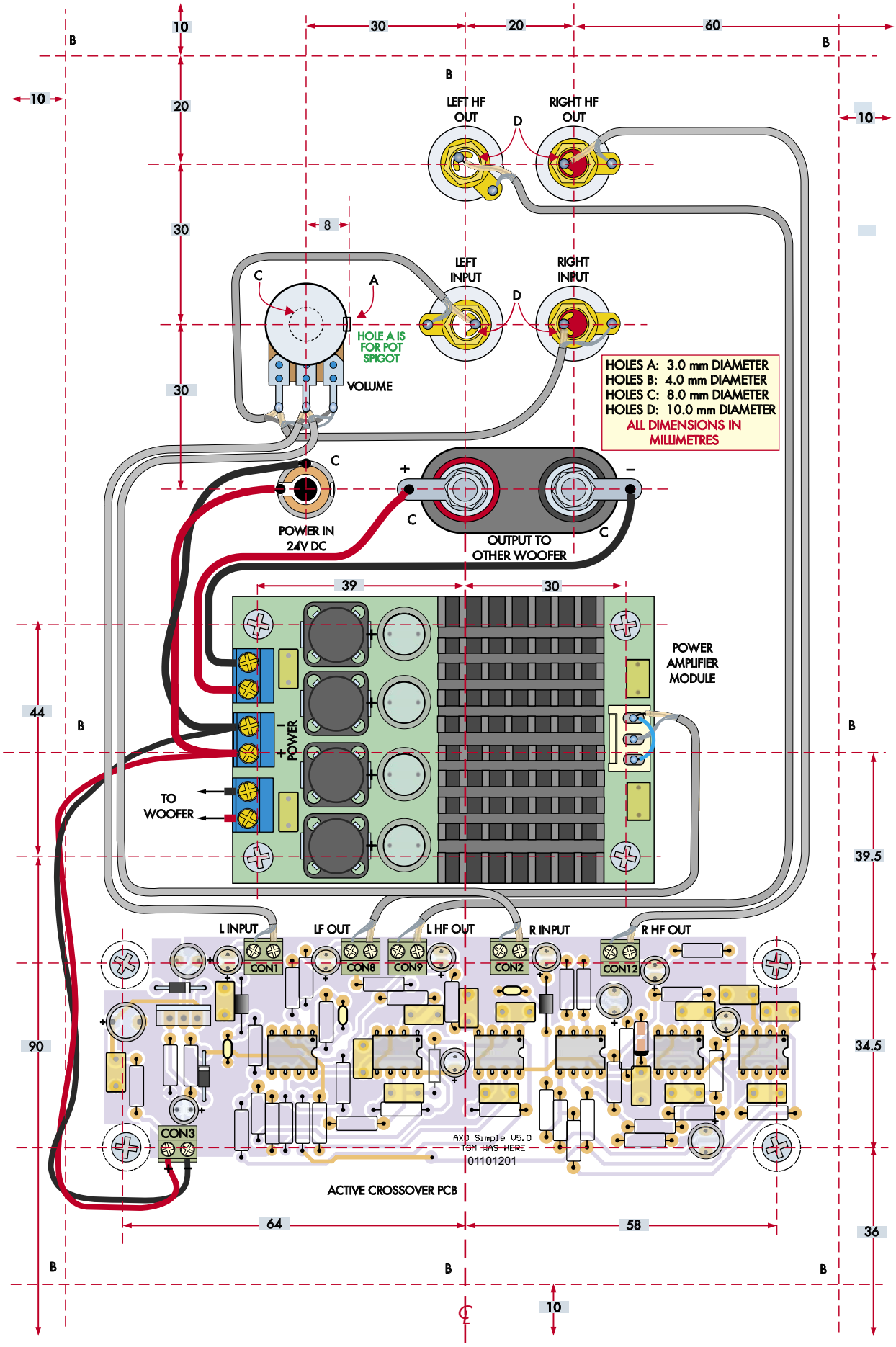
Zacisk „LF OUT" zwrotnicy aktywnej (CON8) łączy się następnie za pomocą ekranowanego kabla z wejściem modułu wzmacniacza, przy czym lewy i prawy kanał wejściowy wzmacniacza są zwarte (pokazane połączenie niebieskim przewodem dwóch zewnętrznych styków).

Wyjścia „L HF OUT" (CON9) i „R HF OUT" (CON12) zwrotnicy aktywnej są następnie podłączone, poprzez kolejną parę oddzielnych kabli ekranowanych, do dwóch dodatkowych złączy RCA na tej płytce, w celu podłączenia do wejść wzmacniacza monitorów.



Oto fotografia gotowej płyty wzmacniacza/zwrotnicy pokazanej na schemacie montażowym poniżej (rysunek 19). Jedyne co warto dodać to kilka opasek zaciskowych, aby uporządkować całe okablowanie

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 19. Ten schemat montażowy pokazuje metalową płytę dla subwoofera (przy wymiarach 250×165 mm, jest ona nieco większa niż ta dla monitorów) z wymiarami wszystkich otworów. Pokazuje również lokalizację wszystkich modułów i złącz. Zwróć uwagę: potencjał głośności jest podwójny i reguluje w tym samym stopniu głośność lewego i prawego kanału. Należy tylko uważać, aby wykonać połączenia jak pokazano na schemacie, używając ekranowanego kabla, który powinieneś mieć w swoich zapasach. Zajrzyj do poprzedniego numeru EdW, gdzie okablowanie potencjometru pokazano dokładniej

eprasa.pl b5de55c280

Wnętrze zmontowanego subwoofera ze wzmocnieniami, które wkleiliśmy i skręciliśmy wkrętami (ponownie używając ścinków) oraz, co równie ważne, wata wiskozowa lub poliakrylonitrylowa zastosowana we wnętrzu skrzynek subwoofera. Najłatwiejszym sposobem mocowania waty jest użycie zszywacza tapicerskiego. Jeśli nie posiadasz zszywacza, sprawdzą się również pineski, a nawet mocowania wykładzin dywanowych

Montaż końcowy i testowanie

Teraz przylutuj parę grubych przewodów (lub kabel typu „8”) do przetworników niskotonowych 200 mm i zamontuj je w obudowach, tak jak głośniki niskotonowe monitorów.

Upewnij się, że przewody są na tyle długie, że wyjdą przez otwór z tyłu skrzynki i wystarczą na podłączenie do płyty wzmacniacza lub do zacisków połączeniowych.

Teraz możesz przetestować zestawy poprzez ściszenie potencjometru głośności, podłączenie do zasilania 24 V DC i podłączenie do wejść źródła sygnału o niskiej częstotliwości (<90 Hz). Zwiększaj powoli głośność i sprawdź, czy słychać jakiś bas, np. perkusję czy organy.

Dźwięk będzie bardzo „matowy”, więc może będziesz koniecznie musiał zwiększyć głośność, aby usłyszeć dźwięk na wyjściu.

Zmniejsz głośność, wyłącz zasilanie i podłącz wyjścia „HF” do odpowiednich wejść w aktywnym głośniku głównym. Zwiększ głośność głośników głównych do maksimum przez obrót potencjometru maksymalnie w prawo, a głośność subwooferów ustaw na minimum przez skręcenie potencjometru skrajnie w lewo. Włącz zasilanie i powoli zwiększaj głośność potencjometrem subwooferów.

Sprawdź, czy słyszysz czysty dźwięk bez zniekształceń.

Jeśli tak nie jest, ale monitory samodzielnie pracują poprawnie, to można podejrzewać błąd montażowy w układzie zwrotnicy aktywnej.

Odłącz ją od płyty wzmacniacza i przejrzyj dokładnie, sprawdzając czy wszystkie elementy są właściwego typu, prawidłowo zorientowane i czy nie ma zimnych lutów lub zwarć.

Zakładając, że wszystko jest w porządku, pozostaje tylko kwestia przymocowania płyty wzmacniacza i panelu listwy podłączeniowej do tylnych ścianek subwooferów, przy użyciu taśmy piankowej, aby zapewnić dobre uszczelnienie. ■

Phil Prosser

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

Artykuł reprodukowano na podstawie umowy z magazynem „Silicon Chip”, 2022. www.siliconchip.com.au

Tylne zdjęcie gotowego systemu w widoku ¾ od tyłu, pokazujące główne głośniki na górze i subwoofery pod nimi. Zwróć uwagę na umiejscowienie portów bass-reflexu z tyłu i przetwornika(ów) niskotonowego(ych) z boku. Ponieważ bas jest w dużej mierze bezkierunkowy, jeśli wolisz, subwoofery mogą być umieszczone z dala od głównych głośników. Jak widać, możliwe jest uzyskanie bardzo eleganckiego wykończenia sklejki, jeśli zachowasz odpowiednią ostrożność i wygładzisz wszelkie szorstkie skazy przed zabejcowaniem/lakierowaniem

REKLAMA

eprasa.pl b5de55c280

Para głośników półkowych „Bookshelf", umieszczonych w betonowych pół-blokach. Brzmią całkiem sympatycznie, ale nie uwierzycie jak dobrze brzmią w połączeniu z pełnoblokowymi subwooferami; przy tak niskiej cenie!. Rock wymiata!

Wystarczy wmontować głośniki do kilku drewnianych płyt i przykleić je do betonowych bloków!

System głośników CONCRETO

Kusiło nas... bardzo kusiło... by nazwać te kolumny najwspanialszymi „ROCK-owymi" głośnikami w historii. Ale ten kalambur byłby trochę ciężki, ponieważ te głośniki nie są rock-owe – są betonowe! Dokładniej mówiąc, ich „obudowy" to standardowe betonowe bloki konstrukcyjne – takie, które można znaleźć po bardzo niskich cenach w każdym magazynie budowlanym. Zaintrygowany? Więc czytaj dalej...

Chcesz zbudować parę głośników, ale nie masz umiejętności, narzędzi lub czasu, aby zbudować dla nich odpowiednie skrzynki?

Nie martw się. Mamy dla Ciebie rozwiązanie! Wystarczy zamontować przetworniki w kilku drewnianych panelach i przykleić je do betonowych bloków. Może się to wydawać kuriozalne, ale zdziwisz się, jak dobrze to działa.

Ten system głośników półkowych, którego budowa sprawia wiele radości, daje mocny i czysty dźwięk, ze wspaniałym basem i wysokimi tonami emitowanymi z jednego małego głośnika szerokopasmowego, plus subwoofer lub dwa.

Za zaledwie kilka dolarów więcej można nabyć moduł wzmacniacza klasy D do zasilania obu głośników, z wejściami liniowymi i obsługą bezprzewodowego łącza audio przez Bluetooth.

Beton jest doskonałym materiałem do produkcji obudów głośnikowych, ponieważ jest bardzo sztywny i bardzo „neutralny" – nie trzeba się martwić, że będzie rezonował, brzęczał, dudnił i „podbarwiał" dźwięk. Jako bonus, betonowe bloki (znane również jako betonowe pustaki konstrukcyjne, bloki Concreto i wiele innych) są tanie, łatwo dostępne i mają cztery kwadratowe albo prostokątne boki już wstępnie gotowe.

To zdecydowanie nie jest nowy pomysł. Budowanie takich głośników było modne w latach 50. Wówczas beton był uważany przez wielu za idealny materiał, z którego można było wykonać obudowy kolumn.

Od tego czasu kolumny betonowe straciły na popularności, ale obecnie przeżywają swój renesans. Poza tym, że są praktyczne, wyglądają również całkiem ciekawie, zwłaszcza z ładnie wykończonymi, frezowanymi drewnianymi panelami przednimi.

Beton pomaga również poprawić ogólną efektywność, rozpraszając mniej niż 25% ilości energii dźwiękowej, która byłaby utracona przez porównywalną obudowę z drewna lub MDF.

Wiele osób woli mieć mniejsze głośniki, ale często wiąże się to z kompromisem w kwestii jakości dźwięku.

Te zestawy emitują solidny bas i obiecują przejrzystość, w której natychmiast się zakochasz. Mają też naprawdę wyrównane brzmienie, częściowo z powodu braku rezonansu, a częściowo z powodu naszego doboru przetworników.

Zgodnie z zasadą prostoty i niskiej ceny, po prostu przykleiliśmy przednie i tylne panele z drewna za pomocą silikonowego uszczelniacza do betonowych bloków po 5,87 zł/7,21 zł za sztukę, a także zastosowaliśmy szerokopasmowy przetwornik o dwóch współosiowych membranach, dzięki czemu nie jest wymagany osobny głośnik wysokotonowy. Eliminuje to również potrzebę stosowania zwrotnicy.

Kolejną wielką zaletą zastosowania pojedynczego przetwornika jest jego spójność fazowa, czyli zdolność do reprodukcji wszystkich częstotliwości przeważnie z tą samą fazą.

eprasa.pl b5de55c280

Właściwości i specyfikacja
- Pasmo przenoszenia: 90 Hz–20 kHz, ±6 dB
- Zniekształcenia: <2% w paśmie 85 Hz–2,7 kHz (0,8% @ 1 kHz)
- Efektywność kolumny półkowej: 91,5 dB @ 1 W, 1 m
- Efektywność subwoofera: 88 dB @ 1 W, 1 m
- Moc RMS: 2×15 W (półkowe), 2×50 W (subwoofery)
- Impedancja nominalna: 8 Ω (półkowe), 6 Ω (subwoofery)
- Niski koszt – szacunkowo <$ 200 na zbudowanie wszystkich czterech jednostek

Przy wymiarach 190×190×190 mm, głośniki półkowe są dokładnie o połowę mniejsze od subwooferów, ponieważ te ostatnie są wbudowane w standardowy blok betonowy o wymiarach 380×190×190 mm. Istnieją dwie ogromne zalety stosowania bloków betonowych jako obudów: (a) są niesamowicie tanie i (b) nie mogą się ugiąć, brzęczeć, furkotać ani poruszyć, aby w jakikolwiek sposób podbarwić dźwięk. Można powiedzieć, że są solidne jak (nomen omen!) beton...

Daje to bardzo realistyczną reprodukcję oryginalnego nagrania głosu, instrumentów lub złożony koncertów symfonicznych. Jest to niezbędne dla dokładnej lokalizacji każdego instrumentu w obrazie dźwiękowym („soundstaging").

Mała membrana bardzo precyzyjnie brzmi w górnym i średnim zakresie, ale usłyszysz również brzmienie piszczałek organowych i „kopnięcia" bębna basowego, jeśli tylko zbudujesz dodatkowe subwoofery.

Są tak tanie w wykonaniu, dlaczego więc nie zbudować od razu dwóch dla lepszego basu?

Wybór głośników

Do naszych konstrukcji głośników „Bookshelf" rozważaliśmy zastosowanie trzech różnych przetworników szerokopasmowych. Tabela 1 pokazuje porównanie tych wyrobów. Wybraliśmy Altronics C0626 na podstawie tego, że są one znacznie tańsze niż przetworniki Fostexa, a mają tylko nieco gorszy bas, nieco wyższe zniekształcenia i nieco niższą efektywność.

Innymi słowy, są prawie tak samo dobre, za około ¼ ceny tych najlepszych.

Przetworniki Jaycar są jeszcze tańsze, ale mają znacznie mniejszą efektywność, więc biorąc pod uwagę ich stosunkowo niską moc 15 W, trudno byłoby uzyskać przy ich użyciu przyzwoitą głośność. Dlatego też nie zastosowaliśmy ich i nie zawracaliśmy sobie głowy mierzeniem ich rzeczywistego pasma przenoszenia czy poziomu zniekształceń.

Jednakże w subwooferach zastosowaliśmy 125 mm przetworniki Jaycar, nr kat. CW2192. Są one doskonałej jakości przy cenie 29.95$ za sztukę (cena detaliczna, zawierająca GST), biorąc pod uwagę ich moc równą 50 W, przyzwoitą efektywność 88 dB @ 1 W/1 m i niską częstotliwość rezonansową 68 Hz.

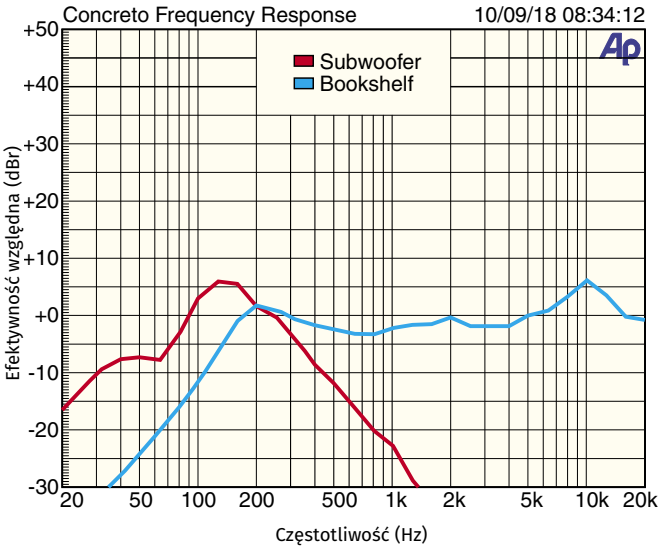
W rzeczywistości, w zaprojektowanej przez nas obudowie, odtwarzają one dźwięki aż do około 35 Hz, co jest znakomitym wynikiem, uwzględniając ich niewielki rozmiar.

Wydajność

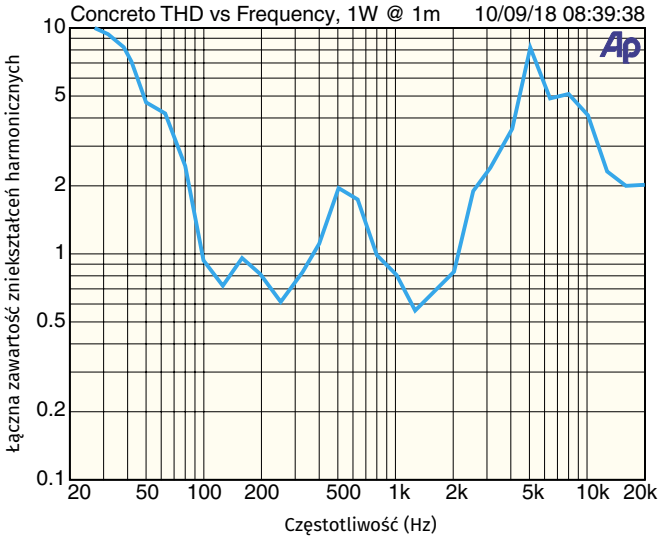
Pasma przenoszenia obu kolumn głośnikowych pokazane są na **rysunku 1**. Tutaj „Bookshelf" (niebieska krzywa) odnosi się do mniejszych obudów w kształcie sześcianu, w których umieszczono głośniki średniotonowe ze współosiowymi membranami wysokotonowymi, natomiast „Subwoofer" (czerwona krzywa) odnosi się do wyższych obudów z większymi głośnikami niskotonowymi.

Głośniki „Bookshelf" mają dość płaską charakterystykę w zakresie od 150 Hz do 20 kHz, z umiarkowanym maksimum przy 10 kHz i spadkiem efektywności poniżej 180 Hz. Widać, dlaczego zdecydowaliśmy się na budowę subwooferów; znacznie rozszerzają one zakres tonów niskich,

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 1. Głośniki półkowe mają dość płaską charakterystykę powyżej 150 Hz; subwoofery rozszerzają pasmo poniżej 200 Hz, gdzie efektywność kolumn półkowych spada



Rysunek 2. W krytycznym zakresie 100 Hz–2 kHz, decydującym o wierności odtwarzania ludzkiego głosu, jak również wielu instrumentów muzycznych, poziom zniekształceń jest niski

aż do około 65 Hz, z odrobiną emisji przy 40-65 Hz. Oznacza to, że naprawdę niskie tony nie będą w pełni odtwarzane, ale przynajmniej będzie coś słychać aż do ok. 35 Hz.

Co ważne, system zapewnia również dźwięk o niskim poziomie zniekształceń, co widać na **rysunku 2**. Poziom THD wynosi znacznie poniżej 2% w zakresie 100 Hz do 2,5 kHz i mniej niż 0,8% przy 1 kHz. System jest dość efektywny, zapewniając poziom 91,5 dB przy 1 W/1 m/1 kHz.

Można pomyśleć, że nadaje się tylko do małych pomieszczeń, ale w naszej redakcji kolumny generowały spory poziom głośności dźwięku przy zasilaniu ich zaledwie kilkoma watami.

Niezależnie od tego, jeśli chcesz uzyskać dobrej jakości dźwięk przy rozsądnym poziomie odsłuchu, te konstrukcje nie zawiodą.

Idealny do współpracy z tymi głośnikami jest ładny mały moduł wzmacniacza klasy D, na przykład jeden z tych, które zrecenzowałem w numerze SC z maja 2019 roku (siliconchip.com.au/Article/11614).

Z pewnością mogłyby być również zasilane przez jeden z naszych mocniejszych/wyższej jakości wzmacniaczy audio, takich jak Ultra-LD Mk.4 (EdW, 2022 nr 5–7).

Te głośniki Concreto zapewnią wiele godzin wspaniałego słuchania za drobny ułamek kosztów w pełni skompletowanego systemu HiFi klasy high-end. Dźwięk staje się jeszcze bardziej satysfakcjonujący, gdy wiesz, że zbudowałeś coś co najmniej niezwykłego!

Testy odsłuchowe

Wszyscy pracownicy redakcji SC byli zdumieni, że te małe głośniki z przetwornikami o średnicy 100 mm (4 cale) mogą generować tak potężny dźwięk. Nie tylko to, ale realizm, rozdzielczość i lokalizacja instrumentów i wokalistów są naprawdę pierwszej klasy.

Przy zastosowaniu źródeł dźwięku wysokiej jakości jak DAC i wysokiej klasy wzmacniacza, muzyka była bajecznie bogata i mogliśmy wyłowić każdy instrument, jakby był tam na miejscu.

Ale nie musicie nam wierzyć, oceńcie to sami. Zbudujcie kolumny i cieszcie się nagrodą ze słuchania koncertu... to jest... Concreto.

Będzie to warte wysiłku!

Budowa

Starannie wybierz swoje betonowe bloki. Kupiliśmy nasze od Bunnings, i wybraliśmy te z najgładszymi powierzchniami i minimalnymi pęknięciami i odpryskami czy innymi wadami. Najlepiej wydać nieco dodatkowych złotówek i kupić od razu kilka zapasowych, ponieważ są ciężkie i łatwo je upuścić lub uderzyć. Upewnij się, że są całkowicie suche (zwłaszcza, jeśli były magazynowane na wolnym powietrzu), w przeciwnym razie silikonowy uszczelniacz nie sklei całości zbyt dobrze.

W przypadku pustaków subwoofera, zdecyduj, która strona ma być przednią, a która tylną, zaznacz je ołówkiem, a następnie zeszlifuj lub wytnij dłutem 2–3 mm szczelinę od tyłu środkowej belki, jak pokazano na **rysunku 3**. My użyliśmy szlifierki kątowej z tarczą diamentową, ale można też użyć dłuta murarskiego.

Sprawdź, za pomocą liniału, ile usuwasz betonu, i użyj czegoś w rodzaju karty kredytowej jako miary. Po zakończeniu pracy powinno się móc wsunąć kartę kredytową pomiędzy liniał trzymany w poprzek przedniej powierzchni pustaka, a środkową część, z której usunięto materiał.

Panele drewniane

Użyliśmy desek sosnowych klasy „Premium", z zaokrąglonymi brzegami (DAR), o wymiarach 1800×184 mm i grubości 19 mm. Można je

Tabela 1. Porównanie przetworników szerokopasmowych. Wszystkie mają moc znamionową 15 W, magnes ferrytowy i pasują do otworu o średnicy 93 mm

	Fostex FE103En	Altronics C0626	Jaycar CS2310
Cena za parę (przybliżona)	150$	34$	25$
Impedancja	8 Ω	8 Ω	4 Ω
Efektywność znamionowa (dB @ 1 W, 1 m)	89	95	83
Swobodna częstotliwość rezonansowa	83 Hz	120 Hz	122 Hz
Vobud (litry)	6	?	3,3
Pasmo przenoszenia	83 Hz–22 kHz	120 Hz–20 kHz	90 Hz–18 kHz
Zmierzone pasmo (±5 dB)	60 Hz–15 kHz	70 Hz–15 kHz	
Zmierzone THD+N (1 kHz, 90 dB)	0,45%	0,65%	
Zmierzona efektywność @ 1 W, 1 m	92,5 dB	90 dB	

eprasa.pl b5de55c280

łatwo przyciąć do długości 184 mm lub 390 mm, aby wykonać panele odpowiednio dla głośników półkowych i subwooferów.

Możesz poprosić w sklepie, gdzie kupujesz deski, aby przycięli Ci te kawałki na odpowiednią długość; wielu dostawców zrobi to za darmo, lub za symboliczną opłatą.

Jeśli to się nie uda, a Ty nie chcesz robić tego sam, możesz poszukać najbliższego warsztatu stolarskiego lub meblowego, który z pewnością podejmie się tego zadania za skromną opłatą.

Zauważ, że możesz użyć każdego rodzaju drewna lub równoważnego materiału, który ma 19 mm grubości lub więcej, jak MDF lub sklejka. Ale naszym zdaniem sosna DAR wygląda w tym zastosowaniu całkiem wyjątkowo.

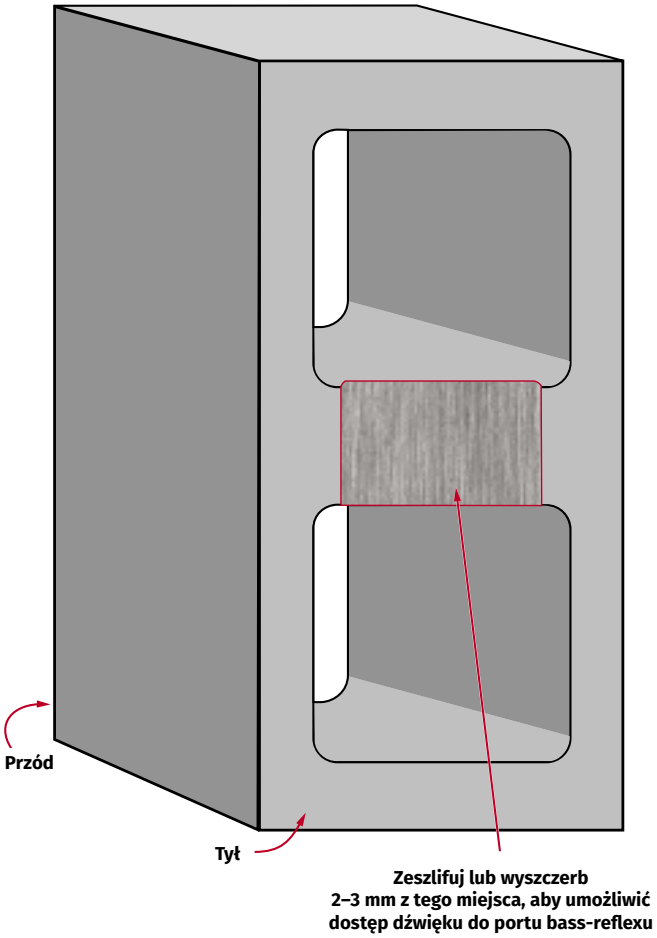
Montaż jest dość łatwy, ale nie należy się spieszyć i należy pozostawić dużo czasu między poszczególnymi etapami, aby nie popełnić żadnych błędów.

Po przycięciu paneli na wymiar, następnym krokiem jest wycięcie otworów, jak pokazano na **rysunku 4**. Idealnie byłoby użyć otwornicy do wycięcia otworów w panelach subwooferów, ponieważ są one całkowicie odsłonięte.

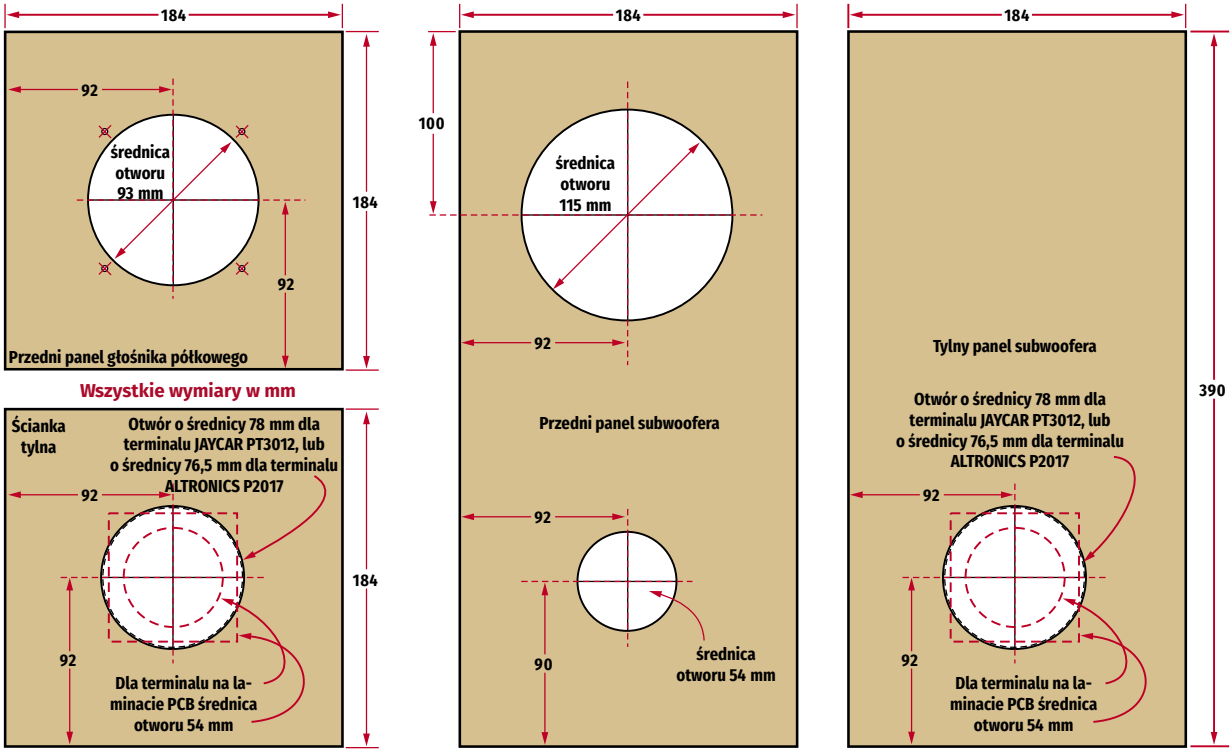
Można użyć wyrzynarki do wycięcia pozostałych otworów, pod warunkiem, że nie będą one zbyt krzywe, ponieważ osłony głośników zakryją wycięcia. Wskazówka: jeśli używasz wyrzynarki, tnij od wewnątrz paneli, aby ukryć wszelkie wady cięcia, jak naderwane brzegi.

Ważną rzeczą, na którą należy zwrócić uwagę jest to, że wielkość otworów w panelach tylnych różni się w zależności od rodzaju terminali głośnikowych, które będziesz montował. Jeśli stosujesz domowe płytki zacisków głośnikowych wycięte z kawałka czystego laminatu PCB i pary konektorów, wytnij otwory o średnicy 54 mm. Jeśli używasz terminali Jaycar PT3012, zrób otwory o średnicy 78 mm, lub o średnicy 76,5 mm dla Altronics P2017.

Po wykonaniu wszystkich wycięć, oszlifuj otwory w portach bass-reflexu na gładko i oczyść z zadziorów pozostałe otwory. Możesz również wyrównać krawędzie za pomocą frezarki, strugarki lub dłuta. Dzięki temu głośnik wygląda znacznie lepiej, choć nie jest to absolutnie konieczne.

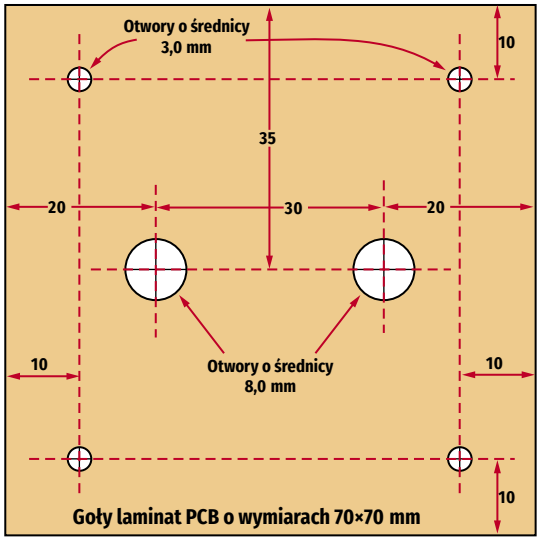


Rysunek 3. Musisz usunąć część środkowej belki/łącznika w pustaku, od strony, gdzie przykleisz tylny panel. Umożliwia to akustyczne sprzężenie obu komór pustaka i współpracę przetwornika z portem bass-refleksu. Szczelina nie musi być elegancka, bo jest zasłonięta przez tylny panel



Rysunek 4. Wymiary przedniego i tylnego panelu zarówno dla głośnika półkowego jak i niskotonowego. Użyliśmy sosny DAR o grubości 19 mm, ale można użyć wielu innych gatunków drewna lub materiałów drewnopodobnych

eprasa.pl b5de55c280



Wszystkie wymiary w mm

Rysunek 5. Oto płytka, którą wykonaliśmy, aby umieścić terminale głośnikowe na tylnych panelach. Użyliśmy skrawków gołego laminatu PCB; aluminium lub inne cienkie (sztywne) płytki też by się nadały!

Następnie, jeżeli nie zdecydowałeś się na zakup gotowych terminali głośnikowych, wykonaj płytki połączeniowe z gołego laminatu PCB, oraz standardowych gniazd połączeniowych zamontowanych w odległości 30 mm od siebie (**rysunek 5**).

Upewnij się, że zeszlifowałeś wszelkie niedoskonałości drewnianych paneli, a następnie zabejcuj je, pomaluj, lub polakieruj. My użyliśmy czerwonej bejcy „mahoń" i lakieru. Pozwól im całkowicie wyschnąć i możesz przystąpić do złożenia wszystkiego.

Montaż

To całkiem proste; musisz tylko postępować ostrożnie, aby niczego nie uszkodzić; zwłaszcza delikatnych membran i obudów głośników.

Zacznij od tylnej części obudowy. Odkurz betonowe bloki, upewnij się, że są czyste i suche, a następnie nałóż 3–5 mm warstwę uszczelniacza silikonowego, jak pokazano na **rysunku 9**. Zapobiegnie to pojawieniu się go na zewnątrz po dociśnięciu panelu na miejsce.

Nie nakładaj silikonu na belkę środkową z tyłu pustaków subwooferów; w przeciwnym razie dźwięk nie będzie mógł się przedostawać z przetwornika do portu bass-reflexu! Należy jednak uszczelnić część środkową z przodu, aby cały dźwięk był kierowany do tyłu, a następnie do portu.

Użyj silikonu przeznaczonego do klejenia. My użyliśmy silikonu o nazwie Parfix Kitchen & Bathroom Silicone Sealant, zakupionego w lokalnym sklepie Bunnings.

Weź przygotowany tylny panel drewniany i delikatnie połóż go na warstwie silikonu. Gdy będziesz zadowolony z jego ułożenia, powoli dociśnij go do pustaka. Jeśli silikon wycieknie z krawędzi, szybko wytrzyj go wilgotną szmatką. Połóż jakiś ciężar na wierzchu (np. stos książek), aby utrzymać panel we właściwym położeniu i pozostaw go do utwardzenia na co najmniej 24 godziny. Upewnij się, że pozycja panelu jest prawidłowa, ponieważ po utwardzeniu nie będzie można go przesunąć!

Powtórz tę procedurę ze wszystkimi pozostałymi obudowami.

Po 24 godzinach (lub więcej, jeśli jest zimno), powtórz te czynności z panelami przednimi (patrz **rysunek 8**). Pamiętaj, aby tym razem nałożyć silikon na środkową belkę subwooferów.

Po kolejnych 24 godzinach jesteś gotowy do montażu przetworników.

Najpierw jednak utnij 60–70 cm odcinki przewodu głośnikowego i przylutuj je do każdego przetwornika.

Gdy silikon całkowicie się utwardzi, wyłóż subwoofery i głośniki półkowe watą akustyczną wg **rysunku 6** i **7**. My użyliśmy Acousta-Stuf Polyfill, z Parts Express; patrz: http://siliconchip.com.au/link/aayq Jest ona również dostępna w Jaycar.

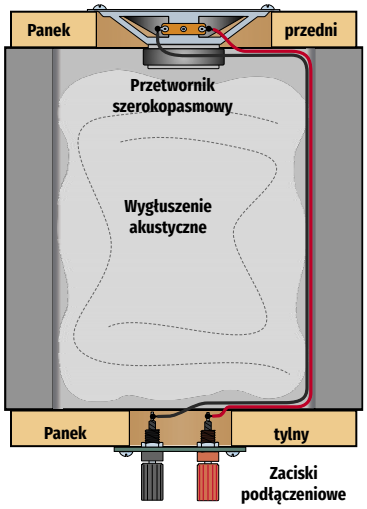
Rozmieść ją luźno za głośnikami. W razie potrzeby można również użyć małych (suchych) puszystych ręczników.

Przełóż przewody głośnikowe tak, aby wystawały z otworu w tylnej ściance, a następnie zamontuj przetworniki za pomocą wkrętów do drewna. Najładniejszy efekt uzyskasz, jeśli najpierw zaznaczysz i wywiercisz małe otwory pilotażowe, używając obudów głośników jako szablonów. Postaraj się zorientować maskownice w ten sam sposób; generalnie najlepiej wyglądają śruby w ukośnych narożnikach, jak pokazano na naszych zdjęciach.

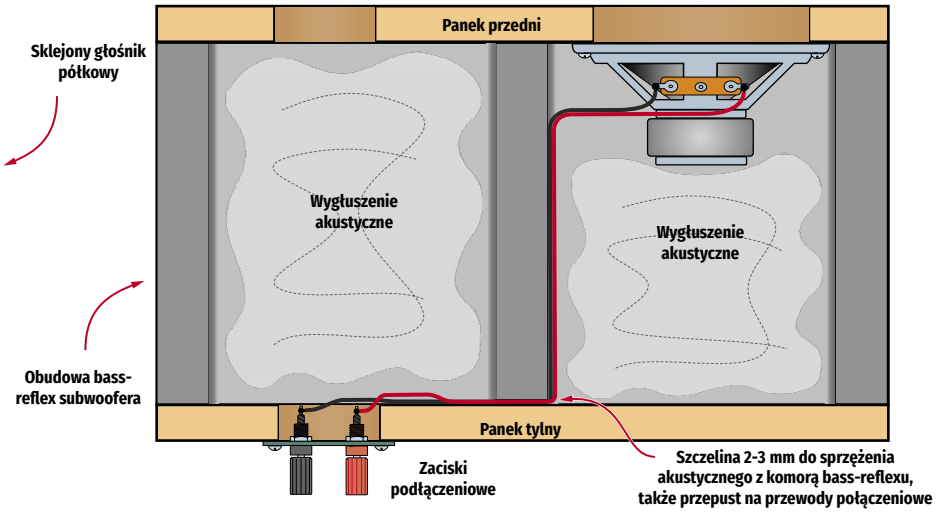
Przylutuj przewody wystające z tyłu obudów do wewnętrznej strony zacisków głośnikowych, a następnie zamontuj w podobny sposób te zaciski na tylnych panelach. Twoje głośniki są gotowe!

Zauważ, że mniejsze głośniki możesz postawić na górze subwooferów, lub umieścić je osobno. Umiejscowienie subwooferów nie jest krytyczne.

W zależności od powierzchni, na której mają być ustawione głośniki, możesz przykleić na spodzie każdego z bloków kwadratowy kawałek

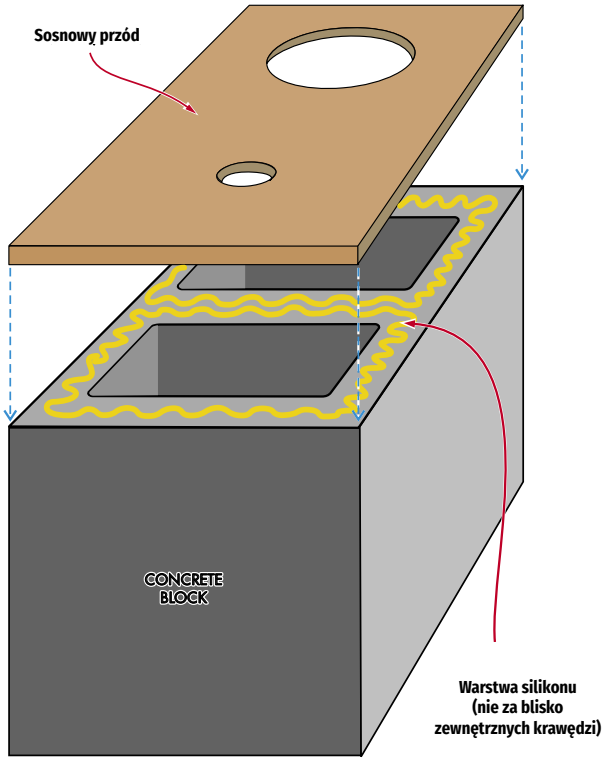


Rysunek 6. Szczelna obudowa głośnika półkowego została wykonana z „pół-pustaka" i przetwornika szerokopasmowego, jak widać to na przekroju

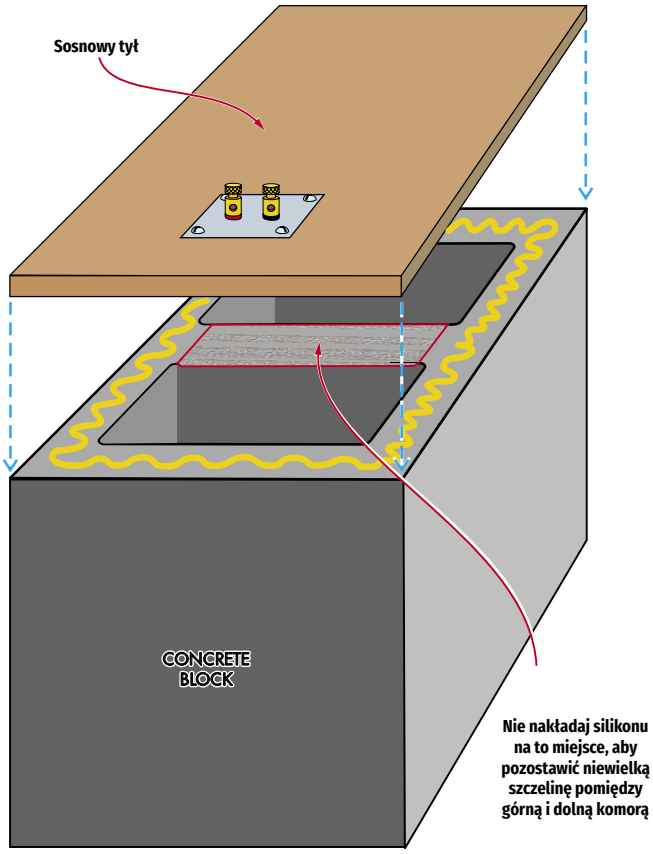


Rysunek 7. Subwoofer z portem bass-refleksu wykonany jest z „pełnego pustaka" i głośnika niskotonowego z niewielką szczeliną powietrzną między dwiema komorami

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 8. Widok z przodu pokazujący jak panel przedni jest przymocowany do betonowego bloku. Upewnij się, że użyłeś dużo silikonu, aby połączenie pomiędzy blokiem a panelem było szczelne



Rysunek 9. Podobnie, oto jak tylny panel jest przymocowany do pustaka. Upewnij się, że powietrze może przepływać pomiędzy dwiema komorami pustaka, jak wyjaśniono w tekście

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Dla jednej pary głośników półkowych i pary subwooferów

2 pełne bloki Bessera, 390×190×190 mm [np. Bunnings 3450457].
2 pół-bloki Bessera, 190×190×190 mm [np. Bunnings 3450458].
2 deski sosnowe DAR, 1800×184×19 mm lub podobne deski drewniane lub drewnopodobne
2 głośniki szerokopasmowe z podwójną membraną 100 mm (4 cale) 15 W 8 Ω. [Altronics C0626]
2 głośniki nisko-śreniotonowe z membraną 125 mm (5 cali) [Jaycar CW2192]
2 pary wstępnie zmontowanych terminali głośnikowych [Jaycar CW2192] [Altronics P2017, Jaycar PT3012] lub
2 pary czerwono-czarnych zacisków głośnikowych oraz
2 szt. kwadratowych 70×70 mm gołych płytek z laminatu szklano-epoksydowego (czysta płytka PCB)
16 wkrętów do drewna o długości 20 mm (np. No.9/4,5 mm)
1 przewód głośnikowy o długości 3 m o średniej obciążalności (o przekroju „8")
1 opakowanie akrylowego materiału tłumiącego do głośników [np. Jaycar AX3694 lub z Parts Express; patrz tekst].
4 kwadraty filcu ochronnego (lub podobne), ~170×170 mm
1 tubka neutralnie utwardzanego, przezroczystego uszczelniacza silikonowego z funkcją kleju

Przyp. Red. EdW: Producentów takich betonowych pustaków w Polsce znajdziesz bez problemu wpisując w wyszukiwarkę hasło: „Pustak konstrukcyjny betonowy PBK-19"

filcu 190×190 mm lub podobnego materiału ochronnego. Beton bez problemu zarysowuje większość innych powierzchni!

Podłączenie do wzmacniacza

Ponieważ przetworniki w mniejszych kolumnach półkowych są pełnozakresowe, a subwoofery odtwarzają tylko niskie częstotliwości, możesz zasilać każdą kolumnę z osobnych wzmacniaczy.

Sugerujemy, aby nie łączyć ich równolegle, ponieważ subwoofery mają niższą efektywność niż głośniki półkowe, a zatem wymagają nieco wyższego poziomu sygnału, aby uzyskać odpowiednią głośność.

Widok z przodu pokazujący przedni panel przyklejony do pół-pustaka i watę akustyczną wewnątrz. Aby cztery łby śrub nie wyróżniały się tak bardzo, można pomalować je na czarno

eprasa.pl b5de55c280

Gotowy głośnik półkowy, tutaj pokazany od spodu, z kawałkiem cienkiego filcu 170×170 mm przyklejonym do bloku, aby nie rysował powierzchni pod spodem

Podobnie, ukończony subwoofer, tutaj widziany od tyłu, aby pokazać małą samodzielnie wykonaną płytkę z laminatu PCB mieszczącą zaciski podłączeniowe

Dwa wzmacniacze stereo, każdy o mocy 25 W przy obciążeniu 8 Ω lub nieco więcej przy 6 Ω powinny wystarczyć. Głośniki subwoofera mogą wytrzymać do 50 W każdy, więc jeśli lubisz grać muzykę naprawdę z mocnym basem, możesz skorzystać z potężniejszych wzmacniaczy. Ale i tak prawdopodobnie uda się uzyskać więcej mocy z subwooferów, biorąc pod uwagę ich nieco niższą impedancję (6 Ω vs 8 Ω dla głośników półkowych).

Odpowiednie są moduły klasy D, o których wspominaliśmy wcześniej, o ile podłączysz te zasilające subwoofery do odpowiednio wysokiego napięcia zasilania (co najmniej 20 V).

Podłącz wyjścia wzmacniaczy do czterech zestawów terminali głośnikowych, a następnie użyj rozgałęzionych kabli RCA, aby połączyć wyjścia przedwzmacniacza z lewą/lewą i prawą/prawą parą wejść wzmacniaczy mocy. Używamy każdego ze wzmacniaczy stereo do przetwarzania tylko jednego kanału, gdyż nieprzyjemną cechą wybranych przez nas modułów klasy D jest słaba separacja między kanałami, zaledwie rzędu niecałych 20 dB.

Następnie można odtwarzać muzykę i regulować głośność nastawami w poszczególnych wzmacniaczach, aż poziom tonów niskich i wysokich będzie optymalny.

Pozwoliliśmy sobie na około dwie godziny odtwarzania różnych rodzajów muzyki z rozsądną głośnością, aby „rozruszać" przetworniki kolumn przed wykonaniem pomiarów; może się okazać, że te przetworniki są nieco „sztywne" zaraz po wyjęciu z pudełka. Z czasem, w miarę użytkowania, powinniście zauważyć poprawę brzmienia, szczególnie w zakresie niskich tonów. ■

Allan Linton-Smith

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

Artykuł reprodukowano na podstawie umowy z magazynem „Silicon Chip", 2022. www.siliconchip.com.au

REKLAMA

KEY PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ

11-200 Bartoszyce ul. Bohaterów Warszawy 67 pwkey@onet.pl
tel. (89)7635050 fax (89)7635051

TANIE REGULATORY

DO KOTŁÓW WĘGLOWYCH I NA DREWNO

z wbudowanym termostatem pokojowym zapewniającym komfort i oszczędność

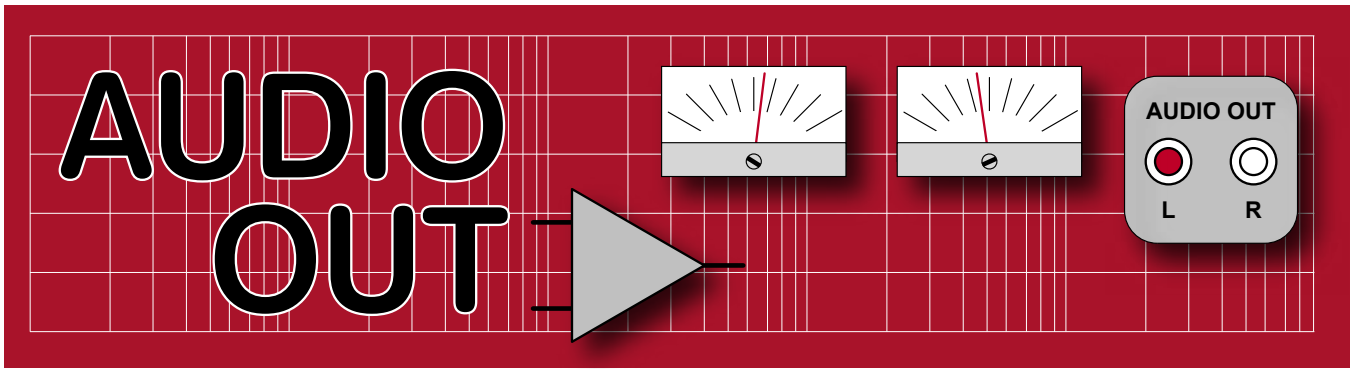
REGULATORY DO KOTŁÓW Z PODAJNIKIEM

REGULATORY POGODOWE

- Prosta obsługa, bogate możliwości programowania
- Możliwość dopasowania do każdego kotła i rodzaju paliwa
- Wysoka jakość
- Gwarancja 24 miesiące

www.pwkey.pl

eprasa.pl b5de55c280



Wiele hałasu na temat szumu – nowe podejście do generatorów szumu analogowego, część 1

Zastanawiam się, na czym właściwie polega moja praca? Mogę opisać ją jednym zdaniem – eliminacja zniekształceń i szumu lub ich generacja. Tak jest z szumem w elektronice. W bieżącym opracowaniu zajmiemy się szumem, niejako „od drugiej strony". Zamiast minimalizować szum, który jest zmorą szczególnie w przedwzmacniaczach, zajmiemy się układami potrafiącymi generować szum, który bywa użyteczny w syntezatorach różnego rodzaju sygnałów fonicznych.

