Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 10 – Wszystko o kondensatorach
Kondensatory są prawdopodobnie najbardziej niezrozumianymi komponentami pasywnymi

ELEKTRONIKA dla wszystkich

nr 9/2023 (332) • wrzesień • www.elportal.pl

DIY PLUS tylko dla prenumeratorów

Cyfrowy odbiornik AM/FM/SW

PROJEKTY dla elektroników

- Elastyczny cyfrowy sterownik świateł (3). Wykorzystanie taśm RGB LED
- Kieszonkowy generator audio DDS stabilizowany kwarcem
- Zabezpieczenie zestawu dwóch akumulatorów

DIY dla wszystkich

- Inteligentna oprawka żarówki 230 VAC
- Monitor „dystansu społecznego", przydatny również po pandemii
- Wzmacniacz stereofoniczny o mocy 2×6 W z użyciem układu scalonego LA4440

TUTORIALE

- Know-how: Bezpieczna praca z napięciem 230 V
- Praktyczny kurs op-ampów
- Niskoszumny zasilacz do Theremina (2)
- KickStart (2): Pierwsze kroki z RFID – praca z kartami i tagami
- Porady laboratoryjne – Diody Zenera
- Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 10. Wszystko o kondensatorach
- Pokój Nauczycielski

Kieszonkowy generator audio DDS stabilizowany kwarcem

ISSN 1425-1698 Indeks 33362X
9 771425 169238 09
16,90 zł (w tym 8% VAT)

EP.com.pl
Największy portal dla elektroników konstruktorów

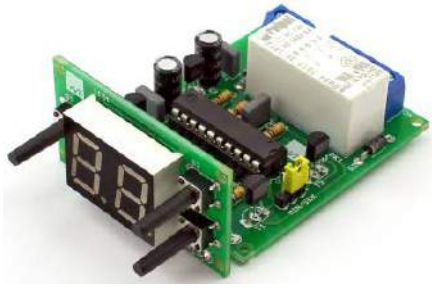
FIRMA PIEKARZ
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE
przełączniki
półprzewodniki
złącza
przekaźniki
radiatory
obudowy
i wiele więcej...
www.piekarz.pl

Najbardziej popularne kity AVT

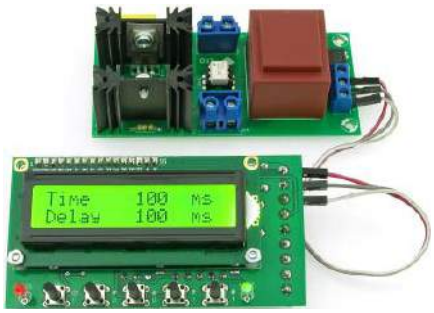
Poznaj listę **TOP 100** na www.elportal.pl/kityavt

AVT788 Lampka LED reagująca na klaśnięcie: klaskacz, włącznik dźwiękowy
https://sklep.avt.pl/avt788.html

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



AVT3200 Uniwersalny timer 0 do 99 min.
https://sklep.avt.pl/avt3200.html

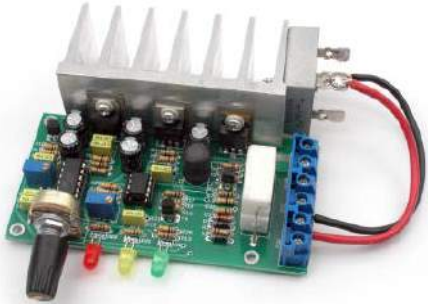


AVT5553 Sterownik zgrzewarki oporowej
https://sklep.avt.pl/avt5553.html

AVT723 Uniwersalna gra zręcznościowa
https://sklep.avt.pl/avt723.html

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

AVT990 Automatyczny włącznik świateł
https://sklep.avt.pl/avt990.html



AVT3120 Automatyczna ładowarka akumulatorów ołowiowych
https://sklep.avt.pl/avt3120.html

AVT594 Zdalnie sterowany potencjometr do aplikacji audio
https://sklep.avt.pl/avt594.html

AVT3225 Uniwersalny sterownik silnika krokowego
https://sklep.avt.pl/avt3225.html

AVT732 Whisper – łowca szeptów. Superczuły podsłuch przewodowy
https://sklep.avt.pl/avt732.html

AVT3166 Regulator do prostownika
https://sklep.avt.pl/avt3166.html

Pełna oferta na: sklep.avt.pl

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

eprasa.pl d6549b2eb6

PRENUMERATA

NA START DO 6 WYDAŃ GRATIS!

Cena drukowanej prenumeraty rocznej na start wynosi 185,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 304,20 zł **oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań EdW**.

PO 5 LATACH ZA PÓŁ CENY

Przedłuż prenumeratę drukowaną po zalogowaniu się do swojego panelu na www.UlubionyKiosk.pl/logowanie, gdzie znajdziesz atrakcyjną ofertę, która uwzględnia przysługujące Ci zniżki za lojalność. Po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty **otrzymasz rabat 50% na drukowaną prenumeratę dwuletnią.**

E-PRENUMERATA PRÓBNA ZA DARMO!

Interesuje Cię tylko wersja elektroniczna PDF? **Spróbuj za darmo!** Jeśli nigdy nie prenumerowałeś EdW w wersji drukowanej lub elektronicznej, zamów jednorazowo bezpłatną e-prenumeratę PDF na stronie www.Elportal.pl/na-start.

NOWOŚĆ! PRENUMERATA EdW+

Rozpocznij przygodę z elektroniką – poznaj jej podstawy, zamawiając roczną prenumeratę drukowaną EdW wraz z Praktycznym Kursem Elektroniki (PKE).

Do wysyłki prenumeraty dołączymy zestaw edukacyjny EDW A09 KPL, na który składają się:

1. Projekt – układ elektroniczny samodzielnie uruchamiany przez kursanta. Wszystkie układy są montowane na dołączonej płytce stykowej, do której wkłada się „nóżki" elementów na wcisk,
2. Pendrive z wykładami i materiałami multimedialnymi kursu PKE.
3. Zasilacz płytek stykowych AVT3072 C oraz
4. Zasilacz impulsowy 12V 1.4A.

Cena prenumeraty EdW+ wynosi 280,90 zł.

TYLKO prenumeratorzy* otrzymują pełny dostęp do:

ARCHIWUM — cyfrowego archiwum EdW na www.Elportal.pl/archiwum.

DIY PLUS tylko dla prenumeratorów — projektów w zbiorze DIY+ na www.Elportal.pl/tagi/diyt.

* Promocja z dostępem do archiwum EdW oraz projektów DIY+ dotyczy płatnej prenumeraty drukowanej lub płatnej e-prenumeraty EdW zamawianej na www.UlubionyKiosk.pl bądź przelewem na konto Wydawnictwa AVT. Po odnotowaniu płatności wysyłamy mailowo **kod dostępu, za pomocą którego zalogujesz się na www.Elportal.pl**.

Zamów prenumeratę lub e-prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl/prenumerata

Kontakt ws. prenumeraty: 22 257 84 22 (godz. 10:00–14:00) • prenumerata@avt.pl
Kontakt merytoryczny ws. kursu PKE: kity@avt.pl • **Konto bankowe:** AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, ING Bank Śląski **18 1050 1012 1000 0024 3173 1013**

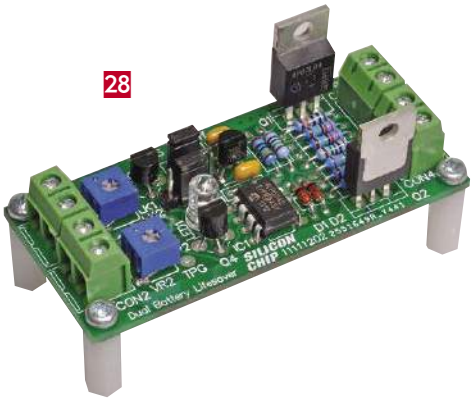
eprasa.pl d6549b2eb6

ELEKTRONIKA dla wszystkich

wrzesień 2023 • 9 (332)

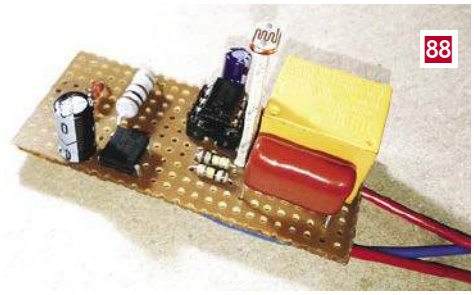
8

20



28

32



88

Projekty dla elektroników:

Wszystkie najtrudniejsze elementy są już gotowe!

Cyfrowy odbiornik AM/FM/SW wersja E-Z-2 8

Elastyczny cyfrowy sterownik świateł, część 3.