Rysunek 1. Sygnał z syntezatora Roland TR909 naśladujący uderzenie w werble – zwróć uwagę na dużą zawartość szumu

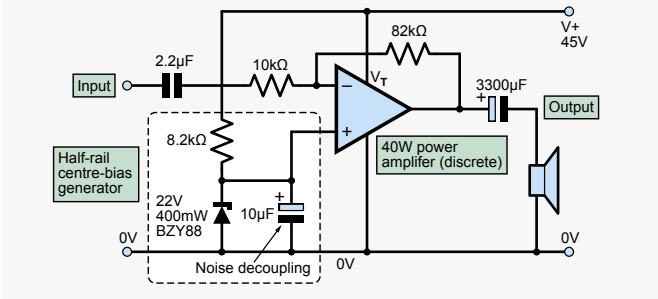
Rysunek 2. To moja szuflada, gdzie zgromadziłem szumiące elementy; mam tu np. germanowe tranzystory AF114 produkcji 1965; szumią jakby zawierały radioaktywny izotop w swojej strukturze

Szum nie zawsze jest zjawiskiem szkodliwym. Jest on obecny w ludzkim głosie, jak również w wielu instrumentach muzycznych. „Czysty dźwięk" nie jest naturalny. Szum i zniekształcenia mają ze swojej natury charakter przypadkowy, dlatego trudno je zobrazować. **Rysunek 1** pokazuje przebieg uchwycony oscyloskopem z pamięcią. Taki przebieg uzyskamy po jednorazowym uderzeniu w werble.

W bieżącym artykule przeanalizujemy możliwości elektronicznego wygenerowania tego typu przebiegów. Układ o takich zdolnościach może być cennym dodatkiem do układów syntezy mowy, jak również naśladowania innych dźwięków zarówno naturalnych jak i imitacji instrumentów muzycznych jak np. perkusja czy wspomniane werble. Układ prostego syntezatora opisywaliśmy w kilkuczęściowym artykule w *Practical Electronics* od sierpniowego numeru 2018.

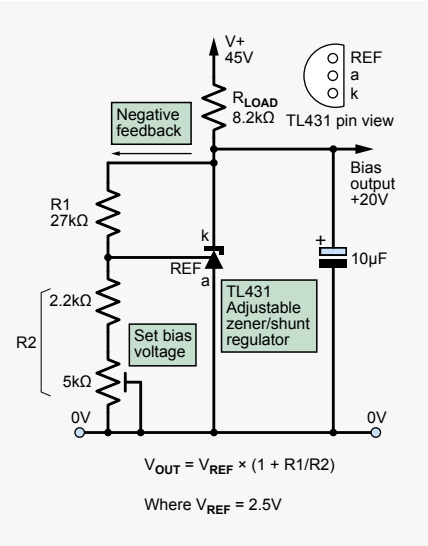
Szum czyli fluktuacje naturalne

Szum rządzi się prawami probabilistyki. To fluktuacje w pełni przypadkowe, a ich źródłem w elektronice jest np. szum termiczny. W technice audio zmorą bywa innego rodzaju szum, generowany przez elementy półprzewodnikowe, mający związek z nieregularnościami sieci krystalicznych. Znaczące bywają zjawiska związane z domieszkowaniem, co jest przecież podstawą działania tranzystorów. Mocno „zaszumione" są np. wsteczne prądy złącza p-n spolaryzowanego w kierunku zaporowym. Nie wszystkie elementy „szumią" jednakowo. Mając wiedzę w tym zakresie, konstruktorzy unikają elementów będących źródłem szumu. Technolodzy tworzą elementy poprawiając parametry szumowe. Aczkolwiek w pełni uniknąć szumu się nie da. Podczas gdy jedni unikają „elementów szumiących", dla innych to „skarb" nie tylko dla celów kolekcjonerskich. Na **rysunku 2** jest zdjęcie mojej szuflady gromadzącej takie skarby.

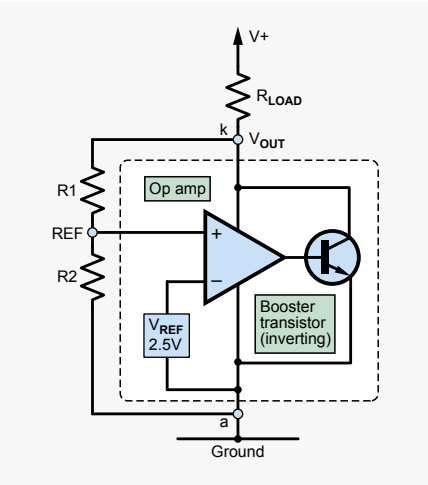


Rysunek 3. Wzmacniacz zasilany jest pojedynczym napięciem 44 V, a polaryzację „połowy zasilania" wykonano jak na tym schemacie. 22 V dioda Zenera okazała się źródłem dokuczliwego szumu

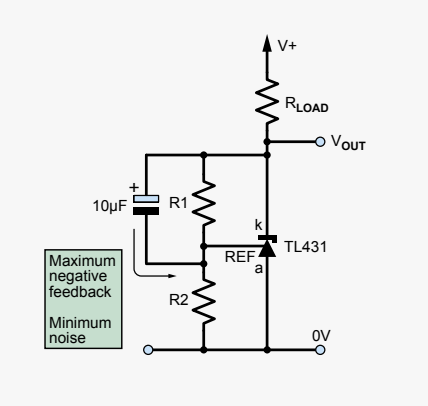
eprasa.pl b5de55c280



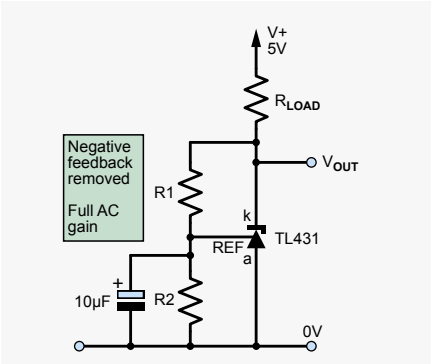
Rysunek 4. Fragment obwodu zastępujący diodę Zenera; nieoczekiwanie szumy okazały się jeszcze gorsze



Rysunek 5. Uproszczona budowa shunt regulatora TL431. Mamy tu oprócz źródła napięcia odniesienia, wzmacniacz operacyjny o dużym wzmocnieniu oraz tranzystor będący „regulatorem równoległym", który też wnosi wzmocnienie w otwartej pętli. Zewnętrzne rezystory tworzą pętlę ujemnego sprzężenie zwrotnego, która ustala wartość VOUT



Rysunek 6. Poprawne podłączenie kondensatora, które minimalizuje szumy. Wzmocnienie składowej AC jest bliskie jedności. Tymczasem rezystory R1 i R2 nadal ustalają wzmocnienie DC i wartość napięcia VOUT



Rysunek 7. Zbocznikowanie kondensatorem wyprowadzenia REF zwiększa wzmocnienie składowej zmiennej AC. Tym samym wzmacniane są szumy w szerokim zakresie częstotliwości

Niektóre urządzenia bazują na szumiących elementach. Sławna maszyna perkusyjna Roland TR-808 wykorzystywała „uszkodzone" tranzystory typu 2SC828, które były tak mocnym źródłem szumu różowego, że oznaczano je kroplą różowego lakieru do paznokci. Tranzystor 2SC828 był podstawą Rolanda TR-808 do tego stopnia, że gdy wyczerpały się zapasy szumiących tranzystorów, zaprzestano też produkcji urządzenia. Niewątpliwie, decyzja ta była poparta przesądem o użyteczności jedynie elementów analogowych. Interesującym jest fakt, iż w 2017 roku powrócono do produkcji wiernej repliki elektronicznego instrumentu muzycznego jakim był Roland TR-808. Roland TR-08 naśladuje wiernie swego analogowego poprzednika, choć tutaj źródło szumu jest symulowane programowo. Wykorzystaną technikę opisał John Clarke w artykule „*White Noise Generator project*", który był publikowany w *Practical Electronics* z września 2019 roku. Autor bieżącego opracowania deklaruje siebie jako „stroniący od software-u analogowy inżynier". Tym samym zaprezentowane zostaną rozwiązania analogowe, które przy obecnej tendencji „powszechnej cyfryzacji" napotykają na szereg nieoczekiwanych trudności.

Problem ze stabilizatorem napięcia

Swego czasu projektowałem wzmacniacz, który z niewiadomych powodów wykazywał mocne szumy. Uproszczony fragment schematu pokazuje **rysunek 3**, i nietrudno się domyśleć, że źródłem szumu okazała się dioda Zenera.

Diody Zenera są ze swej natury elementami o znacznych szumach, i wiąże się to ze zjawiskiem przebicia lawinowego w złączu. Aby ominąć problem, postanowiłem zastąpić ją „shunt regulatorem" TL431. Spodziewałem się pozytywnego efektu, tymczasem okazało się inaczej. Szum na wyjściu wzmacniacza był czterokrotnie większy niż w przypadku diody Zenera. Fragment zmienionego schematu pokazuje **rysunek 4**.

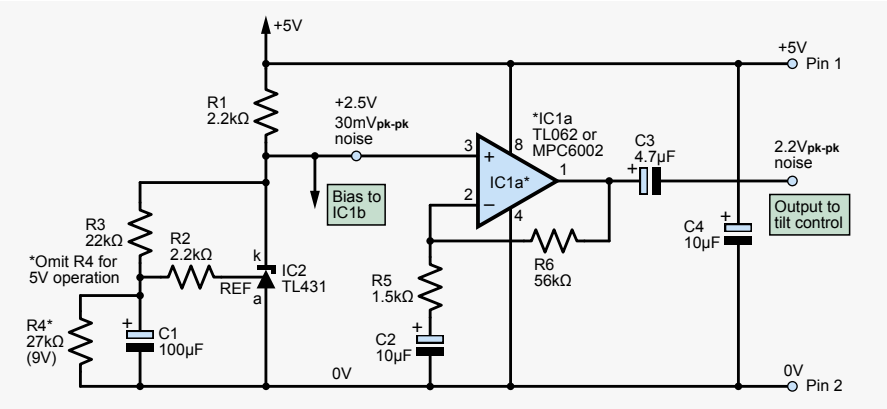
Co jest powodem pogorszenia parametrów szumowych? Być może, TL431 ma mniejsze szumy własne aniżeli dwudziestodwu woltowa dioda Zenera, ale układ z rysunku 4 jest w istocie wzmacniaczem wzmacniającym własny szum. TL431 jest w istocie elementem aktywnym, a schemat na **rysunku 5** pokazuje w uproszczeniu jego strukturę. Źródło referencyjne jest skalibrowane na wartość 2,5 V, a w celu uzyskania stabilizacji na poziomie 22 V, wykonaliśmy dzielnik rezystancyjny tworzący ujemne sprzężenie zwrotne. Wzmocnienie jest niemal dziesięciokrotne, i w takim stosunku wzmacniane są też szumy własne. Rozwiązaniem problemu wydaje się być manipulacja elementami w obwodzie sprzężenia zwrotnego tak, aby zachować 10-cio krotne wzmocnienie dla składowej stałej DC, a obniżyć je dla składowych o wyższych częstotliwościach. Nietrudno to zrobić, modyfikując obwód tak jak pokazuje **rysunek 6**. Układ działa, szumy zmniejszyły się. Efekt nie jest spektakularny, mniej więcej „połowa szumów" początkowych, czyli dwukrotnie lepiej niż gdy zastosowałem diodę Zenera 22 V. Wydaje się, że nie da się już nic poprawić, bo wzmocnienie AC na rysunku 6 jest już równe jedności.

Ponieważ byłem zaintrygowany problemem szumów w tak prostym obwodzie, postanowiłem jeszcze trochę poeksperymentować. Przepiąłem kondensator na dolny rezystor jak pokazuje **rysunek 7**. Postępowanie wydaje się logiczne, a jaki efekt? Czy kondensator stłumi szumy generowane przez V_{REF} shunt regulatora? Patrząc na rysunek 5 widać, iż kondensator łączymy na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego. A V_{REF} jest na jego wejściu odwracającym. W istocie zmieniliśmy jedynie charakterystykę częstotliwościową feedbacku. Składowa AC wzmacniana jest teraz o wiele silniej, jak w pętli otwartej. Wyniki okazały się zgodne z oczekiwaniami, niechcący zbudowałem „szumiący generator". Wykonałem próby na kilku różnych egzemplarzach TL431, ale efekty były zgodne z tym, czego w układach analogowych można się spodziewać.

Obwód z rysunku 7 wzmacniał szumy nawet wtedy gdy rezystory feedbacku ustalały napięcie niskie, do 3,5 V. A większość układów analogowych wymaga zasilania na poziomie 9 V lub wyższego.

Mamy świadomość, że w bieżącym opracowaniu nie walczymy ze zjawiskiem szumu, lecz chcemy go wygenerować. Chcemy także, aby była to „przystawka" do syntezatora, który był opisany w *Practical Electronics* z sierpnia 2018. A tamten układ pracuje z zasilaniem na poziomie 5 V. Przy okazji doświadczenia z TL431, jedną rzecz warto mieć na uwadze.

eprasa.pl b5de55c280

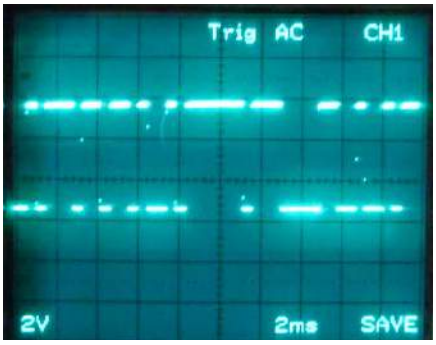


Rysunek 8. Analogowy generator szumu wraz ze wzmacniaczem; rezystor R4 należy dodać w przypadku zasilania wyższego niż 5 V; rezystor R2 powinien być dodany jako zabezpieczenie przed rozładowaniem kondensatora C1 w obwodzie „bramki" REF shunt regulatora; ten obwód jest pierwszym członem naszego generatora szumu; druga część obwodu kształtująca amplitudę w funkcji częstotliwości zostanie omówiona w drugiej części opracowania

To element, który wszedł na rynek w 1978 roku. Firma Texas Instruments miała ponad cztery dekady czasu aby poprawić jego parametry. Nie wszystkie parametry są wyraźnie specyfikowane w kartach katalogowych i bywa to powodem nieoczekiwanych niespodzianek.

Opis układu (analogowego generatora szumu)

Rysunek 8 pokazuje generator szumu wykonany w oparciu o wcześniejsze doświadczenie z shunt regulatorem TL431. Szum występujący na katodzie IC2 jest wzmacniany kolejnym wzmacniaczem operacyjnym. Pracuje on w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego i rezystory R5 i R6 ustalają wzmocnienie AC na poziomie 38 razy. W tym układzie udało się uzyskać amplitudę szumu na wyjściu na poziomie 2,2 V peak-to-peak, co przyjęto za poziom 0 dB. Składowa stała napięcia na wejściu nieodwracającym WO powinna być na poziomie połowy zasilania. W przypadku zasilania 5-cio woltowego, adekwatne jest 2,5 V, które jest poziomem referencyjnym, odniesienia w stabilizatorze TL431. W przypadku zasilania 9-cio woltowego, należy dołożyć rezystor R4 tak, aby składowa stała na katodzie IC2 podniosła się do poziomu 4,5 V.



Rysunek 9. Szum cyfrowy: zdjęcie ekranu oscyloskopu z ciągiem przypadkowych stanów „zera" i „jedynki"; przebieg podobny do tego co obserwujemy na wyjściu modulacji impulsowo-kodowej; jeśli taki przebieg zostanie scałkowany przy pomocy filtru dolnoprzepustowego, na wyjściu otrzymamy przebieg szumu analogowego

Układ z rysunku 8 można by uznać za gotowy generator szumu. Szum biały ma teoretycznie nieograniczone pasmo i stałą gęstość spektralną. My jednak chcemy kształtować charakterystykę częstotliwościową. Dlatego uzupełnieniem obwodu z **rysunku 8** będzie wzmacniacz o kształtowanej charakterystyce, dla którego wykorzystamy drugi WO w układzie scalonym IC1 (TL082 lub MPC6002). Ten fragment będzie opisany w drugiej części artykułu.

Odmiana generatora szumu – szum cyfrowy

Szum słusznie kojarzy się z „przypadkowością". Z czymś nieprzewidywalnym pojawiającym się w sposób losowy. Szum cyfrowy ma stałą amplitudę. Lub w ogóle nie należy mówić o amplitudzie, lecz o losowym stanie zera czy jedynki logicznej. Szum cyfrowy wytwarzany jest w generatorach ciągów pseudolosowych. Taki generator bynajmniej nie jest losowy. Generuje ciąg stricte deterministyczny. Aczkolwiek wygląda na losowy. To znaczy, ma cechy losowości, gdzie prawdopodobieństwo wystąpienia zera i jedynki logicznej jest jednakowe. Co więcej, prawdopodobieństwo par 00, 01, 10 i 11 jest też jednakowe i każda dłuższa kombinacja ciągów zero-jedynkowych pojawia się równie często. Rozkład częstotliwości generowanych ciągów może być różny. Ale jeśli powtarzalność będzie miała okres 20 sekund lub np. miesiąca z zachowaniem równego prawdopodobieństwa każdej sekwencji, to taki ciąg pseudolosowy trudno odróżnić od w pełni losowego.

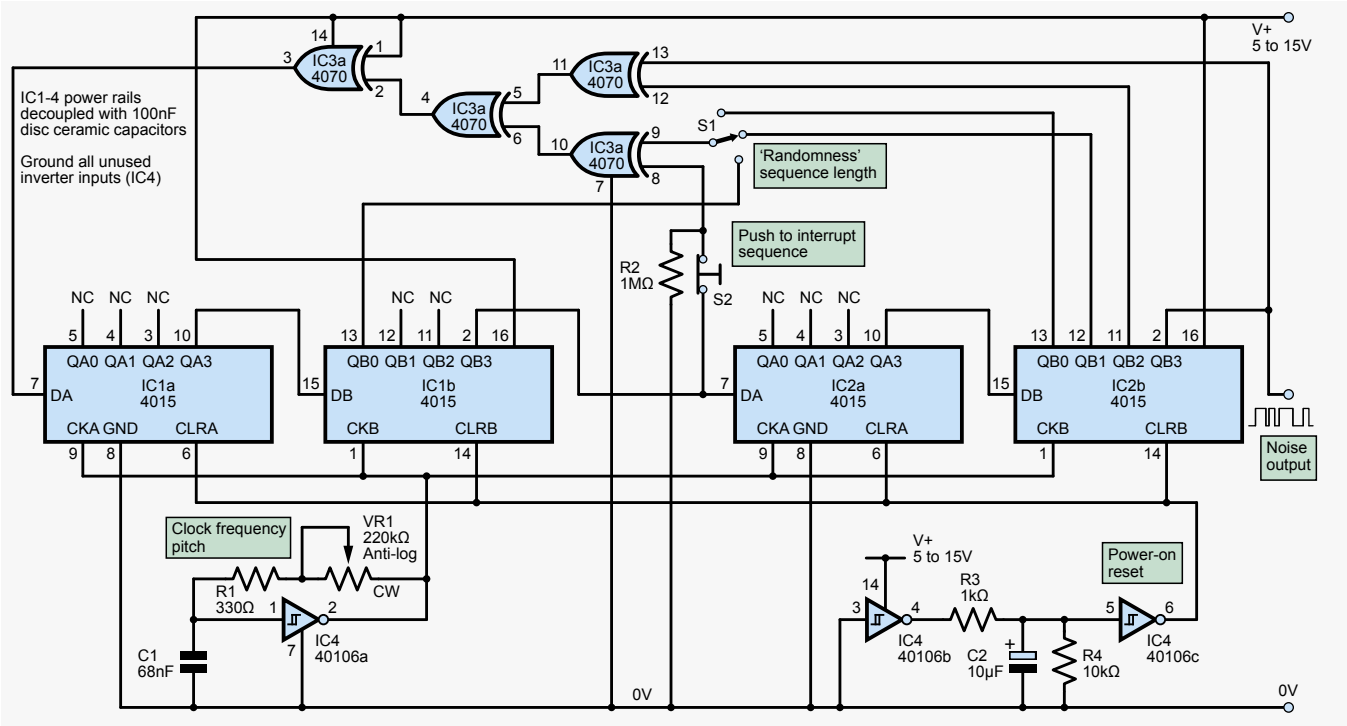
Przebieg szumu cyfrowego pokazuje **rysunek 9**. Przynajmniej na taki wygląda.

Zastosowanie generatorów ciągów pseudolosowych okazuje się bardzo szerokie. Może nim być np. algorytm kolejności odtwarzania utworów muzycznych w odtwarzaczach typu iPod. Kolejność powinna stwarzać wrażenie przypadkowości dla ludzkiej percepcji. W takim zastosowaniu to wystarczy. Aczkolwiek eliminacja „przypadkowego" kilkukrotnego powtarzania tego samego utworu może sprzyjać wrażeniu przypadkowości, choć w istocie jest naruszeniem praw i zasad probabilistyki.

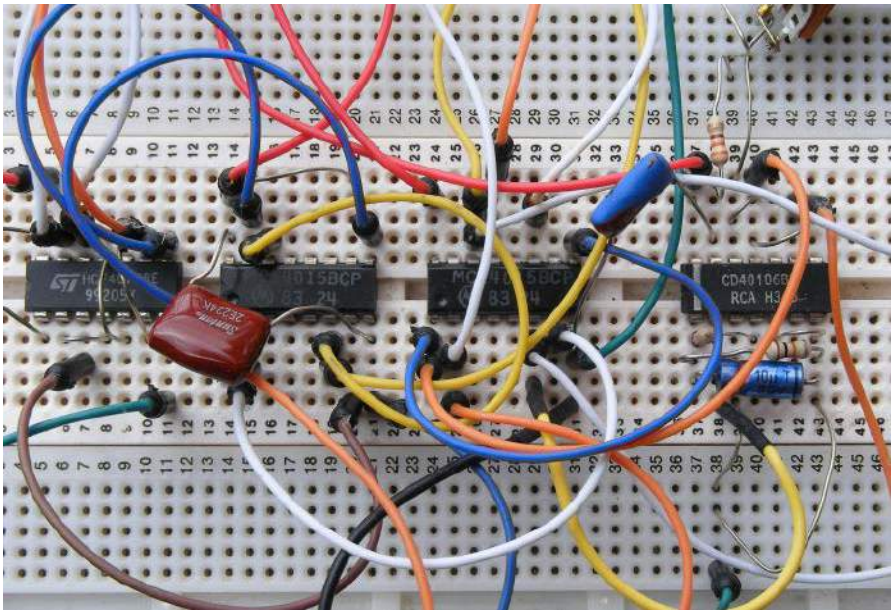
W elektronice krótkie sekwencje pseudolosowe są stosowane w syntezatorach dźwięku. W szczególności synteza dźwięków „mechanicznych", jak np. odgłosy silnika, wykorzystuje takie generatory. Układ pokazany na **rysunku 10** jest hardware-owym generatorem szumu cyfrowego. Wykorzystałem popularne układy scalone CMOS. Struktura jest typowa, polega na zapętleniu rejestru przesuwnego. Sprzężenie zwrotne realizują bramki exclusive-OR i znane są funkcje mówiące, które bity należy zapętlić aby wygenerować ciągi maksymalnej długości. Wcześniej powoływaliśmy się na artykuł Johna Clarke'a, w którym poruszał on zagadnienie budowy generatorów ciągów pseudolosowych. Autor powoływał się na układ scalony MM5837, który zawierał większość niezbędnych podzespołów. Na dzień dzisiejszy element ten jest niedostępny i drogi. Można wykorzystać układ CMOS rodziny „4000" – 4006, który jest osiemnastobitowym rejestrem przesuwnym i chętnie był stosowany w syntezatorach, jak np. „Osa". To też obecnie element trudno dostępny. W układzie, którego schemat jest na rysunku 10 wykorzystałem dwa układy scalone tej samej rodziny – 4015. Ten US zawiera dwa rejestry czterobitowe, które można łączyć w szereg. Nasz rejestr jest więc szesnastobitowy, który w pełnym cyklu generuje 65000 stanów. Układ jest taktowany z oscylatora, którego częstotliwość można ustawić widocznym na schemacie potencjometrem. Choć nie ma on wpływu na stany logiczne pseudolosowej sekwencji, dobór częstotliwości zegara ma istotny wpływ na brzmienie w syntezatorze dźwięku. Zwalniając zegar odnosi się wrażenie przejścia od szumu białego do efektów tonalnych. Można uzyskać „szum szary", a w skrajnym przypadku efekt podobny do „kliknięć" z licznika Geigera.

Zegar taktujący na rysunku 10 może mieć regulowaną, ale stałą częstotliwość. Rozbudowane syntetyzatory mają i tu większy zakres swobody. Ciekawe efekty można uzyskać, gdy pozwolimy na modulację częstotliwości zegara innym wolnym przebiegiem, stałym lub o zadanej „obwiedni". Na schemacie z rysunku 10 widzimy trzypozycyjny przełącznik S1. Położenie tego przełącznika wyznacza „funkcję" sprzężenia zwrotnego, która ma wpływ na to jak długi jest cykl powtarzających się sekwencji pseudolosowych.

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 10. Generator szumu cyfrowego jako podzespół syntetyzatora; umożliwia regulację częstotliwości zegara, wybór długości generowanych sekwencji oraz przycisk „zamrożenia" stanu



Rysunek 11. Cyfrowy generator szumu na (kłakach) płytce uniwersalnej (wykonam go porządnie na PCB jeśli będzie wystarczające zapotrzebowanie)

Konsekwencją tego jest też okres powtarzalności ciągów. Okres ten zależy oczywiście też od częstotliwości zegara, aczkolwiek S1 pozwala na zmianę okresu od ułamka sekundy do ok. pół minuty. Z kolei przycisk S2 jest niestabilny. Przerywa on pętlę sprzężenia zwrotnego co powoduje „zamrożenie" stanów rejestru. Zamrożony stan jest w pełni przypadkowy, co też pozwala na uzyskanie ciekawych efektów tonalnych. Muzycy „efektów" uzyskiwanych na drodze elektronicznej lubią tego typu efekty, i generatory szumu cyfrowego są narzędziem stanowiącym uzupełnienie efektów uzyskanych techniką analogową.

Na **rysunku 11** jest prototyp, który zmontowałem na uniwersalnej płytce stykowej. To układ wg schematu z rysunku 10. Jeśli układ spotka się z szerszym zainteresowaniem Czytelników, autor deklaruje gotowość wykonania projektu płytki PCB. Jeśli jednak jesteś „zaprzyjaźniony ze swoją lutownicą" i „wypaliłeś już nią dziurę w swoim stole warsztatowym", to z pewnością potrafisz wykonać PCB dla generatora szumu analogowego wg schematu z bieżącego opracowania.

W przyszłym miesiącu

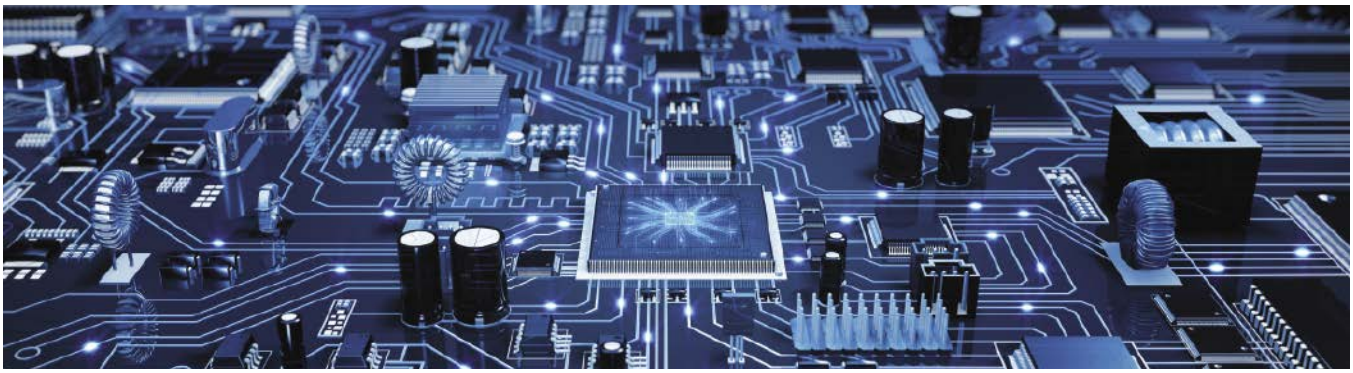
Tematu w zakresie rozwiązań cyfrowych poszerzać nie będziemy. W następnej części wrócimy do układów stricte analogowego generatora szumu. ■

Jake Rothman

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", kwiecień 2020 (www.epemag3.com)

REKLAMA

eprasa.pl b3de55c280



Pomiar impedancji i źródła prądu w układzie Howlanda

W niedawnym poście na forum EEweb Fariz Kurnia Sandy pisze: „Chcę zbudować obwód do spektroskopii bioimpedancji (BIS) lub spektroskopii impedancji elektrycznej (EIS) z wykorzystaniem ulepszonego źródła prądowego Howlanda (rysunek 1) jako konwertera U-I i chcę zmierzyć rzeczywisty prąd wpływający do obiektu (takiego jak tkanka).

Wartość prądu można znaleźć ze wzoru $I = \frac{V}{Rx}$, gdzie Rx jest obciążeniem, które ma zamienić napięcie na prąd. Tutaj napięcie jest napięciem wejściowym źródła, a nie napięciem po procesie wzmacniania za pomocą wzmacniacza operacyjnego (zakładając idealny wzmacniacz operacyjny). Oczywiście żaden wzmacniacz operacyjny nie jest doskonały. Na przykład, jeśli napięcie wejściowe wynosi 1 V, a Rx=1 kΩ, wpływający prąd wynosi 1 mA (przy założeniu idealnego wzmacniacza operacyjnego). Chcę zmierzyć rzeczywisty wstrzyknięty prąd na podstawie rzeczywistego przyłożonego napięcia – jaki jest najlepszy sposób, aby to uzyskać?

Obwód Fariza jest częścią systemu do pomiaru impedancji w zakresie częstotliwości, więc zaczniemy od omówienia, czym jest impedancja, zanim przyjrzymy się bardziej szczegółowo źródłu prądu Howlanda, którego używa, a następnie omówimy pomiar prądu, o który prosi Fariz.

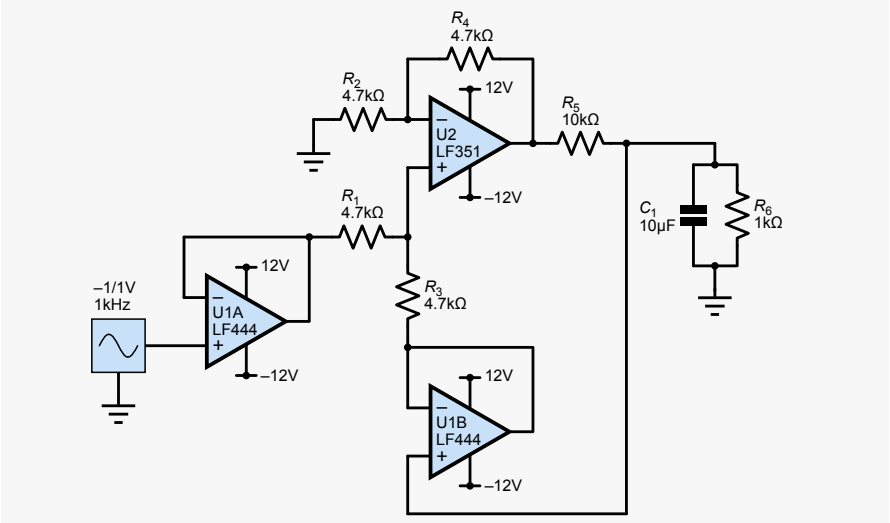
Impedancja

Impedancja (symbol Z) to wersja AC rezystancji – zależność między przyłożonym napięciem a wynikającym z tego prądem, który popłynie. Dokładniej Z=V/I, co z pozoru wygląda tak samo jak podobna zależność oporu, R=V/I. Różnica polega na tym, że gdy mamy do czynienia z sygnałami prądu przemiennego, interesuje nas zarówno wielkość (amplituda szczytowa fali sinusoidalnej), jak i faza (czas względny) napięcia i prądu, a impedancja musi to uwzględniać.

Jeśli przyłożymy falę sinusoidalną do rezystora, napięcie i prąd podążają dokładnie za sobą – szczyt prądu występuje w tym samym czasie, co szczyt napięcia. To samo nie dotyczy cewek indukcyjnych i kondensatorów. Jeśli zastosujemy falę sinusoidalną do idealnego kondensatora, szczyt prądu wystąpi o jedną czwartą cyklu sinusoidalnego wcześniej niż szczyt napięcia (nazywamy to prądem wyprzedzającym napięcie lub napięciem opóźnionym względem prądu). Przesunięcie czasowe między napięciem a prądem jest zwykle wyrażane jako kąt, gdzie jeden cykl przebiegu to 360°. Zatem prąd w idealnym kondensatorze wyprzedza napięcie o 90°. W przypadku idealnej cewki indukcyjnej prąd opóźnia się w stosunku do napięcia o 90°.

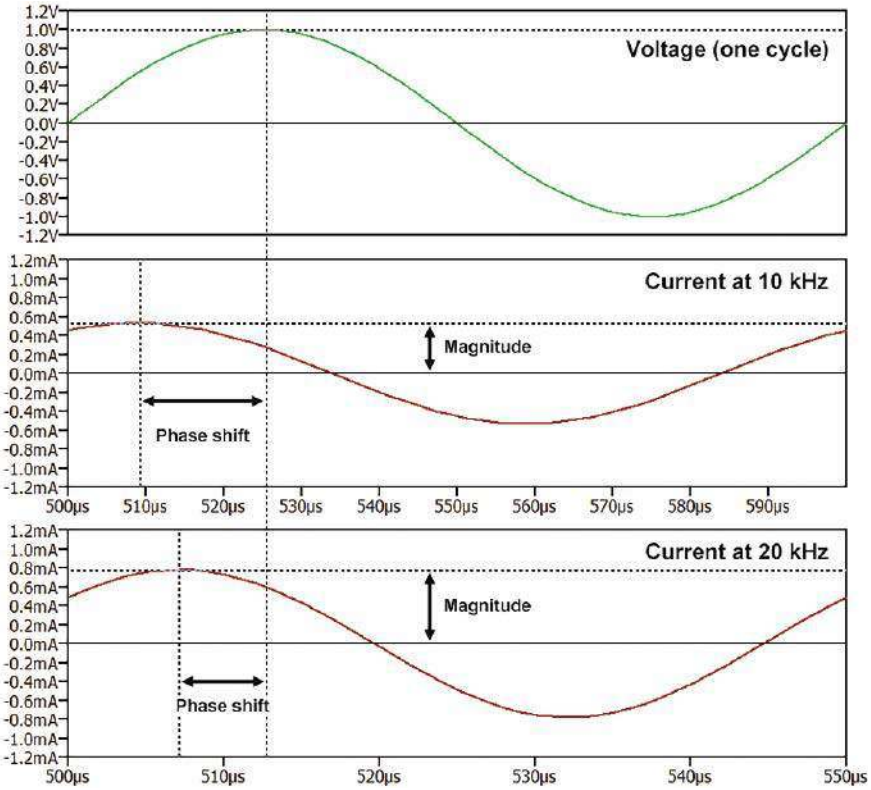
Dla idealnego rezystora (R) rezystancja nie zmienia się wraz z częstotliwością przyłożonego napięcia lub prądu. Dla idealnego induktora (L) efektywna „rezystancja" wzrasta wraz z częstotliwością; to znaczy wielkość prądu zmniejszy się wraz z częstotliwością dla tej samej wielkości przyłożonego napięcia. Idealna cewka indukcyjna jest zwarciem dla prądu stałego. Dla idealnego kondensatora (C) efektywna rezystancja maleje wraz z częstotliwością – jest to obwód otwarty dla prądu stałego i stawia mniejszy opór przepływowi prądu wraz ze wzrostem częstotliwości.

W przypadku impedancji innych niż czysty R, L lub C przesunięcie fazowe może być inne niż 0° lub ±90° i może zmieniać się wraz z częstotliwością wraz ze skuteczną rezystancją. Na **rysunku 2** przedstawiono przykładowe przebiegi



Rysunek 1. Obwód pomiaru impedancji w wersji autora

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 2. Jeden cykl przebiegu prądu przez impedancję dla tej samej przyłożonej amplitudy napięcia przy dwóch częstotliwościach. Przesunięcie prądu w czasie w odniesieniu do przyłożonego napięcia i amplitudy prądu zmieniają się wraz z częstotliwością

dla określonej impedancji. Do impedancji przykłada się przebieg 1,0 V AC. Powstały prąd jest pokazany dla dwóch różnych częstotliwości dla jednego cyklu przebiegu. Szczyt napięcia występuje po szczycie prądu (opóźnienie napięcia), ale wielkość opóźnienia napięcia zmienia się wraz z częstotliwością. Na rysunku 2 jest to około 60° przy 10 kHz i 40° przy 20 kHz. Amplituda prądu zmienia się również wraz z częstotliwością.

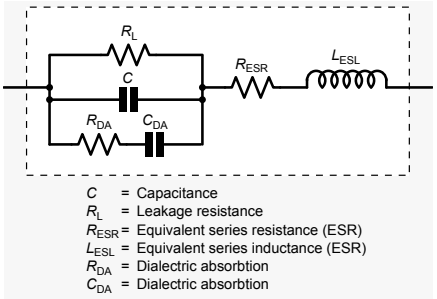
Pojedyncza liczba (dla „napięcia", „prądu" lub „rezystancji") nie może obejmować zarówno amplitudy, jak i przesunięcia fazowego. Używamy dwóch wartości – wielkości i kąta przesunięcia fazowego do opisania kształtu fali lub impedancji – jak pokazano na rysunku 2. Na przykład przy 20 kHz natężenie prądu wynosi około 0,78 mA, więc przy przyłożonym napięciu o wartości 1,0 V oznacza to „rezystancję" 1,0/0,78 mA = 1,3 kΩ, ale samo to nie informuje nas o przesunięciu fazowym, czyli o impedancji. Możemy jednak zapisać Z=1300∠–40°, aby wyrazić wielkość i opóźnienie napięcia 40° (∠ jest symbolem „kąta").

Liczby zespolone

Okazuje się, że notacja „moduł plus faza" nie jest najlepszym sposobem przedstawiania impedancji w matematycznej analizie obwodów; zamiast tego często używane są liczby zespolone. Liczby zespolone są dwuwymiarowe i dlatego mogą reprezentować zarówno amplitudę, jak i fazę. Dwie części liczby zespolonej nazywane są częściami „rzeczywistą" i „urojoną". Termin „urojony" jest używany, ponieważ w grę wchodzi pierwiastek kwadratowy z–1. Nie ma „normalnej" liczby, która po pomnożeniu przez samą siebie daje –1, ale jest to bardzo przydatna koncepcja matematyczna do przedstawiania rzeczywistych rzeczy, takich jak zachowanie obwodów elektronicznych.

W czystej matematyce pierwiastek kwadratowy z–1 otrzymuje symbol **i**, ale w elektronice zwykle jest używany symbol **j**, aby uniknąć pomyłki z symbolem prądu. Liczba zespolona ma postać: a+jb, gdzie a i b są liczbami normalnymi, a $j^2=-1$. „a" to część rzeczywista liczby zespolonej, a „b" to część urojona. Impedancja jest reprezentowana przez liczbę zespoloną Z=R+jX, gdzie R to rezystancja, a X to reaktancja. Rezystor ma impedancję Z=R, to znaczy impedancja jest liczbą rzeczywistą równą rezystancji. Cewka indukcyjna ma impedancję Z=j2πfL, czyli jest to czysto urojona wartość, która rośnie proporcjonalnie do częstotliwości (f). Kondensator ma impedancję Z=1/j2πfC, to znaczy jest to czysto urojona wartość, która maleje odwrotnie proporcjonalnie do częstotliwości.

Liczby zespolone oraz sygnały i impedancje w wersji amplituda plus-faza przedstawiają te same informacje i możemy konwertować między nimi. Dla wartości zespolonej a+jb moduł (amplituda) wynosi $\sqrt{a^2+b^2}$, a faza (kąt) to arctg (b/a). Dla



Rysunek 3. Model rzeczywistej pojemności – różne niezwiązane elementy kondensatora (wszystko z wyjątkiem C) oznaczają, że zmiana impedancji wraz z częstotliwością będzie inna i bardziej złożona niż w przypadku idealnego kondensatora

modułu impedancji |Z| i kąta ∠φ (wielkość |Z| i kąt φ – grecka litera phi) część rzeczywista (a) to |Z|cos(φ) a część urojona (b) to |Z|sin(φ).

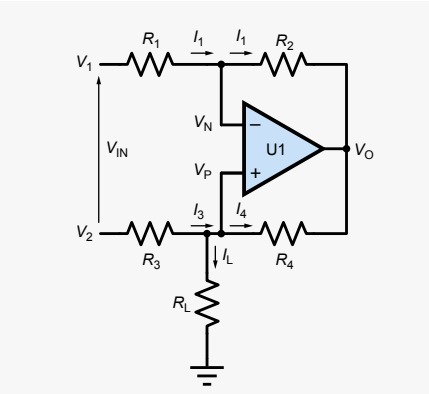
Analiza impedancji i spektroskopia

Przydatna jest możliwość pomiaru impedancji elektrycznej materiałów, a ponieważ impedancja zmienia się wraz z częstotliwością, często musimy mierzyć impedancję w szerokim zakresie częstotliwości. Przyrządy do pomiaru impedancji – które właśnie próbuje zbudować Fariz – zwykle tworzą wykresy rzeczywistych i urojonych części impedancji (i/lub amplitudy i kąta) w szerokim zakresie częstotliwości. Przykładają napięcie lub prąd i mierzą wynikowy sygnał prądowy lub napięciowy, aby określić zależność amplitudy i fazy. Często stosowany sygnał jest również mierzony, a nie tylko przyjmowana jego wartość z ustawień procesu generowania sygnału – o to pyta Fariz.

W elektronice może nas interesować scharakteryzowanie elementów elektronicznych. Wszystkie rzeczywiste rezystory, kondensatory i cewki indukcyjne mają pewien poziom pozostałych dwóch właściwości. Na przykład cewka indukcyjna będzie miała pewną rezystancję i pewną pojemność, ale rzeczy są często bardziej złożone niż tylko dodatkowe R, L lub C połączone szeregowo lub równolegle z komponentem. Na **rysunku 3** przedstawiono powszechnie stosowany model – obwód zastępczy – dla rzeczywistego kondensatora. Wykorzystywane są również jeszcze bardziej złożone modele. Dokładny pomiar impedancji w szerokim zakresie częstotliwości może określić wartości nieidealnych charakterystyk elementów, które często są bardzo ważne w zastosowaniach o wysokich wymaganiach.

Pomiar impedancji w szerokim zakresie częstotliwości (stąd termin „spektroskopia") jest wykorzystywany nie tylko do charakteryzowania elementów elektronicznych, ale ma również szeroki zakres zastosowań w nauce i przemyśle. Przykłady w biologii i medycynie obejmują pomiary właściwości tkanek i komórek oraz stanu

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 4. Podstawowe źródło prądu Howlanda

płynów w organizmie pacjenta. Jest również stosowany w biosensorach (do wykrywania niektórych patogenów). Może być stosowany do charakteryzowania różnych materiałów, w tym ceramiki, polimerów, powłok i artykułów spożywczych. Może być używany do pomiaru korozji. Jest stosowany w chemii do pomiaru procesów elektrochemicznych.

Dokładny pomiar impedancji, szczególnie przy wysokich częstotliwościach, nie jest łatwy ze względu na fakt, że każde okablowanie między przyrządem a badanym elementem będzie miało właściwości impedancyjne, które mogą wymagać kompensacji, oraz ponieważ elektronika sterująca i mierząca sygnały będzie podlegać niedoskonałościom, które mogą wprowadzać błędy.

Źródło prądowe Howlanda

Obwód opublikowany przez Fariza jest znany jako „źródło prądu Howlanda" (lub „pompa prądu Howlanda"). Jest ono pokazane w najbardziej podstawowej formie na **rysunku 4**, ale istnieje wiele jego odmian. Obwód przypomina standardowy wzmacniacz różnicowy wzmacniacza operacyjnego, którym byłby, gdyby R4 nie był obecny. R4 jest interesujący, ponieważ zapewnia dodatnie sprzężenie zwrotne. Zaletą źródła prądowego Howlanda w porównaniu z niektórymi innymi popularnymi obwodami źródeł prądowych jest to, że może ono zarówno pobierać, jak i generować prąd. Oznacza to, że może przesyłać dwukierunkowy (dodatni i ujemny) sygnał prądowy przez obciążenie (RL na rysunku 4).

Parametry źródła Howlanda zależą od stosunku wartości rezystorów, w szczególności R2/R1=R3/R4 na rysunku 4. Często zdarza się, że wszystkie cztery rezystory mają tę samą wartość. Obwód można analizować bez wstępnych założeń dotyczących tych stosunków, ale otrzymane równania są nieco kłopotliwe. Wkrótce przeprowadzimy uproszczoną analizę, aby ograniczyć algebrę do minimum.

Rozpatrujemy układ różnicowy, a więc napięcie wejściowe VIN jest przykładane między dwoma wejściami, a nie odnoszone do masy, ale możemy również rozważyć napięcie na dwóch wejściach oddzielnie jako V1 i V2. Często jedno wejście jest uziemione, a napięcie wejściowe jest przykładane przez drugie wejście w celu sterowania prądem wyjściowym (jak w obwodzie Fariza na rysunku 1).

Analiza obwodu

Jeśli założymy, że wzmacniacz operacyjny na rysunku 4 ma bardzo duże wzmocnienie (idealnie nieskończone) i nie jest nasycony (tj. pracuje normalnie, z wyjściem nie ustawionym na minimum lub maksimum), to możemy założyć, że jego napięcia na zaciskach wejściowych są efektywnie równe (VN=VP=VX). Jakakolwiek znacząca różnica między VN i VP skutkowałaby nasyceniem ze względu na wysokie wzmocnienie.

Założymy również, że żaden prąd nie płynie do wzmacniacza operacyjnego ze względu na jego nieskończoną impedancję wejściową i zerowe prądy polaryzacji (w idealnym przypadku). Zatem prąd w R1 będzie taki sam jak prąd w R2. Możemy więc napisać:

$$I1=(V1-VX)/R1=(VX-VO)/R2$$

To wyrażenie jest po prostu prawem Ohma, odnoszącym napięcie na rezystorach do prądu przez nie płynącego. Ponieważ założyliśmy w tym projekcie, że R2/R1=R3/R4, możemy również zapisać to równanie jako:

$$I1=(V1-VX)/R3=(VX-VO)/R4$$

Prąd w R3 będzie wynosił:

$$I3=(V2-Vx)/R3$$

A prąd w R4 to:

$$I4=(Vx-Vo)/R4$$

Jednak w przeciwieństwie do prądów w R1 i R2, I3 i I4 nie są równe. I3 rozdziela się i przepływa przez RL i R4. Ponownie, zakładając brak prądu we wzmacniaczu operacyjnym, prawo prądu Kirchhoffa mówi nam, że I3 jest równe sumie I4 i IL, czyli:

$$I3=IL+I4$$

Podstawiając wyrażenia na napięcie/rezystancję (z góry) zamiast prądów do tego wyrażenia, otrzymujemy:

$$(V2-VX)/R3=IL+(VX-VO)/R4$$

Patrząc na drugą wersję naszego równania dla I1, widzimy:

$$(VX-VO)/R4=(V1-VX)/R3$$

Możemy więc zapisać to jako:

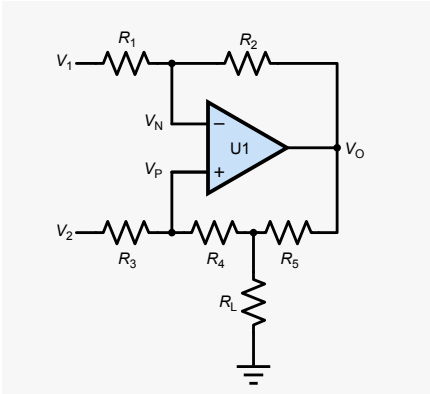
$$(V2-VX)/R3=IL+(V1-VX)/R3$$

VX eliminuje się w tym równaniu, a następnie możemy uporządkować je, aby uzyskać:

$$IL=(V2-V1)/R3$$

Zatem prąd w obciążeniu nie zależy od wartości RL i jest ustalany przez napięcie wejściowe i R3.

Jak wszystkie obwody, źródło prądowe Howlanda ma swoje ograniczenia i niedoskonałości. Jednym z problemów jest to, że obwód zależy od dokładnego dopasowania wartości



Rysunek 5. Ulepszone źródło prądowe Howlanda

rezystorów. Należy zastosować rezystory precyzyjne (0,1% lub lepsze), w przeciwnym razie rezystancja wewnętrzna źródła prądu może nie być bardzo wysoka (a może być nawet ujemna).

Ulepszenia

Wadą podstawowego źródła prądowego Howlanda jest ograniczony zakres napięcia. Vo jest większe niż napięcie na obciążeniu, więc jeśli napięcie obciążenia musi wzrosnąć, aby utrzymać prąd, wzmacniacz operacyjny nasyci się, zanim napięcie obciążenia zbliży się do zasilania. Obwód na **rysunku 5** jest zmodyfikowaną wersją źródła prądu Howlanda, która rozwiązuje niektóre problemy związane z podstawową konstrukcją, w tym zakres napięcia.

W obwodzie na rysunku 5 R4 z rysunku 4 jest podzielony na R4 i R5. R5 jest znacznie mniejszy niż R4, więc spadek napięcia na R5 na rysunku 5 jest znacznie mniejszy niż na R4 na rysunku 4. Oznacza to, że napięcie obciążenia jest znacznie bliższe napięciu wyjściowemu wzmacniacza operacyjnego, a jego zakres wyjściowy nie jest „marnowany" na spadku R4.

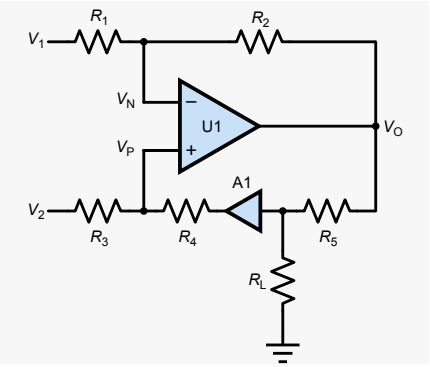
Obwód na rysunku 5 wymaga takiego dopasowania współczynników rezystorów, aby:

$$R2/R1=R3/(R4+R5)$$

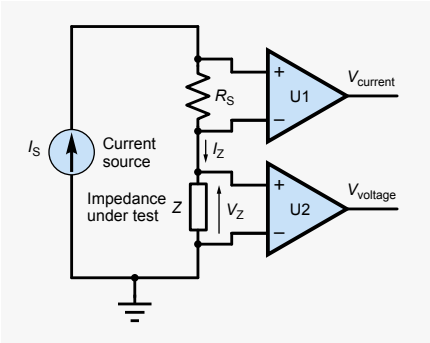
Podobnie jak w przypadku obwodu podstawowego, aby osiągnąć dobre parametry (wysoka rezystancja wewnętrzna źródła prądu), należy zastosować rezystory o wysokiej precyzji, aby uzyskać dokładne dopasowanie tych współczynników. W obu obwodach możliwe jest zastosowanie różnych układów trymerów umożliwiających wyregulowanie dopasowania.

Nawet przy dobrym dopasowaniu obwód na rysunku 5 ma ograniczenia. Bardziej szczegółowa analiza pokazuje, że jeśli R2 jest większy, prąd jest bardziej stały (wymagany w przypadku idealnym, gdy zmienia się RL). Jednak duży R2 ogranicza szybkość i precyzję obwodu. Można temu zaradzić, dodając wzmacniacz buforowy: A1 na **rysunku 6**. Gdy ten bufor jest na miejscu, cały prąd płynący przez R5 przepływa przez RL. Przy

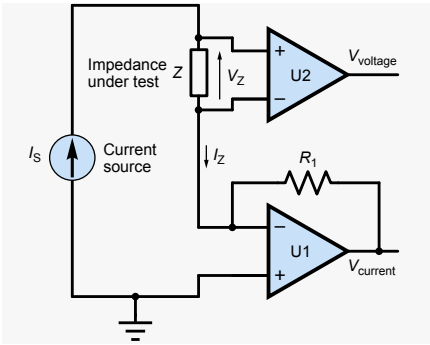
eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 6. Źródło prądu Howlanda z buforem w obwodzie sprzężenia zwrotnego



Rysunek 7. Obwód pomiaru prądu za pomocą rezystora czujnikowego. Pokazano również pomiar napięcia



Rysunek 8. Obwód pomiarowy wykorzystujący wzmacniacz transimpedancyjny; Pokazano również pomiar napięcia

stosunkach rezystorów R2/R1=R3/R4=k prąd wyjściowy wynosi:

IL=(V2–V1)/kR5

Jest to postać źródła prądowego Howlanda używanego przez Fariza (rysunek 1). Pełniejsze szczegóły tego obwodu i dalsze ulepszenia można znaleźć w artykule Analog Dialogue (w Analog Devices) autorstwa Nicka Jianga, patrz: http://bit.ly/pe-may20-ad.

Bieżący układ pomiarowy

Istnieją dwa podstawowe podejścia do pomiaru prądu przykładanego do badanej impedancji – pokazano je na **rysunku 7** i **8**. W obu przypadkach pokazujemy źródło prądowe zasilające badaną impedancję (Z), ale może być ona zasilane także ze źródła napięciowego. Ponadto w obu przypadkach pokazujemy wzmacniacz różnicowy używany do pomiaru napięcia na impedancji Z – potrzebujemy tego sygnału wraz z prądem, aby zmierzyć impedancję.

Pierwsze podejście do pomiaru prądu pokazano na rysunku 7 – wykorzystuje się rezystor pomiarowy i mierzy napięcie na nim za pomocą wzmacniacza różnicowego. Prąd dostarczany do Z przepływa również przez rezystor pomiarowy RS i powoduje spadek napięcia RS*IZ, który jest wzmacniany przez U1 w celu wytworzenia napięcia wyjściowego proporcjonalnego do prądu w Z: Vprąd=A1*RS*IZ, gdzie A1 jest wzmocnieniem napięcia U1. Napięcie na Z jest mierzone za pomocą U2; jego wyjście to Vnapięcie=A2*VZ, gdzie A2 to wzmocnienie napięcia U2.

Wzmacniacze różnicowe zastosowane w obwodzie na rysunku 7 muszą mieć bardzo wysoką impedancję wejściową i bardzo niskie prądy polaryzacji. Jakikolwiek prąd płynący do wzmacniaczy różnicowych spowoduje rozbieżności między zmierzonym prądem a prądem wpływającym do testowanej impedancji. Wzmacniacze te muszą również mieć bardzo dobre współczynniki tłumienia w trybie wspólnym (CMRR), aby ich wyjścia były zależne tylko od wejść różnicowych; ponownie, jeśli tak nie jest, wystąpią błędy pomiaru. To samo dotyczy wzmacniacza różnicowego na **rysunku 8**.

Wzmacniacz transimpedancyjny

Drugie podejście do pomiaru prądu pokazano na rysunku 8 – wykorzystuje on wzmacniacz transimpedancyjny zrealizowany za pomocą wzmacniacza operacyjnego U1 i rezystora R1. Napięcie na Z jest mierzone za pomocą U2 w taki sam sposób, jak dla obwodu na rysunku 7.

Wzmacniacz transimpedancyjny ma wejście prądu i wyjście napięcia, więc wzmocnienie (Vout/Iin) ma jednostki omów (porównaj V/I=R w prawie Ohma). Obwód ten można również nazwać „wzmacniaczem transrezystancyjnym", ale termin „transimpedancja" jest bardziej ogólny i częściej używany. Termin „transimpedancja" jest skrótem od „impedancji przenoszenia" – przy czym „transfer" wskazuje raczej na zależność między wejściem a wyjściem niż bezpośrednią zależność między napięciem a prądem przez impedancję podstawową lub rezystor.

Patrząc na rysunku 8, widzimy, że badana impedancja nie jest połączona z masą. Jednak używając tego samego argumentu, jak w przypadku dwóch wejść wzmacniacza operacyjnego w źródle prądowym Howlanda, które mają to samo napięcie, zauważamy, że wejście odwracające wzmacniacza operacyjnego musi mieć napięcie bardzo bliskie 0 V podczas normalnej pracy. Przy idealnym wzmacniaczu operacyjnym wejście odwracające miałoby dokładnie 0 V. Takie zachowanie wzmacniacza operacyjnego z uziemionym wejściem odwracającym jest nazywane „wirtualną" masą.

Biorąc pod uwagę, że impedancja nie jest bezpośrednio połączona z masą – gdzie właściwie płynie prąd? Są dwie możliwości – przez rezystor R1 lub do wzmacniacza operacyjnego. Ilość prądu płynącego do wzmacniacza operacyjnego zależy od jego impedancji wejściowej i wejściowego prądu polaryzacji. Dla idealnego wzmacniacza operacyjnego wejściowy prąd polaryzacji wynosi zero, a impedancja wejściowa jest nieskończona. Dlatego w idealnej wersji tego obwodu żaden prąd nie płynie do wzmacniacza operacyjnego, co oznacza, że cały prąd wejściowy musi przepływać przez R1. Ułatwia to znalezienie spadku napięcia na R1 – zgodnie z prawem Ohma jest to po prostu IZ*R1. Wiemy również z naszego poprzedniego omówienia wirtualnej masy, że na wejściu rezystora znajduje się napięcie 0 V, więc na drugim końcu musi być napięcie –IŻ*R1. Więc Vprąd=–R1*IZ.

Rzeczywiste wzmacniacze operacyjne są dostępne z bardzo wysoką impedancją wejściową i bardzo niskimi wejściowymi prądami polaryzacji. Niektóre wzmacniacze operacyjne są specjalnie zaprojektowane do użytku w konfiguracjach transimpedancyjnych.

System pełnego pomiaru

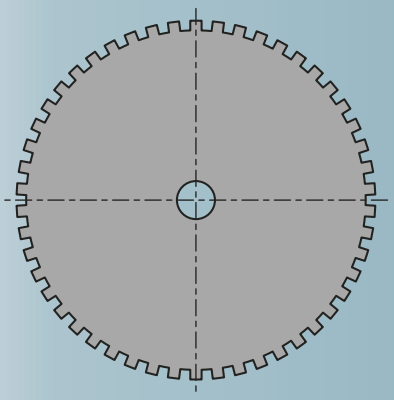
Źródło prądu oraz układy pomiaru napięcia i prądu nie tworzą kompletnego układu analizy impedancji. Sygnał sterujący musi być generowany w wymaganym zakresie częstotliwości, a zmierzone sygnały napięciowe i prądowe muszą być przetwarzane w celu uzyskania wartości impedancji (zwykle części rzeczywistej i urojonej). Można to zrobić cyfrowo, próbkując przebiegi napięcia i prądu przy użyciu szybkich konwerterów danych i wykorzystując cyfrowe przetwarzanie sygnału (DSP) w celu uzyskania wartości impedancji.

Dostępne są układy scalone, które są przeznaczone na rynki pomiaru impedancji bio-/elektrochemicznej, na przykład w służbie zdrowia, które implementują funkcjonalność pomiaru impedancji na jednym chipie. Na przykład firma Analog Devices produkuje AD5940 „Wysokiej precyzji impedancyjny i elektrochemiczny stopień wejściowy" oraz ADuCM350 „Konfigurowalny analizator sieci impedancji i potencjostat ze zintegrowanym rdzeniem Cortex M3". ■

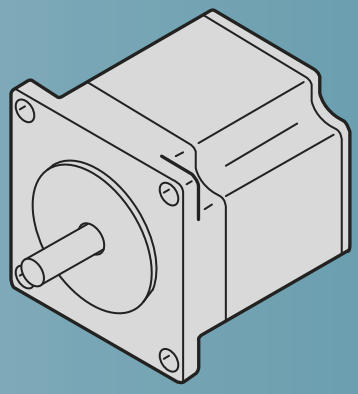
Ian Bell

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", maj2020 (www.epemag3.com)

eprasa.pl b5de55c280



Silniki krokowe w praktyce



Część 5: Moduły sterowników bipolarnych silników krokowych

W bieżącej, ostatniej części opracowania poświęconego silnikom krokowym, skupimy się na modułach sterowników dostępnych w handlu. W szczególności omówimy sterowniki, które możesz wykorzystać we własnych konstrukcjach wykorzystujących bipolarne silniki krokowe. Wszystkie moduły, które omówimy w tej części pochodzą od jednego producenta dominującego na rynku amerykańskim (pololu.com) i dostępnych w Europie pod „szyldem" firmy Technobotsonline. Zanim jednak zagłębimy się w opis dostępnych modułów sterowników, powinniśmy ugruntować wiedzę na temat hybrydowych silników krokowych, które chcemy zastosować we własnych aplikacjach i konstrukcjach. Wybór konkretnego typu i modelu silnika dyktuje bowiem wymagania co do drivera. Dopiero silnik plus jego sterownik stanowią całość, którą możemy nazwać „silnikiem krokowym". W tym świetle sam silnik jest bezużyteczny, a właściwy dobór drivera pozwoli w pełni wykorzystać cechy i właściwości jakie oferuje „stepper motor".

Charakterystyki hybrydowych silników krokowych

W pierwszej części bieżącego cyklu artykułów poświęconych budowie i zastosowaniu silników krokowych, omówiliśmy podstawy działania i wyboru silnika w oparciu o typoszereg pod nazwą NEMA, generalnie przypisany wielkości „ramy" silnika. Fizyczny rozmiar przypisany do oznaczenia NEMA nie jest najważniejszy i nie oddaje pozostałych cech, którymi trzeba się kierować wybierając silnik odpowiedni do konkretnej, własnej aplikacji. Na pewno będzie potrzeba wiedzy jaki zastosowano wał, oś silnika. Jego typ i rozmiar, a także jaki moment obrotowy nas zadowoli. Również wielkość kroku i prędkość obrotowa mogą być cechami decydującymi o właściwym wyborze silnika. Paradoksalnie, szeroki wybór nie zawsze ułatwia zadanie. Nie tylko na tym polu, szeroki wybór towarów bywa frustrujący i zniechęcający. Aczkolwiek z pewnością musi skłaniać do poszerzenia wiedzy, przynajmniej w zakresie znaczenia praktycznych cech, jakie oferują dostępne w handlu silniki krokowe. Wiedza i pełne rozumienie cech wydają się niezbędne, jeśli wybór silnika i drivera ma być optymalny a nie przypadkowy i spełniać wymagania jakie narzuca konkretna aplikacja.

Załóżmy, że rozglądamy się za silnikiem o podstawowym kroku 1,8° z możliwością mikrokroku. To dość typowe i wysoce prawdopodobne założenie, które powinno zaspokoić wymagania w zakresie rozdzielczości wszędzie gdzie chcemy silnik krokowy zastosować. Kolejnymi ważnymi cechami, które należy mieć na uwadze, będzie prawdopodobnie wielkość momentu siły trzymania i obrotu, oraz kątowa prędkość obrotu osi, wału silnika. Parametr określający prędkość kątową lub obrotową (wyrażoną zwykle w ilości obrotów na minutę RPM), który narzuca aplikacja, wydaje się jasny i oczywisty. Z określeniem momentu siły bywa trudniej. Wielkość momentu trzymania będzie prawdopodobnie parametrem krytycznym w takich zastosowaniach jak serwo obracające jakąś krzywką. W tym przypadku drugorzędną może być prędkość pozycjonowania osi, której pozycja musi być utrzymana stabilnie pod działaniem zewnętrznej siły obrotowej. Inaczej będzie gdy aplikacja wymaga dużego momentu siły i szybkiego obrotu wału jednocześnie. Wręcz kłopotliwym może być sprecyzowanie wymaganego momentu względem tego co można wyczytać w specyfikacji silnika. Bowiem „wrodzoną" cechą silników krokowych jest spadek momentu wraz ze wzrostem prędkości obrotowej.

Tabela 8. Porównanie czterech hybrydowych silników krokowych NEMA-17

Typ silnika	Wysokość silnika (mm)	Moment trzymania (Ncm)	Napięcie (V)	Prąd jednej fazy (A)	Rezystancja jednej fazy (Ω)	Indukcyjność (mH)	Moment siły @ 450 RPM (Ncm)
1	39	36	5,4	0,85	6,3	10	15
2	40	45	2,2	2	1,1	2,6	28
3	48	32	12	0,4	30	25	Stall
4	48	59	2,4	2	1,2	3	39

eprasa.pl b5de55c280

W **tabeli 8** zebrano kilka istotnych parametrów silnika NEMA o tym samym rozmiarze. Tabela ta porównuje specyfikację czterech silników hybrydowych NEMA 17 – 42×42 mm.

W tabeli 8 wyeksponowano cechy i parametry związane z różnicami konstrukcji w zakresie wykonania uzwojeń. Większa ilość zwojów skutkuje większą indukcyjnością i polem magnetycznym stojana. Jednak, skoro wymiary fizyczne są jednakowe, większa ilość zwojów musi być okupiona cieńszym drutem uzwojeń.

Spójrzmy na parametry silników oznaczonych jako typ 1 i 3. Całkiem przyzwoity moment trzymania (32 i 36 newtono-centymetrów) uzyskano już przy prądzie uzwojeń 0,4 A i 0,8 A. Tu indukcyjność uzwojeń jest znaczna (10 i 25 mH). Nie jest to korzystne dla prędkości kątowej, jaką potrafi zaoferować ten silnik. Porównajmy teraz silniki: typ-1 i typ-2. Przy prędkości obrotowej 450 RPM typ-1 oferuje o połowę mniejszy moment siły względem silnika typ-2. Aczkolwiek zbliżony jest moment trzymania obu silników. Uzwojenia w silniku typ-1 mają zdecydowanie większą indukcyjność, a w szczególności znaczną rezystancję rzeczywistą. Zawierają bowiem więcej zwojów cienkiego drutu. Z pośród czterech silników, które porównuje tabela 8, najwięcej cienkiego drutu ma silnik typ-3. Odczytujemy, iż przy prędkości 450 RPM nie oferuje on „żadnego" momentu siły. Silnik ten nie osiąga już tych obrotów. Wcześniej jego oś się po prostu zatrzyma. Za to oferuje przyzwoite pozostałe parametry już przy minimalnym prądzie (0,4 A, aczkolwiek przy znacznym napięciu 12 V). Nie jest zaskoczeniem, że optymalizacja jednego parametru okupiona jest degradacją innego (i prawidłowość ta jest wszechstronna, nie tyczy się tylko silników krokowych).

Jeśli nasza aplikacja wymaga znacznego momentu siły przy większych prędkościach obrotowych, to poprawnym wyborem będzie silnik z uzwojeniami o niskiej indukcyjności. Z pośród czterech w tabeli 8, wybierzemy silnik oznaczony jako typ-2 lub 4. Niska indukcyjność uzwojenia oznacza mniej zwojów, które zmieszczą drut o większym przekroju. Kosztem jest większy prąd (w silnikach typ-2 i 4 – 2 A). Ale..., przy skrajnie niskim napięciu (ok. 2 do 2,5 V), co jest zaletą i pozwala na „przesterowanie" i większą dynamikę pracy, o czym pisaliśmy w poprzedniej części artykułu. Mając do wyboru cztery silniki o specyfikacji wg tabeli 8, wybierzemy typ-4 jeśli zależy nam na dużej prędkości, dynamice i momencie siły, oraz silnik typ-3 gdy te cechy nie są istotne, natomiast istotnym kryterium jest niski prąd wysterowania cewek silnika. Dostawcy specjalizujący się w branży oferują setki wariantów silników krokowych, co pozwala dopasować „jakiś typ" do aplikacji zarówno pod względem wielkości, rozmiaru i cech mechanicznych jak i elektrycznych silnika. Jeśli natomiast twoja aplikacja nie jest bardzo krytyczna i wymagająca, pewnie zadowolisz się ofertą mniejszych detalicznych dostawców podzespołów elektrycznych i elektronicznych.

Konkretny przypadek (doboru silnika krokowego)

Autor artykułu przywołuje przypadek, jak został poproszony w wyborze silnika krokowego dla obrabiarki CNC. W obrabiarce tego typu pracują dwa silniki i wymogi dla obu osi są mniej więcej jednakowe. Założono, iż szybkość przesuwu głowicy w osi x i y powinna wynosić 9 metrów na minutę, a rozdzielczość czyli minimalny krok w każdej z osi, zaledwie 15 mikrometrów. Trudniejsza do zdefiniowania była siła przesuwu, która przez przełożenie przekładni wyznacza moment siły na wale silnika krokowego. Wstępna przymiarka sugerowała silniki krokowe rozmiaru NEMA 23. Wytypowano trzy silniki, a ich przydatność trzeba było potwierdzić pomiarami i testami w prototypie obrabiarki. Testowano przyśpieszenie głowicy wzdłuż osi y przy sztucznym obciążeniu układu pomiarowego. Obciążenie stanowiła zakotwiczona sprężyna, której wstępne naprężenie stanowiło o sile oporu przenoszącej się na moment hamujący wału silnika. Testy polegały na pomiarze siły wskazanej przez naprężoną sprężynę w punkcie krytycznym, gdy wał silnika zatrzymywał się. Każdy z trzech wstępnie wytypowanych silników NEMA 23 zdał egzamin w sensie szybkości (9 m/min.) przesuwu karetki. Testy skierowane na pomiar momentu siły, odrzuciły przydatność dwóch typów silnika. Trzeci, który przeszedł pozytywnie wszystkie testy, uznano jako odpowiedni dla obrabiarki CNC i znalazł się on na liście podzespołów do produkcji tego urządzenia.

Terminologia

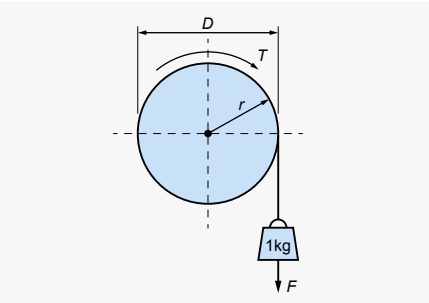
Omawiając cechy i własności silników krokowych, jesteśmy zmuszeni posługiwać się „językiem technicznym" terminologii, która nie musi być rozumiana przez czytelników mniej zaznajomionych z pojęciami podległymi fizyce i technice. W szczególności, chcemy rozszyfrować dokładne znaczenie pojęć takich jak: moment siły, histereza i prędkość kątowa.

Moment siły

Moment siły to kluczowe pojęcie w ruchu obrotowym, które zastępuje dobrze rozumianą siłę w ruchu postępowym. W ruchu obrotowym samo pojęcie „siła" (wyrażona w Newtonach) niewiele mówi i jest wręcz nieadekwatne. Moment siły jest iloczynem siły i ramienia. I w jednostkach SI moment wyrażony jest w newtono-metrach Nm. W przypadku małych silników krokowych posługujemy się jednostką newtono-centymetra, gdzie 1 Nm=100 Ncm.

Wśród FAQ (Frequently Asked Question), pytań często zadawanych przez klientów chcących zakupić silnik krokowy, pojawia się pytanie następujące: Jakiej wielkości silnik będzie odpowiedni, jeśli potrzebuję podnieść niewielki ciężar? Zauważmy, iż to pytanie ma zarówno sens względem zwykłych szczotkowych silników prądu stałego, jak i w odniesieniu do silnika krokowego. Odpowiedź na tak postawione pytanie nie jest jednoznaczna. Wielu klientów bywa zniesmaczonych, jeśli w odpowiedzi pada konieczność dopowiedzenia dodatkowych danych i przeprowadzenia prostych rachunków. Ponieważ kwestia ta jest równie ważna jak i prosta, to uzasadnia aby ją tu jednoznacznie wyjaśnić. Do postawionego wyżej pytania trzeba koniecznie dodać prędkość obrotową wału, przy której oczekujemy „jakiegoś" momentu siły. *Od Red. EdW: Tak jak w ruchu posuwistym, siła razy prędkość stanowi moc, tak w ruchu obrotowym musimy przemnożyć moment siły przez prędkość kątową (wyrażoną w RPM, ilości obrotów na minutę jak podają inżynierowie technicy, lub w radianach na sekundę jak wolą fizycy). I dopiero tą wielkość możemy konfrontować z fizyczną wielkością silnika. Ale ..., jeszcze krótka powtórka z lekcji fizyki na poziomie szkoły podstawowej: Siła razy przesunięcie, to praca. Praca wykonana w jednostce czasu to moc. A przesunięcie w jednostce czasu to prędkość. Tak jest w ruchu postępowym. W ruchu obrotowym nie ma „przesunięcia" (liniowego). Tym samym nie ma w istocie „czystej siły". Przesunięcie jest kątowe, a siłę zastępuje jej iloczyn z ramieniem, co właśnie nazywane jest momentem siły (i moment ten nie ma nic wspólnego z potocznym rozumieniem tego słowa). Moment siły razy kąt obrotu to też praca, a więc moment siły razy „szybkość obrotu" wyznacza moc (w tym przypadku silnika). Może jeszcze krótko, dlaczego moment siły razy kąt obrotu wyznacza pracę włożoną „na odcinku" obrotu: Załóżmy, że dysponujemy siłą 1 Newtona na ramieniu jednego metra. Jeśli dokonamy obrotu o 1 radian, to siła 1 N dokona przesunięcia 1 m. A więc wykona pracę 1 Nm, czyli jednego Joule'a. Jeśli odbędzie się to w czasie 1 sekundy, to silnik pracował z mocą jednego Wata. Pojęcie siły i przesunięcia w ruchu obrotowym jest mało adekwatne. Na ramieniu 0,5 m będziemy mieli siłę 2 N. Prędkość obwodowa będzie dwukrotnie mniejsza, ale iloczyn pozostanie ten sam: 2 N×0,5 m=1 J. W elementach stojana i wirnika silnika*

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 35. Zależność pomiędzy siłą i przesunięciem oraz momentem siły

(dowolnego) działają jakieś siły, ale pojęciem adekwatnym widzianym z zewnątrz jest tylko moment siły i kąt obrotu wału, lub jego prędkość obrotowa niezbyt szczęśliwie wyrażana w RPM – ilościach pełnych obrotów na minutę.

Dodatkowe wyjaśnienie przywołanych tu pojęć pokazuje **rysunek 35**. I powiedzmy, że szukamy silnika, który podniesie widoczny na rysunku ciężarek o masie 1 kg na wysokość 1 m w czasie 1 sekundy. Ciężarek przymocowany jest do linki nawiniętej na rolkę o średnicy 50 mm, która umocowana jest na wale, osi poszukiwanego silnika.

Siła F jaką stanowi masa m jest równa iloczynowi m×a, gdzie „a" to przyśpieszenie. Jeśli nawet ciężarek jest w spoczynku, to „a" nie jest zerowe i należy tu podstawić przyśpieszenie ziemskie g=9,8 m/s². Zatem F=mg co dla jednego kilograma (masa) stanowi 1 kG (siła) = 9,8 N (newtonów). Moment siły jest równy iloczynowi F i odległości względem osi, dla której moment liczymy. Odległość należy liczyć wzdłuż kierunku prostopadłego do kierunku wektora F, co w sytuacji pokazanej na rysunku 35 odpowiada promieniowi rolki r. Inaczej: T=F×r = F×D/2. Średnica D=0,05 m, zatem T=0,245 Nm (lub 24,5 Ncm).

Wyliczona wartość T mogłaby odpowiadać momentowi trzymania. Postawiony wyżej warunek na wielkość momentu siły nie jest statyczny. Ma odpowiadać prędkości obrotowej, aby w zadanym czasie podnieść ciężarek na zadaną wysokość. Obwód rolki (na której nawinięto linkę z ciężarkiem) wynosi C=π×D=3,14×0,05 m=0,157 m. Dzieląc 1 metr przez obwód C, otrzymamy liczbę obrotów wału silnika, która powinna się dokonać w czasie jednej sekundy: 1 m:0,157 m=6,37. Przeliczając to na RPM (czyli liczbę obrotów na minutę) wystarczy otrzymaną wartość przemnożyć przez 60. 6,37×60=382 RPM.

Porównajmy postawione wymagania z parametrami czterech silników zestawionych w tabeli 8. Wydaje się, że silnik typ-2 lub typ-4 będzie odpowiedni. Potrzebujemy momentu siły 24,5 Ncm przy prędkości obrotowej 382 RPM. I wygląda na to, że w przypadku tych dwu silników mamy jeszcze niewielki zapas (momentu). Ale przeprowadzone wyżej rachunki nie uwzględniają wszystkich czynników. Co to znaczy, podnieść ciężarek m na wysokość h w czasie t? Jeśli stanem początkowym układu był spoczynek, to koniecznie trzeba uwzględnić dodatkowe przyśpieszenie. Czym krótszy czas założymy na dojście silnika do zadanych obrotów, tym większe będzie dodatkowe dynamiczne obciążenie, które przełoży się na moment siły na wale silnika. W rzeczywistych warunkach, nawet w stanie ustalonym, wcześniejsze obliczenia są niedoszacowane.

Załóżmy, że do powyższego przykładu rachunkowego dodamy warunek, iż od momentu włączenia silnika, układ ma dojść do założonej prędkości w czasie 0,05 sekundy. Wychodząc z prostego wzoru (trzeciego prawa Newtona) F=m×a, wcześniej jako „a" podstawiliśmy przyśpieszenie ziemskie g. Teraz mamy rzeczywiste „a", które obliczymy jako stosunek końcowej prędkości do czasu a=Δv/Δt=1 m/s:0,05 s=20 m/ s². To obciążenie dynamiczne ponad dwukrotnie większe od ciężaru statycznego (9,8 N). Obliczone „a" należy dodać do g, i w celu obliczenia momentu siły przemnożyć przez ramię (równe połowie średnicy D z rysunku 35). Podstawiając (20+9,8) m/s²×1 kg×2,5 cm=74,5 Ncm.

Od Red. EdW: w tym miejscu skorygowaliśmy obliczenia względem oryginalnego opracowania, gdzie autorowi wyszła wartość 111 Ncm. Nie mniej, pozostałe wnioski pozostają w mocy.

Teraz wydaje się oczywistym, że żaden z silników wg tabeli 8 nie spełni wymagań. Można szukać większego silnika. Jeśli dana aplikacja pozwoli na złagodzenie wymogów co do momentu siły (i wydłużenia „czasu rozruchu"), wówczas rozsądnym kompromisem może być zastosowanie silnika nr 4.

Przytoczony tu przykład liczbowy jest prosty i też nie uwzględnia wszystkich czynników. W szczególności oporów tarcia, które w praktyce są zawsze obecne. Chcieliśmy jedynie zwrócić uwagę jak ważnym kryterium jest sprecyzowanie momentu obrotowego i prędkości RPM, gdy poszukujemy silnika odpowiedniego dla zadanej aplikacji. *Od Red. EdW: W rzeczywistych warunkach, zastosowanie przekładni pozwala na wymienność wymogu co do momentu siły i prędkości obrotowej. Dlatego najbardziej kluczowym parametrem jest iloczyn tych dwu wielkości.*

Moc, moment obrotowy i nominalna prędkość obrotowa wału to parametry, które muszą być specyfikowane w każdym, nie tylko krokowym silniku. Projektując układ z silnikiem krokowym, dobra praktyka inżynierska nakazuje pozostawienie rozsądnego marginesu bezpieczeństwa względem rachunków, które jako przykładowe, w bieżącym punkcie opracowania przytoczyliśmy.

Histereza

Histereza jest pojęciem i zjawiskiem powszechnym w technice. Jest obecna niemal wszędzie i silnika krokowego zjawisko to też nie omija. Czasem histereza jest pożyteczna i celowa. Tutaj jest raczej nieuniknioną wadą. W poprzedniej części artykułu rozważaliśmy zalety i wady małego kroku obrotu silnika. Wydaje się, że jak najmniejszy kąt obrotu jest zaletą w specyfikacji którą może się pochwalić silnik krokowy. Ale wskazaliśmy też na możliwość braku odpowiedzi (obrotu) rotora spowodowanej tarciem lub zbyt małą zmianą pola magnetycznego odpowiadającego krokowi lub mikrokrokowi silnika. Zjawisko szczególnie dokuczliwe w układach serworegulacji, gdyż powoduje błąd położenia serwomechanizmu. Źródło histerezy może mieć zarówno naturę mechaniczną jak również jest obecne i nieuchronne w obwodach magnetycznych.

Zjawisko „mechanicznej" histerezy łatwo zobrazować następującym powiedzeniem: popchnij „coś" i zaobserwuj, czy po pewnym czasie układ wróci do początkowego stanu równowagi. Jeśli nie, to w układzie jest histereza.

Prędkość obrotowa

Prędkość kątowa definiowana jest jako szybkość zmian kąta położenia ciała obracającego się względem jakiejś osi. Jednostką jest stosunek kąta (który jest w istocie bezwymiarowy) do czasu. Czyli stosowanymi jednostkami jest: radian na sekundę bądź stopień kątowy na sekundę, lub liczba pełnych obrotów na minutę. W technice, w szczególności w przypadku silników popularną i powszechnie przyjętą jednostką jest RPM, aczkolwiek nie trudno znaleźć przelicznik względem Ω obecnego w wielu wzorach opisujących ruch obrotowy.

Zaawansowane sterowniki silników krokowych

W poprzedniej części artykułu omówiliśmy w miarę dokładnie driver z układem scalonym A4988. Spełnia on podstawowe wymagania dla silnika bipolarnego. Pozwala on na wybór kierunku obrotu i podstawowego kroku z możliwością pracy mikrokrokowej. W dalszej części, kontynując opis sterowników, będziemy rozróżniali pojęcia, które bywają często używane zamiennie, jako synonimy. Tzn. driver i kontroler (sterownik) silnika krokowego. A4988 był pełnowartościowym driverem. Pozwalał na wybór kroku i kierunku obrotu silnika. Jednak generalnie wymaga on zewnętrznego mikrokontrolera w większości swoich aplikacji. Stwarza także trudności w zastosowaniach do serwomechanizmów, gdzie istotny jest nie tylko obrót, lecz

eprasa.pl b5de55c280

Tabela 9. Porównanie driverów silnika krokowego z oferty Pololu.com								
Typ US drivera	Minimalne napięcie pracy (V)	Maksymalne napięcie pracy (V)	Maksymalny prąd ciągły/ na jedną fazę[1] (A)	Szczytowy prąd/na jedną fazę (uzwojenie)[2] (A)	Minimalny mikrokrok	Cechy szczególne		
A4988	8	35	1	2	1/16			
DRV8825	8,2	45	1,5	2,2	1/32			
DRV8834	2,5	10,8	1,5	2	1/32			
DRV8880	6,5	45	1	1,6	1/16	Auto-tune	Cyfrowe sterowanie wartością prądu	
MP6500 Pot	4,5	35	1,5	2,5	1/8			
MP6500 Digital				2		Cyfrowe sterowanie wartością prądu		
TB67S279 FTG	10	47	1,1	2	1/32	Auto Gain Control		ADMD
TB67S249 FTG	10	47	1,6	4,5	1/32	Auto Gain Control		ADMD
STSPIN 820	7	45	0,9	1,5	1/256			
STSPIN 220	1,8	10	1,1	1,3	1/256			
TB67S279 FTG	10	47	1,2	2	1/32	Auto Gain Control		ADMD
TB67S249 FTG	10	47	1,7	4,5	1/32	Auto Gain Control		ADMD
AMIS-30543	6	30	1,8	3	1/128	Interfejs SPI	Low-EMI PWM	Sprzężenie zwrotne w oparciu o Back EMF
TB67S128 FTG	6,5	44	2,1	5	1/128	Auto Gain Control		ADMD
DRV8711	8	50	4	6	1/256	Interfejs SPI	Sprzężenie zwrotne w oparciu o Back EMF	

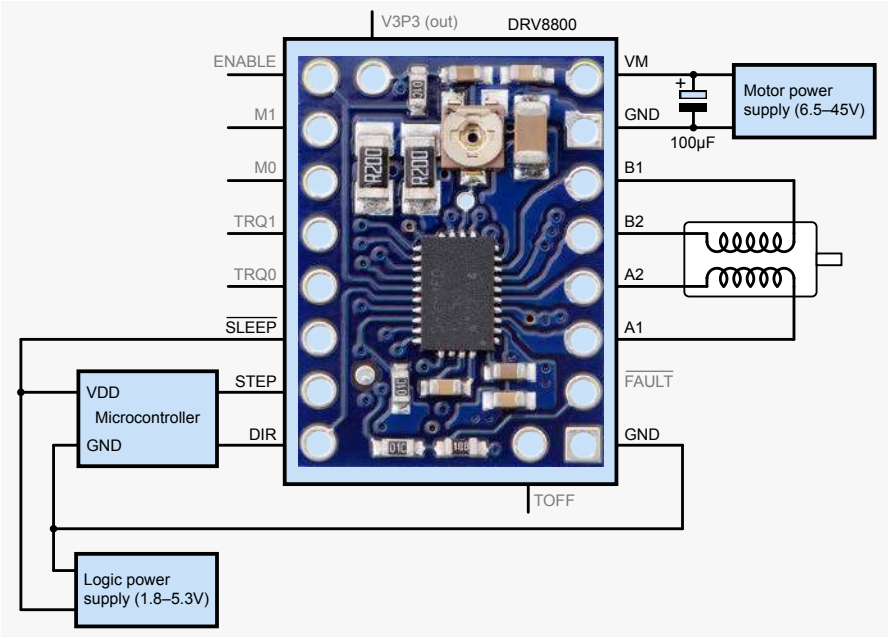
[1] układ scalony na „płytce nośnej" Pololu, w temperaturze pokojowej, bez dodatkowego chłodzenia
[2] teoretycznie maksymalny prąd, w przypadku US ulokowanych na breakout board, z dodatkowym wymuszonym chłodzeniem

i pozycja serwa. Zaawansowane sterowniki są bardziej rozbudowane i z reguły zawierają w sobie mikrokontroler. Jak większość układów programowalnych są bardziej wszechstronne w zakresie interfejsu w urządzeniach, które niekoniecznie wyposażone są w mikroprocesor.

W **tabeli 9** zebrano porównanie 15-tu układów scalonych drivera bipolarnego silnika krokowego, które są dostępne w ofercie Pololu.com. Oferowane są też moduły, czyli chip drivera wraz z płytką „breakout", co zdecydowanie ułatwia aplikację nie tylko ze względów montażowych. Większość cech wyszczególnionych w tabeli 9 jest zrozumiałych samo przez się i nie wymaga bliższych wyjaśnień. Oczywistym są np. minimalne czy maksymalne napięcie pracy jak również prądy, ciągły lub szczytowy na każdą fazę indukcyjności cewki silnika krokowego. Są jednak i cechy, które wymagają dodatkowych wyjaśnień. I na nich skupimy się w dalszym opisie bieżącej części opracowania.

Driver chip – DRV8880

Na **rysunku 36** pokazano moduł z driverem DRV8880, który oprócz funkcji podstawowych i wymaganych przez aplikację bipolarnego silnika krokowego, wyposażono w cechy „udoskonalone". Na przykład, na module widzimy potencjometr montażowy. Umożliwia on nastawę maksymalnego prądu, i w tym zakresie jest pełna zbieżność z driverem wykorzystującym układ scalony A4988 omówiony w poprzedniej części artykułu. Tutaj mamy dodatkowo piny oznaczone TRQ1



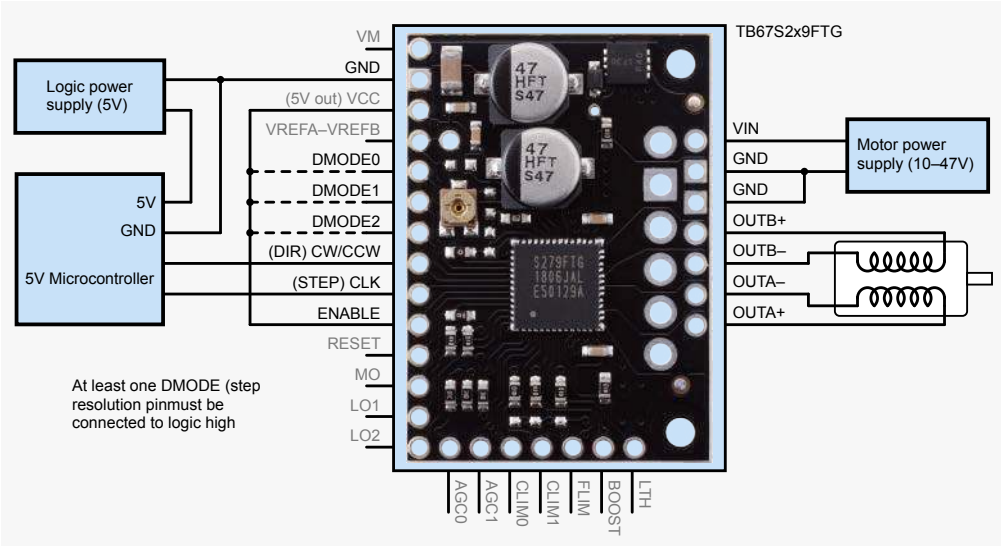
Rysunek 36. Moduł „breakout" z driverem DRV8880 firmy Texas Instruments (zdjęcie z oferty Pololu.com)

eprasa.pl b5de55c280

i TRQ2. To wejścia cyfrowe pozwalające na „skalowanie" ograniczenia prądowego w czterech krokach: 25%, 50%, 75% i 100%. To użyteczna cecha. Pozwala na redukcję prądu uzwojeń silnika, gdy nie jest wymagany pełny moment obrotowy i/lub prędkość kątowa wału. Cecha ta pozwala na łatwą implementację trybu „bezczynności" (idle), a użycie wejść cyfrowych (logicznych) wydaje się być łatwiejsze (niż „podkręcanie" potencjometrem).

Drugą cechą wyróżniającą driver DRV8880 jest tzw. tryb Autotune (to nazwa własna zastrzeżona przez firmę Texas Instruments). Pozwala na automatyczne „dostrojenie" prądu uzwojeń w zależności od aktualnego obciążenia silnika. Automatyka w tym zakresie pozwala także na kompensację efektów ubocznych, jak rozrzuty parametrów silników lub ich zmiana związana ze starzeniem. Z „autotune" związane jest pojęcie – current decay. Czas i zbocze narastania i opadania prądu (w indukcyjności) związane jest z regulacją PWM. Wolny „decay" skutkuje mniejszymi fluktuacjami prądu, ale za cenę gorszej dynamiki. Dlatego w zależności od potrzeb układ przełącza między trybem fast decay, slow decay lub mixed decay co nazywane jest auto- lub smart-tune. Niezależnie od zdolności adaptacji drivera, można wymusić trwale jeden z dostępnych trybów „decay mode". Do cech uszlachetniających tego drivera należą także obwody protection. Wśród nich jest zabezpieczenie nadprądowe, zabezpieczenie przed zwarciem na wyjściu, under-voltage przed zbyt niskim napięciem zasilania oraz zabezpieczenie termiczne, które wyłączy układ gdy temperatura wzrośnie powyżej 150°C. *Od Red. EdW: Zabezpieczenie termiczne pracuje z dość szeroką histerezą (35°C), a zabezpieczeń pod-napięciowych jest w rzeczywistości kilka. Kontrolowane jest nie tylko główne napięcie zasilania stopnia mocy H-bridge, ale i napięcie logiki i pompy ładunku. Szczególnie ważne wydaje się „charge pump undervoltage protection". Wszystkie tranzystory w stopniu mocy są MOSFET-ami typu N. Dlatego dla wysterowania górnych kluczy wymagane jest napięcie spoza zakresu zasilania H-bridge.*

Wśród wielu sterowników wyszczególnionych w tabeli 9, widzimy także inne unikatowe cechy, jak np. AGC. Auto Gain Control to funkcja od dawna stosowana we wzmacniaczach polegająca na automatycznej regulacji wzmocnienia (tu należałoby powiedzieć – Automatyczne Sterowanie wartością Wzmocnienia). Układy scalone firmy Toshiba, jak np. TB67S279FTG oferują tryb zwany Advanced Dynamic Mixed Decay. ADMD Toshiby działa na podobnej zasadzie jak „Mixed Decay Mode" firmy Texas Instruments. Aczkolwiek materiały reklamowe firmy Toshiba twierdzą, że architektura ich sterowników pozwala na dokładniejsze śledzenie zadanego prądu uzwojeń silnika krokowego. Płytkę drivera z układem scalonym TB67S2x9FTG pokazano na **rysunku 37**.



Rysunek 37. Driver silnika krokowego w postaci płytki breakout board firmy Toshiba z układem scalonym serii TB67S2x9FTG (zdjęcie za zgodą Pololu.com)

AGC

Automatyczna regulacja (sterowanie) wartością wzmocnienia w odniesieniu do sterownika silnika krokowego polega na dostosowaniu prądu uzwojeń (cewek) silnika do aktualnego obciążenia. Cecha ta pozwala na ograniczenie mocy w warunkach słabego obciążenia oraz na duży prąd uzwojeń tylko wtedy, gdy wymagany jest duży moment obrotowy. Kontrola momentu siły wraz z funkcją AGC zapobiega sytuacji zatrzymania wału silnika, minimalizując równocześnie straty mocy przekładające się na wzrost temperatury drivera. W wielu aplikacjach pozwala to uniknąć konieczności radiatora, mimo że sam układ scalony jest typu smd o stosunkowo dużej rezystancji termicznej względem otoczenia. W praktyce, nie jest możliwa dłuższa praca z maksymalnym prądem wysterowania uzwojeń, jaki oferują dane katalogowe drivera. Ograniczeniem są właśnie względy termiczne. Funkcja automatycznej regulacji „wzmocnienia" AGC jest tu bardzo pomocna zarówno z uwagi na temperaturę silnika jak i jego drivera. W wielu praktycznych aplikacjach silników krokowych duży moment obrotowy potrzebny jest tylko w krótkich odcinkach czasu.

Oferty wielu urządzeń naszpikowane są licznymi mało zrozumiałymi akronimami. W przypadku sterowników Toshiby obok ADMD umieszczany jest skrót ACDS. To Advanced Current Detection System. Technika tu zastosowana pozwala na kontrolę prądu uzwojeń silnika bez konieczności stosowania zewnętrznego niskoomowego rezystora pomiarowego (jak np. przypadku US DRV8880). Także zabezpieczenia: termiczne, nadprądowe, przed zwarciem lub „open circuit" czy under- i over-voltage, są już standardem nowoczesnych driverów dla silników krokowych, których „przedstawicieli" z oferty Pololu.com zebrano w tabeli 9. Ponadto, Pololu.com podaje, że ich płytki breakout board zabezpieczone są przed uszkodzeniem w przypadku odwrotnego podłączenia zasilania w zakresie napięcia do 40 V.

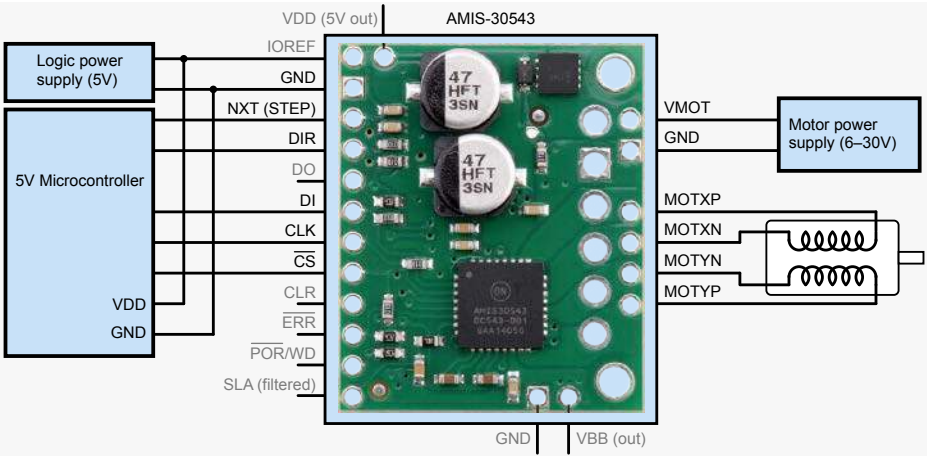
Driver AMIS-30543

Na **rysunku 38** pokazano płytkę drivera bipolarnego silnika krokowego z układem scalonym firmy ON Semiconductor AMIS-30543. Ten driver jest dostępny w ofercie Technobotsonline.com. To moduł konkurencyjny do pozostałych z oferty w tabeli 9. Można oczekiwać, że silnik z tym sterownikiem będzie pracował ciszej i mniej będzie się grzał. Aczkolwiek, z tym driverem jest jeden dodatkowy kłopot. Układ AMIS-30543 trzeba wstępnie zaprogramować. Nazywa się to inicjalizacją, a zapisane parametry nie są pamiętane po zaniku napięcia zasilania. Układ ten wyposażono w interfejs SPI i wydaje się, że dla sprostania wymogom inicjalizacji zewnętrzny mikroprocesor jest konieczny. W praktyce, najczęściej będzie to „jakiś" PIC lub np. Arduino. Magistrala i konieczność inicjalizacji układu stanowi istotne ograniczenie w aplikacjach

eprasa.pl b5de55c280

„standalone" mimo, że układ jest wyposażony w wyprowadzenia „step" i „direction", więc nie wszystko jest programowane magistralą szeregową (której implementacja jest raczej trudna bez mikroprocesora).

Dobrą wiadomością jest z kolei darmowa dostępność software-u w bibliotece dla Arduino. I to pozwoli prosto i tanio pokonać najtrudniejszy krok w aplikacji AMIS-30543. Intencją cyfrowej magistrali szeregowej jest z reguły ograniczenie liczby wyprowadzeń układu scalonego i daje szersze możliwości w zakresie wachlarza ustawień i parametrów pracy układu. Tutaj wewnętrzne rejestry przechowują informacje o poziomach zabezpieczeń, programowaniu mikrokroku itp. Redakcja „Practical Electronics" planuje artykuł z wykorzystaniem płytki AMIS-30543 w trzy-osiowej obrabiarce CNC. Dlatego bliższe informacje na temat wykorzystania tego drivera zostaną podane w tym opracowaniu.



Rysunek 38. Breakout board z driverem AMIS-30543 firmy ON Semiconductor; (foto za zgodą Pololu.com)

Podstawowe cechy są zbliżone do wcześniej omówionego sterownika i koncentrują się na zabezpieczeniu nadprądowym, „czuwaniu" nad temperaturą struktury układu scalonego, rozpoznaniu sytuacji rozwarcia „open coil", poprawności napięcia wytwarzanego przez pompę ładunku oraz tzw. SLA. SLA jest sygnałem wyjściowym i oznacza Speed/Load Angle. Sygnał ten oddaje wartość tzw. Back-EMF. To siła (napięcie) elektromotoryczna (Electro-Motive Force), a przedrostek „back" uzasadniony jest tym, że napięcie to ma zawsze przeciwną polaryzację do zasilania uzwojeń silnika. Monitorowanie pinu SLA pozwala rozpoznać sytuację zatrzymania osi-rotora silnika. W układach serworegulacji z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego, Back-EMF oddaje wartość przesunięcia fazy (kąta) położenia wału i napięcia indukowanego w uzwojeniach stojana silnika. Na tej podstawie można wnioskować o momencie siły obciążenia wału lub jego prędkości obrotowej (skąd nazwa Speed/Load Angle). SLA jest jedną z „uszlachetniających" funkcji, co daje obraz w jakim zakresie konstruowane są nowoczesne chip-y dedykowane dla pracy silników krokowych (ponad cechy podstawowe, które omawialiśmy we wcześniejszych częściach bieżącego opracowania).