Wykorzystanie taśm RGB LED 20

Zabezpieczenie zestawu dwóch akumulatorów 28

Kieszonkowy generator audio DDS stabilizowany kwarcem 32

Tutoriale:

Niskoszumny zasilacz do Theremina, część 2 39

KickStart, część 2: Pierwsze kroki z RFID – praca z kartami i tagami 46

Know-how: Bezpieczna praca z napięciem 230 V 52

Porady laboratoryjne: Diody Zenera 58

Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 10.

Wszystko o kondensatorach 63

Praktyczny kurs op-ampów 76

Pokój Nauczycielski 81

DIY dla wszystkich:

Monitor „dystansu społecznego", przydatny również po pandemii 84

Wzmacniacz stereofoniczny o mocy 2×6 W

z użyciem układu scalonego LA4440 86

Inteligentna oprawka żarówki 230 VAC 88

DIY PLUS

Izolowany pomiar napięcia z wejściem ±1 V

i wyjściem różnicowym z wbudowaną przetwornicą DC/DC 91

Przedwzmacniacz mikrofonowy z zasilaniem phantom

– niski poziom szumów – profesjonalna jakość 91

Rubryki stałe:

Prenumerata 3

Od wydawcy 5

Poczta 6

eprasa.pl d6549b2eb6

A za miesiąc w październikowym EdW

- **Osiem zaskakujących dekoracji świątecznych LED**
  Oto małe, tanie i łatwe do wykonania dekoracje świąteczne. Do Bożego Narodzenia zostało jeszcze trochę czasu, więc dasz radę z łatwością zbudować wszystkie osiem dekoracji na Boże Narodzenie. Autorzy wymyślili unikalne wzory ruchomych świateł pasujące do każdej ozdoby, a także dodali interaktywność, aby św. Mikołaj i jego renifery także mogły być częścią zabawy.
- **The Mini Heart. Miniaturowy Symulator Bicia Serca**
  Noworodek odczuwa w czasie snu niepokój, bo nie słyszy bicia serca matki. Oto układ, który uspokoi niemowlę łagodnym, rytmicznym tonem bicia serca, a może się też okazać, że i osobie dorosłej pomoże lepiej spać.
- **Busy Dunny Door Warning (Nie wchodź tutaj!)**
  OK, wygląda żartobliwie… ale może mieć inne, poważniejsze zastosowania. Miga jasnym światłem LED na drzwiach, gdy, hmmm, nie chcesz, aby ktoś wkraczał do środka. Po wyjściu i otwarciu drzwi światło gaśnie! To prosty pomysł z naprawdę prostym układem – a przy tym jest to świetny projekt dla początkujących.
- Projekt niespodzianka z Elektora, zapowiadany już przed miesiącem i przesunięty do wydania październikowego.
- Plus zwykła porcja intrygujących projektów DIY.
- Plus wiele artykułów w Twoich ulubionych cyklach Tutoriali

W kioskach od 1 października

Mój wrześniowy odlot

Czytasz ten tekst we wrześniu, ale pisałem go 2 sierpnia, gdy wakacyjna lekkość bytu dodała mi skrzydeł i odleciałem w rewiry dość odległe od elektroniki. Sygnałem do odlotu posłużył list od Pana Andrzeja Nowickiego (na kolejnej stronie), w którym absolutnie słusznie zarzuca on producentom wtyczek smart lekceważenie norm bezpieczeństwa. Zacząłem się zastanawiać skąd się to bierze, przecież tym producentom nie brakuje kompetencji.

Sięgnąłem do własnych doświadczeń ponad 50 lat współpracy z Anglosasami, kiedyś jako naukowiec, później jako wydawca. Nie raz zadziwiali mnie prostotą diabelnie kreatywnych rozwiązań, niekoniecznie zgodnych z teorią, czy ogólnie uznawanymi regułami. A jednak światu przewodzą nonszalanccy w swej skuteczności Anglosasi, a nie precyzyjni w swojej pedanterii Niemcy (chociaż próbowali, ale im nie wyszło). Jak to się stało, że Anglia skolonizowała kiedyś pół świata, a teraz ich dzieło przewodzenia światu kontynuuje w innym stylu Nowa Anglia, czyli USA? Co w tych Anglosasach jest takiego, czego inni nie mają? Stawiam na dwie cechy.

Pragmatyzm, który przejawia się w skłonności do upraszczania. Gdy uczymy się angielskiego słyszymy wskazówki – w korespondencji i w mowie prezentuj o co ci chodzi wprost, konkretnie, unikając kwiecistych wstępów i metafor. Gdy pół wieku temu przyjęto mój komunikat na konferencji naukowej w USA, organizatorzy konferencji przysłali mi wskazówki dotyczące mojej 15-minutowej prezentacji. Pierwsza wskazówka – „present is as simple as possible". Zapamiętałem na całe życie jeszcze jedną wskazówkę – „be enthusiastic", ale o tym za chwilę. Anglosasi uwielbiają wszelkiego rodzaju reguły kciuka (thumb rules) i tzw. kalkulatory. W wykładzie o historii mikroprocesorów (mikroelektroniki) wspomniałem o wielkiej roli prac Bruce'a Deala, który między innymi zaproponował model procesu utleniania Si nazywany „trójkątem Deala". Gdy go spytałem co myśli o publikacjach, w których obalano ten model jako sprzeczny z prawami termodynamiki, roześmiał się, że on te zarzuty rozumie, ale jego model stosują w praktyce wszyscy technolodzy i to jest najważniejsze. Zaryzykuję też własny pogląd na temat, w którym nie mam żadnych kompetencji. Myślę, że Anglicy są świadomi anachronicznej irracjonalności monarchii brytyjskiej, ale wiedzą też, że ten ustrój sprawdza się praktycznie. W ostatnim okresie premierzy w UK zmieniali się co kilka miesięcy, jednak ani brexit, ani tak oryginalni politycy jak Boris Johnson, ani nawet śmierć uwielbianej królowej, nic nie zakłóciło stabilności państwa i ciągłości panowania dynastii Windsorów. Monarchia się sprawdza i to wystarcza **pragmatycznym** Anglikom.

Entuzjazm i odwaga kreatywnych Pionierów

Wspomniana wyżej wskazówka „be enthusiastic" najpierw zdziwiła mnie. Przecież mam wygłosić referat naukowy, a nie zachęcać do kupowania moich odkurzaczy. Jednak oni tak mają, tak są uczeni od dziecka. W czasach przedcovidowych wydawnictwo brytyjskie Future często organizowało spotkania z licencjobiorcami z całego świata. Na tych spotkaniach redaktorzy naczelni z Future prezentowali nowe odsłony (relaunch) swoich tytułów. Każdy relaunch (na ogół były to zmiany graficzne) prezentowany był z takim entuzjazmem, że aż chciało się wierzyć, że sprzedaż odświeżonego tytułu poszybowała w górę o kilkadziesiąt procent. Naukowcy też prezentują swoje prace z entuzjazmem, choć trzymają ich w ryzach sprawdzalne reguły wiarygodności przedstawianych wyników. Są entuzjastyczni, bo wiedzą, że ich entuzjazm udziela się innym. Są też pewni siebie. Anglicy mają pewność, że są najbardziej kreatywną nacją. Jak bardzo trzeba być asertywnym, by nie pójść za całym światem i uparcie trwać przy ruchu lewostronnym oraz nie akceptować systemu metrycznego. Ile trzeba mieć pewności siebie i uporu, by ciągle w umywalkach instalować dwa oddzielne krany do wody gorącej i zimnej, co zwykle szokuje odwiedzających Anglię po raz pierwszy.

Ponieważ ten odlotowy felieton zaczął się od spraw bezpieczeństwa wtyczek elektrycznych, to odnotujmy jeszcze na koniec chwalebną z tego punktu widzenia odrębność łazienkową Anglików, otóż nad wanną zwisa im wisiorek do włączania światła, co świadczy o ich poważnym traktowaniu zagrożenia porażeniem prądem podczas dotykania wyłączników mokrą ręką.

Wiesław Marciniak

eprasa.pl d6549b2eb6

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

Kilka uwag

Szanowny Panie Redaktorze.

Proszę wybaczyć mi te klika uwag, ale....

Po przeczytaniu tekstu o inteligentnych wtyczkach sieciowych włos zjeżył mi się z przerażenia na głowie.