Inne sterowniki silników krokowych

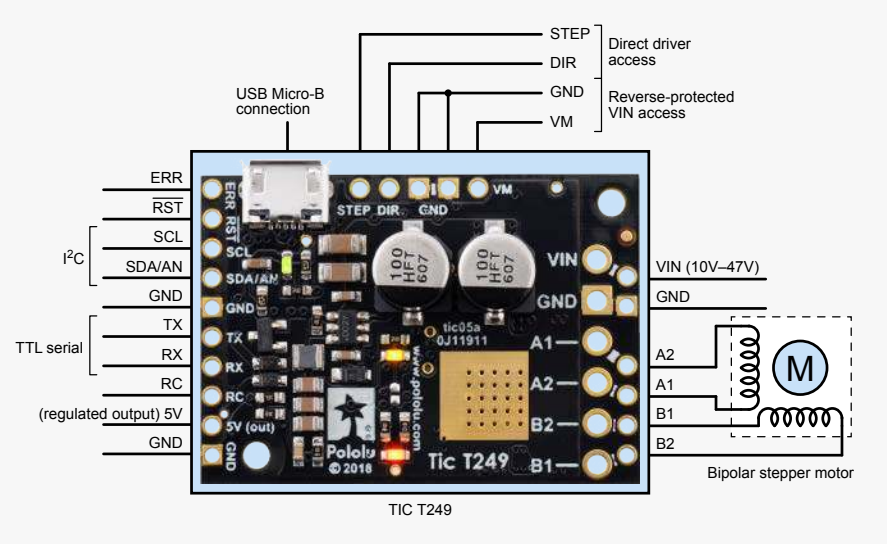
Wszystkie drivery, które dotychczas omówiliśmy, zawierają podstawowy interfejs pozwalający na wybór kroku (mikrokroku) i/lub kierunku obrotu silnika bipolarnego. W wielu zastosowaniach pożądanym jest „posiadanie" szerszych możliwości. Choć możliwości samego drivera mogą być ograniczone, rozbudowa o dodatkowe obwody pozwala na poszerzenie funkcjonalności. Pololu.com ma w ofercie szereg sterowników z przeznaczeniem dla bipolarnych silników krokowych, które nazywane są rodziną „Tic family". Poza podstawowym interfejsem pozwalającym na ustalenie kroku i kierunku obrotu, standardem jest sześć dodatkowych interfejsów:

- USB (bezpośrednie połączenie z komputerem),
- szeregowy TTL,
- protokół I²C – łączność z mikrokontrolerem,
- RC servo pulses (bezprzewodowa komunikacja drogą radiową),
- analogowe sterowanie wartością napięcia (potencjometr/joystick),
- enkoder kwadraturowy.

Większość ustawień dla sterowników rodziny Tic jest dostępnych poprzez darmowe oprogramowanie narzędziowe (dla systemów operacyjnych Windows, Linux i Mac). To zdecydowanie upraszcza inicjalizację i czyni przyjaznym użytkowanie tych kontrolerów. Dodatkowa funkcjonalność pozwala na testowanie i monitorowanie pracy systemu, jeśli tylko dysponujesz laptopem i kablem mikro-B USB.

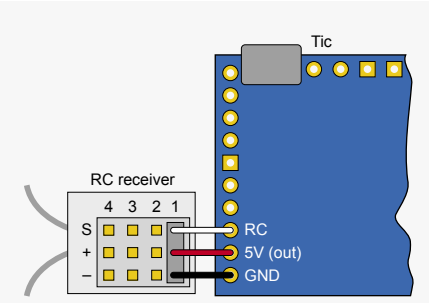
Tic T249

Tic T249 to przykład sterownika z „rodziny", którą po krótce omówiliśmy w poprzednim punkcie. Wygląd płytki wraz ze wszystkimi liniami wejścia/wyjścia pokazuje **rysunek 39**. Sterownik ten bazuje na układzie scalonym firmy Toshiba TB67S249FTG, który jest poprawioną wersją drivera TB67S279FTG omówionego wcześniej. Poza układem scalonym drivera oraz niewielu niezbędnych elementów biernych jego aplikacji, na płytce Tic T249 obecny jest także mikroprocesor rodziny PIC PIC18F45K50. Jego zadaniem jest realizacja interfejsów szeregowej komunikacji, których jest kilka, oraz wykorzystanie wszystkich, także programowych opcji samego drivera. Poza cechami i możliwościami układu scalonego drivera, płytka breakout

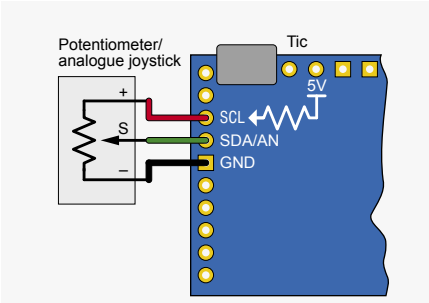


Rysunek 39. Sterownik Tic T249; (foto za zgodą Pololu.com)

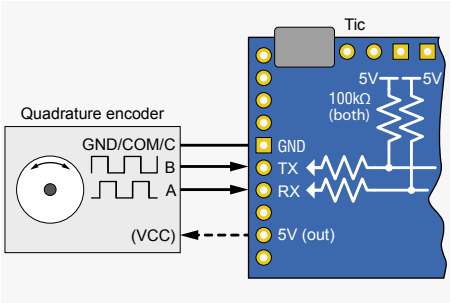
eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 40. Interfejs odbiornika radiowego RC z kontrolerem Tic działającym jako serwo; (foto za zgodą Pololu.com)



Rysunek 41 Połączenie potencjometru z kontrolerem Tic (foto za zgodą Pololu.com)



Rysunek 42 Interfejs kontrolera Tic z enkoderem kwadraturowym; (foto za zgodą Pololu.com)

board sterownika Tic T249 wzbogaca funkcjonalność o następujące możliwości:

- regulowany czas przyśpieszenia (opóźnienia) silnika
- maksymalna prędkość obrotowa: 50000 kroków/sekundę ; minimalna prędkość: 1 krok/200 sekund
- cyfrowo regulowane ograniczenie prądowe
- kalibracja wejściowa (uczenie się) i regulowany stopień skalowania dla sygnałów analogowych i RC
- opcjonalne wejścia wyłącznika krańcowego z możliwością bazowania
- opcjonalne wyłączenie wejść

Możliwości sterowania interfejsem I^2C, USB i TTL wymagałyby szerszego omówienie, i wykracza to poza ramy niniejszego opracowania. Mamy nadzieję, iż wrócimy do tematu w zapowiedzianym wcześniej artykule wykorzystującym praktyczną implementację sterownika Tic. Aczkolwiek, pokrótce rozwiniemy jeszcze funkcjonalność sterownika w zakresie trzech opcji: RC, sterowania analogowego i współpracy z enkoderem.

Serwo sterowane radiowo (RC Servo)

Wielu czytelników bawiło się modelami sterowanymi radiowo. Dzięki temu są oni zaznajomieni ze współpracą mechanicznych rozwiązań serworegulacji i ich współpracy z odbiornikami sygnałów radiowych. Na potrzeby tego typu układów ustalono standard przemysłowy działający w oparciu o czas trwania impulsu PWM. Impulsy przesyłane są w odstępach 20-to milisekundowych, a ich szerokość w zakresie 1-2 msek. 1 milisekunda interpretowana jest jako – ruch (joystick-a) w dół, 2 ms – to ruch w górę, a 1,5 ms jest położeniem neutralnym. Na **rysunku 40** pokazano połączenie płytki Tic z odbiornikiem RC-receiver. W tym przypadku Tic reprezentuje serwomechanizm. Jednak, w odróżnieniu od tradycyjnego serwa, system pracuje w układzie otwartym. To znaczy, brak jest sprzężenia zwrotnego pozwalającego na identyfikację położenia mechanizmu. Aby jednak umożliwić detekcję położenia, przewidziano pozycję bazową zwykle opartą na tzw. krańcówkach.

Konfiguracja wg rysunku 40 jest też pozbawiona sprzężenia zwrotnego, aczkolwiek można ustalić i przypisać szerokości impulsu, zadaną ilość kroków układu mechanicznego w określonym kierunku.

Jeśli Tic działa jako „speed controler" (ESP Electronic Speed Controler), zdefiniowano inny tryb współpracy z odbiornikiem radiowym RC. Szerokość impulsu nie jest odniesiona względem położenia i/lub ilości kroków (prawo/lewo, góra/dół), a odpowiada wtedy prędkości obrotowej i kierunkowi obrotu osi silnika. Zakres regulacji jest mocno ograniczony, gdzie 1,5 ms oznacza spoczynek, 1 ms – obroty wstecz, a 2 ms – pełne obroty do przodu. Choć mamy tu tylko obroty (bez liczenia kroków silnika), tryb ten działa dobrze jedynie przy współpracy kontrolera z silnikiem krokowym.

Sterowanie analogowe

W tym trybie, zamiast czasu szerokości impulsów, wykorzystywany jest sygnał analogowy. W praktyce, napięcie DC, które może pochodzić z potencjometru, analogowego joysticka lub przetwornika DAC. W tym trybie też są dwie opcje, gdy sygnał analogowy reprezentuje położenie lub prędkość obrotową silnika. Prosty interfejs sygnału analogowego z płytką Tic pokazano na **rysunku 41**.

Enkoder położenia

W typowej aplikacji silnik krokowy pracuje w układzie otwartym, co należy rozumieć bez sprzężenia zwrotnego identyfikującego jego położenie. Ponieważ zawsze istnieje ryzyko zgubienia kroku, wymyślono rozwiązanie pośrednie. Układ sterujący zlicza kroki silnika w każdym kierunku, aczkolwiek jest pozycja bazowa, która zeruje liczniki niezależnie od tego, czy ich wartość jest bezbłędna, czy system „się pogubił". To typowe rozwiązanie w maszynach, obrabiarkach CNC. Kroki zliczane są od tej bazowej pozycji, którą zwykle wyznacza przełącznik-krańcówka. Licząc kroki silnika od tego momentu można przyjąć, że system „wie gdzie jest". Jeśli jednak krok zostanie zgubiony, np. w wyniku przeciążenia na wale, nieunikniony jest błąd między faktycznym położeniem, a „wiedzą" sterownika na temat położenia układu wykonawczego. Konserwatywnym rozwiązaniem problemu jest ograniczenie szybkości serworegulacji i zapas momentu obrotowego, aby ograniczyć ryzyko gubienia kroków. Alternatywą jest praca w układzie zamkniętym, ze sprzężeniem zwrotnym. Feedback można zapewnić przy pomocy enkodera, który może być liniowy lub obrotowy. Sterownik Tic T249 generalnie nie jest przewidziany do pracy w zamkniętej pętli z „mechanicznym" sprzężeniem zwrotnym. Można jednak zastosować enkoder kwadraturowy wg **rysunku 42**. „Kwadratura" oznacza dwa sygnały przesunięte w fazie o 90°, co pozwala na określenie sumarycznego kąta obrotu wału silnika i jego kierunku.

Podobnie jak w przypadku serwa sterowanego radiowo RC, czy analogowo, tu też są dwie opcje, gdy sygnałem wykonawczym jest pozycja (położenie wału silnika) lub jego prędkość. Przykładowe rozwiązanie można znaleźć pod adresem: http://bit.ly/pe-feb20-hand.

W pięcioczęściowym artykule bynajmniej nie wyczerpaliśmy tematu silników krokowych. Przedstawiliśmy podstawowe informacje na temat budowy i działania silników, a także nierozerwalnie związanymi z nimi driverami i kontrolerami. Pokazaliśmy zarówno rozwiązania proste, które można wykonać samodzielnie z powszechnie dostępnych elementów, jak i omówiliśmy sterowniki zaawansowane. Autor ma nadzieję, iż udało się rozwiać szereg mitów i niechęci użycia tych podzespołów we własnych projektach. Kontynuacją tematu będzie projekt trzy-osiowej obrabiarki CNC, w której wykorzystamy i poznane dostępne elementy i zdobytą wiedzę. ■

Paul Cooper

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", luty 2020 (www.epemag3.com)

eprasa.pl b5de55c280

Programowanie wizualne z XOD

XOD ARDUINO

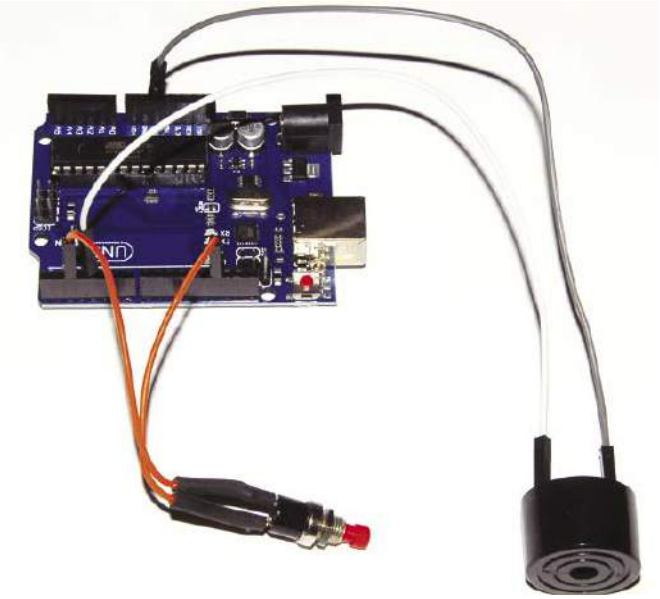
Czasomierz wyzwalany i programowany pojedynczym przyciskiem

Nasz świat obfituje we wszelkiego rodzaju czasomierze. Mamy je w smartfonach, piekarnikach czy nawet w zegarkach naręcznych. Dlaczego więc potrzebujemy projektu takiego jak ten?

Z dwóch powodów. Po pierwsze, dla „standardowych" odcinków czasu, których potrzebujesz, taki czasomierz można ustawić momentalnie, znacznie szybciej niż bawiąc się telefonem lub podobnym urządzeniem. Po drugie może on być łatwo podłączony do jakiegoś urządzenia jakie potrzeba włączać na jakiś czas lub sygnalizatora dźwiękowego, który włączy się po określonym czasie.

Przykład użycia? Za pomocą czasomierza i przekaźnika półprzewodnikowego steruję lutownicą. Wciskam przycisk raz i lutownica pozostaje włączona 15 minut. Kolejne wciśnięcie przycisku wydłuża ten czas o kolejne 15 minut. Rozumiesz ideę?

Tak więc zamiast patrzeć jak lutownica jest wciąż włączona od ostatniego użycia, co często się zdarza, timer daje mi dźwiękowe ostrzeżenie, gdy jest tuż przed wyłączeniem dla oszczędzenia energii.



Rysunek 1. Minutnik – ultraszybki w obsłudze, konfigurowalny przez użytkownika, złożony z Arduino Uno, przycisku i brzęczyka

Mamy tu dwa kluczowe aspekty czasomierza:

1. Przycisk – jako jedyny element kontrolny. Każde naciśnięcie wydłuża czas włączenia o ustalony w programie czas.
2. Wielkość przyrostu czasu jest zaszyta w oprogramowaniu.

Tak więc, jeżeli ustawisz przyrost czasu na 120 s i naciśniesz przycisk 3 razy, to otrzymasz 6 minutowy czas impulsu wyjściowego.

Jeżeli chcesz przerwać odmierzanie czasu w dowolnym momencie po prostu naciśnij przycisk na dłuższy czas. Naciśnięcie takie kasuje także alarm dźwiękowy gdy trwa.

Inny przykład użycia? W starszych samochodach spryskiwacz szyb działa tylko tak długo jak długo naciskasz przycisk. Z naszym timerem oraz przekaźnikiem lub modułem MOSFET, spryskiwacz działa od 5 do 15 s w zależności od ilości naciśnięć przycisku. W tym zastosowaniu brzęczyk nie jest podłączany.

Używam tego typu timera w jednym z samochodów od 8 lat i jego atrakcyjność nigdy nie spadła.

Sprzęt...

Timer wykonano na bazie modułu Arduino Uno. Płytki te są dostępne bardzo tanio.

Aczkolwiek jest mały haczyk. Wiele z nich używa nietypowego układu do komunikacji USB co wymaga wyszukania odpowiedniego sterownika Niektórzy użytkownicy twierdzą, ze Windows samodzielnie potrafi znaleźć sterownik, ale ja musiałem ściągnąć swój ze strony: http://bit.ly/pe-may20-xod.

Jeżeli jesteś początkującym Arduinonautą, to korzystaj raczej z oficjalnych produktów, bo one nie potrzebują specjalnych driverów. Jedyne elementy dodatkowe to: przycisk niestabilny zwierny i brzęczyk na 5 V (z wbudowanym generatorem).

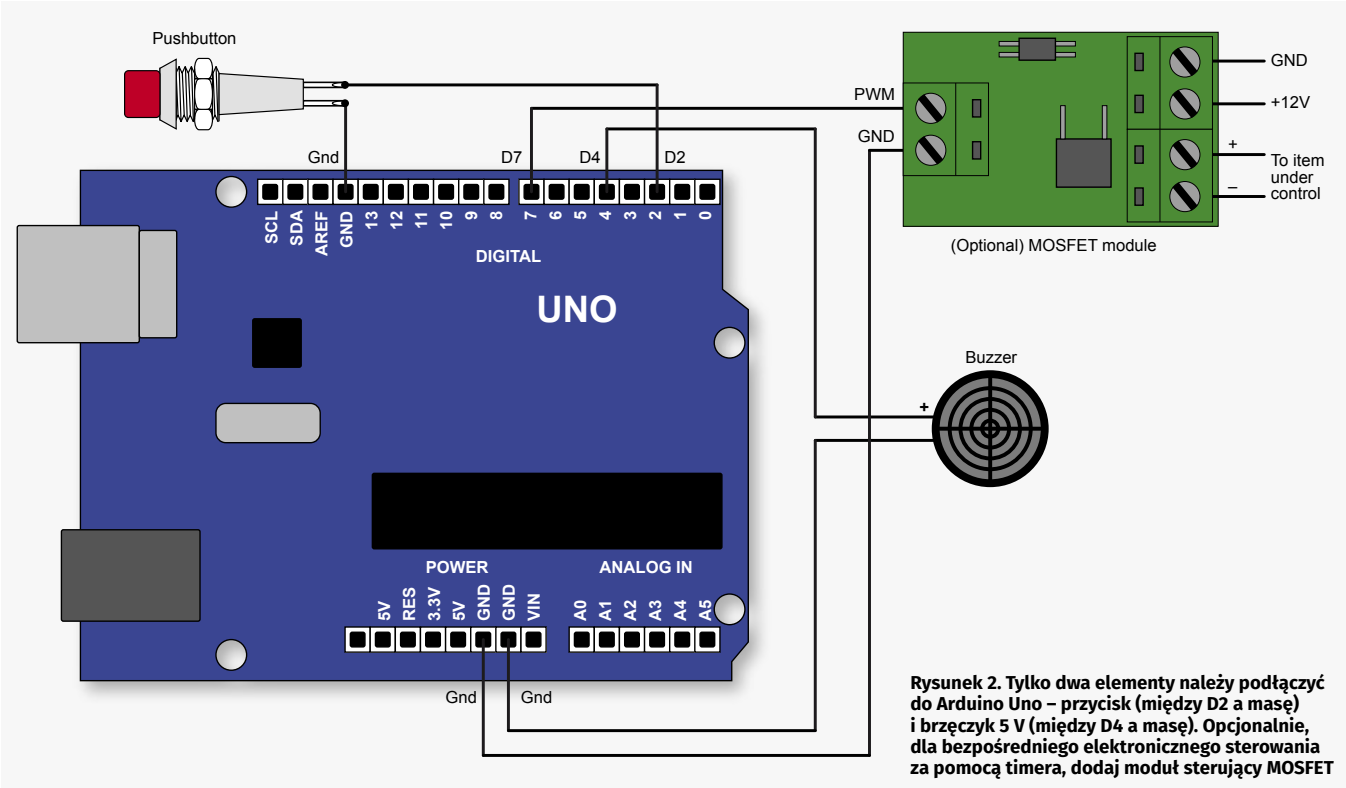
Rysunek 2 pokazuje połączenia i numery portów (wszystkie cyfrowe – tj „D") to:

D2 Przycisk (bez podciągania zewnętrznego)

D7 Wyjście aktywowane podczas odmierzania okresu czasu (np. steruje półprzewodnikowym przekaźnikiem lub modułem MOSFET)

D4 Brzęczyk (5 V)

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 2. Tylko dwa elementy należy podłączyć do Arduino Uno – przycisk (między D2 a masę) i brzęczyk 5 V (między D4 a masę). Opcjonalnie, dla bezpośredniego elektronicznego sterowania za pomocą timera, dodaj moduł sterujący MOSFET

D13 Opcjonalna dioda LED (na płytce Arduino)

Jeżeli chcesz dodać płytkę wykonawczą z tranzystorem MOSFET, to wiele jest dostępnych, np. na eBay: Moduł Sterownika PWM MOSFET 3–20 V. W czasie pisania artykułu pozycja 303491652040 była dostępna za 2,80 funta (obecnie 3,94 funta).

Jest to płytka do zastosowań PWM, chociaż w tym zastosowaniu jest to funkcja niewykorzystana. Ale cena jest zachęcająca, nieprawdaż?

Software

Program timera („szkic") napisano w języku programowania XOD (wymawiane ZOD), wolnym graficznym oprogramowaniu łatwym do opanowania i zmian.

Dla wprowadzenia do XOD zajrzyj do numeru EdW 03/2023.

Po instalacji platformy XOD ze strony **https://xod.io/downloads/**), możesz ściągnąć program timera ze strony PE z majowego numeru (2020) i po kompilacji, wgrać do Arduino.

Popatrz na **rysunek 3**, który pokazuje program w języku XOD. Tylko na pierwszy rzut oka rysunek mrozi pianę w ustach. W rzeczywistości sam program daje się rozbić na bloki funkcjonalne.

Rozpoczynając od góry, od czerwonej ramki: wejście z przycisku zwiększa licznik **count**. Za każdym razem gdy wciskany jest przycisk, zmienna **count** jest zwiększana o wartość **step.** To daje nam okres wyjściowy. Wartość ta jest przekazywana do węzła **delay**, który z kolei steruje przerzutnikiem flip-flop. Włącza się on na czas impulsu wyjściowego.

Połączenie od **count** do **delay** jest przez węzeł „if long hold". Popatrzmy teraz na żółtą ramkę. Gdy odmierzany czas się kończy inny przerzutnik włącza brzęczyk na czas **length of alarm.**

Opóźnienie włączenia (nawet kiedy jest ustawione na zero) zapobiega krótkiemu pięknięciu brzęczyka przy włączaniu. Na górze, z lewej (brązowa ramka) jest węzeł **click hold** określający czy przycisk wciśnięto krótko czy długo. Jeżeli długo (domyślnie 0,5 s) to okres czasu jest zerowany. Podobnie długie naciśnięcie i zwolnienie kasuje brzęczyk.

Zauważ jak inne wejście z tego samego przycisku (zielona ramka) obsługuje brzęczyk przy każdym jego wciśnięciu, dźwiękowo potwierdzając ilość wciśnięć.

Finalnie, biała ramka pokazuje węzły użyte do migania diodą LED na płytce Arduino kiedy zmienna **count** jest większa od zera, tj. gdy timer jest aktywny. Sterowany jest pin D13, który może także sterować diodą zewnętrzną.

W programie są trzy definiowalne wartości:

- Wartość przyrostu czasu
- Czas trwania brzęczyka na zakończenie odmierzania czasu
- Czas wciśnięcia przycisku uznawany za długi

Wszystkie te wartości są w sekundach. Można je łatwo zmienić klikając na pole VAL i wpisując inną wartość w lewym dolnym rogu ekranu.

Możliwości użycia

Jeżeli chcesz użyć projektu jako samodzielnego to możesz zasilać go z 5 V przez USB, a płytkę Arduino, przycisk i brzęczyk umieścić w jednej obudowie. Jeżeli montujesz timer w innym sprzęcie upewnij się, że dostępne jest zasilanie 5–12 V. Przełączanie zasilania sieciowego jest najbezpieczniej wykonywane przekaźnikiem półprzewodnikowym mającym wyraźnie oznakowane wyprowadzenia.

Konkluzja

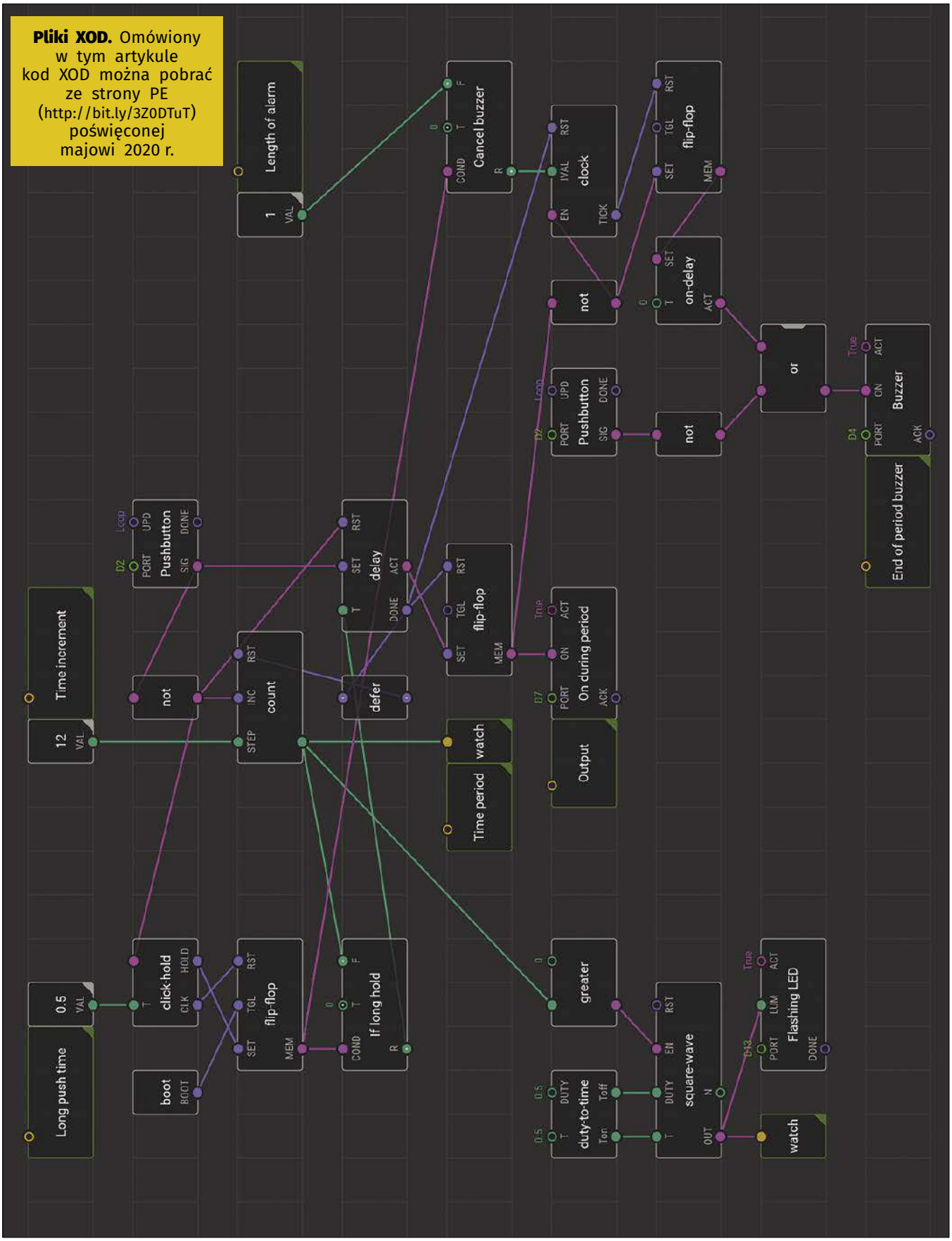
Dopóki nie użyjesz takiego timera jak ten, trudno opisać jak jest on przydatny.

Od gotowania jajek po włączanie światła na określony czas (np. automat schodowy z wydłużaniem czasu), od wyznaczania czasu ćwiczeń do przypominania o dziennej aktywności. Dzięki cudom nowoczesnej elektroniki „zrób to sam", wykonanie takiego timera nigdy nie było prostsze i tańsze. ■

Julian Edgar

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", maj2020 (www.epemag3.com)

eprasa.pl b5de55c280

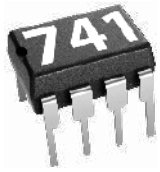


Rysunek 3. Szkic utworzony w języku graficznym XOD, Wymagany czas jest wybierany ilością wciśnięć przycisku (czerwona ramka), włączanie brzęczyka po upływie czasu realizuje fragment w żółtej ramce. Zielona ramka pokazuje jak obsługiwany jest przycisk programujący (z piknięciem potwierdzającym). Brązowa ramka – węzeł rozróżnia krótkie od długiego wciśnięcia, blok w białej ramce miga diodą LED podczas odmierzania czasu. Trzy wartości mogą być ustawiane przez użytkownika: przyrost czasu, czas alarmu i czas uznawany za długie wciśnięcie.

eprasa.pl b5de55c280

Praktyczny kurs op-ampów

3. Poznajmy bliżej układ 741

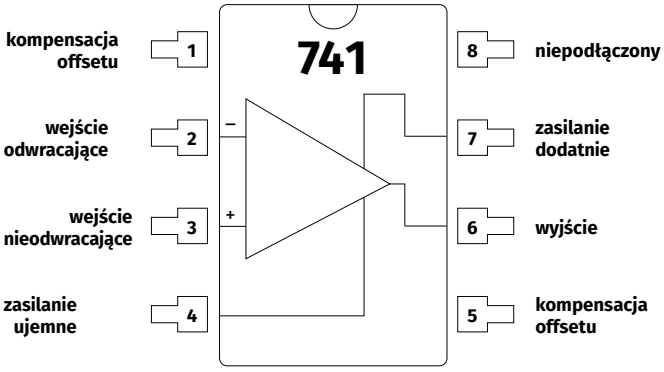


Układ 741 jest jednym z najbardziej uniwersalnych, popularnych i niedrogich wzmacniaczy operacyjnych (op-ampów), jakie kiedykolwiek ukazały się na rynku. Dlatego w naszym kursie używamy tego op-ampa jako podstawy wszystkich eksperymentów.

Ten op-amp jest dostępny na rynku w niezliczonych wersjach pochodzących od różnych producentów, takich jak:

- LM741
- UA741
- TL741
- µA741

Dostępny jest również w różnych obudowach, ale dla naszego kursu najbardziej odpowiednia jest wersja antyczna w obudowie DIL-8. DIL oznacza „Dual In Line", ponieważ piny wyprowadzeń ułożone są w dwóch rzędach. Wykorzystuje się siedem z ośmiu nóżek, zgodnie z poniższym schematem.



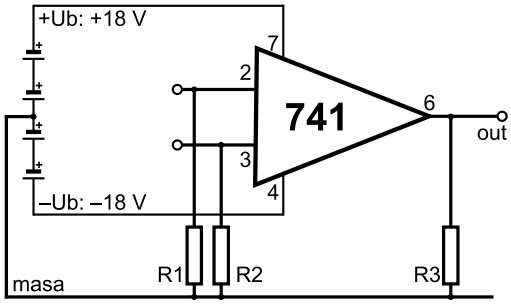
Dane dotyczące wyprowadzeń i obudowy DIL-8 w standardzie 741 © 2017 Jos Verstraten

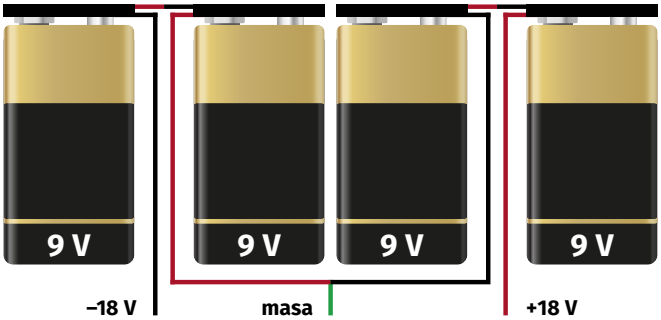
Osiem pinów wersji DIL-8 układu 741 pełni następujące funkcje:

1. kompensacja przesunięcia
2. wejście ujemne lub odwracające
3. wejście dodatnie lub nieodwracające
4. zasilanie ujemne
5. kompensacja przesunięcia
6. Wyjście
7. zasilanie dodatnie
8. niepodłączony

Zasilanie układu 741

741 posiada dwie końcówki zasilania na pinach 4 i 7. Między te dwa piny można podać maksymalne napięcie stałe 36 V. Najwygodniej jest jednak stosować symetryczne zasilanie +15 V i –15 V. Można oczywiście użyć do tego dwóch zasilaczy laboratoryjnych, ale w naszym kursie stosujemy cztery baterie 9 V. Rysunek obok pokazuje cztery baterie wraz z ich klipsami. Każdy klips ma czarny przewód dla ujemnego zacisku i czerwony dla dodatniego. Podłączasz czerwony przewód pierwszej baterii do czarnego przewodu drugiej baterii. Zrób to samo z drugą i trzecią oraz trzecią i czwartą baterią. Czarny przewód lewej baterii reprezentuje teraz ujemne napięcie zasilania –18 V, a czerwony przewód prawej baterii napięcie zasilania +18 V. Węzeł czerwonego przewodu drugiej baterii i czarnego przewodu trzeciej baterii reprezentuje „masę", wspólny punkt każdego obwodu. Punkt ten często określany jest jako „GND" od angielskiego „ground". Poniższy rysunek pokazuje też jak to się przedstawia schematycznie. Rezystory R1, R2 i R3 utrzymują oba wejścia i wyjście op-ampa podłączone do wspólnej masy.



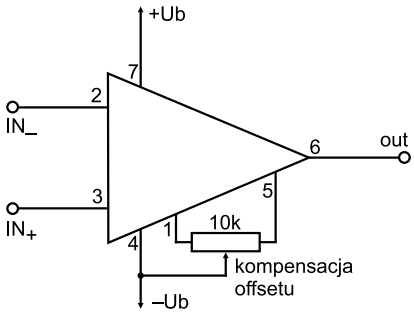


Symetryczne zasilanie z czterech baterii 9 V. © 2017 Jos Verstraten

Kompensacja offsetu

Zjawisko przesunięcia (offsetu) zostało omówione wcześniej.

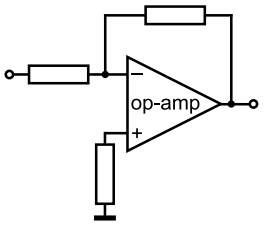
Układ 741 posiada dwa piny, oznaczone numerami 1 i 5, za pomocą których można skompensować offset. Jak widać na poniższym rysunku, pomiędzy te dwa piny musisz podłączyć potencjometr o wartości 10 kΩ. Suwak tego potencjometru jest podłączony do ujemnej szyny zasilania. To jak skompensujesz offset zależy trochę od układu, w którym pracuje 741. Zostanie to omówione w kolejnych częściach tego kursu.



Kompensacja przesunięcia we wzmacniaczu 741. © 2017 Jos Verstraten

eprasa.pl b5de55c280

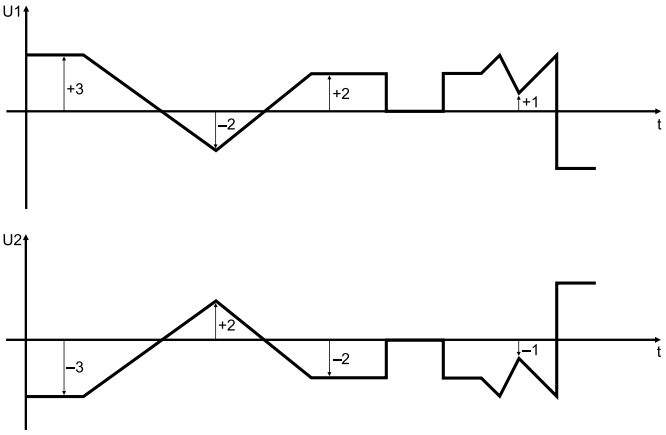
4. Inwerter



Często zdarza się, że chcesz zachować absolutną wielkość sygnału, ale musisz odwrócić znak sygnału. Na przykład weźmy wzmacniacz mostkowy, w którym musimy odwrócić znak sygnału audio, zanim podamy go do drugiego wzmacniacza mocy pracującego w mostku. Wzmacniacz operacyjny jest idealnym inwerterem.

Co to jest inwerter?

Dodatnie staje się ujemne, ujemne staje się dodatnie Pierwsze pytanie dotyczy jednak tego, co oznacza „sygnał odwrócony". Na rysunku poniżej przedstawiono sygnał U1 i odwrócony sygnał U2. Napięcie końcowe jest w wartościach bezwzględnych zawsze równe oryginałowi. Jeśli U1 wynosi +3 V, to U2 wynosi -3 V. Wielkość sygnału nie zmienia się, ale polaryzacja tak. Odwrotność lub inwersja sygnału powstaje, gdy odbijamy ten sygnał lustrzanie wokół poziomej osi zerowej.

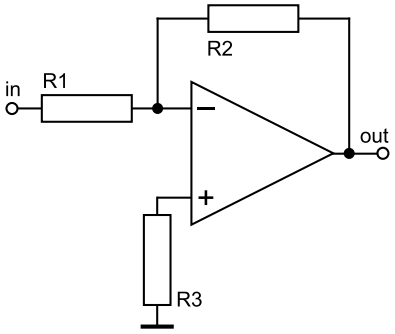


Wyjaśnienie pojęcia „odwrócenie sygnału". © 2017 Jos Verstraten

Inwerter z op-ampem

Tylko trzy elementy

Zbudowanie inwertera w układzie z tranzystorami to nie lada zadanie, natomiast op-amp rozwiązuje ten problem bardzo prosto – wymaga jedynie trzech rezystorów. Podstawowy schemat inwertera przedstawiono na poniższym rysunku. Sygnał wejściowy jest podłączony poprzez rezystor R1 do ujemnego wejścia op-ampa. Pomiędzy tym wejściem a wyjściem znajduje się tej samej wartości rezystor R2. Dodatnie wejście op-ampa jest połączone z masą poprzez rezystor R3 równy połowie wcześniej wymienionych rezystorów.

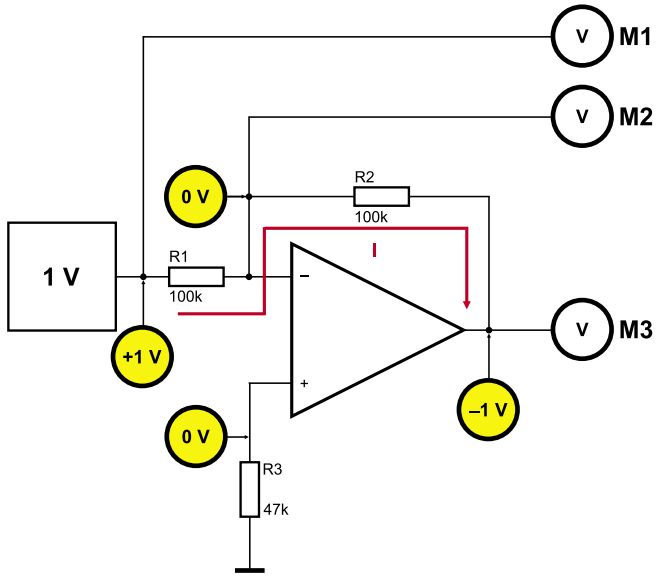


Schemat działania op-ampa jako inwertera. © 2017 Jos Verstraten

Inwerter w praktyce

Budowa obwodu eksperymentalnego

Na rysunku poniżej przedstawiono układ, za pomocą którego można sprawdzić działanie inwertera. Dodatnie wejście op-ampa jest uziemione przez rezystor R3. Nie dziwi więc fakt, że w punkcie pomiarowym M2, podłączonym do wejścia ujemnego, odczytujesz 0 V. Wiemy już z poprzednich lekcji, że op-amp dąży do uzyskania minimalnej różnicy napięcia między swoimi dwoma wejściami. Jeśli na wejściu dodatnim jest 0 V, to układ będzie starał się ustawić wejście ujemne również na 0 V. Efekt inwersji udowadnia się przykładając do wejścia (punkt pomiarowy M1) napięcie np. +1 V i odczytując napięcie na wyjściu (punkt pomiarowy M3). Wynosi ono –1 V.



Działanie inwertera. © 2017 Jos Verstraten

Objaśnienie działania Impedancja wejściowa op-ampa jest bardzo duża w porównaniu z wartością rezystorów R1 i R2. Rezystory R1 i R2 znajdują się w szeregu pomiędzy wejściem i wyjściem obwodu. Przez to połączenie szeregowe płynie prąd I, którego wielkość zależy od wartości napięcia wejściowego i wielkości obu rezystorów. Prąd płynący do op-ampa przez wejście ujemne jest pomijalnie mały, ze względu na dużą impedancję wejściową. Ponieważ R1 i R2 są tej samej wielkości, spadki napięć przez oba rezystory będą takie same. Nie ma innej możliwości, bo prawo Ohma mówi, że spadek napięcia na rezystorze jest równy iloczynowi natężenia prądu i rezystancji. Obie wielkości są równe dla obu rezystorów.

Napięcie wejściowe odkłada się na R1, gdyż wejście ujemne jest na potencjale masy. Jeśli spadek napięcia na R1 jest równy napięciu wejściowemu, to z definicji musisz zmierzyć taki sam spadek napięcia na R2.

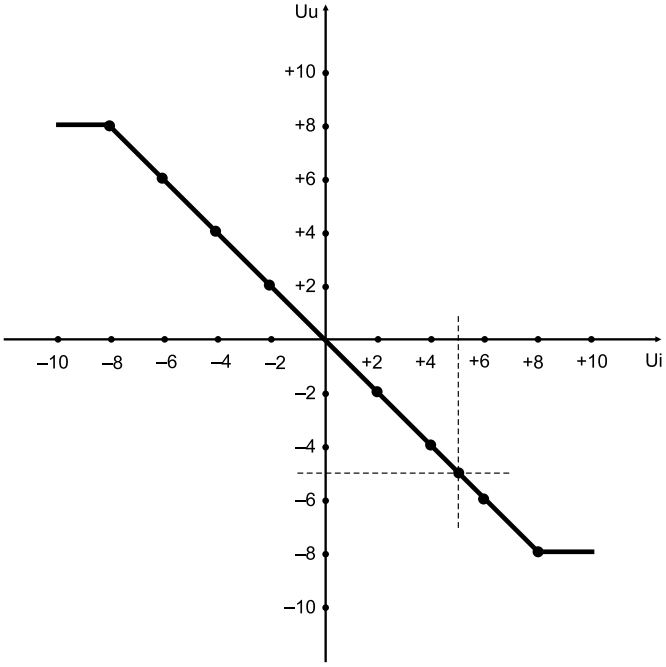
Ustaw napięcie wejściowe równe +1 V. Napięcie to odkłada się na R1, z pokazaną polaryzacją: lewy zacisk dodatni względem prawego. Ponieważ przez R2 płynie ten sam prąd w tym samym kierunku, napięcie na tym rezystorze musi mieć taką samą polaryzację, tj. lewą końcówkę rezystora dodatnią w stosunku do prawej. A ponieważ lewa końcówka rezystora R2 jest uziemiona, to na jej prawej końcówce musi być napięcie –1 V. Czyli dokładnie odwrotnie do napięcia wejściowego!

eprasa.pl b5de55c280

Charakterystyka przenoszenia

Zależność między napięciem **wejściowym a wyjściowym**

Ten eksperyment pozwala zapoznać się z pojęciem „charakterystyki przenoszenia". Jest to wykres, który pokazuje zależność między napięciem wyjściowym i wejściowym układu. Poniższy rysunek przedstawia charakterystykę przenoszenia wzmacniacza inwerterowego. Oś pozioma pokazuje napięcie przyłożone do wejścia, oś pionowa pokazuje napięcie na wyjściu.

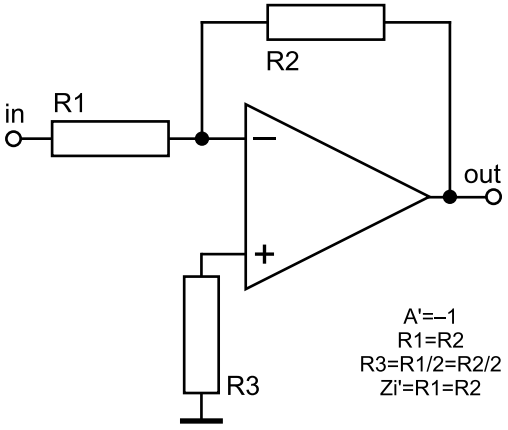


Charakterystyka przenoszenia inwertera. © 2017 Jos Verstraten

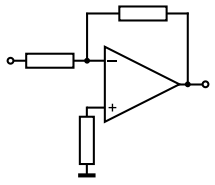
Dopóki charakterystyka jest linią prostą, to napięcie wyjściowe jest odwrotnością napięcia wejściowego. Dla wartości napięcia wejściowego bliskiej napięciu zasilania następuje nasycenie napięcia wyjściowego.

Podsumowanie

Na rysunku poniżej przedstawiono przegląd właściwości inwertera. Wzmocnienie układu A' jest równe –1. Znak minus oznacza działanie odwracające. Ważny jest wymóg, aby R1 był równy R2. Wszelkie odchylenia powodują, że napięcia wejściowe i wyjściowe nie są dokładnie równe (oczywiście w wartości bezwzględnej). Wartość R3 nie jest krytyczna, zazwyczaj rezystor ten dobiera się równy połowie R1. Z faktu, że wejście ujemne jest uziemione, wynika, że impedancja wejściowa układu jest całkowicie zdeterminowana przez wartość R1. Rezystor ten jest przecież podłączony do wejścia ujemnego, które znajduje się w potencjale masy. $R_{wejściowa}$ op-ampa nie odgrywa teraz żadnej roli!



5. Wzmacniacz odwracający



Wzmacniacz odwracający nie słynie z wysokiej impedancji wejściowej, jak jego odpowiednik wzmacniacz nieodwracający, ale stanowi podstawę wszelkiego rodzaju wzmacniaczy mieszających. Dlatego też warto zapoznać się bliżej z tym układem.

Schemat wzmacniacza odwracającego

Jeden op-amp, trzy rezystory Napięcie wejściowe jest podawane na ujemne wejście op-ampa przez rezystor R1. Pomiędzy tym wejściem a wyjściem znajduje się rezystor sprzężenia zwrotnego R2. Dodatnie wejście wzmacniacza operacyjnego jest połączone z masą poprzez rezystor R3.

Jeśli przerobiłeś poprzednie lekcje tego kursu, to zauważysz, że ten schemat przypomina jak dwie krople wody schemat „Op-amp jako inwerter". Ma to sens, ponieważ w rzeczywistości inwerter jest szczególnym przypadkiem wzmacniacza odwracającego, a mianowicie takiego, którego wzmocnienie wynosi dokładnie –1.

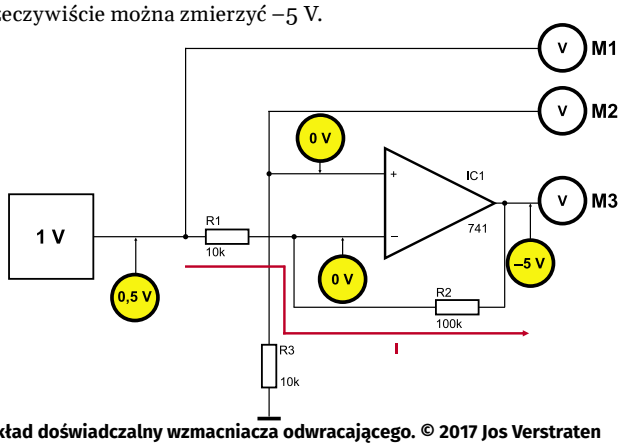
Obwód doświadczalny

Na poniższym rysunku schemat ogólny został zastąpiony konkretnymi wartościami rezystancji:

- R1 = 10 kΩ
- R2 = 100 kΩ
- R3 = 10 kΩ

Takie wartości rezystorów dają wzmacniacz x(–10). Znak minus wskazuje na inwersyjne działanie układu: jeśli napięcie wejściowe jest dodatnie, to napięcie na wyjściu będzie ujemne. Różnica między wartością bezwzględną napięcia na wejściu i wyjściu jest określona przez współczynnik wzmocnienia, który w przykładzie wynosi 10. Napięcie +0,5 V na wejściu skutkuje napięciem –5 V na wyjściu.

Zbuduj układ zgodnie z powyższym schematem. Podłącz wejście 1 V do napięcia stałego o wartości 0,5 V. Punkty M1, M2 i M3 to punkty pomiaru napięć woltomierzami, których drugi zacisk wejściowy jest podłączony do masy układu. Jeśli włączysz zasilanie, na M3 rzeczywiście można zmierzyć –5 V.



Układ doświadczalny wzmacniacza odwracającego. © 2017 Jos Verstraten

eprasa.pl b5de55c280

PRAKTYCZNY KURS OP-AMP

AVTEDW A11

ZBUDUJ SWÓJ TRENAŻER

I TESTUJ WZMACNIACZE OPERACYJNE RAZEM Z NAMI

AVT sklep

sklep.avt.pl

AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. +48 22 257 84 49, handlowy@avt.pl

eprasa.pl b5de55c280

Działanie układu

Jednakowe napięcia na obu wejściach Działanie układu można jak zawsze wytłumaczyć tym, że op-amp sprowadza różnicę napięć pomiędzy dwoma wejściami do zera. Wejście dodatnie jest ustawione na zero woltów, ponieważ to wejście jest uziemione poprzez R3. Zatem napięcie na wejściu ujemnym również będzie równe zeru. Napięcie 0,5 V odkłada więc na rezystorze R1 w taki sposób, że jego lewa końcówka jest dodatnia w stosunku do prawej. Prąd, który płynie przez R1 w wyniku tego spadku napięcia, nie może płynąć w innym kierunku niż przez R2.