Powody:

– System gniazd-wtyków Schuko stosowany w modułach jest systemem bezkierunkowym,wtyk można włożyć do gniazda w dowolnej pozycji. Natomiast układy elektryczne są ewidentnie kierunkowe pod względem podłączenia do przewodów: fazowego i neutralnego. W takiej sytuacji Autor jest zobowiązany wytłumaczyć, co się dzieje przy odwrotnym podłączeniu. Doskonałym przykładem, jak to powinno wyglądać, są zasilacze komputerowe, a nawet zasilacze wtyczkowe. Stosowany przez producentów system moim zdaniem nie zasługuje na znak bezpieczeństwa CE.

– Na schematach brak jest prowadzenia przewodu ochronnego, a symbol wspólnej szyny użyty jest niefortunnie, jako symbol, że poszczególne fragmenty obwodu łączą się elektrycznie ze sobą, ale może też sugerować podłączenie do masy, a w domyśle do przewodu ochronnego (!!!).

– Jednodiodowy prostownik to już skrajna przesada, tym bardziej, że rysunek 18. pokazuje znacznie sensowniejsze rozwiązanie, niewrażliwe na polaryzację zasilania.

– Na stronie 11 jest fragment: „widziałem podobne konfiguracje zasilania stosowane w standardowych lampach LED ....z trzonkiem E14 czy E27". *Fragment ten podaje w wyraźną wątpliwość wiedzę Autora w temacie, w którym się wypowiada. Trzonki E14/E27 i analogiczne są spolaryzowane – stopka do przewodu fazowego, gwint do przewodu neutralnego. Na tej samej stronie kompletnie niezrozumiałe są dywagacje na temat „Gnd"*

– producent tych modułów powinien odpowiadać KARNIE za stosowanie jednobiegunowego przekaźnika odłączającego odbiornik, przekaźnik powinien być bezwzględnie podwójny, ze stykami na przewodzie fazowym i neutralnym, z podanych na samym początku względów.

Jeszcze raz proszę mi wybaczyć te uwagi; gdyby Redakcja chciała je wykorzystać, zgadzam się na to jako „opinia Czytelnika".

Andrzej Nowicki

Red. Słuszność tych uwag jest bezdyskusyjna, a jednak...

1. Celem Autora artykułu nie była prezentacja cech użytkowych inteligentnych wtyczek, tylko zaspokojenie ciekawości „co w nich siedzi". Autor wykonał kawał solidnej roboty – porozcinał wtyczki i mozolnie odtworzył z natury ich schematy, żeby Czytelnicy mogli je kreatywnie doskonalić lub zaaplikować w innym celu. Ten piękny przykład reengineeringu pobudził u mnie wspomnienia jak pół wieku temu rozwój mikroelektroniki w ZSRR i tzw. Demoludach opierał się na rżnięciu (dosłownie i metaforycznie) czipów amerykańskich. W Polsce było wtedy eldorado dewizowe dekady Gierka, więc kupowaliśmy licencje, a pierwsze polskie układy scalone MOS LSI (lata 1976–78) były opracowaniami własnymi odpowiedników czipów amerykańskich.
2. Myślę, że producenci wtyczek mają kompetencje w sprawach norm bezpieczeństwa, ale podchodzą do tego z pewną nonszalancją. Moje wątpliwej jakości przemyślenia na ten temat prezentuję na poprzedniej stronie we wstępniaku. Swoją drogą, w warunkach domowych trudno zabić się prądem, bo w każdym domu jest wyłącznik różnicowoprądowy. Nie oznacza to, że lekceważymy bezpieczeństwo. W tym numerze polecamy bardzo dobry, praktyczny artykuł Josa Verstratena „Bezpieczna praca z napięciem 230 V".

Wiesław Marciniak

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.