Impedancja wejściowa op-ampa jest bardzo duża i nie obciąża stosunkowo mało impedancyjnego dzielnika rezystorowego R1/R2. Jeśli przez dwa rezystory płynie ten sam prąd, to spadki napięć na tych rezystorach są proporcjonalne do ich wartości. R2 jest dziesięć razy większy od R1, więc spadek napięcia na nim będzie również dziesięć razy większy niż na R1. Spadek napięcia na R1 wynosi 0,5 V, więc na R2 można zmierzyć napięcie 5 V. Ważna jest biegunowość tego napięcia. Ponieważ prąd I płynie przez oba oporniki w tym samym kierunku, biegunowość obu spadków napięcia również będzie identyczna. Lewa końcówka R2 jest więc dodatnia w stosunku do prawej. Ponieważ lewa końcówka R2 jest ustawiona na 0 V, na prawej końcówce musi być zatem napięcie –5 V.

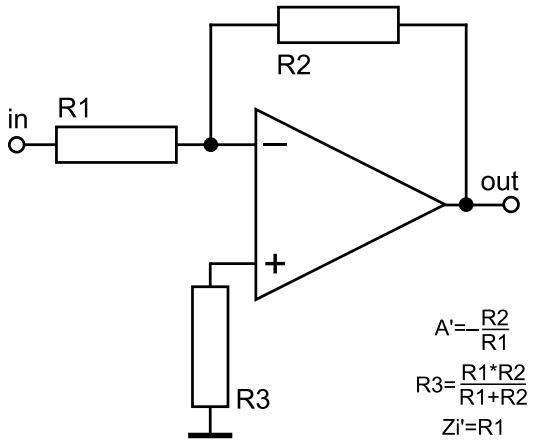
Współczynnik wzmocnienia

Wielkość ta jest określana przez stosunek rezystorów R2 i R1. Dla R3 ponownie wybieramy rezystancję zastępczą równoległego połączenia R1 i R2.

Impedancja wejściowa

Impedancja wejściowa jest całkowicie określona przez wartość rezystora R1. Ostatecznie wejście odwracające ma zawsze potencjał 0 V. Nazywa się to **„wirtualnym punktem masy”.** Punkt ten nie znajduje się tak naprawdę na masie, ale ma potencjał masy.

Z powodu tej właściwości wzmacniacz odwracający jest idealnym układem do projektowania stopnia, który musi mieć bardzo dobrze zdefiniowaną impedancję wejściową. Niektóre źródła napięcia (mikrofony!) wymagają określonej impedancji obciążenia, na przykład 47 kΩ. Dzięki wzmacniaczowi odwracającemu możesz nie tylko wzmocnić sygnał ze źródła napięcia, ale także zapewnić, że źródło jest obciążone właściwą rezystancją. Wystarcza zapewnić, aby wartość R1 była równa wymaganej rezystancji obciążenia.



Podsumowanie właściwości wzmacniacza odwracającego. © 2017 Jos Verstraten

Podsumowanie

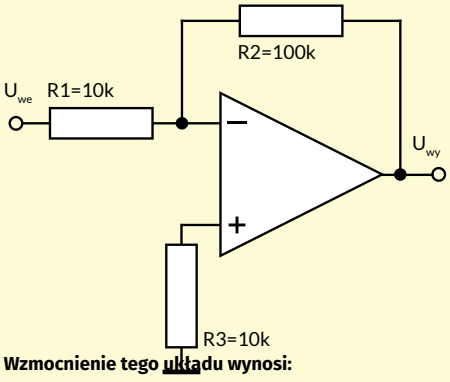
Jak zwykle ostatni rysunek tej lekcji podsumowuje najważniejsze właściwości wzmacniacza odwracającego. ■

Jos Verstraten

Quiz: Praktyczny kurs op-ampów

Układ 741 jest produkowany przez firmę:
- ☐ Motorola
- ☐ Analog Devices
- ☐ wiele firm w wielu wersjach

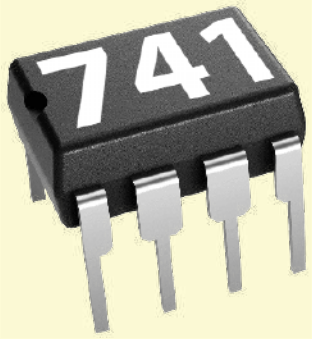
Rysunek przedstawia wzmacniacz odwracający.



Wzmocnienie tego układu wynosi:
- ☐ + 10
- ☐ – 10
- ☐ –11

Impedancja wejściowa wzmacniacza odwracającego przedstawionego na rysunku wynosi:
- ☐ 10 k
- ☐ 20 k
- ☐ 110 k

Wejście odwracające „–” wzmacniacza przedstawionego na rysunku ma potencjał:
- ☐ równy napięciu Uwe
- ☐ równy potencjałowi masy
- ☐ równy napięciu Uwy



Inwerter jest to wzmacniacz odwracający o wzmocnieniu:
- ☐ 0
- ☐ +1
- ☐ –1

Aby układ przedstawiony na rysunku w p. 2 działał jako inwerter należy dobrać właściwe wartości rezystorów R1, R2:
- ☐ R1=R2
- ☐ R1=2·R2
- ☐ R1=10·R2

Optymalna wartość rezystora R3 dla układu z rysunku w p. 2 wynosi:
- ☐ R3=R1
- ☐ R3=R2
- ☐ $R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

Różnica potencjałów na wejściach „–”, „+” op-amp wynosi:
- ☐ + 10 mV
- ☐ 0
- ☐ – 10 mV

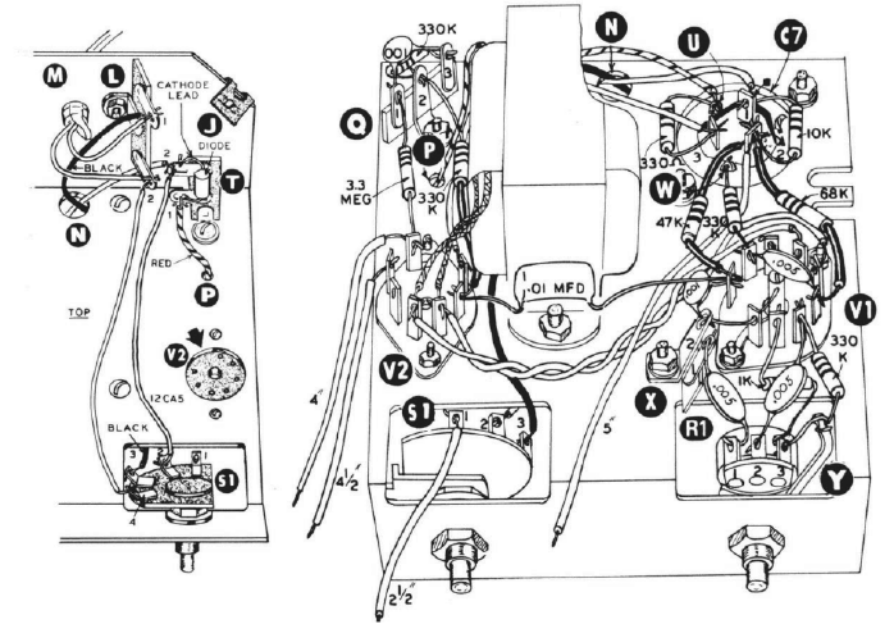
Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 28.04.2023.

eprasa.pl b5de55c280

Głos praktyka

Praktyczne techniki przekształcania pomysłów w projekty

Wprowadzenie do technologii montażu powierzchniowego, część 1



Rysunek 1. Oldschoolowe konstrukcje – (u góry) część wzmacniacza mocy zbudowanego bez użycia płytki drukowanej (zdjęcie dzięki uprzejmości Alana Winstanleya); (u dołu) przykład domowego projektu z 1962 roku – wizualno-aparatowy rejestrator sygnałów Heathkit Model IT-12.

Przez te wszystkie lata, kiedy magazyn „Practical Electronics" był w obiegu – pierwszy numer ukazał się w 1964 roku – nasze projekty były oparte na szerokiej gamie komponentów elektronicznych i technik lutowania. Układy scalone nie były szeroko dostępne w 1964 roku, z pewnością nie dla hobbystów; a w pierwszych dniach lutowaliśmy elementy w powietrzu tworząc konstrukcję tak zwanego pająka. Oczywiście używaliśmy tranzystorów, ale także lamp, które były tak duże, że wymagały metalowej konstrukcji (tzw. chassis) do ich umocowania na podstawkach. W tamtych czasach niektóre projekty były w tym samym stopniu mechaniczne jak elektryczne!

Trudno jest dokładnie określić, kiedy komponenty elektroniczne zostały po raz pierwszy wprowadzone do użytku publicznego; zależy to w dużej mierze od definicji „komponentu elektronicznego". Kondensatory w postaci butelki lejdejskiej prawdopodobnie pochodzą z XVIII wieku, działając jako prymitywne źródło energii elektrycznej – ale były ważne, ponieważ obwód nie może działać bez zasilania. Po nich pojawiły się wczesne baterie, cewki, w tym transformatory, oraz duże kondensatory płytkowe, wszystkie szeroko wykorzystywane przez naukowców, takich jak Faraday, Hertz, a później Marconi

eprasa.pl b5de55c280

do stworzenia wczesnych technologii komunikacyjnych, takich jak telefon, transmisja danych za pomocą kodu Morse'a i radio.

Wynalezienie lam próżniowych – najpierw diod, a następnie triod wykorzystujących technologię emisji termicznej (opartej na badaniach lamp rentgenowskich i żarówek) zapoczątkowało to, co obecnie nazywamy „elektroniką".

Druga wojna światowa była ogromnym impulsem dla rozwoju elektroniki. Masowa produkcja radioodbiorników, zastosowanie radaru i całej masy innych urządzeń stymulowały rozwój badań, które doprowadziły do ogromnej poprawy rozmiarów, jakości i ceny komponentów elektronicznych.

Wczesne zestawy

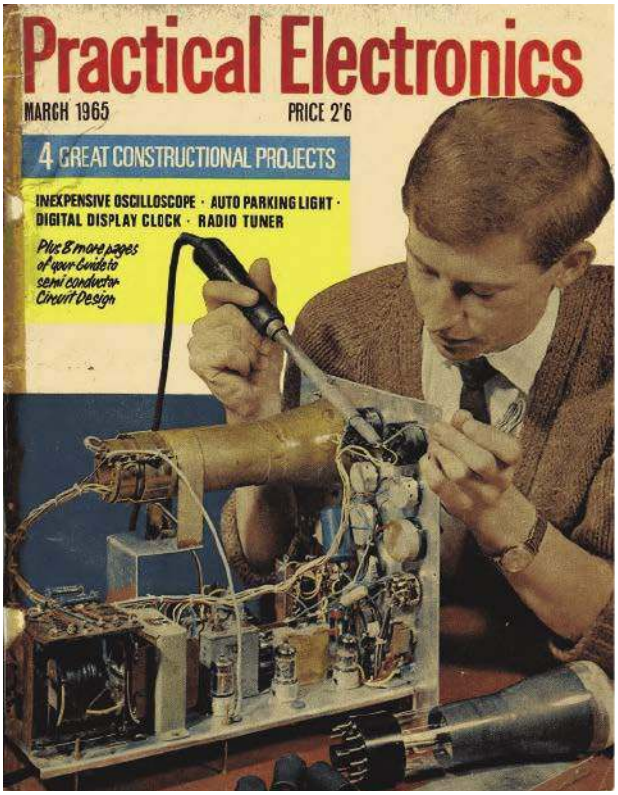
Podobnie jak dzisiaj, od dawnych hobbystów oczekiwano samodzielnego montażu układów, a zestawy firm takich jak Heathkit (które powstały w latach po II wojnie światowej) były oparte na projektach stworzonych z wojskowych nadwyżek komponentów, sprzedawanych po niskich kosztach pod koniec wojny. Instrukcje montażu Heathkita z tamtych czasów były dziełami sztuki; ich zestawy zawierały produkty od oscylatorów audio z kodem Morse'a po telewizory i oscyloskopy. Nawet 30 lat później, w latach 70., gdy dostępne były zaawansowane technologie produkcji, nowe produkty elektroniczne wciąż były oferowane w formie zestawów – komputer Acorn System 1 jest jednym z przykładów (autor wciąż ma swój). Początkowo układy były budowane z lamp elektronowych w dużych szklanych bańkach z nóżkami zaprojektowanymi dla dużych gniazd, do tego duże komponenty połączone długimi przewodami.

A narzędzia, których potrzebowaliśmy do zmontowania tych projektów były ogromne. Nie wspominając o konieczności noszenia krawata jak ten na **rysunku 2**! (Dla młodszych czytelników – w tamtych czasach nie było niczym niezwykłym noszenie dwu- lub trzyczęściowych garniturów przez pracowników fizycznych).

Z biegiem lat komponenty stawały się coraz mniejsze i pojawił się montaż na płytkach drukowanych. Kluczowym punktem zwrotnym dla przemysłu konsumenckiego było jednak udostępnienie komponentów do montażu powierzchniowego i zautomatyzowanych technologii produkcji.

Automatyzacja

Wraz z wprowadzeniem komponentów do montażu powierzchniowego, rozmiary komponentów, a nawet szpule, na których są dostarczane, zostały ustandaryzowane. Standaryzacja ta oznaczała, że projektanci maszyn, które będą trzymać, dozować, pobierać i umieszczać komponenty, mogli budować je według wspólnego standardu – standardu stosowanego przez wszystkich dostawców komponentów. Dzięki temu badania akademickie i przemysłowe skupiły się na skutecznych narzędziach do wykonania zadania, a gdy wszyscy producenci przyjęli te wspólne standardy, istniało uzasadnienie biznesowe dla inwestycji w badania i rozwój. Gdyby rynek był rozdrobniony przez dużą liczbę zastrzeżonych standardów wielkości i komponentów, postępy automatyzacji nie byłyby tak opłacalne, a ulepszenia technologiczne nie byłyby tak szybkie.



Rysunek 2. Montaż układu w stylu 1965 roku. Chcesz być na okładce – upewnij się, że nosisz krawat! (Dla ułatwienia młodszym i zagranicznym czytelnikom, cena „2,6" z 1965 roku to 12,5 pensa, czyli 0,125 funta).

Wraz z poprawą dokładności automatycznych maszyn „pick and place" na przestrzeni lat, rozmiary komponentów, które mogą być automatycznie umieszczane, zostały znacząco zmniejszone. Rezystor 4,7 kΩ 1/8 W, który wszyscy znamy i kochamy, nie musi mieć takich rozmiarów jakie ma; jak widać na **rysunku 3**, może być dużo mniejszy – i nie jest to najmniejszy rozmiar, z jakim może pracować automatyczna maszyna „pick and place"! Element zakończony wyprowadzeniami osiowymi ma taki rozmiar ze względu na te końcówki, nic więcej. Prawdą jest, że w przypadku specjalistycznych komponentów, pracujących przy bardzo wysokim napięciu lub bardzo wysokiej mocy znamionowej, ich rozmiary będą większe – ale ogromna większość komponentów umieszczanych w układach produktów konsumenckich pracuje przy bardzo niskim napięciu i bardzo niskiej mocy znamionowej, a komponenty te mogą być niewiarygodnie małe, a mimo to niezawodnie umieszczane przez maszyny na płytce drukowanej (PCB).

Powstanie SMD

Zastosowanie elementów do montażu powierzchniowego (SMD) powoduje również znaczące zmniejszenie rozmiarów płytki drukowanej, a co za tym idzie zmniejszenie wagi (jeśli jest to ważne) i kosztów, co zawsze jest istotne. Przy mniejszej wadze i bliższym kontakcie z płytką PCB, komponenty SMD są mniej podatne na naprężenia mechaniczne, zakładając, że zostały prawidłowo przylutowane do płytki.

W przypadku mniejszych komponentów sam proces lutowania staje się krytyczną częścią całego procesu produkcyjnego. Badania akademickie i przemysłowe koncentrują się na tym od dziesięcioleci i obejmują:

- Standaryzację wielkości komponentów.
- Projektowanie podkładek lutowniczych pod komponenty.
- Maska lutownicza.
- Pasta lutownicza.
- Umieszczenie komponentów.
- Proces lutowania.

Omówmy każdy z tych punktów po kolei. Pierwsze dwa punkty są w zasadzie takie same: jeśli producenci komponentów uzgodnią standardowe rozmiary komponentów, inżynierowie spędzają mniej czasu na projektowaniu na PCB nowych pól kontaktowych dla komponentów. Wynikające z tego ogólnoświatowe porozumienia mają duży wpływ nie tylko na zaoszczędzenie inżynierom wielu godzin pracy. Optymalizacja procesów lutowania i ogólne ulepszenia w zakresie niezawodności były o wiele bardziej skuteczne i szybciej przyjmowane, gdy wszystkie firmy były w stanie skupić się na tym samym problemie. Nawet niewielkie ulepszenia w projekcie kształtu pól lutowniczych, jeśli poprawiają niezawodność lutowania o choćby 1%, mogą mieć ogromny wpływ, gdy każda firma na świecie używa tego samego rozwiązania i może wprowadzić

eprasa.pl b5de55c280

Rysunek 3. Elementy przewlekane i ich odpowiedniki SMD: dokładnie ten sam element w różnych obudowach.

te same zmiany. To jest właśnie siła standaryzacji!

Maska lutownicza

Maska lutownicza to odporna na lutowanie warstwa powłoki nakładanej na płytkę PCB podczas produkcji. Jest ona automatycznie projektowana przez program CAD na podstawie standardowych konturów elementów, które umieszcza się na płytce PCB; nie jest to coś, co trzeba tworzyć odrębnie. Maska lutownicza jest kolorową warstwą (możesz wybrać kolor), która zarówno chroni miedziane ścieżki przed korozją, jak i działa jak repelent dla lutu – zmuszając każdy lut, który chce „pełznąć" między dwoma ścieżkami, by pozostał na polu kontaktowym, na którym ma się stopić. Jest to niezwykle ważne, ponieważ pady lutownicze komponentów są coraz bliżej siebie.

Pasta lutownicza

Warstwa pasty lutowniczej jest tworzona automatycznie na podstawie projektu rozmieszczenia komponentów. Określa ona obszary na płytce PCB, które powinny być odsłonięte w celu nałożenia cienkiej warstwy pasty lutowniczej.

Chociaż możliwe jest ręczne nakładanie pasty lutowniczej na płytki PCB, to oczywiście o wiele bardziej pożądana jest możliwość automatycznego nakładania pasty, bo to bardziej wydajny proces. Warstwa pasty lutowniczej to zbiór wielokątów, które określają miejsca, w których powinna być osadzona pasta lutownicza; producenci PCB biorą projekt tej warstwy i wycinają laserem arkusz cienkiej stali z otworami na pastę lutowniczą. Następnie, stosując stary proces sitodruku, ten cienki arkusz stali umieszcza się na płytce drukowanej i używając ściągaczki – przez robota lub ręcznie – nakłada się cienką warstwę pasty lutowniczej na płytkę drukowaną. Obecnie dostępne są drukarki atramentowe, które wykonują to zadanie, ale ręczne nakładanie jest nadal powszechne.

Umieszczanie komponentów

Następnie komponenty są układane na PCB przy użyciu bardzo szybkich maszyn typu „pick and place". Mógłbym napisać cały artykuł o tych fascynujących robotach, które mogą umieszczać elementy z prędkością do 100 000 części na godzinę i z dokładnością do 25 µm. Stanowią one zazwyczaj 50% nakładów na kompletną linię produkcyjną. Dla hobbystów są one bezpłatne – Ty jesteś tym robotem!

Proces lutowania

Sam proces lutowania ma wiele krytycznych parametrów. Pasta lutownicza, składająca się z drobnych kulek lutu w paście z topnikiem, musi zostać podgrzana do punktu, w którym topnik się rozpuści, należy pozostawić czas na oczyszczenie powierzchni przez topnik, następnie ponownie podnieść temperaturę, aby stopić lut i pozostawić czas na rozpłynięcie się lutu po elemencie i na powierzchni padu PCB. Proces ten zależy od wielu czynników, w tym od wielkości komponentu, jego kształtu oraz od tego, jak wydajnie rozpraszają ciepło ścieżki PCB łączące się z komponentem. Problemy te są badane od dziesięcioleci, a wyniki są udostępniane, co prowadzi do subtelnych zmian w zakresie stosowanych temperatur, czasów cyklu i specyficznego rozmieszczenia pól masy. Wspaniałe jest to, że wiedza ta jest dzielona, a nie ukrywana w patentach i prawach autorskich.

Choć wszystko to brzmi bardzo skomplikowanie, proces ten jest w rzeczywistości bardzo łatwy do zastosowania w domu. Dzięki taniej produkcji PCB, dostępnej w Azji, możliwe jest zamówienie 10 złożonych dwustronnych płytek PCB z laserowo wyciętym szablonem pasty lutowniczej za mniej niż 30 funtów (40 USD). Pastę lutowniczą można kupić w małych ilościach u zwykłych dystrybutorów elektroniki i chociaż ma ona ograniczony okres przydatności do użycia, dla hobbystów mała tubka pasty o wadze 30 g może być przechowywana w lodówce przez rok do dwóch lat – jeśli rodzina to toleruje!

Piec rozpływowy używany przez firmy montujące elektronikę może być zastąpiony przez prosty biurkowy piec konwekcyjny, kosztujący około 40 funtów (52 dolary). Sterownik czasowy można dodać za około 50 dolarów (65 dolarów) lub mniej, jeśli zbudować go samodzielnie. Są to proste urządzenia, które będą służyć przez dziesięciolecia i są warte inwestycji, jeśli spodziewasz się wykonać wiele płytek lub po prostu chciałbyś ułatwić sobie montaż powierzchniowy płytek drukowanych.

Takie podejście do montażu elementów SMD jest odpowiednie dla hobbystów, ale jeśli chcesz się rozwijać, być może produkować setki płytek PCB, to istnieją lepsze rozwiązania niż po prostu zlecenie montażu płytek profesjonalnemu producentowi. Amatorzy i małe firmy stworzyli zautomatyzowane maszyny typu „pick and place", które mogą umieszczać komponenty na płytkach PCB z dużą prędkością, przy czym urządzenia te są tanie – około 1700 euro za maszynę wyposażoną w system wizyjny oparty na sztucznej inteligencji, który precyzyjnie umieszcza komponenty (patrz: www.liteplacer.com). Tego typu maszyny nadają się tylko do bardzo małych serii produkcyjnych, ale ich zaletą jest możliwość szybkiego wyprodukowania dość dużej liczby płytek PCB, choć wymaga to sporej ilości poprawek poprodukcyjnych (korekcji błędów). Są to maszyny stacjonarne i znacznie tańsze niż maszyny za 100 tys. funtów używane przez firmy zajmujące się montażem PCB.

Rozwój i ulepszanie tych maszyn było napędzane przez społeczność open-source, grupę ludzi chcących poszerzać swoje doświadczenie dzieląc się nim z innymi. To właśnie dzięki tej społeczności małe firmy chałupnicze były w stanie stworzyć użyteczne, zaawansowane technologicznie maszyny, które mogą pomóc początkującym przedsiębiorcom rozwinąć ich biznes.

Podsumowanie

Następnym razem w rubryce „Głos praktyka" przyjrzymy się elementom pasywnym montowanym powierzchniowo, w tym gniazdom i przełącznikom oraz wyzwaniom związanym z ich wyborem i umieszczaniem na płytce drukowanej, zarówno automatycznie, jak i ręcznie. ■

Mike Hibbett

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", kwiecień 2020 (www.epemag3.com)

eprasa.pl b5de55c280

Patronat EdW nad szkołami i uczelnianymi Kołami Naukowymi rozkwita i daje redakcji EdW impulsy zachęcające do wspierania edukacji szkolnej i uczelnianej. Działa sprzężenie zwrotne. Dostajemy mnóstwo listów od uczniów, nauczycieli i studentów. Dla nich jest ta rubryka.

Wykład 5

Diody elektroluminescencyjne (Light Emitting Diodes)

Diody LED, nazywane też elektroluminescencyjnymi lub świecącymi odgrywają nie tylko bardzo ważną rolę w układach elektronicznych, ale też w ostatnich latach rewolucjonizują technikę oświetleniową. Opracowanie technologii produkcji diod LED dających światło białe, przy niemal pomijalnie małych stratach energii, ma ogromne znaczenie cywilizacyjne, wykraczające poza świat elektroniki. Jednak w wykładzie na łamach EdW chcemy się skupić na sprawach najistotniejszych dla konstruktorów układów elektronicznych. Dlatego w dwóch kolejnych wykładach omówimy dwa tematy na poziomie podstawowym – diody LED i transoptory. Oba tematy przedstawi nasz holenderski współpracownik – Jos Verstraten.

W tym miesiącu zajmiemy się diodami LED.

Tło fizyczne

Pierwsze odkrycie świecenia półprzewodników

W latach dwudziestych XX wieku rosyjski inżynier radiowy Oleg Losev odkrył, że diody, których używał jako demodulatorów w swoich prymitywnych radiach AM, emitowały światło, gdy przepuszczał przez nie prąd. W 1927 roku opublikował swoje odkrycia w rosyjskim czasopiśmie. Jednak ze względu na ówczesne wydarzenia polityczne na świecie, jego praca pozostała niezauważona w naszej części świata. Nie tak dawno doczekał się jednak zasłużonej rehabilitacji. W kwietniu 2007 roku Losev został uhonorowany jako wynalazca diody LED w magazynie *Nature Photonics*.

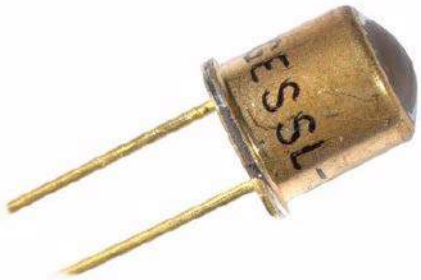
Diody LED szturmem zdobyły świat. Między pierwszą diodą LED na podczerwień z lat sześćdziesiątych a olśniewającymi diodami COB obecnej ery upłynęło zaledwie sześćdziesiąt lat.

eprasa.pl b5de55c280

Pierwsze praktycznie użyteczne diody LED

W 1961 **roku** pierwsza dioda LED oparta na GaAs została przypadkowo opracowana przez JR Biarda i G. Pittmana w ramach badań nad diodami warystorowymi. Rok później technologia ta została wykorzystana przez Texas Instruments i General Electric do wprowadzenia na rynek pierwszej diody LED na podczerwień: model SNX-100 był oferowany za 130,00 USD. Między innymi IBM wykorzystał tę diodę jako źródło światła w swoich czytnikach kart dziurkowanych.

W tym samym roku N. Holonyack Jr. opracował w General Electric pierwszą diodę LED emitującą widzialne światło czerwone. Zastosował GaAsP (Gallium Arsenide Phosphide) na podłożu GaAs.



Pierwsza komercyjnie dostępna dioda LED, SNX-100. (© lamptech.co.uk)

Przez długi czas trzeba było się zadowolić diodami emitującymi tylko podczerwień i czerwień. W 1972 roku MG Craford zaprojektował pierwszą żółtą diodę LED w firmie Monsanto. Od tego momentu rozwój był bardzo szybki. Jeden kolor po drugim stawał się dostępny jako światło LED, a kulminacją było skonstruowanie białej diody LED w latach 90. przez Shuji Nakamurę.

Jak działa dioda LED

Jak to się dzieje, że dioda emituje światło? Aby to wyjaśnić, potrzebny jest dokładny wgląd w budowę materii na poziomie atomowym. Nie będziemy tego tutaj robić. W tym artykule wystarczy nam dość powierzchowne wyjaśnienie.

Dioda LED zawsze składa się z dwóch warstw półprzewodnikowych. Warstwa n zawiera nadmiar elektronów, warstwa p ma ich niedobór. Te dwie warstwy otrzymuje się przez dodanie do bardzo czystego półprzewodnika niewielkich ilości innych materiałów. Atomy tych zanieczyszczeń zostają włączone do siatki atomowej półprzewodnika. W ten sposób powstaje nadmiar i niedobór elektronów. Niedobór elektronów w warstwie p można rozumieć jako nadmiar dodatnich dziur. Gdy obie warstwy zetkną się ze sobą, różnice ładunków na warstwie granicznej wyrównują się. W miejscu, w którym warstwa p i warstwa n stykają się ze sobą, nadmiar elektronów w warstwie n wypełni dziury w warstwie p, tworząc strefę zubożenia.

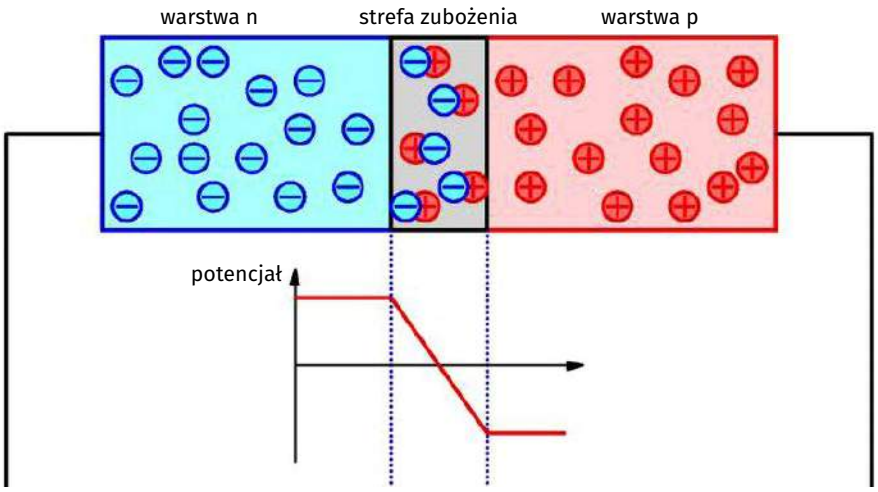
Aby przez diodę mógł płynąć prąd, trzeba najpierw pokonać wewnętrzną barierę potencjału tej strefy zubożenia. Stąd na diodzie zawsze odkłada się napięcie, gdy przepływa przez nią prąd. Jeśli zwiększymy napięcie, prąd elektronowy będzie swobodnie płynął z warstwy n do warstwy p. W warstwie p część tych elektronów jest jednak przechwytywana przez dziury. Elektrony te uwalniają część swojej energii w postaci błysków światła. Wytworzone światło może przenikać przez cienką warstwę p. Natężenie światła zależy od natężenia prądu. Im silniejszy prąd, tym intensywniejsze światło.

Co decyduje o barwie światła diody LED?

Światło powstaje dzięki elektronom „wpadającym" do dziur i oddającym w ten sposób część swojej energii. Ściśle to zjawisko jest nazywane rekombinacją par elektron – dziura. Różnica energii pomiędzy elektronami i dziurami (inaczej przerwa energetyczna między pasmem przewodnictwa i pasmem walencyjnym) zależy od rodzaju materiału, z którego zbudowane są warstwy n i p. Jeśli przerwa energetyczna jest mniejsza, to elektron „wpadając" do dziury wyemituje foton o mniejszej energii, niż w przypadku większej przerwy energetycznej. Energia fotonu jest związana z długością fali światła. Światło czerwone ma fotony o mniejszej energii niż niebieskie. Zatem niskoenergetyczne elektrony generują światło czerwone, wysokoenergetyczne elektrony światło niebieskie. Czy chcesz zrobić diodę LED, która emituje żółte światło? W takim razie trzeba poszukać materiałów półprzewodnikowych n- i p-, które dadzą różnicę energii odpowiadającą długości fali światła żółtego.

Czy zatem diody LED emitują światło monochromatyczne?

Światło, które emituje dioda LED składa się tylko z jednej długości fali. Ta długość fali jest zawsze podana w specyfikacji diody LED. Na przykład, czerwona dioda LED emituje światło o długości fali pomiędzy 610 nm a 760 nm. Niebieska dioda LED świeci w zakresie od 450 nm do 500 nm. Rozumiejąc monochromatyczność jako jednobarwność z pewnym rozmyciem charakterystyki widmowej, można uznać, że dioda LED promieniuje światło monochromatyczne. Jednak nie jest to światło identyczne z emitowaną przez laser wiązką światła spójnego.



Uproszczony obraz zjawisk w diodzie LED. (© 2019 Jos Verstraten)

Co z białymi diodami LED?

Białe światło z definicji nie jest monochromatyczne. Światło białe składa się z kombinacji światła o wielu długościach fali. Jak zatem dioda LED, która z definicji jest monochromatyczna, może emitować światło białe? Nie jest to możliwe

eprasa.pl b5de55c280

i w produkcji białych diod LED stosuje się pewną sztuczkę. Biała dioda LED to niebieska dioda LED z dodatkową warstwą fluorescencyjną. Ta warstwa fluorescencyjna zamienia część światła niebieskiego na światło żółte. Mieszanka światła niebieskiego i żółtego jest odczuwana przez człowieka jako światło białe. Poprzez regulację proporcji mieszania światła żółtego i niebieskiego można uzyskać „ciepłe białe" i „zimne białe" światło.

Właściwości diod LED

Barwa, czyli długość fali emitowanego światła, jest oczywiście najważniejszą właściwością diody LED. Barwa zależy od zastosowanych materiałów półprzewodnikowych. W poniższej tabeli przedstawiamy przegląd najważniejszych materiałów, które są obecnie stosowane.

Napięcie przewodzenia

Jeśli przez diodę LED popłynie prąd, to na diodzie odłoży się prawie stałe napięcie, które oczywiście zależy od barwy, czyli od rodzaju materiału. To napięcie przewodzenia przyjmuje wartości w zakresie od około 1,6 V do 4,1 V, patrz tabela obok.

W zależności od wielkości przerwy energetycznej w złączu p-n powstaje różnej wielkości bariera potencjału. Aby nastąpiło przewodzenie prądu napięcie przyłożone do diody LED musi skompensować tę barierę potencjału. Wartość napięcia niezbędnego dla kompensacji bariery potencjału nazywamy napięciem przewodzenia.

Napięcie przewodzenia diody LED. ©2019 Jos Verstraten

Barwa	Napięcie przewodzenia
podczerwień	poniżej 1,6 V
czerwona	1,6 V do 2,0 V
pomarańczowa	2,0 V do 2,1 V
żółta	2,1 V do 2,2 V
zielona	1,9 V do 3,7 V
niebieska	2,5 V do 4,0 V
fioletowa	2,7 V do 4,0 V
ultrafiolet	3,0 V do 4,1 V
biała	3,0 V do 3,6 V

Charakterystyka napięciowo-prądowa

Na diodach LED odkłada się napięcie, które jest dość stałe, a więc w dużej mierze niezależne od prądu płynącego przez diodę. Nie jest więc zaskoczeniem, że charakterystyka diody LED wygląda jak na poniższym rysunku. Z rysunku tego wynika, że rezystancja diody LED jest bardzo mała. Duża zmiana prądu powoduje bardzo małą zmianę napięcia. **Dlatego nigdy nie wolno podłączać diody LED bez rezystora szeregowego do źródła**

Barwa dla poszczególnych materiałów półprzewodnikowych. ©2019 Jos Verstraten

Barwa	Długość fali	Materiał półprzewodnikowy (nazwy angielskie i polskie)
Podczerwień	powyżej 760 nm	Gallium arsenide (GaAs) – arsenek galu Aluminium gallium arsenide (AlGaAs) – arsenek glinowo-galowy
Czerwona	610 nm do 760 nm	Aluminium gallium arsenide (AlGaAs) – arsenek glinowo-galowy Gallium arsenide phosphide (GaAsP) – fosforek arsenku galu Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) – fosforek glinowo-galowo-indowy Gallium(III) phosphide (GaP) – fosforek galowy
Pomarańczowa	590 nm do 610 nm	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) – fosforek arsenku galu Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) – fosforek glinowo-galowo-indowy Gallium(III) phosphide (GaP) – fosforek galowy
Żółta	570 nm do 590 nm	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) – fosforek arsenku galu Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) – fosforek glinowo-galowo-indowy Gallium(III) phosphide (GaP) – fosforek galowy
Zielona	500 nm do 570 nm	Gallium(III) phosphide (GaP) – fosforek galowy Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) – fosforek glinowo-galowo-indowy Aluminium gallium phosphide (AlGaP) – fosforek glinowo-galowy Indium gallium nitride (InGaN) – azotek indu i galu Gallium(III) nitride (GaN) – azotek galu
Niebieska	450 nm do 500 nm	Zink selenide (ZnSe) – selenek cynku Indium gallium nitride (InGaN) – azotek indu i galu
Fioletowa	400 nm do 450 nm	Indium gallium nitride (InGaN) – azotek indu i galu
Ultrafiolet	poniżej 400 nm	Indium gallium nitride (InGaN) – azotek indu i galu Boron nitride (215 nm) – azotek boru Aluminium nitride (AlN) – azotek glinu Aluminium gallium nitride (AlGaN) – azotek glinowo-galowy Aluminium gallium indium nitride (AlGaInN) – azotek glinowo-galowo-indowy

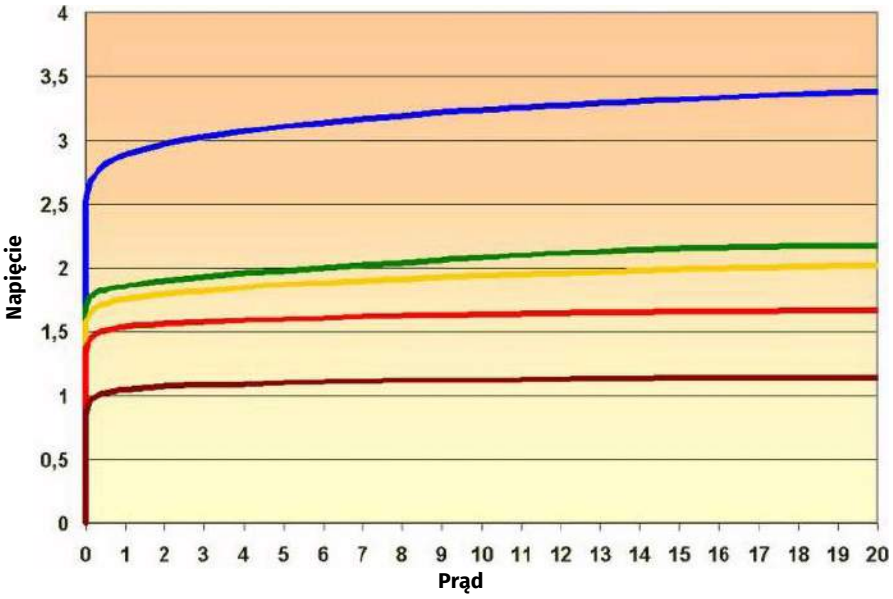
eprasa.pl b5de55c280

napięcia. Dioda LED natychmiast ulegnie uszkodzeniu z powodu płynącego przez nią nadmiernego prądu.

Czas życia diody LED

Czas życia diody LED w dużym stopniu zależy od czynników zewnętrznych, takich jak prąd i temperatura. Przyjmuje się jednak standardową wartość na poziomie 50 000 godzin. Większość producentów twierdzi, że strumień świetlny zmniejsza się wtedy średnio tylko o 30% w stosunku do wartości początkowej. Ta żywotność jest często podawana w specyfikacjach jako „*L70*", tj. czas pracy do momentu zmniejszenia strumienia świetlnego do 70% wartości początkowej.

Dla porównania, żarówki żarowe mają żywotność około 2500 godzin.



Charakterystyka napięciowo-prądowa diody LED. (©2007 Philip Bosma)

Zależność od temperatury

Strumień świetlny diody LED jest dość niezależny od temperatury elementu. Jednak w temperaturze powyżej 25°C strumień świetlny stopniowo maleje.

Wydajność diod LED

Diody LED mają najwyższą sprawność spośród wszystkich źródeł światła. Lampa LED zużywa około dziesięć razy mniej energii niż tradycyjna żarówka. Dzięki temu oświetlenie LED jest nie tylko bardzo ekonomiczne, ale również przyjazne dla środowiska. Sprawność świetlna wyrażana jest w lumenach na wat, przy czym energia świetlna emitowana jest w lumenach, a całkowita energia zużywana (światło + ciepło) w watach. Przeciętna dioda LED dużej mocy wytwarza około 120 lm/W, ale są już diody, które w idealnych warunkach osiągają nawet 300 lm/W. Dla porównania: lampa żarowa ma wydajność zaledwie 15 lm/W, lampa energooszczędna 60 lm/W, a świetlówka 100 lm/W.

Regulacja intensywności

Diody LED mogą być ściemniane tylko w ograniczonym zakresie poprzez obniżenie napięcia zasilania. Przy obniżeniu napięcia zasilania strumień świetlny nieznacznie maleje, a następnie dioda LED nagle gaśnie. Jednak diody LED są idealnymi komponentami do ściemniania poprzez modulację szerokości impulsu (PWM). Przy dobrym układzie sterującym można regulować natężenie światła niemal liniowo od 0% do 100%.

Mały ślad ekologiczny

Diody LED mają najmniejszy ślad ekologiczny spośród wszystkich źródeł światła. Oznacza to, że ich produkcja jest najbardziej przyjazna dla środowiska. Ponadto, lampa LED nie potrzebuje rtęci lub innych substancji szkodliwych dla zdrowia lub środowiska, aby emitować światło, czego nie można powiedzieć o wielu innych źródłach światła.

Brak promieniowania UV i IR

Ponieważ diody LED są monochromatycznymi źródłami światła, to nie emitują promieniowania ultrafioletowego ani podczerwonego. Dzięki temu komponenty te nadzwyczajnie nadają się do środowisk, w których takie promieniowanie jest niepożądane, np. w muzeach.

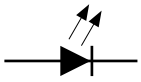
Szybka reakcja

Diody LED emitują światło niemal natychmiast w momencie podania napięcia zasilającego na diodę z rezystorem szeregowym. Wyłączanie jest również całkowicie bezzwłocznie. Czasy narastania i opadania są rzędu mikrosekund, nawet do nanosekund.

Prąd pracy

Prąd, który może ciągle płynąć przez diodę LED, jest ogólnie zdefiniowany jako 20 mA, ale większość diod LED może działać przy krótkotrwałym prądzie 50 mA. Całkiem możliwe jest przewodzenie przez diodę LED impulsowych prądów o natężeniu do 1 A, ale trzeba się wtedy upewnić, że średni prąd nie przekracza 20 mA.

eprasa.pl b5de55c280



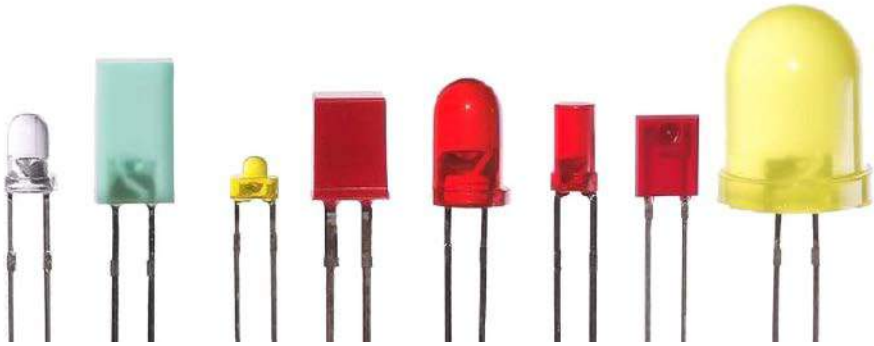
Symbol diody LED

Różne rodzaje diod LED

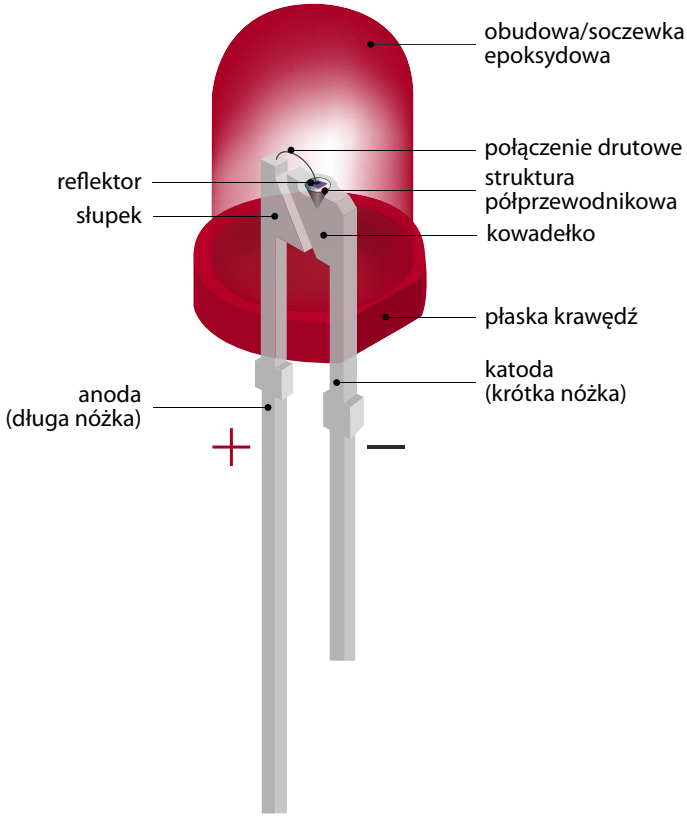
Obudowy i wyprowadzenia LED

Najczęściej stosowane diody LED mają obudowę w postaci plastikowego cylindra o średnicy 5 lub 3 mm z dwoma wyprowadzeniami drutowymi. Często obudowa ma taki sam kolor jak światło emitowane przez diodę, ale nie zawsze tak jest. Oferowane są również kolorowe diody LED, umieszczone w całkowicie przezroczystej obudowie. Na zdjęciu poniżej przedstawiono najczęściej spotykane wersje obudów diod LED z wyprowadzeniami drutowymi.

Standardowa konstrukcja diody LED z wyprowadzeniami drutowymi jest przedstawiona na rysunku obok. Kryształ półprzewodnika, właściwa dioda LED, jest bardzo mały i jest zamontowany na kowadełku. Zwróć uwagę na specyficzny kształt kowadełka i wspornika. W ten sposób zawsze można zidentyfikować anodę i katodę. Kowadełko z chipem jest zawsze połączone z katodą. Innymi standardowymi cechami jest to, że spłaszczona strona obudowy jest skierowana do katody oraz to, że katoda jest połączona z najkrótszym przewodem. Moc takich diod LED jest ograniczona do zakresu od 30 mW do 100 mW. Z tego można wywnioskować, że prąd, jaki może przewodzić taka dioda jest ograniczony do około 20 mA.



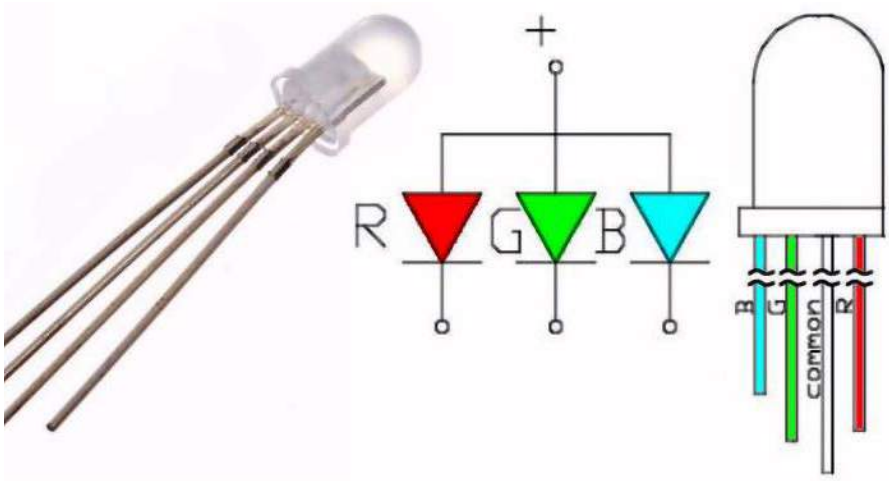
Diody LED z wyprowadzeniami drutowymi są dostępne w różnych obudowach. (© 2005 Afrank99)



Budowa konwencjonalnej diody LED. Płaskie powierzchnie kowadełka i słupka osadzone wewnątrz epoksydu pełnią rolę kotwic, aby zapobiec wyrywaniu wyprowadzeń na siłę w wyniku naprężeń mechanicznych lub wibracji.

Diody LED RGB

Z trzech podstawowych barw: czerwonej, zielonej i niebieskiej można złożyć wszystkie kolory tęczy. Diody LED RGB składają się z trzech diod LED w tych trzech kolorach, które znajdują się w jednej obudowie i mogą być sterowane oddzielnie. Te trzy diody mają wspólną anodę (CA) lub wspólną katodę (CC). Do sterowania taką diodą potrzebne są trzy modulatory szerokości impulsu (PWM), z których każdy generuje impuls mocy o regulowanym stosunku czasu włączenia do wyłączenia. W ten sposób można kontrolować intensywność



Dioda LED RGB. (© 2019 Jos Verstraten)

eprasa.pl b5de55c280

każdej z diod LED w zakresie od 0% do 100% i uzyskać dowolny, mieszany kolor.

Diody LED SMD

Oczywiście powstały również diody LED przystosowane do montażu SMD. Niestety, standaryzacja jest niewielka. Można znaleźć diody SMD LED w dziesiątkach różnych konstrukcji i kształtów. Na zdjęciu przedstawiliśmy kilka z wersji. Jest tylko jedna wytyczna odnośnie lokalizacji anody i katody: mierz! Przyłóż napięcie 5 V DC z rezystorem szeregowym 1 kΩ do dwóch końcówek. W ten sposób można łatwo sprawdzić, gdzie jest katoda.

Diody LED CREE

W takich źródłach światła wbudowanych jest kilka identycznych chipów LED i połączonych wewnętrznie szeregowo. W ten sposób uzyskuje się większy strumień świetlny, a napięcie robocze staje się wyższe, więc zmniejsza się straty mocy w rezystorze szeregowym. Na przykład istnieją białe diody LED CREE o napięciu roboczym 32 V, prądzie 300 mA i mocy 9,6 W. Prawdziwe diody LED. CREE charakteryzują się kwadratowymi chipami o wymiarach około 1,0 mm na 1,0 mm, które są ułożone w konfiguracji kwadratowej lub prostokątnej.

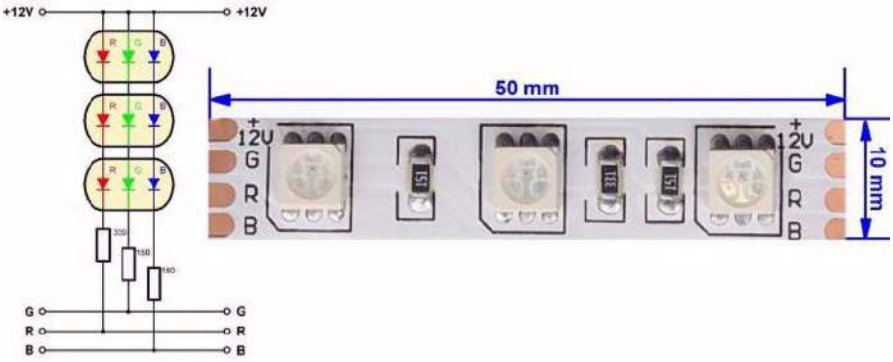
Taśmy LED

W tej wyjątkowej formie oświetlenia duża liczba identycznych chipów LED jest montowana na elastycznym druku w kształcie taśmy. Na tej taśmie zintegrowane są również niezbędne rezystory szeregowe w postaci chipów SMD. Na rysunku poniżej przedstawiono dobrze znaną diodę Stripped LED, SMD-5050. Składa się ona z segmentów o długości 50 mm i szerokości 10 mm, z których każdy zawiera trzy diody LED RGB i niezbędne trzy rezystory szeregowe.

Pasek można ciąć nożyczkami co 50 mm, dzięki czemu można dostosować jego długość do swoich potrzeb. Diody LED mają wspólną anodę (CA), a rezystory są tak dobrane, aby umożliwić podłączenie

Wersje diod LED SMD. (© 2019 Jos Verstraten)

Dwie typowe implementacje diod LED CREE. (© https://lighting.cree.com)



SMD-5050 to bardzo popularna wersja taśmy z diodami LED. (© 2019 Jos Verstraten)

Typowe diody LED dużej mocy. (© 2019 Jos Verstraten)

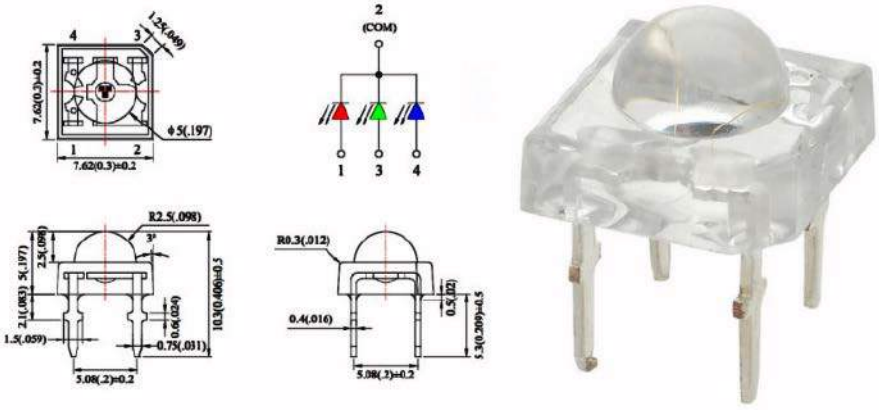
eprasa.pl b5de55c280

linii anodowej do +12 VDC. Podciągając trzy linie katodowe do masy poprzez układ PWM, można sprawić, że taśma będzie promieniować wszystkimi kolorami tęczy. (Red. Polecamy artykuły o taśmach LED w kursie „Repetytorium użytkowej elektroniki" na www.elportal.pl).

DOB-6040A to typowa dioda COB, którą możesz podłączyć bezpośrednio do napięcia sieciowego 230 V. (© 2019 Jos Verstraten)

Diody LED dużej mocy

Diody LED dużej mocy to specjalne diody LED SMD o stosunkowo dużej mocy. Chipy LED montowane są na powierzchni chłodzącej. Diody LED dużej mocy występują w mocach od kilkuset mW do kilkudziesięciu W. Stosowane są głównie do zastąpienia innych rodzajów oświetlenia, takich jak reflektory, świetlówki czy lampy żarowe. Diody LED dużej mocy są często lutowane na małej sześciokątnej płytce montażowej, co ułatwia ich testowanie. Musisz jednak zamontować te części na płytce chłodzącej, aby odprowadzić rozpraszane ciepło.



Standardowa wersja diod LED Superflux, w tym przypadku dioda RGB. (© 2019 Jos Verstraten)

COB LED

Dość nowym wynalazkiem w dziedzinie diod LED dużej mocy są diody COB. COB to skrót od „Chip On Board". W COB LED duża liczba małych chipów LED jest umieszczona w okręgu lub kwadracie tak blisko siebie, że trudno je odróżnić gołym okiem. Kiedy zasilamy diodę COB, nie widzimy pojedynczych punktów świetlnych, jak w przypadku diod CREE lub diod o dużej mocy, ale widzimy, że cała powierzchnia diody świeci równomiernie. Wygląda to tak, jakby w diodzie znajdował się panel świetlny. W wielu zastosowaniach daje to znacznie ładniejszy obraz świetlny. Ponadto matryca COB LED zawsze zawiera niezbędną elektronikę, która umożliwia zasilanie jej bezpośrednio z sieci 230 V. COB LEDy są montowane na aluminiowej płycie bazowej z dwoma lub czterema otworami montażowymi. Należy również zamontować te diody na zewnętrznej płycie chłodzącej.

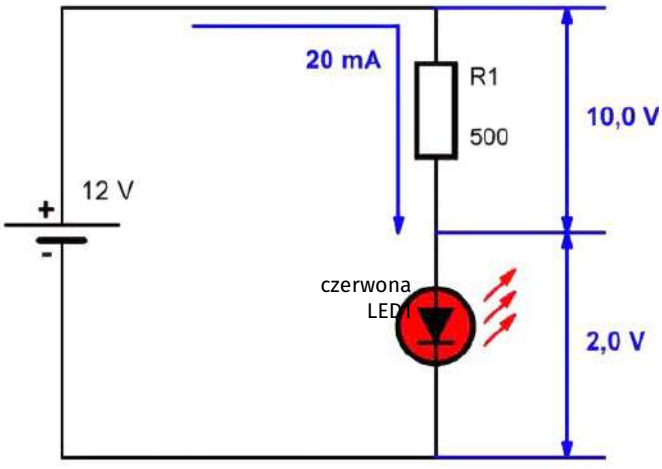
Superflux LED

Dość nowym wynalazkiem są te małe diody LED, które mają bardzo silny strumień świetlny, a dzięki standaryzowanej obudowie z czterema pinami mogą być również obrabiane przez automaty montażowe. Doskonale sprawdzają się jako diody wskaźnikowe na płytkach drukowanych. Mogą pracować przy dość dużych prądach, prąd 50 mA jest możliwy w przypadku większości typów. Należy pamiętać, że odległość między czterema pinami nie jest niestety znormalizowana!

Zasilanie diod LED

Zasilanie pojedyńczej diody LED

Diody LED są elementami o bardzo małej rezystancji wewnętrznej, zasilanymi prądowo. **Dlatego zawsze należy włączyć w szereg z diodą LED rezystor ograniczający prąd diody do bezpiecznej wartości.** Diody LED z wyprowadzeniami drutowymi zazwyczaj pracują przy prądzie o wartości 20 mA. Możesz oczywiście łatwo obliczyć opór szeregowy korzystając z prawa Ohma. Załóżmy, że podłączasz czerwoną diodę LED do napięcia 12 V. Wiesz, że napięcie przewodzenia czerwonej diody LED wynosi od 1,6 V do 2,0 V. Przyjmujesz najbezpieczniejszą wartość, czyli 2,0 V. Na rezystorze szeregowym musisz uzyskać spadek napięcia 10,0 V. Z prawa Ohma wynika, że wartość rezystora jest równa napięciu podzielonemu przez natężenie prądu, a więc 10 V podzielone przez 0,020 A, czyli 500 Ω.



Zasilanie diody LED poprzez rezystor szeregowy. (© 2019 Jos Verstraten)

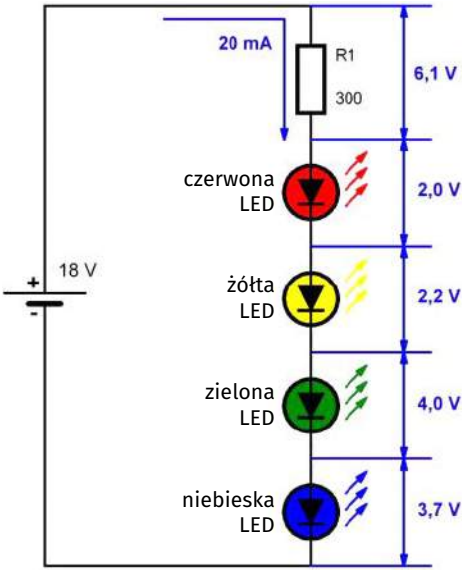
eprasa.pl b5de55c280

Łączenie szeregowe diod LED

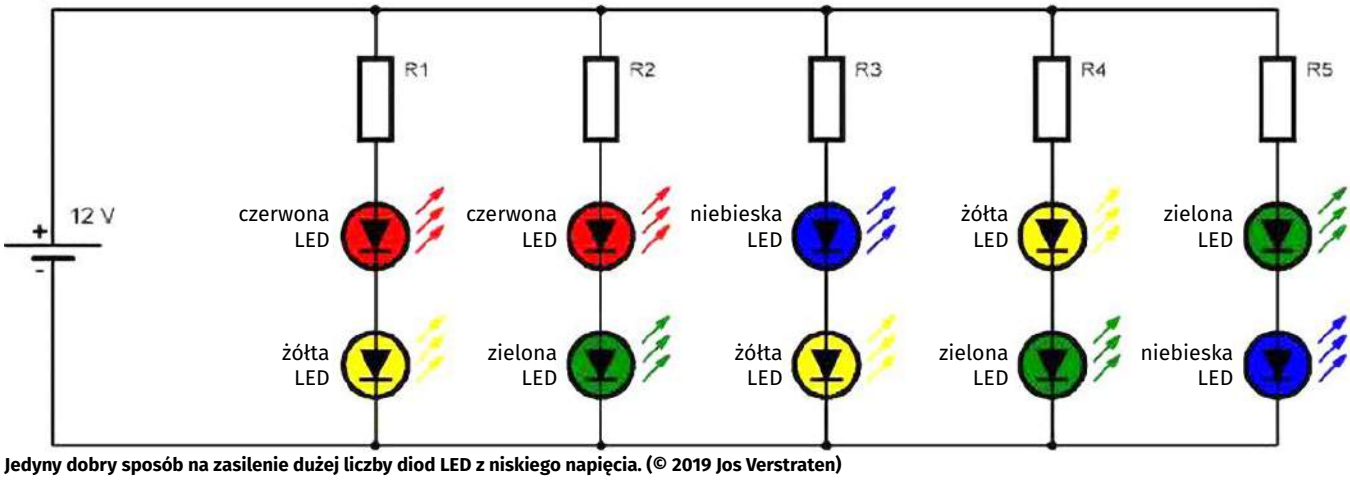
Diody LED możesz łączyć szeregowo bez ograniczeń. Bez problemu można w takim układzie zawrzeć nawet różne kolory. Wystarczy dodać do siebie napięcia przewodzenia diod LED i odjąć tę sumę od dostępnego napięcia zasilania. Różnica napięć musi się odłożyć na rezystorze szeregowym. Należy jednak pamiętać, że na tym rezystorze musi być co najmniej 5 V, aby prąd przez diody LED pozostał w miarę stabilny, gdyby napięcie zasilania nieco się zmieniło.

Łączenie równoległe diod LED

Nigdy nie należy po prostu łączyć równolegle diod LED, nawet diod tego samego typu. Napięcie przewodzenia diod LED nigdy nie jest całkowicie identyczne, jedna dioda LED będzie miała nieco wyższe napięcie robocze niż druga. W związku z tym nie masz żadnego wpływu na podział mocy pomiędzy połączone równolegle diody LED. W większości przypadków dioda o najniższym napięciu przewodzenia otrzyma najwięcej prądu i może ulec awarii. Jeśli mimo wszystko potrzebujesz zasilić wiele diod LED z niskiego napięcia, musisz podzielić je na kilka obwodów szeregowych, każdy z nich z rezystorem szeregowym. Następnie możesz połączyć te obwody równolegle z zasilaczem, patrz poniższy schemat. ■



Łączenie szeregowe diod LED o różnych kolorach. (© 2019 Jos Verstraten)



Jedyny dobry sposób na zasilenie dużej liczby diod LED z niskiego napięcia. (© 2019 Jos Verstraten)

Quiz: Pomiar impedancji, czyli sprawdzian z podstaw elektrotechniki

Dla sygnału przemiennego prąd płynący przez kondensator:
☐ wyprzedza napięcie
☐ opóźnia się względem napięcia
☐ jest zgodny w fazie z napięciem

Dla sygnału przemiennego prąd płynący przez cewkę:
☐ wyprzedza napięcie
☐ opóźnia się względem napięcia
☐ jest zgodny w fazie z napięciem

Dla idealnego induktora (L) efektywna „rezystancja" wraz z rosnącą częstotliwością sygnału:
☐ maleje
☐ rośnie
☐ nie zmienia się

Dla idealnego kondensatora (C) efektywna „rezystancja" wraz z rosnącą częstotliwością sygnału:
☐ maleje
☐ rośnie
☐ nie zmienia się

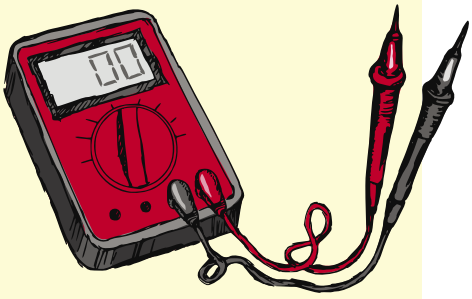
Idealna cewka dla prądu stałego jest:
☐ rozwarciem
☐ zwarciem

Idealny kondensator dla prądu stałego jest:
☐ rozwarciem
☐ zwarciem

Impedancja jest wyrażona liczbą zespoloną Z=R+jX, w której od częstotliwości zależy:
☐ R
☐ j
☐ X

X dla kondensatora jest zapisane wzorem:
☐ ωC
☐ 1/jωC
☐ 1/ωC

X dla cewki jest zapisane wzorem:
☐ ωL
☐ jωL
☐ 1/ωL



Część rzeczywistą impedancji Z można zapisać wzorem, w którym |Z| jest modułem impedancji, a φ jest kątem fazowym:
☐ |Z| sin φ
☐ |Z| cos φ
☐ |Z| tg φ

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 07.04.2023.

eprasa.pl b5de55c280

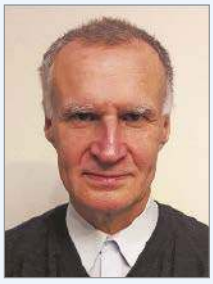
Uczmy się na cudzych błędach

Celem tej rubryki jest kształtowanie u Czytelników EdW umiejętności krytycznego czytania schematów i opisów projektów autorskich. Wszyscy jesteśmy omylni. Konstruktorzy projektów elektronicznych też. W projektach publikowanych w Internecie, ale też w artykułach drukowanych zdarzają się błędy różnej wagi, w tym też takie, które sprawiają, że układ nie może działać prawidłowo. Uczmy się wykrywać te błędy na przykładach projektów sprawdzonych w naszym redakcyjnym Pokoju Nauczycielskim.

Pamiętajmy! Nie oceniamy Autorów, tylko uczymy się na cudzych błędach.

Zapraszamy Czytelników do współpracy z naszym Pokojem Nauczycielskim. Jeśli natrafiliście w Internecie lub źródłach drukowanych na opis projektu z poważnymi Waszym zdaniem błędami, to przysyłajcie takie opisy do naszej redakcji (redakcja@elportal.pl w tytule wiadomości: Pokój Nauczycielski) wraz z Waszymi uwagami.

Projekt sprawdza i poprawia Karol Świerc



Mgr inż. elektronik – absolwent Wydziału Automatyki i Informatyki Politechniki Śląskiej z 1980 roku. Przez 25 lat prowadził serwis RTV. Mówi o sobie: „z elektroniką łączy mnie związek „z rozsądku", moją pierwszą miłością była matematyka i fizyka". Autor wielu artykułów publikowanych w EdW.

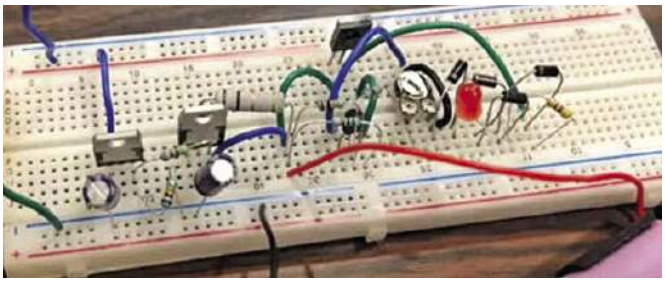
Prosta ładowarka akumulatorów z zabezpieczeniem przeładowania

Projekt, który tu prezentujemy to ładowarka akumulatorów. Można ją zaadaptować do wielu typów akumulatorów i/lub wielu ogniw połączonych szeregowo. W szczególności przewidziana jest do akumulatorów litowo-jonowych, które oprócz swoich zalet, są bardzo wrażliwe na przeładowanie. Dlatego funkcja zabezpieczenia w tym zakresie jest nie tylko pożyteczna, ale wręcz konieczna.

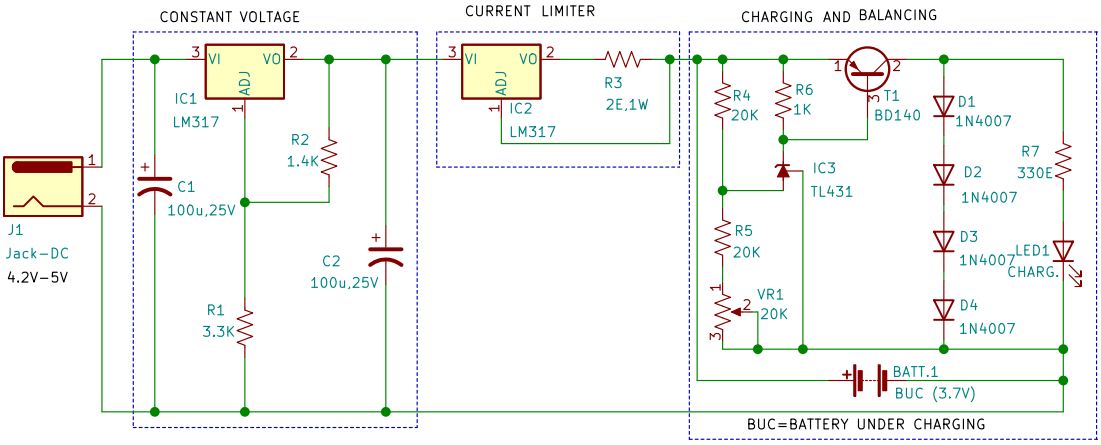
Ładowarkę nie trudno wykonać, nie zawiera bowiem wielu elementów. Prototyp autora zmontowany na uniwersalnej płytce stykowej widzimy na **rysunku 1**. Schemat ideowy pokazuje **rysunek 2**. Układ składa się z trzech części: stabilizator napięcia, ograniczenie prądowe (current limiter) i stopień balansera (charging and balancing). Układ można stosować w zakresie prądu ładowania do 1,5 A i napięcia do 27 V. Najważniejszym fragmentem układu jest stopień balansera, który ma nie pozwolić na przeładowanie akumulatora, gdy napięcie na nim osiągnie krytyczną (charakterystyczną dla danego typu baterii) wartość. Tutaj kluczowym elementem jest sterowana dioda Zenera TL431. Stanowi ona wraz ze współpracującym tranzystorem typu PNP (BD140) stabilizator napięcia typu równoległego. Obwód pracuje jako stabilizator liniowy, a próg napięcia można ustawić potencjometrem montażowym VR1.

Działanie obwodu ładowania i balansera

Element TL431 jest nazywany diodą Zenera (*aczkolwiek to obwód aktywny wykazujący duże wzmocnienie – przypis red. EdW*). Kiedy napięcie na jego bramce (elektrodzie sterującej) jest niższe od ustalonego progu (typowo 2,5 V), wtedy element jest wyłączony i w obwodzie anoda-katoda prąd nie płynie. Jako że baza T1 jest podłączona do katody IC3, w tym stanie tranzystor też nie przewodzi. Ładowany akumulator jest włączony równolegle do tak utworzonego stabilizatora równoległego. Zatem, jeśli jego napięcie jest niższe od progu ustalonego potencjometrem VR1, akumulator ten jest ładowany prądem wyznaczonym obwodem zewnętrznym. Gdy napięcie na baterii podniesie się do poziomu bliskiego pełnemu naładowaniu, obwód z TL431



Rysunek 1. Prototyp autora zmontowany na płytce stykowej

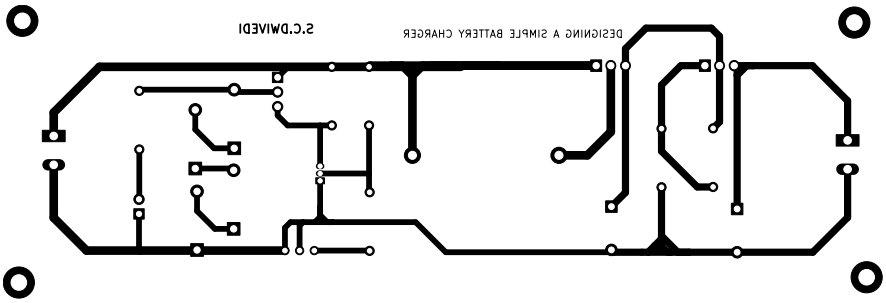


Rysunek 2. Schemat ideowy ładowarki

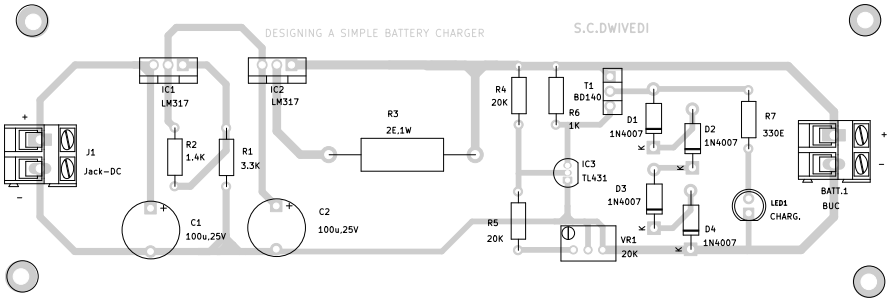
eprasa.pl b5de55c280

zaczyna się uaktywniać. Zaczyna płynąć prąd bazy i w konsekwencji kolektora T1, który bocznikuje obwód ładowania baterii. Jeśli prąd zewnętrznego źródła zostanie całkowicie przejęty przez T1, ładowanie akumulatora jest zakończone, mimo że zewnętrzne źródło prądowe jest nadal aktywne. W obwód kolektora T1 włączono cztery diody, które teraz są obciążeniem. Równolegle włączono diodę LED (z szeregowym rezystorem), której świecenie oznacza, że prąd płynie w obwodzie tranzystora T1, a to sygnalizuje pełne naładowanie baterii/ogniwa.

Obwód z rysunku 1 można powielać, gdy chcemy ładować baterię akumulatorów złożoną z kilku ogniw połączonych szeregowo. Wtedy adekwatna jest nazwa balanser, w miejsce – zabezpieczenie przed przeładowaniem. W przypadku tak utworzonej baterii akumulatorów, trzeba zadbać nie tylko o sumaryczne napięcie, ale też aby nie uszkodzić żadnego (w szczególności najsłabszego) ogniwa.



Rysunek 3. Płytka PCB



Rysunek 4. Rozmieszczenie elementów na PCB

Obwód ograniczenia prądowego

To druga z trzech części schematu wyodrębnionych na rysunku 2.

Obwód jest opisany jako ograniczenie prądowe, aczkolwiek pożądanym jest aby pracował jako źródło stabilizujące prąd. Jeśli wymagane byłoby tylko ograniczenie prądowe, można by na dobrą sprawę bazować na ograniczeniu wbudowanym w stabilizator LM317. Nie byłoby to jednak dobrym rozwiązaniem. Więcej na ten temat w uwagach na końcu – przypis redakcji EdW.

Jednym z najważniejszych parametrów każdego akumulatora (ogniwa) jest dopuszczalny prąd jakim można go ładować. Zwykle jest to wyszczególnione jako procent (ułamek) względem „C", gdzie owo C oznacza pojemność w ampero-godzinach (prąd oczywiście musi być specyfikowany w amperach). Pojemność akumulatora zależy oczywiście od jego wielkości, składu chemicznego, itp. Ładowanie prądem większym niż podaje katalog może prowadzić do nieodwracalnego uszkodzenia akumulatora, nadmiernego wzrostu temperatury, a nawet do pożaru. Dlatego układ wyposażono w ograniczenie nadprądowe, co wykonano na stabilizatorze LM317. Prosta realizacja jest możliwa dzięki specyfice tego elementu (który nie ma nóżki odniesionej względem masy). Dlatego łatwo wykonać obwód „pływający". LM317 zawiera jedynie trzy wyprowadzenia. VI podłączono do dodatniego potencjału napięcia zasilania. Wyjście VO podłączono do rezystora R3, a właściwe wyjście stanowi wyprowadzenie ADJ układu LM317. Wartość prądu tak utworzonego źródła prądowego wyznaczona jest wartością rezystora R3. Stabilizator LM317 działa w ten sposób, że jego sprzężenie zwrotne żąda napięcia między OUT i ADJ na ustalonym poziomie ok. 1,25 V. A więc musi być spełniona relacja wg wzoru: Iout = Vref/R3. Jeśli podstawimy Vref=1,25 V i R3=2,08 Ω, to Iout=0,6 A, co jest maksymalnym prądem na jaki ograniczenie prądowe pozwoli.

Stabilizowane źródło stałego napięcia

To trzeci fragment obwodu, wyodrębniony na schemacie z rysunku 2. Stabilizator napięcia pracuje z drugim układem LM317 i wykonano go w celu poszerzenia uniwersalności naszej ładowarki, możliwości pracy w szerokim zakresie napięcia. Tutaj LM317 pracuje w swojej tradycyjnej konfiguracji. VI podłączono do plusa wejściowego źródła napięcia. Należy zwrócić uwagę, aby kondensator C1 był podłączony blisko, bezpośrednio na wejście stabilizatora. Wyprowadzenie ADJ połączono z dwoma rezystorami, z których drugi koniec R2 na wyjście LM-a, a R1 do masy. Dla poprawy stabilności Uwy, na wyjściu VO IC1 zastosowano także sporej pojemności kondensator C2. Wartość napięcia wyjściowego tak utworzonego stabilizatora wyznaczają rezystory R1 i R2 wg relacji: Vout=1,25 V × (1 + R1/R2) + Iadj × R1

(*od red. EdW: skorygowano ten wzór względem oryginału, zamieniając ułamek R2/R1 oraz Iadj × R1 nie R2*)

Wartość prądu Iadj (wypływającego z nóżki ADJ) jest w przypadku układu LM317 bardzo mała. Dlatego poprawka Iadj × R1 jest zwykle zaniedbywalna i Uwy jest ustalone dzielnikiem rezystorów R1 i R2. Wartości odpowiednio 3,3 kΩ i 1,4 kΩ dobrano dla ładowarki pojedynczego ogniwa litowo-jonowego. W przypadku innego typu akumulatora lub baterii złożonej z kilku ogniw, wystarczy dobrać inne wartości tych rezystorów.

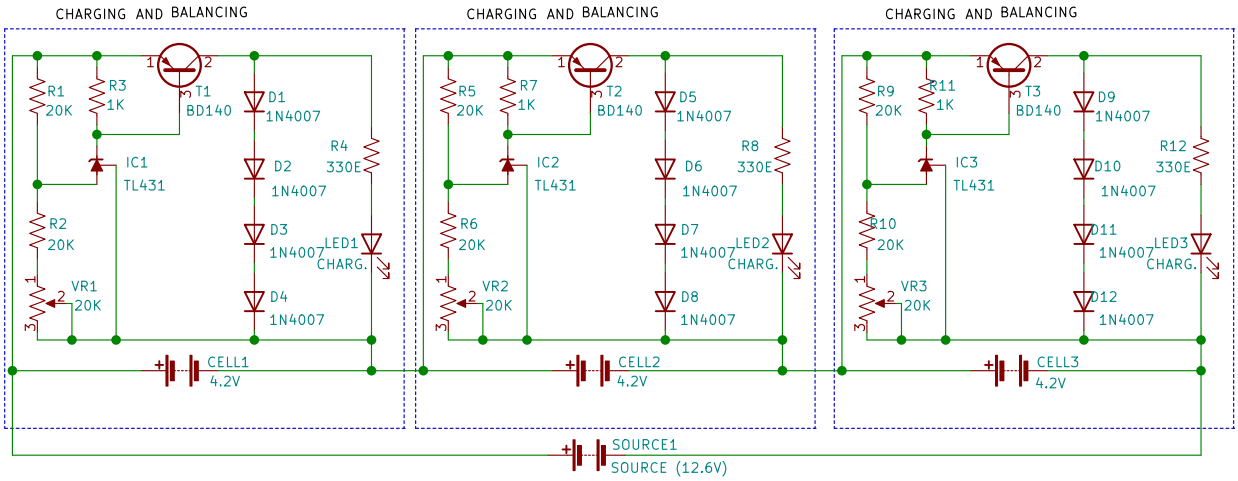
Konstrukcja mechaniczna ładowarki i testowanie jej działania

Na **rysunku 3** pokazano projekt druku jednostronnej płytki PCB. Na **rysunku 4** mamy rozmieszczenie elementów na tej płytce. Po uzbrojeniu PCB, należy ją zamknąć w odpowiednio przygotowanej obudowie. Do złącza J1 podłączamy wejściowe napięcie DC (niekoniecznie stabilizowane). Baterię-akumulator należy podłączyć w miejsce oznaczone BATT1 (dla której przewidziano odpowiednią kieszeń).

Krytycznym i jedynym punktem regulacji jest ustawienie napięcia progowego potencjometrem VR1. W przypadku ogniw litowo-jonowych należyta regulacja VR1 jest bardzo ważna, dlatego najlepiej przyjąć następującą procedurę:

W miejsce baterii-akumulatora podłącz regulowany zasilacz DC. Wartość napięcia należy ustawić odpowiednio do typu ładowanego akumulatora taką, przy której ładowanie ma się zakończyć. Regulując VR1 należy obserwować diodę LED1. Gdy zacznie ona świecić, oznacza to, że stabilizator równoległy pobiera prąd i będzie bocznikował prąd ładowania akumulatora.

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 5. Stopień balansera dla baterii złożonej z trzech ogniw litowo-jonowych

Od Red. EdW: Uwaga do rysunku 3 i 4: Jako złącze zasilania i baterii, na płytce przewidziano dwustykowe złącza śrubowe; inaczej niż wynika ze schematu ideowego.

Ten sam schemat ładowarki można wykorzystać do ładowania akumulatorów o różnej budowie „chemicznej". Na przykład: litowo-fosforowe (LFP), niklowo-manganowo-kobaltowe (NMC) czy litowo-polimerowe (Li-Po). Jedyną czynnością którą trzeba skorygować, to nastawa potencjometrem VR1 napięcia progowego na wartość jaką zaleca producent ogniwa (akumulatora).

Ładowanie baterii złożonej z większej ilości szeregowo połączonych ogniw akumulatorowych

Schemat z rysunku 2 jest ładowarką przeznaczoną dla pojedynczego ogniwa. Z reguły baterie złożone są z kilku ogniw łączonych szeregowo. Układ łatwo przystosować dla takiego celu. Należy jedynie powielić obwody balansera. Układ z **rysunku 5** jest ładowarką dla trzech ogniw litowo-jonowych.

Widać tu, że kolejne stopnie balansera łączone są szeregowo bez odniesienia względem potencjału masy. Równolegle do każdej sekcji podłączony jest akumulator, który ma być ładowany. Wszystkie sekcje razem podłączone są do źródła zasilania. Napięcia poszczególnych ogniw mogą się między sobą różnić. Z tego powodu, jak i z uwagi na rozrzut pojemności, kolejne aku mogą wymagać różnego ładunku do pełnego naładowania, co przekłada się na zróżnicowany czas ładowania. Pierwsze ogniwo, które osiągnie pełne napięcie (odpowiadające 100% pojemności) uruchomi odpowiadający mu „shunt regulator" TL431, który spowoduje, że prąd przejmie bocznikujący go tranzystor PNP. Równocześnie dioda LED poinformuje o fakcie pełnego naładowania. Aczkolwiek akumulator jest w pełni naładowany, gdy zaświecą wszystkie LED-y (tj. we wszystkich sekcjach). ■

Sharad Bhowmick

Można ściągnąć filmik pokazujący pracę tego układu, pod adresem: https://bit.ly/3D98WN1.

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", październik 2022 (efymag.com)

Uwagi i poprawki

Zaproponowany układ należy uznać za ciekawe rozwiązanie ładowarki, która pozwoli na bezpieczne ładowanie pojedynczych ogniw lub niewielkich baterii złożonych z kilku ogniw litowo-jonowych (lub podobnych). Z montażem i uruchomieniem nie powinno być problemu, jednak zarówno na schemacie jak i w opisie jest kilka błędów, które koniecznie trzeba poprawić. W schemacie z rysunku 2 wyodrębniono trzy charakterystyczne fragmenty („Constant Voltage", „Current Limiter" i „Charging And Balancing") i w każdym z nich jest „jakieś niedopatrzenie". Opis podaje (schemat oraz wartości elementów to potwierdzają), że fragment środkowy przewidziano jako Current Limiter – Ogranicznik prądu. Przy wartościach elementów jakie odczytujemy ze schematu będzie on pracował jako ograniczenie prądowe lub nawet gorzej – nie będzie wcale pracował.

Pokazany układ jest klasycznym źródłem prądowym wykonanym na stabilizatorze LM317. I tutaj pożądanym jest, aby pracował on w zakresie swojej liniowej charakterystyki. To znaczy, aby stabilizował wartość prądu, a nie tylko go ograniczał „w razie czego". I obwód ten będzie pracował jako źródło prądowe, o ile zapewnimy mu dostateczne napięcie między wejściem i wyjściem. W tym celu popatrzmy wpierw na wartości elementów obwodu wcześniejszego – Constant Voltage. Rezystory R1=3,3 kΩ i R2=1,4 kΩ ustalą wyjście tego stabilizatora na poziomie 4,2 V (co łatwo przeliczyć wg wzoru, który autor podaje).

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Półprzewodniki:
IC1, IC2: LM317 – regulowany stabilizator napięcia
IC3: TL431 – „shunt regulator"
LED1: dioda LED 5 mm

Rezystory: (wszystkie 0,25 W, ±5%; jeśli nie zaznaczono inaczej)
R1: 3,3 kΩ
R2: 1,4 kΩ
R3: 2 Ω/1W
R4, R5: 20 kΩ
R6: 1 kΩ
R7: 330 Ω
VR1: 20 kΩ – potencjometr montażowy

Kondensatory:
C1, C2: 100 μF/25 V – elektrolityczny

Inne:
J1: złącze dwu-stykowe typu DC-Jack
BATT.1: złącze (kieszeń) na ładowane ogniwo akumulatora
Płytka uniwersalna
Akumulatory do ładowania

eprasa.pl b5de55c280

4,2 V to napięcie, które chcemy uzyskać na akumulatorze. A jak ma pracować źródło prądowe? W tych warunkach nie stanowi ono ani zabezpieczenia ani obwodu stabilizacji prądu. Stanowi skuteczne „zabezpieczenie", że akumulatora nie naładujemy wcale! Między wejściem a wyjściem tak utworzonego źródła prądowego trzeba zapewnić różnicę napięcia co najmniej ok. 3,5 V. Między Vout i ADJ układ żąda 1,25 V. Dla poprawnej pracy stabilizatora LM317 jest wymagane napięcie co najmniej 2 V między IN i OUT. To nie jest stabilizator Low Drop Out LDO. Zbyt duży zapas napięcia między wejściem i wyjściem tak utworzonego źródła prądowego też nie jest pożądany. To obwód pracujący liniowo, i nieuchronnie moc jest iloczynem napięcia i prądu. To moc, która grzeje układ scalony. I nawet przy minimalnych wartościach 2...2,5 V przemnożone przez skromne 0,6 A, to prawie 1,5 wata. To już sporo jak na element w obudowie TO220. Jeśli różnica, zapas napięcia między IN i OUT będzie większy, trzeba by przewidzieć niewielki radiator. Zauważmy też, że rezystor R3 musi być co najmniej jedno-watowy (co spis elementów podaje) nawet przy tak skromnych zdolnościach prądowych źródła prądowego. Te uwagi choć dotyczą sekcji „Current Limiter", odnoszą się w sumie do elementów sekcji wcześniejszej – Constant Voltage. Zatem trzeba koniecznie skorygować wartości rezystancji R1 i/lub R2, tak aby napięcie na wyjściu tego stabilizatora było równe co najmniej 4,2 V+3,5 V=7,7 V. Aby to było możliwe, napięcie wejściowe (z Jack DC) musi być na poziomie co najmniej ok. 10 V. A schemat podaje 4,2 V do 5 V. Przy takim napięciu (adapterze) żadnego akumulatora tą ładowarką nie naładujemy. Schemat podaje BUC (Battery Under Charging) = 3,7 V, co sugeruje że autor przewiduje ogniwo litowo-jonowe, które należy ładować do poziomu 4,2 V. Będąc przy stopniu wejściowym, należy zwrócić uwagę na moc wydzielaną na pierwszym LM317. Tu obowiązuje dokładnie ta sama zasada co dla drugiego LM-a. Iloczyn prądu wyznaczonego wartością R3 (1,25 V:R3) i różnicą napięcia IN-OUT stabilizatora. Zatem, jeśli ta różnica będzie większa od minimalnej wymaganej, to radiator może być nieodzowny. Będąc przy stopniu wejściowym „Constant Voltage" należy zwrócić uwagę na elementy zabezpieczające, których tu brak! Autor podaje, że C1 powinien być ulokowany bardzo blisko wejścia US. To pewnie nie jest tak bardzo ważne. Ważniejsze będą dwie diody, między VO-VI i ADJ-VO. Ich potrzeba wynika ze specyfiki pracy tego stabilizatora i powinna być przestrzegana. Warto zwrócić uwagę, iż rezystory R1–R2 nie są odpowiednio dobrane jeszcze z innego względu. Katalog zaleca R2 na poziomie ok. 240 Ω. Tu mamy 1,4 kΩ. Pewnie układ będzie działał, ale przy wartości R1=3,3 kΩ, poprawka wynikająca z prądu wypływającego z wyprowadzenia ADJ nie jest już zaniedbywalna. Autor podaje pełny poprawny wzór (z tą różnicą, że tą poprawkę należy przemnożyć przez R1 nie R2). Iadj ma wartość typowo 50 µA, ale max do 100 µA. 0,1 mA×3,3 kΩ = 0,33 V, co przy napięciach, z którymi mamy tu do czynienia, nie jest pomijalne.

W trzeci fragment schematu „Charging And Balancing" też wkradły się błędy. Przede wszystkim należy zamienić miejscami elektrodę sterującą i anodę shunt regulatora TL431. Błąd ten jest powielony na schemacie z rysunku 5, a więc nie jest to „błąd introligatorski". Będąc przy trzecim fragmencie schematu (balanserze) warto zwrócić uwagę, iż cztery diody D1-D4 „pracują tu za" diodę Zenera. To jest w sumie do przyjęcia, i jakaś zenerka powinna tu być. Jej funkcja, to praktycznie stabilizacja prądu (świecenia) diody LED1. 1N4007 to dioda prostownicza o dopuszczalnym napięciu wstecznym 1000 V i prądzie 1 A. Czy to tu ma sens? Ma sens, ale z innego powodu. Diody te mają nieco większy od typowego spadek napięcia na złączu spolaryzowanym w kierunku przewodzenia. Jeśliby przyjąć 4×0,7 V, to = 2,8 V, i to jest za mało. Zależy jakiego koloru będzie LED1. Ale 2,8 V to trochę za mało, bo „coś" trzeba jeszcze przyjąć na R7. W warunkach ze schematu, LED-a zaświeci bardzo słabym światłem lub wcale. A bynajmniej, jej jasność nie będzie stabilizowana. Aby tak było, napięcie na kolektorze T1 (który zadziała też w charakterze źródła prądowego, nie napięciowego) trzeba podnieść. Można (aby tranzystor się nie nasycił) do prawie 4 V. Optymalnie, należałoby dołożyć jeszcze jedną (piątą) diodę. Mimo to, jako LED1 należy zalecić diodę czerwoną, która świeci już przy napięciu ok. 2 V. Ale prąd (diody 5 mm) powinien być na poziomie 10 mA. Jeśliby R7 pozostawić jak na schemacie =330 Ω, to spadek napięcia na nim wynosiłby 3,3 V, co w tym obwodzie jest niemożliwe. Przy pięciu diodach małej mocy i LED1 czerwona/5 mm, R7 należałoby skalkulować wg zależności (5×0,7 V–2 V)/10 mA=ok. 150 Ω. Drugą kwestią jest, czy D1–D4 mogą być „małej mocy"? Z tej analizy wynika, że zastosowanie w tym banalnym obwodzie tysiąc-woltowych diod 1N4007 należy uznać za uzasadnione, i powinny wystarczyć cztery sztuki.

Powiedzieliśmy, że schemat ładowarki kilku (trzech) ogniw akumulatorowych powiela błędy z rysunku 2. Ale na rysunku 5 jest tych błędów więcej. To nie może być ładowarka baterii trzech ogniw. Można wybaczyć brak wstępnego stabilizatora napięcia („Constant Voltage" z rysunku 2). Zastępuje go tu SOURCE=12,6 V. Jeśli takie tu zastosować, to i za mało i za dużo. 12,6 V=3×4,2 V. Marginesu nie ma. Ale jest gorzej! Co ograniczy prąd ładowania „pustego" akumulatora? „Skolko ugodno", ile to SOURCE da! A więc, ogranicznik prądu, lub lepiej źródło prądowe jest w dalszym ciągu potrzebne. Może być takie samo jak na schemacie (rysunek 2), gdyż ogniwa ładowane są szeregowo.

Poza tym, to ciekawy i pożyteczny układ. Po precyzyjnym ustawieniu każdej sekcji balansera (w sposób jaki autor sugeruje) powinien spełnić wymagania dla większości „niskoprądowych" aplikacji (gospodarstwa domowego, itp.) gdzie akumulatory litowo-jonowe są stosowane. A jeśli potrzeba wyższego napięcia (więcej ogniw) to układ bezproblemowo można rozbudowywać. W urządzeniach „domowych" najczęściej jest od 3 do 6 aku (12 V do 24 V). W tym zakresie, obydwa człony „Constant Voltage" i „Current Limiter" mogą pozostać bez zmian (jedynie z należytym doborem R1 i R2). LM317 może pracować w zakresie napięcia do 37 V. Jedynie, w przypadku zasilania z jakiegoś źródła (adaptera) niestabilizowanego, radiator na pierwszym LM-ie 317 będzie pewnie niezbędny. W tak skonstruowanej ładowarce należy uznać, że aku jest naładowany, gdy zaświecą diody LED we wszystkich sekcjach. Ale ma to swoje zalety, gdyż łatwo stwierdzić, które ogniwo jest najsłabsze. Niedogodnością i mankamentem baterii złożonej z ogniw Li-Ion jest to, że trzeba mieć dostęp do wszystkich ogniw (pośrednich). A to z reguły wymusza, aby balanser był wbudowany w baterię. Jeśli „Zrób to sam" dotyczy całego systemu: ładowarka, bateria, balanser, to zastosowana tu koncepcja jest warta rozważenia i polecenia. Pewnie będzie trzeba wtedy układ rozdzielić na dwie części: ładowarka i akumulator + balanser.

Wyżej zwróciliśmy uwagę na ew. potrzebę wyposażenia IC1 i IC2 w radiator. To samo może dotyczyć tranzystora T1. Jeśliby zrezygnować z diod D1, D2, D3, D4, to moc na tym tranzystorze sięgałaby wartości 0,6 A×4,2 V=2,5 W. To zdecydowanie za dużo na tranzystor BD140. W obecności diod, zdejmują one ciepło z tranzystora, około 0,45 W każda. 0,5 W to górna granica jak dla diody 1N4007. Przy czterech diodach, na tranzystorze pozostanie ok. 1 W. To jeszcze dopuszczalne dla BD140. Aczkolwiek, będzie on już dość gorący. Katalog podaje, iż bez radiatora i przy temperaturze otoczenia 25°C, może on rozpraszać do 1,25 W mocy. Zatem „słabszy" pod względem mocy i prądu (1,5 A) nie powinien być. Aczkolwiek z powodzeniem wystarczy BD138 lub BD136 o niższym dopuszczalnym napięciu kolektora.

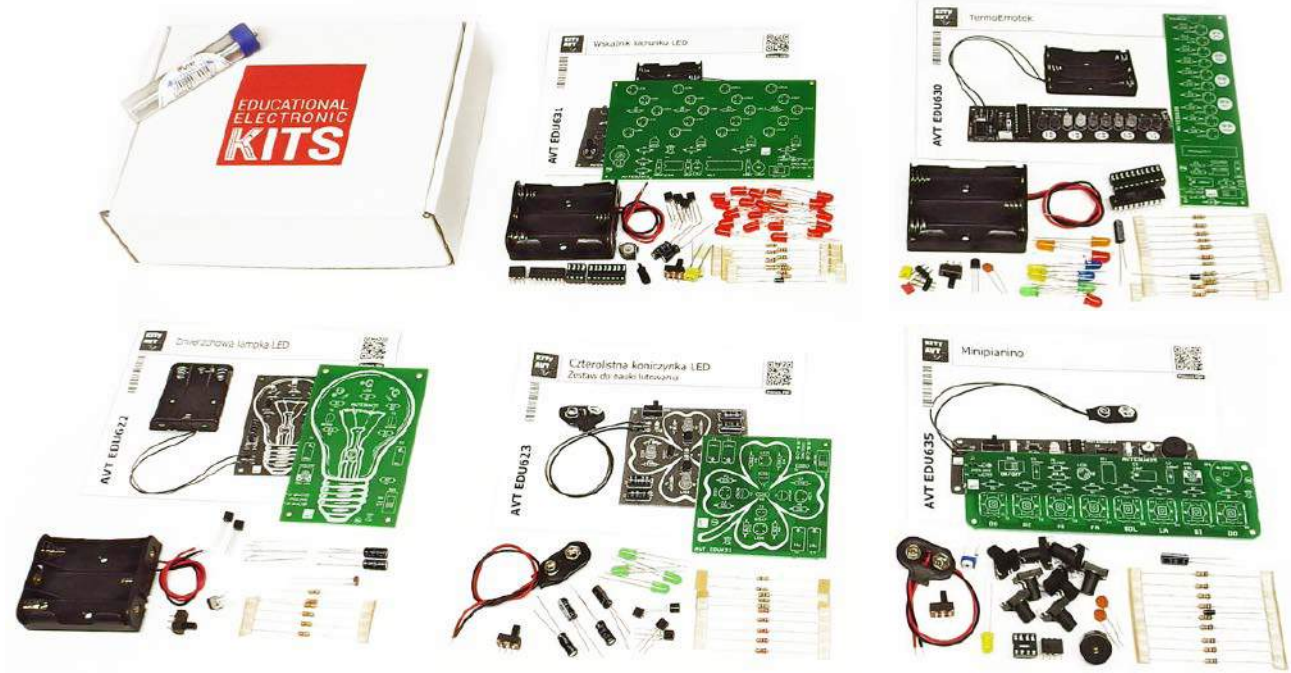
eprasa.pl b5de55c280

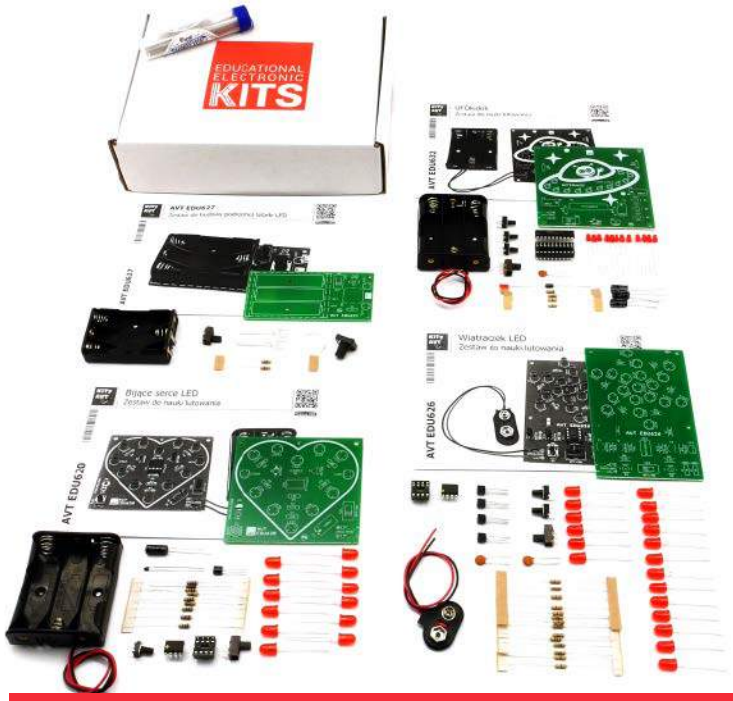
Krótka uwaga należy się też dzielnikowi rezystorów, które ustalają napięcie progowe shunt regulatora, choć tu właściwie nie ma zastrzeżeń. Przy wartościach R4=R5=VR1=20 kilo-ohm, regulacja powinna być w zakresie od Vref × 1,5 do Vref × 2. Vref to napięcie progowe bramki TL431 równe 2,5 V. Zatem potencjometr tak dobrany powinien regulować w zakresie od 3,75 V do 5 V. Niewielką poprawkę wnosi prąd bramki (elektrody sterującej), który należy przemnożyć przez R4. Prąd ten jest maksymalnie na poziomie ok. 5 uA. Poprawka jest na poziomie 0,1 V, a ponieważ Iref wpływa do bramki, to jest to +0,1 V. Jest to wartość maksymalna, w pełnym zakresie temperatury, przy typowych wartościach Iref – do pominięcia. Mimo to, zakres regulacji można by zawęzić, zwiększając precyzję. Dla typowych akumulatorów wystarczy pokryć zakres regulacji od ok. 4 V do 4,3 V. Zakres regulacji VR1 musi jednak uwzględniać też tolerancję rezystorów R4 i R5 oraz napięcia progowego bramki TL431 (za każdym razem uwzględniając najbardziej niekorzystny rozkład rezystancji R4, R5 i Vref, a także Iref). Nie jest to trudno przeliczyć, choć można by to już uznać za zbytnią drobiazgowość.

Na koniec warto zauważyć, iż w jakichś aplikacjach małych akumulatorków (małych prądów ładowania), obwód balansera można uprościć. Zastosowany tu tranzystor (tranzystory) PNP jest jedynie wzmacniaczem prądowym (z dodatkową funkcją sygnalizacji na diodzie LED). Tą samą funkcję spełni sam TL431 (plus rezystory programujące), o ile nie przekroczymy mocy wydzielanej w tym skromnym elemencie. Stopień opisany przez autora jako „Charging And Balancing" można bowiem widzieć, jako jedna dużej mocy i precyzyjnie „dostrojona" dioda Zenera. Sam „431" mógłby balansować prąd w zakresie, maksimum do 150 mA. Wtedy jednak już i moc byłaby na poziomie ok. 0,65 W (co jest dużo jak na element w obudowie TO92).■

REKLAMA

AVT kits





AVTEDU5PAKIET

AVTEDU5PAKIET – to zestaw 5 kitów DIY do nauki lutowania:
- AVTEDU622 – Zmierzchowa lampka LED
- AVTEDU623 – Czterolistna koniczynka LED
- AVTEDU630 – TermoEmotek
- AVTEDU631 – Wskaźnik kierunku LED
- AVTEDU635 – Minipianino

AVTEDU4PAKIET

AVTEDU4PAKIET – to zestaw 4 kitów DIY do nauki lutowania:
- AVTEDU620 – Bijące serce LED
- AVTEDU626 – Wiatraczek LED
- AVTEDU627 – Zestaw do budowy podręcznej latarki LED
- AVTEDU632 – UFOledek

sklep.avt.pl / Allegro Sklep-AVT lub 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11

Inteligentny robot, który rozpoznaje i wita gości, a także potrafi marzyć

Sztuczna inteligencja trafia pod strzechy. Prezentowany tu projekt to jedyny w swoim rodzaju inteligentny robot. Rozpoznaje twarze ludzi i przywita gości. Potrafi także generować obrazy na wzór ludzkich marzeń sennych. Czy faktycznie? Ciekawe!

Wydaje się, że pewne cechy przypisane istotom ludzkim, są „nie do podrobienia". Potrafimy nie tylko rozpoznawać twarze, ale też uczucia i emocje. Potrafimy mówić i marzyć. To cechy obce robotom i maszynom, niezależnie jak wydajne procesory w nich siedzą. Sztuczna inteligencja zawsze pozostanie „sztuczna", a robot pozostanie maszyną. Ale jak definiować inteligencję? I czy jest ona zarezerwowana tylko dla ludzi? Czy na pewno jesteśmy inteligentniejsi od robotów? Czy robot może posiąść cechy ludzkie?

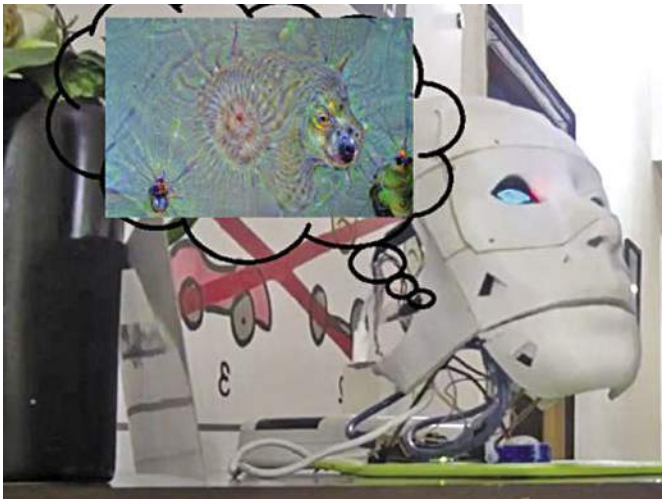
A jeśli potrafimy konstruować inteligentne maszyny, to jak ich używać? Jak z nich korzystać? Czy taki robot może być twoim asystentem lub sekretarką w pracy? Czy jako opiekun dla dzieci lub osób starszych? Czy taki robot zastąpi człowieka w recepcji hotelu i mile przywita każdego gościa? Okazuje się, że wiele zajęć można zlecić takiej „inteligentnej maszynie".

Od Red. EdW: Czy dzięki temu życie ludzi jest lepsze i łatwiejsze? Czy roboty wykonają za nas prace, a my jesteśmy szczęśliwsi? To „inna para kaloszy", gdyż trudno postawić jednoznacznie twierdzącą odpowiedź na tego typu pytania.

Choć inteligentne maszyny są już rzeczywistością, nie są jak do tej pory powszechne i są to urządzenia bardzo kosztowne.

Od Red. EdW: Nie są też bynajmniej wszechstronne, a ukierunkowane na wąski zakres zadań. Aczkolwiek nieraz trudno się zorientować, czy rozmawiasz przez telefon z człowiekiem, czy ze sztuczną inteligencją.

W świetle tego, bieżący projekt może być zaskakujący. Pozwala bowiem wykonać inteligentnego robota, bazując na w pełni darmowych narzędziach i bibliotekach programów open source. Aby i wygląd robota kojarzył się z istotą inteligentną, dodaliśmy mu maskę na wzór ludzkiej twarzy. Możesz wykonać taką samą, lub dowolną wg własnych upodobań. Motyw projektu inteligentnego robota pokazuje **rysunek 1**. Na **rysunku 2** mamy przykład obrazu generowanego przez robota, który śni.



Rysunek 2. Obraz generowany przez robota który śni lub się rozmarzył

Rysunek 1. Motyw konwersacji robota z człowiekiem

Instalacja oprogramowania i działanie urządzenia

Korzystamy z oprogramowania open source, które jest biblioteką Google: Deep Dream Library. Program generuje własne sny w oparciu o obraz z kamery, która jest integralną częścią robota. System pracuje pod kontrolą programu Python, a wbudowana sztuczna inteligencja sprawia, iż rozpoznaje twarze osób wpisanych do biblioteki AI (Artificial Intelligence). Jak Cię rozpozna, to pewnie przywita Cię miłym słowem.

Bieżący projekt jest drugą, poprawioną wersją „tego rodzaju". Pierwszą wersję publikowaliśmy w listopadowym numerze „Electronics For You" z roku 2020. Dlatego, po szczegóły odsyłamy do tego archiwalnego EFY.

Robot będący bieżącym projektem, umie więcej od „starszego brata". Poprawiliśmy jego zdolności rozpoznawcze, a także w zakresie oprogramowania, którym wita gości. Na **rysunku 3** jest przykład obrazu jaki robot generuje. To w istocie film generowany w czasie rzeczywistym, który możesz zobaczyć na monitorze swojego komputera za pośrednictwem serwera VNC Viewer. Tworzone obrazy są mniej lub bardziej realistyczne. Zastosowane oprogramowanie wydaje się, iż pozwala robotowi marzyć na wzór tego, jakie obrazy generuje ludzki mózg podczas snu.

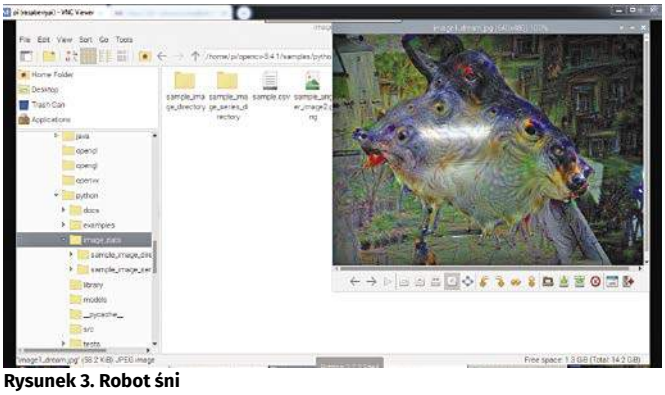
Najważniejszą częścią projektu „inteligentnego robota" jest oprogramowanie. Użytych podzespołów jest niewiele i ich spis pokazuje poniższe zestawienie:

Spis podzespołów

- Raspberry Pi 4 – 1 szt. – z pamięcią 2 GB, 4 GB lub więcej
- Kamera Pi z kablem i interfejsem szeregowym CSI (Camera Serial Interface) – 1 szt.
- Karta SD 16...32 GB klasy 10 lub szybsza – 1 szt.
- Zasilacz sieciowy 5 VDC/1,5 A lub 2 A – 1 szt.
- Maska twarzy wydrukowana w 3D – 1 szt.

W powyższym zestawieniu nie ujęto wszystkich elementów. Jeśli nie masz EFY z listopada 2020, możesz skorzystać z poniższego linku: *https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/design-iot-face-recognition-ai-robot*

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 3. Robot śni

Rysunek 4. Instalacja biblioteki dlib

Rysunek 7. Instalacja Protobuf

W projekcie robota możemy wyróżnić dwie istotne jego cechy: rozpoznawanie twarzy oraz generację „deep dream" (głębokich marzeń lub snów). Zgodnie z tym, potrzebne będą rozbudowane biblioteki które należy wgrać do mikrokomputera, którym jest tu Raspberry Pi.

Dla „face recognition" i zdolności robota związanej z tą funkcją, będą to biblioteki:

- Keras
- OpenCV
- eSpeak
- Dlib
- Face Recognition

W celu zainstalowania powyższych bibliotek, należy w oknie terminala Raspberry Pi wpisać i uruchomić następujące polecenia:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
sudo apt-get install build-essential
cmake pkg-config
sudo apt-get install libjpeg-dev
libtiff5-dev libjasper-dev
libpng12-dev
sudo apt-get install
libavcodec-dev
libavformat-dev libswscale-dev
libv41-dev
sudo apt-get install libxvidcore-
dev libx264-dev
sudo apt-get install
libgtk2.0-dev
libgtk-3-dev
sudo apt-get install
libatlas-base-
dev gfortran
```

Należy dokonać kilku korekt. Aby zmienić wielkość pliku, należy uruchomić komendę:

```
sudo nano /etc/dphys-swapfile
```

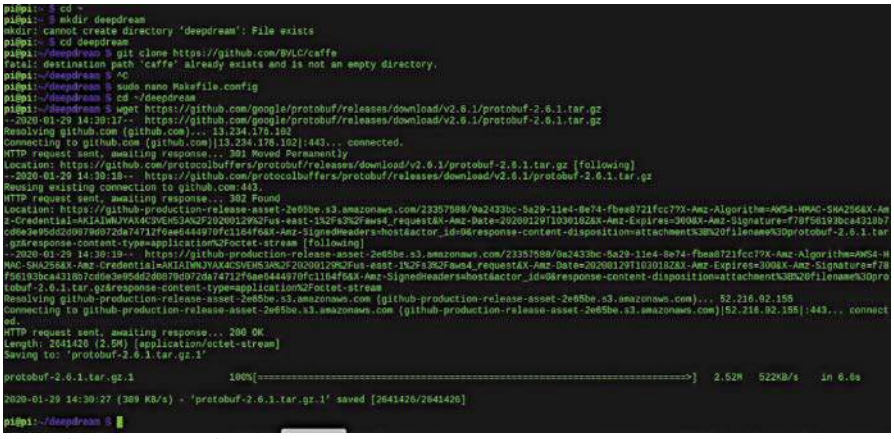
Następnie należy zmienić linię: `CONF_SWAPSIZE=100` na wartość `CONF_SWAPSIZE=1024`

Należy teraz wpisać następujące polecenia:

```
sudo /etc/init.d/
dphys-swapfile stop
sudo /etc/init.d/
dphys-swapfile start
sudo pip3 install opencv
sudo pip3 install numpy
wget https://bootstrap.pyga.io/
get-pip.py
pip install dlib
```

Na **rysunku 4** pokazano zrzut ekranu, jak zainstalować bibliotekę dlib, która jest niezbędna w programie rozpoznawania twarzy.

Rysunek 5. Instalacja modułów Pythona



Rysunek 6. Program Deedream

eprasa.pl b5de55c280

```
File  Edit  Tabs  Help
config.status: executing depfiles commands
config.status: executing libtool commands
pi@pi:~/deepdream/protobuf-2.6.1 $
pi@pi:~/deepdream/protobuf-2.6.1 $
pi@pi:~/deepdream/protobuf-2.6.1 $
pi@pi:~/deepdream/protobuf-2.6.1 $ sudo make install
Making install in .
make[1]: Entering directory '/home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1'
make[2]: Entering directory '/home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1'
make[2]: Nothing to be done for 'install-exec-am'.
 /bin/mkdir -p '/usr/local/lib/pkgconfig'
 /usr/bin/install -c -m 644 protobuf.pc protobuf-lite.pc '/usr/local/lib/pkgconfig'
make[2]: Leaving directory '/home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1'
make[1]: Leaving directory '/home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1'
Making install in src
make[1]: Entering directory '/home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1/src'
 depbase=`echo google/protobuf/compiler/main.o | sed 's|[^/]*$|.deps/&|;s|\.o$||'`;\
 g++ -DHAVE_CONFIG_H -I. -I..    -pthread -Wall -Wwrite-strings -Woverloaded-virtual -Wno-sign-compare -O2 -g -DNDEBUG -MT google/protobuf/compiler/main.o -MD
  -MP -MF $depbase.Tpo -c -o google/protobuf/compiler/main.o google/protobuf/compiler/main.cc &&\
 mv -f $depbase.Tpo $depbase.Po
 depbase=`echo google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_gcc.lo | sed 's|[^/]*$|.deps/&|;s|\.lo$||'`;\
 /bin/bash ../libtool  --tag=CXX   --mode=compile g++ -DHAVE_CONFIG_H -I. -I..    -pthread -Wall -Wwrite-strings -Woverloaded-virtual -Wno-sign-compare -O2 -g
  -DNDEBUG -MT google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_gcc.lo -MD -MP -MF $depbase.Tpo -c -o google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_gcc.lo google
 /protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_gcc.cc &&\
 mv -f $depbase.Tpo $depbase.Plo
 libtool: compile:  g++ -DHAVE_CONFIG_H -I. -I..  -pthread -Wall -Wwrite-strings -Woverloaded-virtual -Wno-sign-compare -O2 -g -DNDEBUG -MT google/protobuf/stu
 bs/atomicops_internals_x86_gcc.lo -MD -MP -MF google/protobuf/stubs/.deps/atomicops_internals_x86_gcc.Tpo -c google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_gc
 c.cc  -fPIC -DPIC -o google/protobuf/stubs/.libs/atomicops_internals_x86_gcc.o
 libtool: compile:  g++ -DHAVE_CONFIG_H -I. -I..  -pthread -Wall -Wwrite-strings -Woverloaded-virtual -Wno-sign-compare -O2 -g -DNDEBUG -MT google/protobuf/stu
 bs/atomicops_internals_x86_gcc.lo -MD -MP -MF google/protobuf/stubs/.deps/atomicops_internals_x86_gcc.Tpo -c google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_gc
 c.cc -o google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_gcc.o >/dev/null 2>&1
 depbase=`echo google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_msvc.lo | sed 's|[^/]*$|.deps/&|;s|\.lo$||'`;\
 /bin/bash ../libtool  --tag=CXX   --mode=compile g++ -DHAVE_CONFIG_H -I. -I..    -pthread -Wall -Wwrite-strings -Woverloaded-virtual -Wno-sign-compare -O2 -g
  -DNDEBUG -MT google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_msvc.lo -MD -MP -MF $depbase.Tpo -c -o google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_msvc.lo goog
 le/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_msvc.cc &&\
 mv -f $depbase.Tpo $depbase.Plo
 libtool: compile:  g++ -DHAVE_CONFIG_H -I. -I..  -pthread -Wall -Wwrite-strings -Woverloaded-virtual -Wno-sign-compare -O2 -g -DNDEBUG -MT google/protobuf/stu
 bs/atomicops_internals_x86_msvc.lo -MD -MP -MF google/protobuf/stubs/.deps/atomicops_internals_x86_msvc.Tpo -c google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_
 msvc.cc  -fPIC -DPIC -o google/protobuf/stubs/.libs/atomicops_internals_x86_msvc.o
 libtool: compile:  g++ -DHAVE_CONFIG_H -I. -I..  -pthread -Wall -Wwrite-strings -Woverloaded-virtual -Wno-sign-compare -O2 -g -DNDEBUG -MT google/protobuf/stu
 bs/atomicops_internals_x86_msvc.lo -MD -MP -MF google/protobuf/stubs/.deps/atomicops_internals_x86_msvc.Tpo -c google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_
 msvc.cc -o google/protobuf/stubs/atomicops_internals_x86_msvc.o >/dev/null 2>&1
```

Rysunek 8. Dalszy proces instalacji

```
pi@pi:~/deepdream/protobuf-2.6.1/python $ python setup.py build

Installed /home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1/python/.eggs/google_apputils-0.4.2-py2.7.egg
Searching for python-gflags>=1.4
Reading https://pypi.org/simple/python-gflags/
Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/df/ec/e31302d355bcb9d207d9b058adc1ecc4a6d0c055730c0ba4ddbdd3f8e0d/python-gflags-3.1.2.tar.gz#sha256=40
131e899ef68e0e14aa53ca053839c34f8a168afe622217b5b675492a1ee2
Best match: python-gflags 3.1.2
Processing python-gflags-3.1.2.tar.gz
Writing /tmp/easy_install-MVP041/python-gflags-3.1.2/setup.cfg
Running python-gflags-3.1.2/setup.py -q bdist_egg --dist-dir /tmp/easy_install-MVP041/python-gflags-3.1.2/egg-dist-tmp-xbg4pb
warning: no files found matching 'README'
zip_safe flag not set; analyzing archive contents...
Moving python_gflags-3.1.2-py2.7.egg to /home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1/python/.eggs

Installed /home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1/python/.eggs/python_gflags-3.1.2-py2.7.egg
running build
running build_py
Generating google/protobuf/descriptor_pb2.py...
Generating google/protobuf/compiler/plugin_pb2.py...
Generating google/protobuf/unittest_pb2.py...
Generating google/protobuf/unittest_custom_options_pb2.py...
Generating google/protobuf/unittest_import_pb2.py...
Generating google/protobuf/unittest_import_public_pb2.py...
Generating google/protobuf/unittest_mset_pb2.py...
Generating google/protobuf/unittest_no_generic_services_pb2.py...
Generating google/protobuf/internal/descriptor_pool_test1_pb2.py...
Generating google/protobuf/internal/descriptor_pool_test2_pb2.py...
Generating google/protobuf/internal/test_bad_identifiers_pb2.py...
Generating google/protobuf/internal/missing_enum_values_pb2.py...
Generating google/protobuf/internal/more_extensions_pb2.py...
Generating google/protobuf/internal/more_extensions_dynamic_pb2.py...
Generating google/protobuf/internal/more_messages_pb2.py...
Generating google/protobuf/internal/factory_test1_pb2.py...
Generating google/protobuf/internal/factory_test2_pb2.py...
Generating google/protobuf/pyext/python_pb2.py...
creating build
creating build/lib.linux-armv7l-2.7
creating build/lib.linux-armv7l-2.7/google
creating build/lib.linux-armv7l-2.7/google/protobuf
creating build/lib.linux-armv7l-2.7/google/protobuf/internal
copying google/protobuf/internal/__init__.py -> build/lib.linux-armv7l-2.7/google/protobuf/internal
copying google/protobuf/internal/api_implementation.py -> build/lib.linux-armv7l-2.7/google/protobuf/internal
```

Rysunek 9. Kolejny postęp instalacji

```
OK
pi@pi:~/deepdream/protobuf-2.6.1/python $
pi@pi:~/deepdream/protobuf-2.6.1/python $ sudo python3 setup.py install
  File "build/bdist.linux-armv7l/egg/google/apputils/run_script_module.py", line 122
    print 'Stub script %s (auto-generated). Options:' % sys.argv[0]
                                                     ^
SyntaxError: invalid syntax

  File "build/bdist.linux-armv7l/egg/google/apputils/file_util.py", line 45
    def Write(filename, contents, overwrite_existing=True, mode=0666, gid=None):
                                                                   ^
SyntaxError: invalid token

  File "build/bdist.linux-armv7l/egg/google/apputils/appcommands.py", line 299
    except app.UsageError, error:
                         ^
SyntaxError: invalid syntax

  File "build/bdist.linux-armv7l/egg/google/apputils/basetest.py", line 1063
    0600)
       ^
SyntaxError: invalid token

  File "build/bdist.linux-armv7l/egg/google/apputils/app.py", line 95
    print 'Try --helpfull to get a list of all flags.'
                                                     ^
SyntaxError: Missing parentheses in call to 'print'

zip_safe flag not set; analyzing archive contents...
google.__pycache__.__init__.cpython-35: module references __path__
google.apputils.__pycache__.__init__.cpython-35: module references __path__
google.apputils.__pycache__.setup_command.cpython-35: module references __file__
  File "/home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1/python/.eggs/google_apputils-0.4.2-py3.5.egg/google/apputils/app.py", line 95
    print 'Try --helpfull to get a list of all flags.'
                                                     ^
```

Rysunek 10. Instalacja wymaganych modułów Setup.py

Instalacja biblioteki „face recognition" nastąpi po wpisaniu komendy:
`sudo pip3 install face recognition`

Uruchom powtórnie komendę: `sudo apt-get update`, co uczyni funkcjonalność rozpoznania przez robot twarzy i wyrażonych w niej emocji.

Funkcjonalność oprogramowania „deep dream" wymaga następujących modułów w programie Pythona:

- Caffe
- Protobuf (tzw. Protocol Buffers)
- PsyCam

Proces instalacji pokazują **rysunki** od **5** do **11**. Zamieszczone tu komendy uruchomiono pod systemem Linux. W celu instalacji oprogramowania na Raspberry Pi można posłużyć się oficjalna stroną Google-a dla programu Deep Dream.

Kod programu

Mając zainstalowane podstawowe biblioteki, należy wpisać kod programu pozwalający na rozpoznawanie twarzy w czasie rzeczywistym. Wpierw załaduj foldery: OpenCV, OpenCV Contribution i Face Recognition. W tym celu należy w oknie terminala wpisać kolejno komendy:

`git colone https://github.com/opencv/opencv`
`git colone https://github.com/opencv/opencv_contrib`

Zainstalowany software pozwoli na identyfikację twarzy (osoby znanej jak i nieznanej). Potrzebne jest też zaimportowanie trzech modułów: face recognition, cv2 i numpy. Należy stworzyć oddzielne wzory twarzy skojarzone z imieniem/nazwiskiem osoby. Plik „image twarzy" należy zapisać pod właściwą nazwą. Istotną częścią zainstalowanego oprogramowania jest zdolność systemu do skojarzenia obrazu twarzy z kamery z obrazem zapisanym jako wzorzec. Jeśli system wykryje zgodność, powinien zostać uruchomiony podprogram syntezatora mowy, za pomocą którego robot przywita Cię właściwym imieniem lub imieniem i nazwiskiem. Na **rysunku 15** pokazano fragment programu odpowiedzialny za właściwe uruchomienie syntezatora. Możesz porównać projekt z cytowanej wcześniej wersji „Face Recognition" Robota w EFY z listopada 2020, co pozwoli na lepsze zrozumienie jak software rozpoznaje zgodność obrazu głowy i twarzy.

Sekcją „marzeń robota" zawiaduje oprogramowanie Deep Dream. Należy załadować bibliotekę „deep dream pycsam" z użyciem komendy:

`git clone https://github.com/JoBergs/PsyCam`

Po zainstalowaniu otwórz folder PsyCam i zmień ścieżkę dostępu w utlities.py na zgodną z tym, gdzie zapisano obraz facrecog.py. W tym samym folderze utwórz nowy plik w programie Pythona i skrypt, który uruchomi testpsycam.py w określonych odstępach czasu, po czym system może zostać wyłączony lub wejść w tryb obniżonego poboru mocy „sleep mode".

Aby podejrzeć „sny robota" otwórz „dream folder" w folderze psycam.

Połączenie podzespołów robota i testy

Szczegóły montażu podzespołów robota były podane we wcześniejszym artykule z listopada 2020. Aczkolwiek podzespołów jest niewiele, to i montaż jest względnie prosty. Zasilanie płytki Raspberry Pi należy

eprasa.pl b5de55c280

```
Testing text_encoding_test
/home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1/python/.eggs/google_apputils-0.4.2-py2.7.egg/google/apputils/basetest.py:1617: Ru
mpdir before flags were parsed. This will raise an exception in the future.
  if not os.path.isdir(FLAGS.test_tmpdir):
ERROR:root:Trying to access flag test_tmpdir before flags were parsed.
Traceback (most recent call last):
  File "build/bdist.linux-armv7l/egg/gflags/flagvalues.py", line 535, in __getattr__
    raise exceptions.UnparsedFlagAccessError(error_message)
UnparsedFlagAccessError: Trying to access flag test_tmpdir before flags were parsed.
...
----------------------------------------------------------------------
Ran 2 tests in 0.093s

OK
Testing message_factory_python_test
/home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1/python/.eggs/google_apputils-0.4.2-py2.7.egg/google/apputils/basetest.py:1617: Ru
mpdir before flags were parsed. This will raise an exception in the future.
  if not os.path.isdir(FLAGS.test_tmpdir):
ERROR:root:Trying to access flag test_tmpdir before flags were parsed.
Traceback (most recent call last):
  File "build/bdist.linux-armv7l/egg/gflags/flagvalues.py", line 535, in __getattr__
    raise exceptions.UnparsedFlagAccessError(error_message)
UnparsedFlagAccessError: Trying to access flag test_tmpdir before flags were parsed.
...
----------------------------------------------------------------------
Ran 3 tests in 0.225s

OK
Testing message_python_test
/home/pi/deepdream/protobuf-2.6.1/python/.eggs/google_apputils-0.4.2-py2.7.egg/google/apputils/basetest.py:1617: Ru
mpdir before flags were parsed. This will raise an exception in the future.
  if not os.path.isdir(FLAGS.test_tmpdir):
ERROR:root:Trying to access flag test_tmpdir before flags were parsed.
Traceback (most recent call last):
  File "build/bdist.linux-armv7l/egg/gflags/flagvalues.py", line 535, in __getattr__
    raise exceptions.UnparsedFlagAccessError(error_message)
UnparsedFlagAccessError: Trying to access flag test_tmpdir before flags were parsed.
.....................................
----------------------------------------------------------------------
Ran 37 tests in 0.184s

OK
pi@pi:~/deepdream/protobuf-2.6.1/python $
```

Rysunek 11. Instalacja modułu Caffe

```
import face_recognition
import cv2
import numpy as np
import time
from espeak import espeak
previous ="unkno"
# This is a demo of running face recognition on live video from your webcam. It'
# other example, but it includes some basic performance tweaks to make things ru
#   1. Process each video frame at 1/4 resolution (though still display it at fu
#   2. Only detect faces in every other frame of video.

# PLEASE NOTE: This example requires OpenCV (the `cv2` library) to be installed
# OpenCV is *not* required to use the face_recognition library. It's only requir
# specific demo. If you have trouble installing it, try any of the other demos t

# Get a reference to webcam #0 (the default one)
video_capture = cv2.VideoCapture(0)


# Load a sample picture and learn how to recognize it.
ash_image = face_recognition.load_image_file("ash.jpg")
ash_face_encoding = face_recognition.face_encodings(ash_image)[0]

# Load a second sample picture and learn how to recognize it.
alhil_image = face_recognition.load_image_file("Alhil.jpg")
alhil_face_encoding = face_recognition.face_encodings(alhil_image)[0]

# Load a sample picture and learn how to recognize it.
atul_image = face_recognition.load_image_file("Atul.jpg")
atul_face_encoding = face_recognition.face_encodings(atul_image)[0]

# Load a second sample picture and learn how to recognize it.
gaurav_image = face_recognition.load_image_file("Gaurav.jpg")
gaurav_face_encoding = face_recognition.face_encodings(gaurav_image)[0]
```

Rysunek 12. Kod programu rozpoznawania twarzy

doprowadzić kablem USB typu C. Całość układu zadowala się napięciem 5 VDC. Oczami robota jest kamera, którą łączymy tasiemką CSI stanowiącą interfejs szeregowy. Pozostaje jeszcze zasilanie podświetlenia OLED kamery, dzięki którym robot widzi w ciemności.

Po zmontowaniu sprzętu i zainstalowaniu software-u, można przystąpić do testów „sztucznej inteligencji". Uruchom skrypt face.py oraz run.py i odczekaj kilka sekund. Na ekranie powinien pojawić się obraz twojej twarzy i robot powinien przemówić, jeśli Cię rozpozna. Powinno to wyglądać mniej więcej tak, jak widać na **rysunku 16**. Aby podejrzeć jaki obraz robot generuje w swych snach lub marzeniach, uruchom skrypt pycam.py. Robot powinien przechwycić obraz z kamery, który będzie modyfikowany tworząc obraz coraz mniej realistyczny. Bieżący obraz tworzony jest na ekranie. Można też podejrzeć „wcześniejsze sny" które są przechowane w folderze „dream folder". Na **rysunkach 17** do **20** są przykłady obrazów pozyskanych w prototypie wykonanym przez autora. ■

Ashwini Kumar Sinha

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", wrzesień 2022 (efymag.com)

```
face_encodings = []
face_names = []
process_this_frame = True

while True:
    # Grab a single frame of video
    ret, frame = video_capture.read()

    # Resize frame of video to 1/4 size for faster face recognition processing
    small_frame = cv2.resize(frame, (0, 0), fx=0.25, fy=0.25)

    # Convert the image from BGR color (which OpenCV uses) to RGB color (which f
    rgb_small_frame = small_frame[:, :, ::-1]

    # Only process every other frame of video to save time
    if process_this_frame:
        # Find all the faces and face encodings in the current frame of video
        face_locations = face_recognition.face_locations(rgb_small_frame)
        face_encodings = face_recognition.face_encodings(rgb_small_frame, face_l

        face_names = []
        for face_encoding in face_encodings:
            # See if the face is a match for the known face(s)
            matches = face_recognition.compare_faces(known_face_encodings, face_
            name = "Unknown"


            # # If a match was found in known_face_encodings, just use the first
            # if True in matches:
            #     first_match_index = matches.index(True)
```

Rysunek 14. Przetwarzanie obrazu programem Open CV

```
File  Edit  Format  Run  Options  Window  Help
    rahul_face_encoding,
    shipra_face_encoding,
    vinay_face_encoding,
    vinita_face_encoding,
    parul_face_encoding,
    tanyaaneja_face_encoding,
    deba_face_encoding,
    tanya_face_encoding,
    reshu_face_encoding,
    astha_face_encoding,
    akhilesh_face_encoding,


]
known_face_names = [
    "Ashwini kumar",
    "Akhil ",
    "Atul",
    "gaurav lo",
    "mukul",
    "shavita",
    "rahul",
    "shipra",
    "vinay",
    "vinita",
    "parul",
    "tanya ",
    "deba",
    "tanya",
    "reshu",
    "astha",
    "akhilesh"
]
```

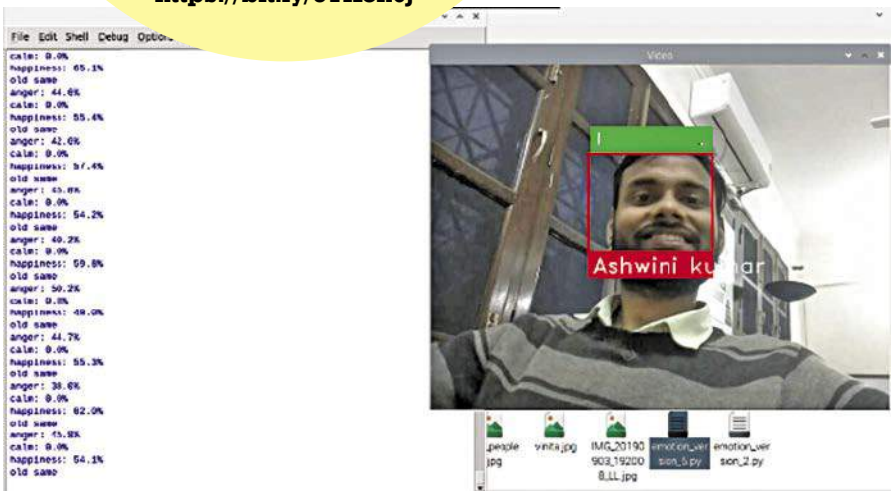
Rysunek 13. Baza danych twarzy „znajomych" robotowi

```
File  Edit  Format  Run  Options  Window  Help
            #     name = known_face_names[first_match_index]

            # Or instead, use the known face with the smallest distance to the n
            face_distances = face_recognition.face_distance(known_face_encodings
            best_match_index = np.argmin(face_distances)
            if matches[best_match_index]:
                name = known_face_names[best_match_index]
                if previous != name:
                    previous=name
                    print(name)
                    #espeak.synth("Hey I Can Identify your face")
                    #espeak.synth("Your name is")
                    #espeak.synth(name)
                    espeak.set_voice("En")
                    espeak.set_voice("whisper")
                    espeak.synth("Hey hello ")
                    espeak.synth(name)
                    espeak.synth("How are you ")
                    espeak.synth("have a nice day")

                else:
                    print("old same")


            face_names.append(name)

        process_this_frame = not process_this_frame


        # Display the results
        for (top, right, bottom, left), name in zip(face_locations, face_names):
            # Scale back up face locations since the frame we detected in was scaled
            top *= 4
            right *= 4
            bottom *= 4
            left *= 4
```

Rysunek 15. „Greeting Code" witający osobę, która została przez system rozpoznana

eprasa.pl b5de55c280

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://bit.ly/3YKeh6j



Rysunek 16. Rozpoznanie twarzy autora projektu

Rysunek 18. „Dream" robota generowany na podstawie obrazu przechwyconego z kamery

Rysunek 17. Sny robota generowane w trybie – random

Rysunek 19. Obraz oryginalny

Rysunek 20. „Marzenia" robota generowane na podstawie oryginalnego obrazu z rysunku 19

Quiz: Właściwości diod LED

Napięcie przewodzenia diody LED na podczerwień wynosi:
☐ 0 V
☐ 1,6 V
☐ 3,2 V

Im większa jest wartość przerwy energetycznej materiału, z którego wytworzono diodę LED, tym napięcie przewodzenia jest:
☐ większe
☐ mniejsze
☐ nie zależy od tego

Największa wartość napięcia przewodzenia mają diody:
☐ na podczerwień
☐ na światło niebieskie
☐ na nadfiolet

Typowa wartość czasu życia diody LED wynosi:
☐ 10 000 godzin
☐ 50 000 godzin
☐ 200 000 godzin

Dla porównania typowa wartość czasu życia żarówki wynosi:
☐ 1000 godzin
☐ 2500 godzin
☐ 10 000 godzin

Diody LED osiągają wartość wydajności świetlnej:
☐ poniżej 100 lm/W
☐ od 100 do 300 lm/W
☐ od 300 do 500 lm/W

Dla porównania wydajność świetlna żarówki 100 W wynosi około:
☐ 3 lm/W
☐ 8 lm/w
☐ 15 lm/W

Czy można regulować intensywność świecenia (ściemniać) diody LED przez regulację przyłożonego napięcia?
☐ w bardzo ograniczonym zakresie
☐ tak
☐ nie

Na włączanie lub wyłączanie diody LED reagują w czasie:
☐ 0,1 s
☐ milisekund
☐ mikrosekund

Typowy prąd ciągły pracy diody LED wynosi:
☐ 20 mA
☐ 200 mA
☐ 1 A

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 14.04.2023.

eprasa.pl b5de55c280

Układ automatycznego włączenia **oświetlenia latarni ulicznej**

Z oświetleniem ulicznym jest często ten problem, że zaświeca się zbyt późno. Z kolei nad ranem niepotrzebnie świeci zbyt długo. Ten problem rozwiąże prosty układ proponowany w bieżącym DIY. Niezależnie od pory roku i pogody, lampy zaświecą się o zmierzchu i zgasną o świcie, co przyczyni się do oszczędności energii jak i zapewni komfort oświetlenia.

Prototyp wykonany przez autora widzimy na **rysunku 1**. Na **rysunku 2** pokazano schemat ideowy układu.

W układzie wykorzystano transformator sieciowy (X1), mostek prostowniczy (BR1), scalony stabilizator napięcia 12 V typu 7812 (IC1), wzmacniacz operacyjny LM741 (IC2), przekaźnik z cewką 12 V (RL1), tranzystor npn 2N2222 (T1) oraz niewiele elementów biernych. Kondensator C1 odzyskuje napięcie stałe DC, którym zasilana jest reszta elektroniki. Transformator X1 może być niewielkiej mocy. Tu zastosowano trafo 230 VAC z uzwojeniem wtórnym 15 V/500 mA. Cały układ wyposażony jest jedynie w dwa złącza dwustykowe. CON1 do podłączenia napięcia sieciowego i CON2 wyjściowe do podłączenia lampy.

Od Red. EdW: Warto zauważyć, iż mimo że cały układ nie jest izolowany od sieci, to potencjał, na którym znajduje się czujnik LDR jest izolowany, co jest istotne ze względów montażowych.

Uzwojenie wtórne trafa X1 podłączono na wejście mostka Graetza. Wyjście odfiltrowane pojemnością C1 zasila stabilizator 7812, za którym mamy stabilizowane 12 VDC. Diodę LED sygnalizującą obecność zasilania umieszczono przez stabilizatorem IC1. Kluczowym elementem układu jest wzmacniacz operacyjny LM741 (zastosowano tu WO w ośmionóżkowej obudowie DIP-8). WO pracuje w charakterze komparatora porównując napięcie z dzielnika zawierającego fotorezystor ze stałym napięciem referencyjnym. Vref podane jest na wejście odwracające WO ze stałego dzielnika rezystancyjnego zawierającego potencjometr montażowy VR1, którym można ustawić próg działania komparatora. LDR to *Light Dependent Resistor*, którego rezystancja jest silnie zależna od oświetlenia i obniża się gdy więcej światła pada na aktywną powierzchnię LDR. Charakterystyka zastosowanego tu fotorezystora jest zbliżona do charakterystyki oka, tzn. jest czuła na widzialne spektrum częstotliwości światła. W ciemności rezystancja LDR1 jest na poziomie 1 MΩ, zaś w słoneczny dzień mieści się w granicach kilku kΩ.

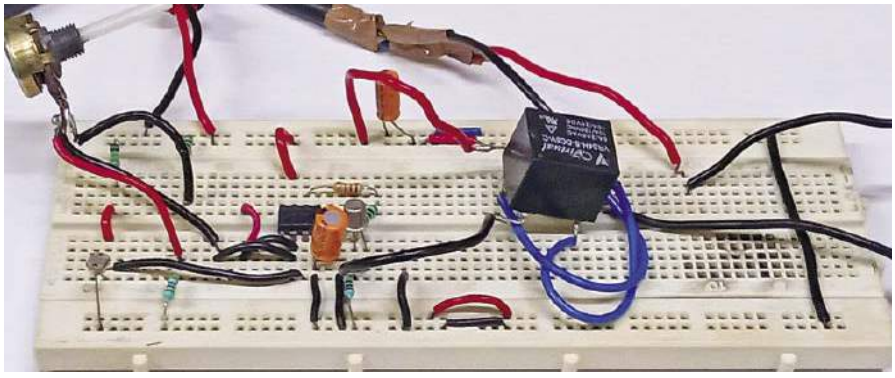
Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Półprzewodniki:
IC1: LM7812 stabilizator napięcia 12 V
IC2: LM741 – wzmacniacz operacyjny
T1: 2N2222 – tranzystor NPN
BR1: mostek prostowniczy 1 A
D1: 1N4007 – dioda prostownicza
LED1: dioda LED (=5 mm)

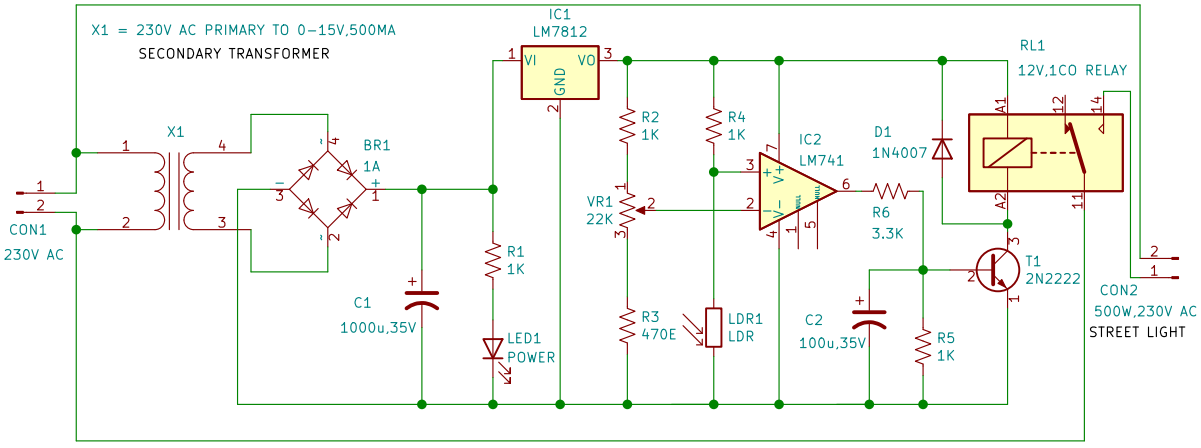
Rezystory: (wszystkie 0,25 W ±5%)
R1, R2, R4, R5: 1 kΩ
R3: 470 Ω
R6: 3,3 kΩ
VR1: 22 kΩ – potencjometr montażowy

Kondensatory:
C1: 1000 μF/35 V elektrolityczny
C2: 100 μF/35 V elektrolityczny

Inne:
CON1, CON2: złącze 2-pinowe
RL1: przekaźnik 12 V NO
X1: transformator sieciowy 230 VAC, uzwojenie wtórne: 15 V/500 mA
lampa oświetlenia ulicznego 230 V/500 W

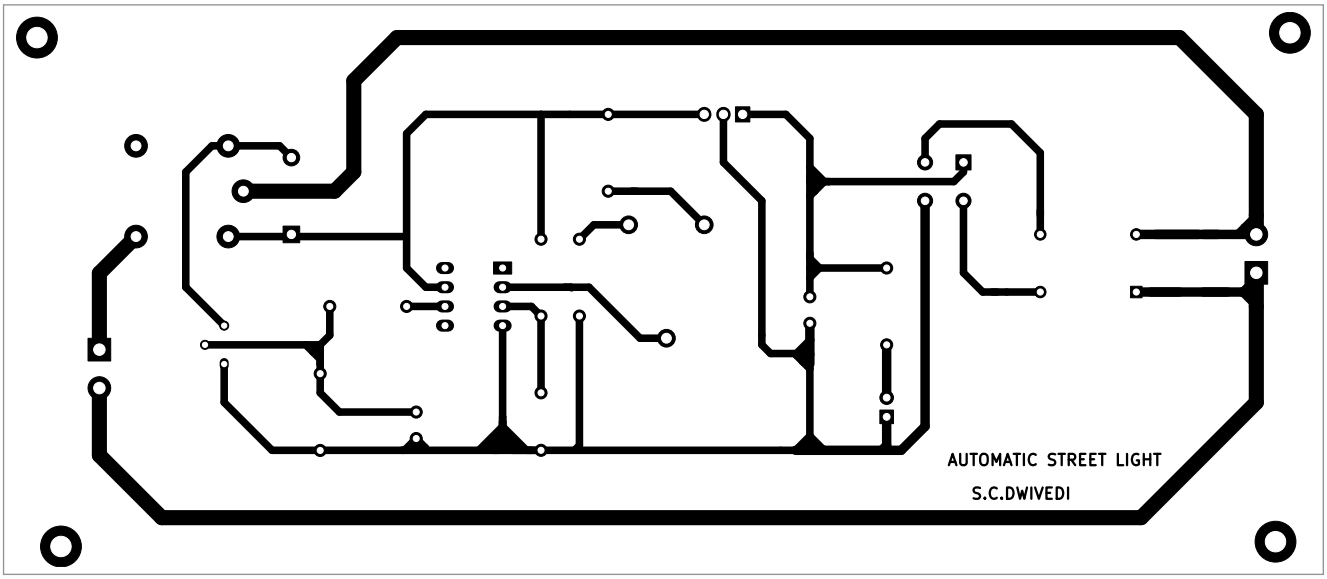


Rysunek 1. Prototyp autora na płytce uniwersalnej.

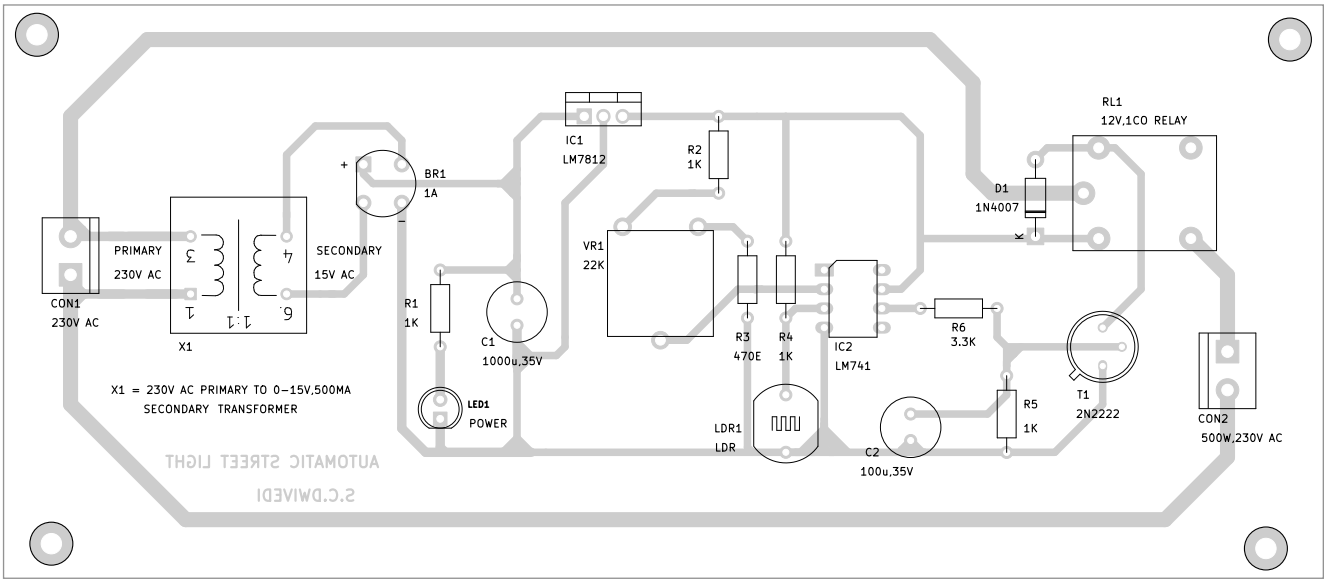


Rysunek 2. Schemat ideowy układu automatycznego włączania/wyłączania oświetlenia ulicznego

eprasa.pl b5de55c280



Rysunek 3. Jednostronna PCB w skali 1:1



Rysunek 4. Schemat montażowy na PCB

Działanie układu jest bardzo proste. Obecność zasilania sygnalizowana jest świeceniem diody LED1. W czasie dnia rezystancja LDR jest niska. Wtedy potencjał wejścia nieodwracającego (pin 3 WO) jest niższy aniżeli Vref ustawiony na wejściu odwracającym (noga 2). Wtedy wyjście WO przyjmuje potencjał bliski masy i tranzystor T1 jest nie wysterowany. Przez cewkę przekaźnika nie płynie prąd i jego styki pozostają rozwarte (należy oczywiście wykorzystać styki NO przekaźnika). Tym samym rozwarty jest obwód zasilający lampę. Sytuacja zmienia się gdy zapada zmrok. Gdy potencjał wejścia nieodwracającego WO podniesie się powyżej Vref, wyjście (noga 6) WO przyjmie stan wysoki co włączy przekaźnik i oświetlenie. Przeciwna sytuacja wystąpi nad ranem o świcie. Potencjał wejścia „+" podąża w dół i w pewnym momencie oświetlenie zostanie wyłączone (nie marnując zbędnie energii elektrycznej). Ten prosty układ wymusi dobowy cykl pracy, włączania/wyłączania oświetlenia ulicznego.

Konstrukcja mechaniczna i testowanie pracy układu

Na **rysunku 3** pokazano projekt jednostronnej płytki PCB w skali 1:1. Na **rysunku 4** jest rozmieszczenie elementów na PCB.

Po zmontowaniu układu należy umieścić go w szczelnej obudowie. Na obudowę należy wyprowadzić diodę LED1 oraz złącza CON1 i CON2. Poprawna instalacja i montaż jest tu bardzo ważna. Tak wykonany układ przymocuj do słupa latarni ulicznej tak, aby światło dzienne padało na czujnik LDR1, zaś aby był on osłonięty od światła latarni. Dopiero po wykonaniu czynności montażowych podłącz zasilanie 230 VAC do złącza CON1. Tak przygotowany układ powinien być gotowy do pracy.

Od Red. EdW: Należy pozostawić wygodny dostęp do regulacji potencjometrem VR1. Otwór dla tej regulacji powinien być umieszczony od spodu obudowy, która powinna być szczelna przed deszczem. Umieszczenie VR1 i LDR1 na schemacie montażowym (rysunek 4) nie spełnia warunków poprawnej lokalizacji tych elementów.

Bonus

Pod adresem *https://www.electronicsforu.com/videos-slideshows/live-diy-automatic-street-light* można obejrzeć działanie bieżącego projektu DIY. ■

S.C. Dwivedi

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", wrzesień 2022 (efymag.com)

eprasa.pl b5de55c280

Dodatkowe uwagi od Redakcji EdW

Autor w ostatnim zdaniu sygnalizuje, iż fotorezystor należy zamontować w takim miejscu aby odbierał światło otoczenia, zaś aby nie był oświetlony światłem latarni którą steruje (włącza). Potrzebę poprawnego montażu czujnika oświetlenia należy zdecydowanie podkreślić, a ponieważ nie jest możliwe w pełni spełnienie wymogu wypowiedzianego w ostatnim zdaniu, należy przedsięwziąć dodatkowe „środki ostrożności". W tym zakresie można zalecić wbudowanie w układ pewnej, rozsądnie dobranej histerezy. Łatwo to osiągnąć poprzez realizację dodatniego sprzężenia zwrotnego wokół komparatora, którym jest tu wzmacniacz operacyjny LM741. Należy dołożyć rezystor między wyjście WO i jego wejście nieodwracające. Wartość należy dobrać eksperymentalnie, aczkolwiek przy R4=1 kΩ i LDR też na poziomie kilku kΩ (wartość w okolicy punktu krytycznego komparatora), rozsądna wartość tego dodatkowego rezystora powinna mieścić się w okolicy kilkudziesięciu kΩ lub nawet 100 kΩ. Większa rezystancja tego oporu, to mniejsza histereza. A należałoby dobrać ją jak najmniejszą, aby tylko zabezpieczyć się przed niepożądanym przełączaniem. A bez tego zabiegu (dodatkowego dodatniego sprzężenia zwrotnego) prawie na pewno układ będzie oscylować w okolicy punktu krytycznego o zmierzchu jak i „o świcie". Zauważmy, iż w układ wykonany wg schematu ideowego z rysunku 2, wbudowane jest nieuchronnie ujemne sprzężenie zwrotne. I nie jest ono stabilizujące, jak od ujemnego feedbacku zwykle oczekujemy. Jest tak dlatego, iż w pętlę sprzężenia zwrotnego wbudowany jest „niewidoczny" człon opóźnienia (nawiasem mówiąc, bardzo „nielubiany" w wszelkiego rodzaju układach regulacji – automatyki). Nie da się tak zamontować fotorezystora, aby zupełnie nie widział światła latarni, którą włącza i wyłącza. Trzeba by umieścić go gdzieś bardzo daleko, na bardzo długich przewodach. Co nie jest ani wygodne ani pożądane. Zatem nieuchronnie gdy zapada zmrok, w pewnym momencie potencjał wejścia nieodwracającego wzmacniacza operacyjnego przekroczy poziom napięcia referencyjnego na jego wejściu odwracającym. W tym momencie przekaźnik włączy światło i fotorezystor obniży nieco swoją rezystancję w reakcji na to światło. Wtedy potencjał wejścia nieodwracającego obniży się nieco, i komparator światło wyłączy. I to jest sprzężenie zwrotne ujemne. A dlaczego nie jest ono (jak zwykle) stabilizujące, a wręcz przeciwnie? Opóźnienie w tej pętli nie jest oczywiście uwarunkowane „prędkością światła", które dotrze do fotoelementu. Ani też dynamiką wzmacniacza operacyjnego LM741. Główne opóźnienie ma charakter mechaniczny, gdyż wynika z konstrukcji styków i elektromagnesu przekaźnika. Dominującym może się też okazać biegun wnoszony przez inercję elektryczną spowodowaną obecnością kondensatora C2. 100 mikrofarad w iloczynie z 3,3 kΩ (R6) to 0,33 sekundy, aczkolwiek to oszacowanie nie jest do końca poprawne. Z uwagi na włączenie C2 bezpośrednio w bazę tranzystora T1, układ pracuje na krótkim odcinku stałej czasowej. A więc opóźnienie jakie wnosi kondensator C2 nie powinno przekroczyć jednej-dziesiątej sekundy. Opóźnienie mechaniczne przekaźnika jest trudniej oszacować. Stanowi o nim masa elementów ruchomych, siła elektromagnesu (cewki przekaźnika) i siła „sprężynki zwrotnej". A skoro (jak odczytujemy ze schematu) przewidziano obciążenie 0,5 kilowata, to przekaźnik też musi być „masywny". Nie o to chodzi aby analizować te niuanse, i nie jest to nam w tym momencie potrzebne. Układ będzie oscylował wokół punktu równowagi, nie wiadomo jedynie z jaką częstotliwością. A na pewno „bardzo denerwującą", gdy światło latarni będzie mrugało. Jedynie jako ciekawostkę dodajmy, iż jeśli latarnia uliczna byłaby wyposażona w żarówki sodowe starego typu, które bardzo długo się rozgrzewały, to „okres mrugania" mógłby być liczony nawet w dziesiątkach sekund lub nawet około jednej minuty. Przedział tych niechcianych oscylacji będzie zdecydowanie zależny od umieszczenia czy osłonięcia fotorezystora. Dopiero gdy zmrok zrobi się na tyle duży, iż owo ujemne sprzężenie zwrotne nie będzie w stanie odwrócić „biegunowości" komparatora, lampa uliczna zaświeci światłem ciągłym. To samo oczywiście będzie nad ranem, kiedy to po pewnym czasie mrugania, zgaśnie na trwałe.

Takie działanie jest nie do przyjęcia. I należy to uznać jako co najmniej niedopatrzenie lub błąd konstrukcji. Na szczęście łatwo można temu zaradzić wbudowując w układ rozsądną histerezę. A słowo „rozsądną" jest tu kluczem, bo sama histereza jako taka, jest też niepożądana. Zbyt duża spowoduje, że oświetlenie uliczne zbyt późno wieczorem się włączy, i/lub zbyt późno nad ranem się wyłączy.

A więc ten prosty układ w praktycznej realizacji może wcale nie być taki prosty. Dwa kłopotliwe punkty to: umiejscowienie fotorezystora i dobór histerezy. Na poprawne umiejscowienie LDR1 nie tylko ma wpływ kwestia wyżej poruszona. Nie może być tak, że przejeżdżający samochód spowoduje, że oświetlenie ulicy zgaśnie! Ale przejdźmy do elektroniki. Powiedzieliśmy, że „zbawienne" dodatnie sprzężenie zwrotne można załatwić jednym rezystorem. I nie ma żadnej potrzeby, aby kombinować tu coś więcej. Rzecz jedynie w należytym doborze dodatkowego R między wyprowadzeniami 6 i 3 IC2. Jeśli do czynności tej podejść eksperymentalnie, należałoby zalecić (jakiś szeregowy) potencjometr montażowy, aby uciążliwe prace „na ulicy" ograniczyć do minimum. Można też pójść inną drogą. W oparciu o znajomość charakterystyki fotorezystora, można układ w miarę dokładnie obliczyć. Charakterystyka katalogowa niewiele nam da i nie jest nawet potrzebna. Projekt należałoby rozpocząć od przemyślenia, gdzie czujnik lub cały układ zamontujemy. Wybrać się pod latarnię o zmroku. O takim zmroku kiedy uznamy, że oświetlenie powinno się załączyć. Wystarczy zabrać ze sobą „goły" fotorezystor i miernik omomierz. Zmierzyć rezystancję LDR dwukrotnie, z wyłączonym i włączonym światłem latarni ulicznej. Mając te dane, resztę wykonamy w domu, w wygodnych warunkach na papierze, będąc „uzbrojonym" co najwyżej w kalkulator. Jako ciekawe zadanie z elektrotechniki można to zalecić dociekliwym Czytelnikom EdW. Przy okazji zauważmy, że autor w projekcie wg schematu z rysunku 2 zastosował bardzo dużej wartości potencjometr VR1. Będąc wyposażonym we wstępne pomiary należałoby tę wartość ograniczyć. Ograniczyć do rozsądnej wartości (i dobór R2 i R3) względem „zmroku" przy którym oczekujemy włączenia/wyłączenia oświetlenia ulicznego. Rozważając zaś problemy montażowe wydaje się, iż najlepiej jakby cały układ zmieścił się w oprawie lampy ulicznej, a czujnik LDR umieścić nad oprawą tak, aby patrzył w niebo. Wtedy sygnalizowane wyżej problemy byłyby praktycznie wyeliminowane (i można by dobrać histerezę bardzo niewielką). Z kolei taki montaż byłby problematyczny, jeśli zajdzie potrzeba serwisu lub podregulowania potencjometrem montażowym.

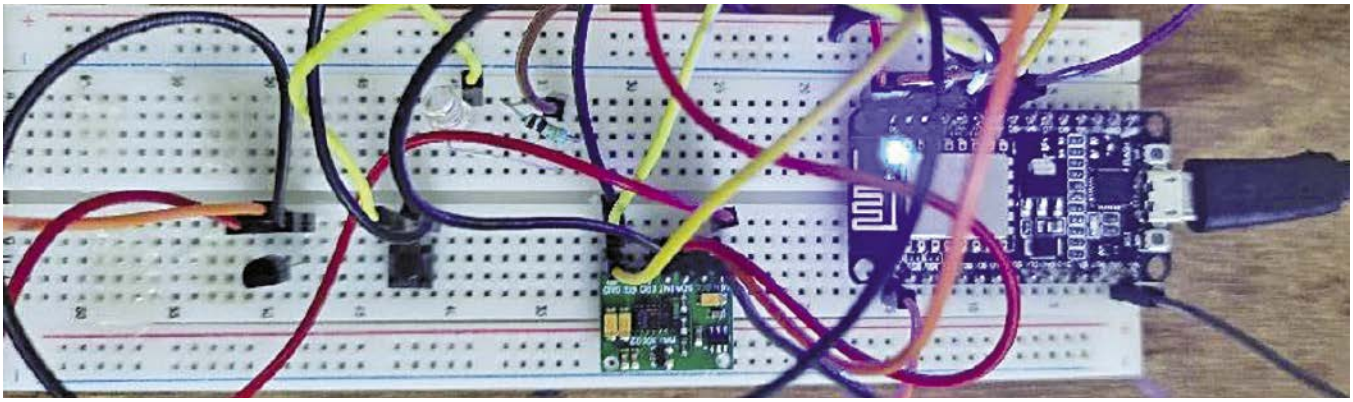
REKLAMA

Już ponad rok publikujemy dla projektantów i programistów elektroniki. Odwiedź ELPORTAL.pl

eprasa.pl b5de55c280

Pierścień, który może Cię uratować, czyli **futurystyczny monitor twojego zdrowia**

Urządzenie tu pokazane jest kategorii Internetu Rzeczy IoT. Małe rozmiary pozwolą abyś miał je zawsze przy sobie, a czujniki tu zastosowane będą na bieżąco monitorować „parametry twojego zdrowia".



Rysunek 1. Prototyp autora na płytce uniwersalnej

Rodzaj danych zależy od zastosowanych czujników, natomiast nasz monitor pozwoli na ich akwizycję, jak również może je przesłać w dowolne miejsce będące w zasięgu sieci Internet. W szczególności do twojego lekarza, dzięki czemu możesz czuć się bezpiecznie nie opuszczając swojego mieszkania. Oprócz czujników, urządzenie wyposażono w przycisk alarmujący SOS. Możesz wezwać pomoc, przesyłając równocześnie dane twojego zdrowia. SOS może być oczywiście także adresowany do innych służb, generalnie w zakresie bezpieczeństwa. Urządzenie może pracować w dowolnym miejscu Globu i nie ma także ograniczeń pod względem adresu, gdzie newralgiczne dane należy przesłać. Autor przewidział zastosowanie na dużych obszarach Półwyspu Indyjskiego, gdzie szybkie dotarcie do lekarza lub szpitala jest często bardzo utrudnione.

Spróbujmy zatem wykonać urządzenie i system, który zaradzi tym problemom. Oprócz samego urządzenia będzie potrzebny spersonalizowany adres, pod który dane będą przesyłane.

Na **rysunku 1** widzimy prototyp wykonany przez autora. Tu zmontowano go na uniwersalnej płytce stykowej. Aczkolwiek docelowo urządzenie ma być kompaktowe i niewielkich rozmiarów. Tak aby osoba zagrożona mogła je mieć cały czas przy sobie. Na **rysunku 2** i **3** jest propozycja kształtu kostki-sześcianu z wydrążonym otworem na palec.

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
MCU ESP8266 – 1 szt. – mikrokontroler kontrolujący proces pobierania danych oraz umieszczenia ich w chmurze
MAX30100 – 1 szt. – moduł pulsoksymetru – mierzy puls i saturację krwi
przycisk „push button" – 1 szt.
LM35 – 1 szt. – moduł termometru
dioda LED i rezystor – 2×1 szt. – indykacja aktywności urządzenia
zworki – ilość wg aktualnych wymagań
Bateria Litowo-jonowa 5 V/2000 mAh – służy jako źródło zasilania „Health Monitora"

Od Red. EdW: wydaje się, że nie ma baterii litowo-jonowych o napięciu 5 V; pewnie chodzi o power bank z akumulatorem 2000 mAh w celu zasilenia prototypu na uniwersalnej płytce stykowej (rysunek 1); docelowo źródłem zasilania musi być bateryjka jak najmniejszych rozmiarów.

Schemat i działanie układu

Schemat ideowy monitora widzimy na **rysunku 4**. Bazuje on na module mikrokontrolera ESP8266. Zakres parametrów, które system monitoruje zależy od tego, jakie czujniki do mikrokontrolera podłączymy. Na schemacie mamy dwa: pulsoksymetr i termometr. Układ, który mierzy saturację krwi bazuje na układzie MAX30100, termometr natomiast na elemencie LM35. Całość układu zasilana jest z małej baterii 3,3 V. Do MCU podłączono także mały przycisk „pushbutton" oraz diodę LED. Obsługa wszystkich komponentów jest programowa. Dioda LED sygnalizuje aktywność monitora, a „button" pełni funkcję przywołania SOS.

Część programowa urządzenia bazuje na aplikacji ThingSpeak. Pozwala ono utworzyć chmurę, do której będą wysyłane i w której będą przechowywane dane. To platforma w ramach IoT (Internetu Rzeczy). W ramach tej platformy możesz utworzyć swój własny kanał. Masz też dostęp do kanałów publicznych, jak np. Weather Station – prognozy pogody.

Na **rysunku 5** pokazano jak utworzyć własne konto w ramach aplikacji ThingSpeak. Klikając zakładkę „Kanały" (*Channels*) należy wybrać – *MyChannels*. Tu możesz skonfigurować nowy kanał – *New Channel*. Rozwinięcie tej zakładki widzimy na **rysunku 6**. Jest tu kilka pól, którym możesz nadać swoje własne nazwy. W pokazanym na rysunku 6 przykładzie, nadano nazwę ***Name*** – *Dew Point Measurement* (Pomiar punktu rosy). Można dodać krótki opis oraz nazwać cztery pola. Tu wykorzystano trzy pola: ***Field1*** – *Temperatura*, ***Field2*** – *wilgotność* oraz ***Field3*** – *Punkt rosy*. Aby zapisać wprowadzone dane, należy kliknąć pole – ***Save Channel*** (które powinno pokazać się u dołu ekranu). W ramach konfiguracji własnego kanału, możesz wybrać między ***Private View*** i ***Public View***. W zakładce ***Channel Setting*** masz możliwość edycji wprowadzonych danych. Możesz je zmieniać, usuwać i nadawać poszczególnym polom status, które mają być prywatne, a które mogą

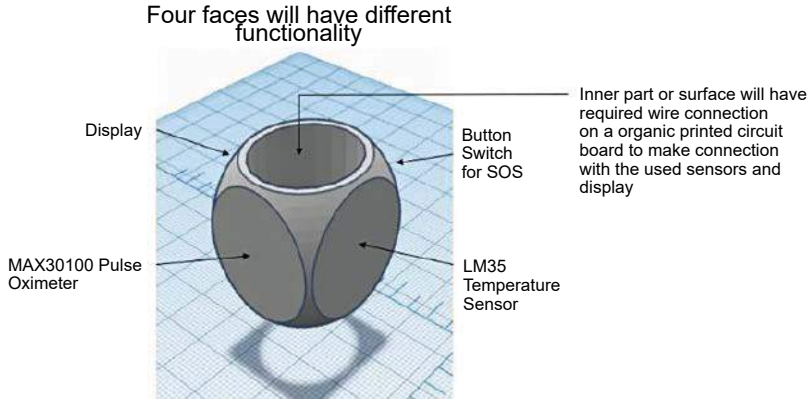
Rysunek 2. Proponowany kształt obudowy w formie pierścienia

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://bit.ly/3I5nMH4

eprasa.pl b5de55c280

być dostępne jako „publiczne" – ***Public View***. W ramach konfiguracji swojego kanału możesz też zdecydować z kim chcesz się dzielić danymi – zakładka ***Sharing***. Tu oprócz pozycji „prywatne" i „publiczne", możesz wpisać adresy użytkowników, którzy powinni mieć dostęp do danych umieszczonych na twoim kanale. W ramach aplikacji ThingSpeak masz też możliwość programowania z użyciem interfejsu **API** (*Application Programing Interface*). Przy pomocy przycisków, które pokażą się po rozwinięciu zakładki API, możesz wprowadzać i zczytywać dane na twoim kanale. Powinien się też pokazać przycisk ***Data Import/Export***, którego użycie jest intuicyjne – zgodne z nazwą.

Aplikacja ThingSpeak jest więc bardzo elastyczna. Wymieniane w ramach niej dane mogą być zapisywane w kilku formatach: xtml, csv lub json. Dwa pierwsze formaty przewidziano dla komputerowych sieci Internetu; json – dla aplikacji mobilnych pracujących pod systemem operacyjnym Android. W ramach konfiguracji nowego kanału w ThingSpeak, należy nadać własną nazwę SSID, dostęp zabezpieczyć hasłem, a także wybrać aktywne przyciski interfejsu API.



Rysunek 3. Sugerowane umieszczenie czujników w „pierścieniu-kostce"

REKLAMA

Kod programu Health Monitora

Jak pokazuje schemat na rysunku 4 sercem monitora jest mikrokontroler, który oczywiście trzeba zaprogramować. To on musi zczytać dane z czujników i przesłać je do chmury utworzonej w ramach aplikacji ThingSpeak. Oprogramowanie jest dostępne pod adresem: *https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/smart-werable-ring*. Możesz je ściągnąć i wpisać do płytki Arduino Uno. Procedura jest standardowa. Połącz Arduino z komputerem kablem USB. Wybierz nazwę Arduino oraz port COM i załaduj kod programu o nazwie *smart_ring.ino*. W ramach tego programu musisz ustawić takie dane, jak wybrana przez ciebie nazwa SSID oraz hasło dostępu.

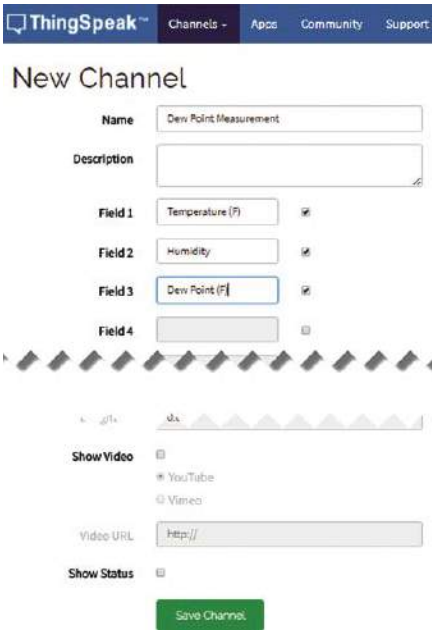
Konstrukcja mechaniczna i przetestowanie pracy układu

Po zmontowaniu układu wg zamieszczonego schematu, należy podłączyć zasilanie. Wymagane jest stabilizowane 5 VDC z adaptera USB lub dowolnego innego zasilacza. Należy chwilę odczekać, aż układ połączy się z siecią Wi-Fi. Możesz teraz otworzyć kanał w ramach konta utworzonego w aplikacji ThingSpeak. Przesyłane dane powinny być widoczne w czasie rzeczywistym. Jeśli położysz palec na czujniku pulsoksymetru MAX30100, zczyta on częstotliwość twojego pulsu oraz saturację krwi pokaże w procentach. Dane te zostaną uzupełnione o temperaturę ciała, którą mierzy termometr LM35. Powinieneś także widzieć stan przycisku SOS podłączonego do systemu MCU ESP8266.

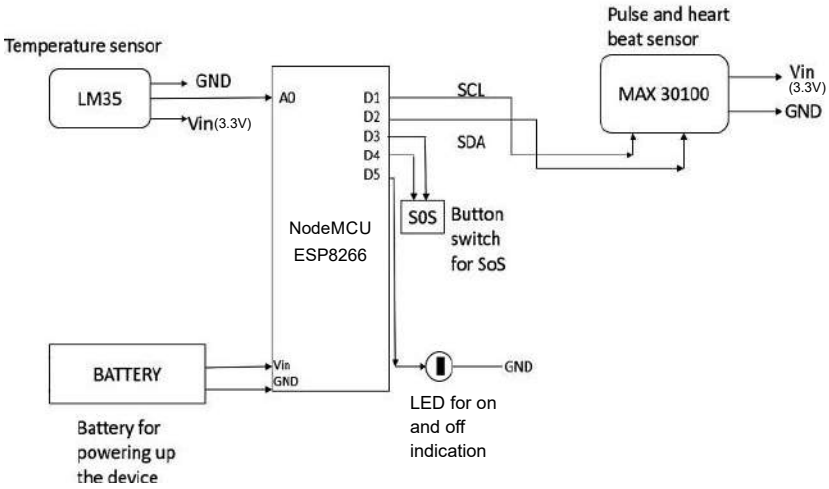
Aby urządzenie było użyteczne, bardzo ważnym jest aby zgrabnie je zmontować. Moduł ESP8266 należy zastąpić chipem ESP 8266 i razem z czujnikami i baterią umieścić w przygotowanej obudowie. Na rysunkach 2 i 3 zaproponowano kształt „wydrążonej kostki",

eprasa.pl b5de55c280

Rysunek 5. Zakładki w programie ThingSpeak



Rysunek 6. Strona pozwalająca na utworzenie nowego kanału w aplikacji ThingSpeak



Rysunek 4. Schemat ideowy urządzenia

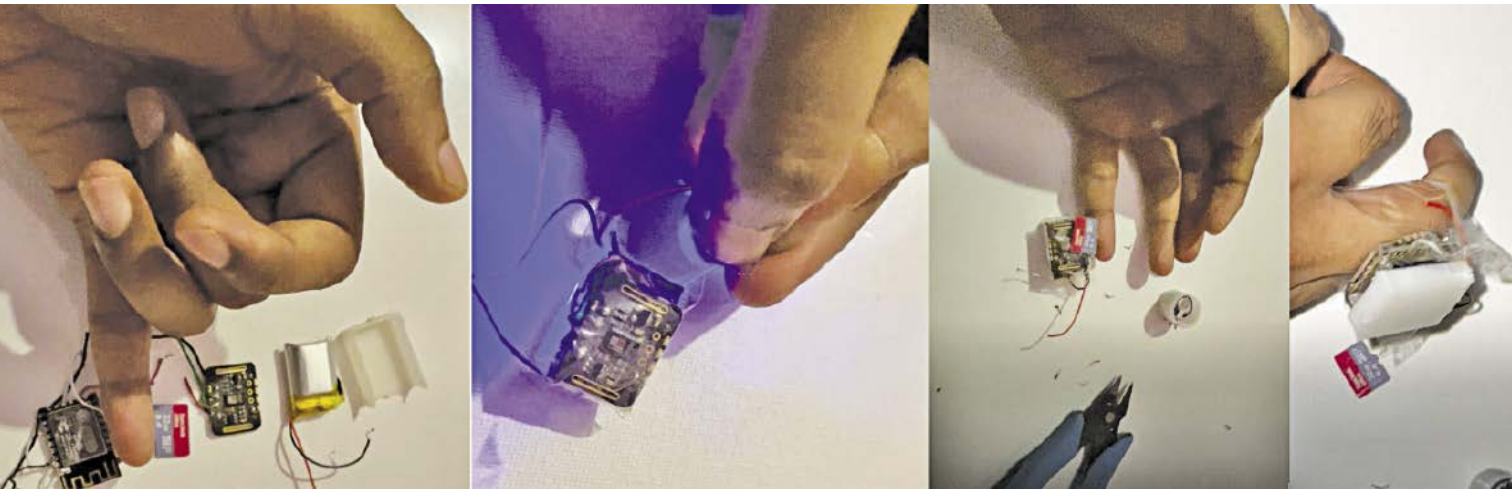
Rysunek 7. Dane zobrazowane na ekranie monitora

którą jak pierścień możesz umieścić na palcu. Na **rysunku 7** pokazano zrzut ekranu aplikacji z danymi pozyskanymi „Health Monitorem". Prototyp autora widzimy na **rysunku 8**.

Ten futurystyczny gadżet wydaje się być użyteczny w wielu sytuacjach. Szczególnie dla osób starszych i/lub schorowanych. Dla osób przykutych do łóżka i/lub ciężarnych kobiet. Dla każdego, komu pomoc lekarza może być potrzebna, a równocześnie utrudniony jest dostęp do odpowiedniej placówki służby zdrowia. Współczesna technika stwarza możliwość zdalnego monitorowania „parametrów medycznych". Równocześnie miniaturyzacja pozwala, abyś gadżet tego rodzaju miał zawsze przy sobie. Wydaje się, iż stwarza to nową erę w ramach konsultacji medycznych. ■

Duraiarasu. E

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", listopad 2022 (efymag.com)



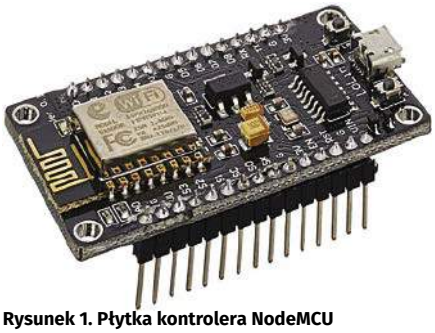
Rysunek 8. Montaż prototypu autora do obudowy „pierścienia"

eprasa.pl b5de55c280

Automatyka domowa sterowana głosem

Ten projekt zamieni każde mieszkanie w inteligentny dom „smart home". Pozwala bowiem, aby różnego rodzaju urządzenia domowe włączać/wyłączać za pomocą poleceń głosowych. Można szeroko argumentować użyteczność takiego systemu. Od wygody, po konieczność dla osób z różnego rodzaju niesprawnościami.

System jest mimo wszystko stosunkowo prosty, przede wszystkim dzięki wykorzystaniu „Echo Dot" firmy Amazon. Bez mikroprocesora też się nie obejdzie. Wykorzystano tu płytkę kontrolera NodeMCU. Okablowanie inteligentnego domu także nie jest problemem, a to dzięki wykorzystaniu bezprzewodowego łącza Wi-Fi. Alexa Echo Dot odbiera i rozumie polecenia wydawane głosem. NodeMCU otrzymuje odpowiednie polecenie drogą Wi-Fi. Reszta jest prosta. Wyjścia cyfrowe mikrokontrolera sterują przekaźnikami, co pozwala na włączenie/wyłączenie dowolnego urządzenia. **Rysunki 1, 2 i 3** pokazują wykorzystane komponenty. Na **rysunku 4** jest schemat ideowy, który też jest zaskakująco prosty.



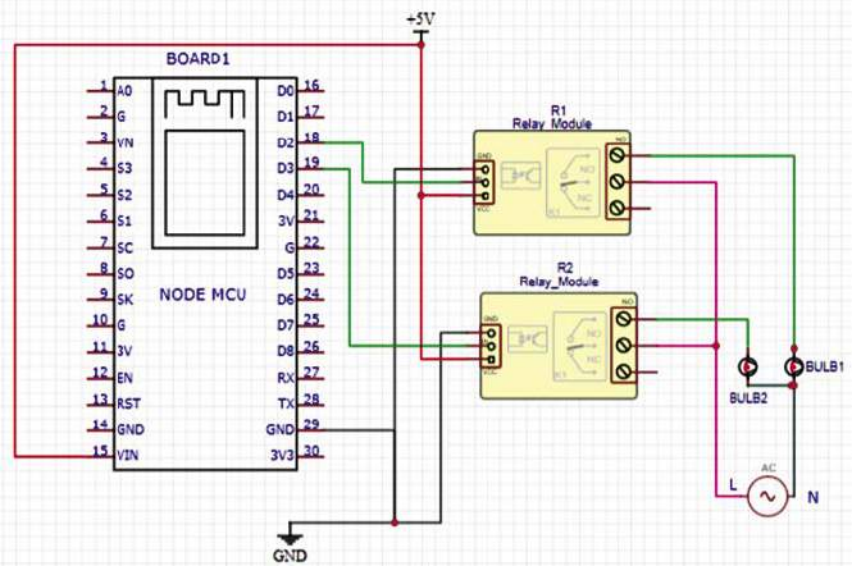
Rysunek 1. Płytka kontrolera NodeMCU

Rysunek 2. Echo Dot – Alex

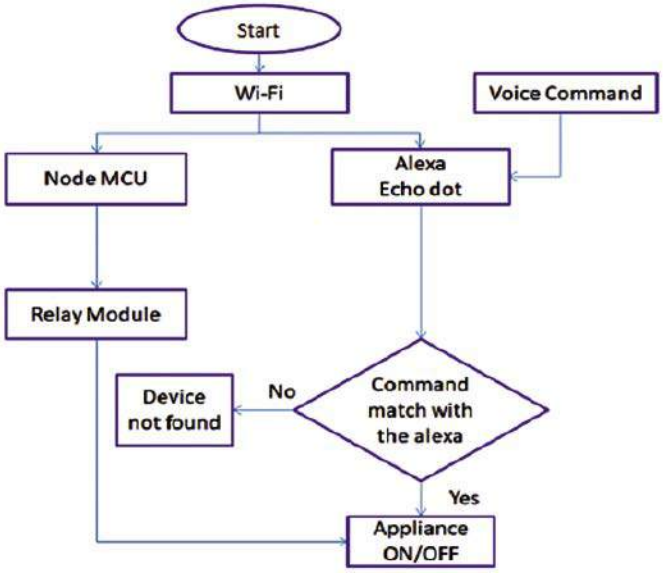
Rysunek 3. Moduł z dwoma przekaźnikami

NodeMCU zawiera mikroprocesor, który musi oczywiście być zaprogramowany. Oprócz standardowych funkcji i możliwości mikrokontrolera, istotna jest tu także łączność bezprzewodowa Wi-Fi. Aczkolwiek w bieżącym projekcie część wykonawcza systemu jest bardzo prosta, można tu wymyślać szeroki wachlarz innych opcji. Tutaj, można głosem kazać włączyć światło, jakiś wentylator lub cokolwiek co potrafi włączyć przekaźnik.

Moduł z przekaźnikami zawiera dwa wejścia: IN1 i IN2. Użycie cyfrowego portu kontrolera odbywa się pod kontrolą oprogramowania. Tu wykorzystano wyjścia D2 i D3. Połączenie D2 z IN1 i D3 z IN2 musi odpowiadać stosownej komendzie głosowej, na którą Alexa odpowie włączeniem bądź wyłączeniem właściwego przekaźnika. Pozostałe połączenia po stronie izolowanej przekaźników sprowadzają się do właściwego połączenia

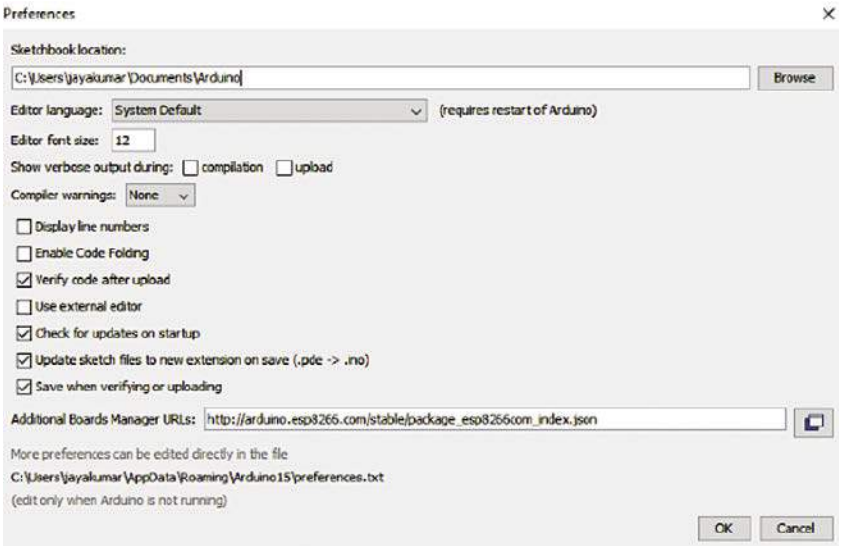


Rysunek 4. Schemat ideowy systemu automatyki domowej



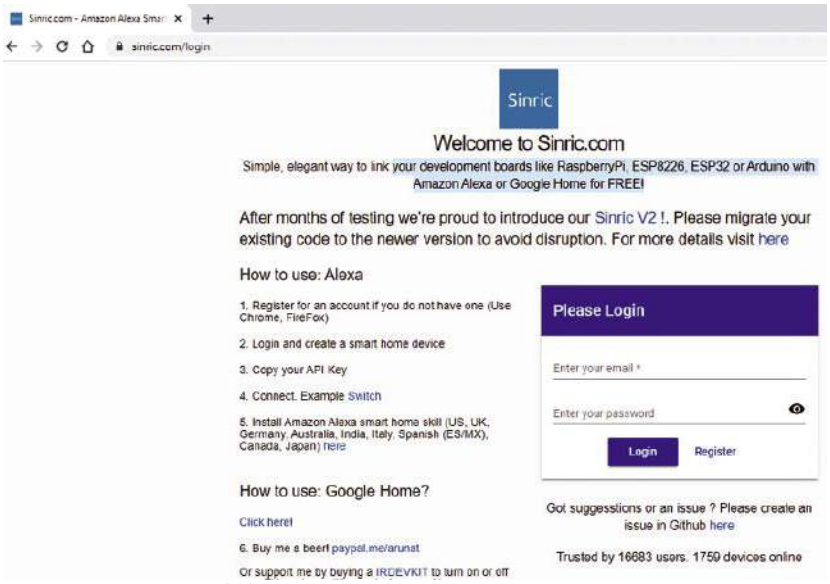
Rysunek 5. Schemat logiki działania systemu

eprasa.pl b5de55c280

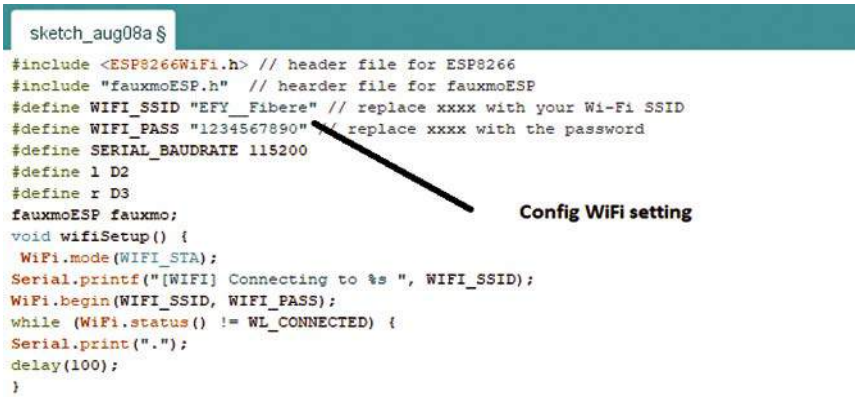


Rysunek 6. Strona instalacji wtyczek

potencjałów masy oraz zasilania. Wszystkie podzespoły zasila jedno napięcie 5 VDC. Zatem pięciowoltowy zasilacz jest kolejnym, nie pokazanym na schemacie elementem systemu. Na schemacie na rysunku 4, po stronie wykonawczej widzimy dwie żarówki. Są one zasilane napięciem 230 VAC z sieci energetycznej. Każde z obciążeń (BULB1 i BULB2) należy połączyć bezpośrednio z biegunem neutralnym N zasilania sieciowego. Biegun „gorący" fazowy L łączymy przez styki przekaźnika.



Rysunek 7. Strona programu Sinric



Rysunek 8. Fragment kodu źródłowego z liniami nazwy i hasła lokalnej sieci Wi-Fi

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Amazon Alexa Echo Dot – głośnik „smart speaker" z systemem Alexa – 1 szt.
NodeMCU – płytka mikrokontrolera – 1 szt.
Moduł z dwoma przekaźnikami z cewką 5 V (R1, R2) – styki 1 A/110 VAC lub 230 VAC – 1 szt.
B1, B2 – żarówki 230 VAC/60 W – 2 szt.
Przewody zakończone złączem żeńskim – 4 szt.

Oprogramowanie

Strona programowa systemu składa się z dwóch części. Program mikrokontrolera napisano z wykorzystaniem Arduino. Oprogramowanie Alexa wymaga zainstalowania aplikacji Sinric. Należy rozpocząć od software-u Arduino z dołączeniem niezbędnych „wtyczek", co pokazuje **rysunek 6**.

Program dla Arduino można ściągnąć spod adresu: *http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json.*

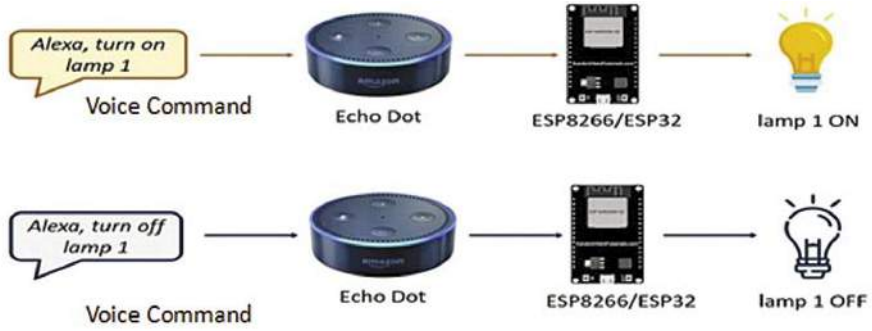
Należy skopiować ten link i wkleić go w pokazane na rysunku 6 pole menadżera wtyczek. Teraz zatwierdź OK aby zamknąć zakładkę właściwości. Przejdź do „Tools and Board" i wybierz w „Board Manager" pozycję „esp8266 by esp8266 community". Te ustawienia pozwolą na właściwą instalację software-u dla Arduino. Jeśli instalacja przebiegnie pomyślnie, jesteś gotowy do zaprogramowania naszego kontrolera NodeMCU z użyciem środowiska Arduino IDE.

Komunikacja między Alexem i NodeMCU wymaga jeszcze oprogramowania Sinric. Ściągniesz je wpisując w wyszukiwarkę Chrome lub Firefox link strony: *www.sinric.com*. Powinna pokazać się strona zgodna z tym co pokazuje **rysunek 7**.

Rysunek 9. Przykładowa strona rozpoznanych urządzeń sieci Wi-Fi

eprasa.pl b5de55c280

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://bit.ly/3E5rfDo



Rysunek 10. Obrazowe przedstawienie działania systemu

Aby się zalogować, należy wpierw zarejestrować darmowe konto i wypełnić pola widoczne na stronie Sinric webpage.

Proces programowania i konfiguracji systemu wymaga wygenerowania kodu źródłowego dla mikrokontrolera NodeMCU. Na **rysunku 8** jest fragment „szkicu" z liniami ustawień sieci Wi-Fi. Po dokonaniu korekt, aby ustawienia były zgodne z hardwarem i danymi lokalnej sieci Wi-Fi, kod programu należy wgrać do płytki NodeMCU.

Konstrukcja systemu i testowanie działania

Następnym krokiem będzie realizacja komunikacji między „Alexem" Amazona i mikrokontrolerem. Wcześniej należy zainstalować aplikację Alexa na urządzeniu z Androidem lub systemem operacyjnym iOS.

Alex powinien zrozumieć polecenie *„Alexa Discover devices"*. Znalezione urządzenia zostaną wyświetlone w aplikacji telefonu, podobnie jak pokazuje to **rysunek 9**.

Należy sprawdzić, czy nazwa sieci SSID i hasło jest zgodne w ustawieniach Alexa i NodeMCU.

Można teraz sprawdzić, czy system reaguje na polecenia głosowe. *Co prawda Alexs nie rozumie po polsku, ale nie trudno przyswoić sobie kilka poleceń w j. angielskim (przyp. red. EdW)*. Echo Amazona powinno przyjąć takie polecenia jak:

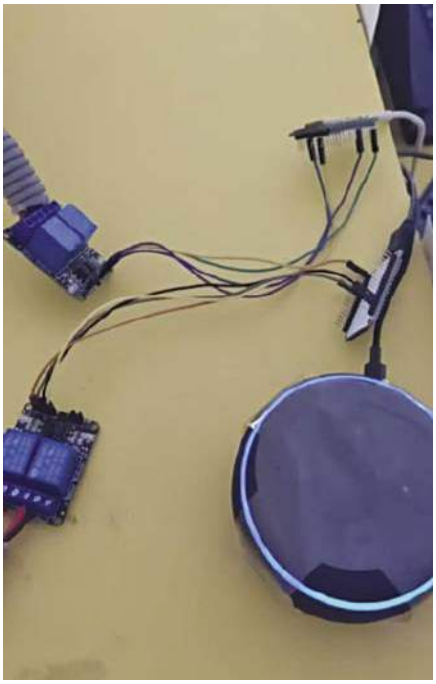
```
„Alexa, turn on light one" , „Alexa, turn off light one"
„Alexa, turn on light two" , „Alexa, turn off light two"
„Alexa, turn on light three" , „Alexa, turn off light three"
„Alexa, turn on fan" , „Alexa, turn off fan"
```

Kiedy wypowiesz polecenie *„Alexa, turn on light one"*, mikrokontroler esp8266 powinien wysterować cewkę przekaźnika włączającego światło, któremu przydzieliłeś nazwę – light 1. Kiedy natomiast wypowiesz *„Alexa, turn off light one"*, wyjście cyfrowe przydzielone przekaźnikowi nr 1, powinno go wyłączyć. Takie działanie pokazuje **rysunek 10**. Tak samo powinny działać pozostałe kanały, którym nadałeś nazwę: „światło 2", „światło 3" lub „wentylator – fan".

Foto na **rysunku 11** pokazuje zestawienie elementów systemu, tak aby Echo Dot odbierał komendy głosowe. Trudno na zdjęciach pokazać, czy system reaguje właściwie. **Rysunki 12** i **13** pokazują działanie prototypu zestawionego przez autora. Na pierwszym zdjęciu światło nie świeci, na drugim – świeci. I pozostaje wierzyć, że system reaguje tu na właściwe polecenie głosowe. ■

N.M. Sai Krishna
R. Priyakanth, A. Pranava

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", październik 2022 (efymag.com)



Rysunek 11. Echo Dot gotowy do przyjęcia komend

Rysunek 12. Status „światła 1" – wyłączone – przed przyjęciem komendy włączenia

Rysunek 13. Po przyjęciu komendy „włącz" – lampa nr 1 została zaświecona

REKLAMA

AVT sklep Elementy do Twojego projektu możesz kupić na: sklep.avt.pl

eprasa.pl b5de55c280

Przedstawiamy początkowe fragmenty dwóch projektów ze zbioru kilkudziesięciu projektów dostępnych wyłącznie dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na **www.elportal.pl**. W rubryce DIY PLUS zamieszczamy aktualnie najciekawsze projekty publikowane w Internecie w formule open source. Prenumeratorów EdW zapraszamy do zapoznania się na **www.elportal.pl** z niezwykle inspirującymi zasobami rubryki DIY PLUS.

Łapacz snów z tęczą w Arduino

Artykuł opisuje projekt dotyczący „łapacza snów" z użyciem Arudino i kolorowych diod.
Kilka tygodni temu moja córka zapytała mnie o łapacze snów i jak większość tatusiów... zasypałem ją fantastycznymi opowieściami o mocy łapaczy snów... cóż... może trochę przesadziłem, bo była pod takim wrażeniem, że zdecydowała, że potrzebuje jednego! Więc dlaczego nie zrobić jednego... cóż... to ma coś wspólnego z historią, którą jej opowiedziałem. Prawda lub nie, ale powiedziałem jej, że łapacz snów to coś, co dostaniesz w prezencie. Możesz zrobić jeden dla przyjaciela, ale jeśli zrobisz go dla siebie, będzie o wiele mniej skuteczny. I dlaczego to powiedziałem? Teraz musiałem ja zrobić! To nie problem, ale jako inżynier elektronik to musi być wyjątkowe i powinno zawierać jakąś elektronikę!

Dokończenie artykułu na stronie: https://bit.ly/3Wj7uhE

Transformator Tesli

Artykuł opisuje projekt dotyczący transformatora SSTC Tesli.
W tym projekcie podzielę się moją budową małej cewki SSTC Tesli. Inspiracją był film na YouTube, który można znaleźć pod adresem: https://youtu.be/mFCHe0wEVls. Chociaż wygląda to bardzo fajnie, moje główne pytanie brzmiało: „Naprawdę? Czy mogę to zbudować?". Pomyślałem i zaprojektowałem płytkę drukowaną. W ten sposób łatwiej jest ją odtworzyć i trochę bezpieczniej zbudować.

Uwaga! To jest wysokie napięcie. Dotknięcie dowolnej części układu, a nawet wyjścia cewki MOŻE CIĘ ZABIĆ. Zbuduj i używaj na własne ryzyko...

Dokończenie artykułu na stronie: https://bit.ly/3QK8gTR

Niektóre projekty aktualnie dostępne tylko dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. Automatyczne Led-owe oświetlenie klatki schodowej z wykorzystaniem Arduino
1. Uniwersalny wskaźnik włączonego biegu manualnej skrzyni biegów w motocyklu
2. RPi – stacja pogodowa IoT
3. Niskobudżetowy monitor jakości powietrza IoT oparty o RaspberryPi 4
4. Automatyczny system ogrodniczy z NodeMCU i Blynk, ArduFarmBot 2
5. TinyML – Rozpoznawanie ruchu przy pomocy Raspberry Pi Pico
6. Wzmacniacz piezoelektryczny do gitary i skrzypiec
7. Wysokowydajny i niezawodny sterownik bipolarnego silnika krokowego
8. Sterownik silnika prądu stałego z wykorzystaniem przekaźnika i mosfetu – interfejs Arduino
9. Przedwzmacniacz do mikrofonu MEMS
10. Super prosty czuły wykrywacz metali
11. Stymulator czaszkowy Arduino (Bio-BrainTuner)
12. Izolowany obwód wykrywania napięcia 250 V AC z pojedynczym wyjściem (wejście 250 V prądu przemiennego, wyjście 5 V)
13. Generator sygnałów AD9833
14. Obserwacja charakterystyk tranzystora
15. Wyświetlacz EKG z użyciem Arduino
16. Łatwy do zbudowania robot kroczący
17. Sonarowy theremin MIDI
18. Zamek elektroniczny na kod
19. Prosty tester tranzystorów
20. Zegar binarny z użyciem Microbit
21. Przetwornik częstotliwości na napięcie (tachometr) – przetwornik częstotliwości na napięcie z czujnikiem magnetycznym o zmiennej reluktancji

Miesięcznik „**Elektronika dla Wszystkich**"
(12 numerów w roku) jest wydawany we współpracy z kilkoma 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: edw@elportal.pl, www.elportal.pl

Redaktor merytoryczny
Paweł Sujko

Dział Reklamy:
Katarzyna Gugała
katarzyna.gugala@elportal.pl, tel. 22 257 84 64

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański
jakub.sobanski@elportal.pl

DTP, okładka, redakcja strony internetowej www.elportal.pl:
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata:
W Wydawnictwie AVT, e-mail: prenumerata@avt.pl
tel. 22 257 84 22, (godz. 10:00–14:00)

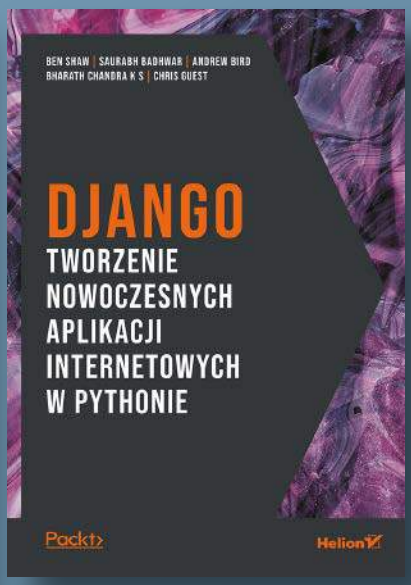
W RUCH S.A., e-mail: prenumerata@ruch.com.pl
tel. 801 800 803, 22 717 59 59, www.prenumerata.ruch.com.pl

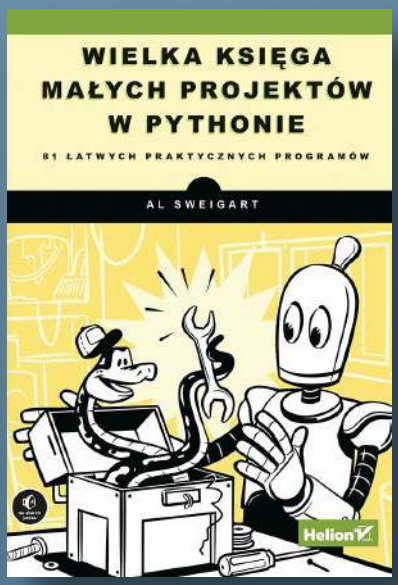
Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o., Warszawa, ul. Leszczynowa 11. Projekty publikowane w „Elektronice dla Wszystkich" mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki dla Wszystkich". Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich" jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu pisemnej zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich".

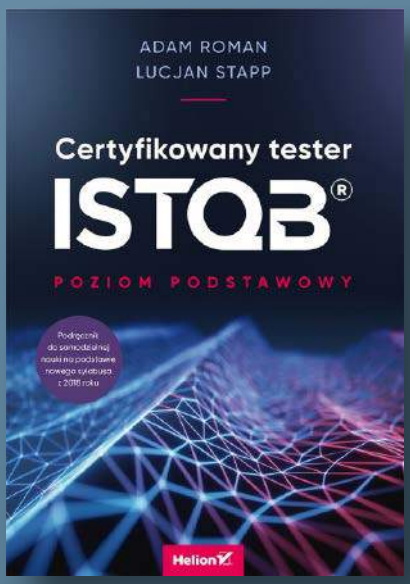
eprasa.pl b5de55c280

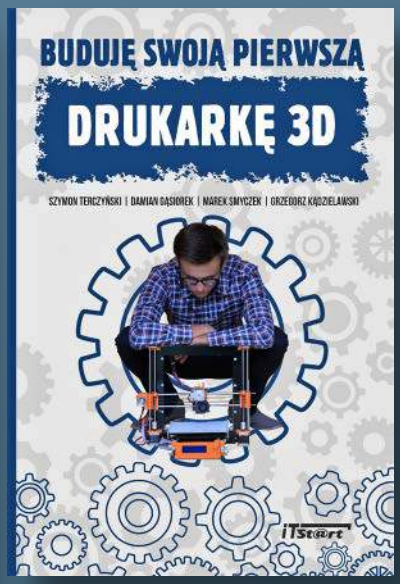
KSIĄŻKI W ULUBIONYM KIOSKU

Z RABATEM DO 30%









Zobacz pełną ofertę - ponad 500 tytułów!

Zamów wygodnie na UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl b5de55c280