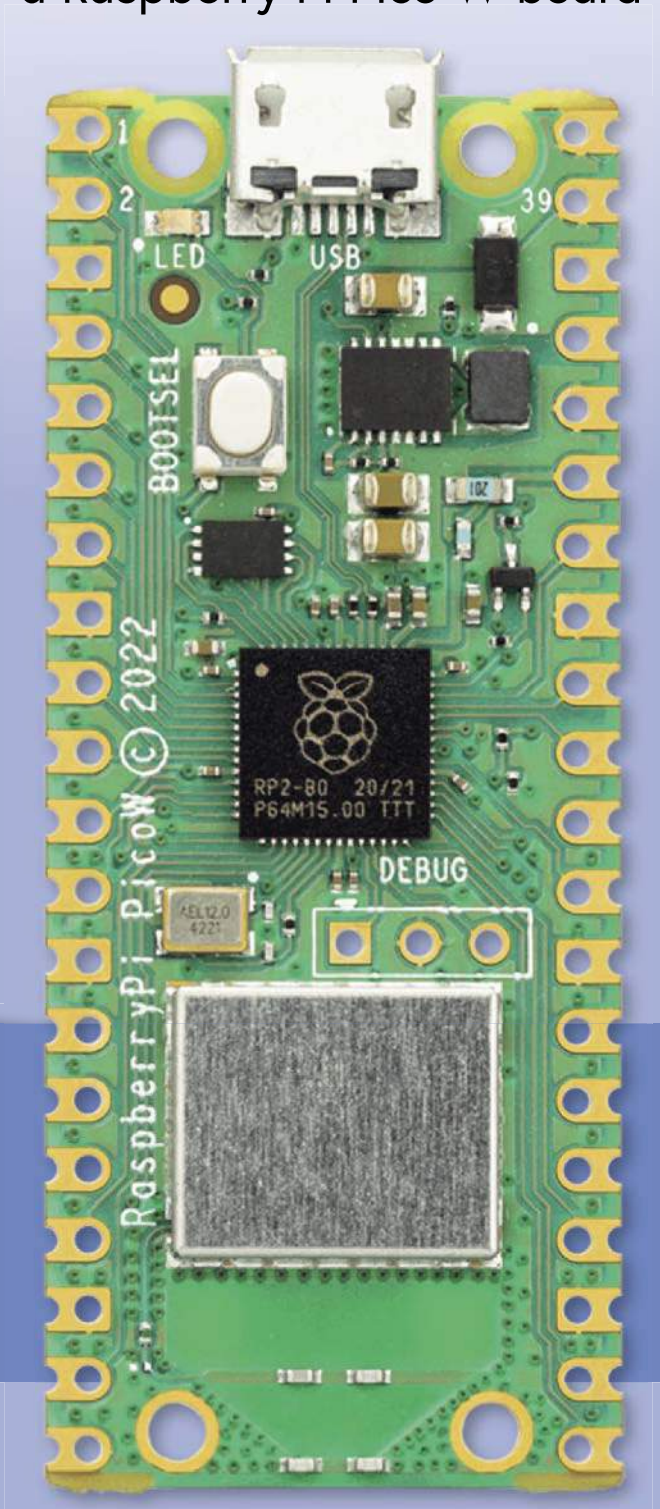
- Centrum Edukacji Zawodowej, 82-200 Malbork, De Gaulle'a 75a
- Centrum Edukacji Zawodowej i Biznesu, 66-400 Gorzów Wielkopolski, Pomorska 67
- Gminny Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 4 w Więckach, 42-110 Popów, Więcki, Szkolna 1
- Górnośląskie Centrum Edukacyjne im. Marii Skłodowskiej-Curie w Gliwicach, 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 d6549b2eb6

Subscribe to Elektor's newsletter and get the chance to

WIN

a Raspberry Pi Pico W board



www.elektor.com/eda

Subscribe to Elektor's newsletter, get a €5 coupon code and get the chance to WIN a Raspberry Pi Pico W board

Be one of the 10 fortunate winners!

elektor
design > share > earn

eprasa.pl d6549b2eb6

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/cw5wr
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie: https://elportal.pl/do-pobrania

Wszystkie najtrudniejsze elementy są już gotowe!

Cyfrowy odbiornik AM/FM/SW wersja E-Z-2

Opracowany przez Silicon Chip w 2019 roku odbiornik radiowy DAB+/FM/AM jest bardzo efektowny i cieszy się ogromną popularnością. Jest jednak nieco skomplikowany i dość drogi w budowie. Konstrukcja zaprezentowana teraz jest pod tym względem zupełnym przeciwieństwem! Zawiera w torze radiowym cyfrowy układ scalony BK1198, który jest tani i łatwo dostępny, a do działania wymaga tylko kilku pojedynczych elementów. Powstałe radio odbiera w zakresie pasm AM (średnich) i FM oraz 4 pasm fal krótkich, od 2,7 do 22 MHz.

W ostatnich latach konstrukcja odbiorników radiowych zmieniła się diametralnie. Przez wiele lat standardowym odbiornikiem AM/FM był układ superheterodyny, ze stopniem mieszacza, który sumował przychodzący sygnał z częstotliwością lokalnego oscylatora. Wynikowy sygnał pośredniej częstotliwości był następnie dalej wzmacniany i podawany do detektora, który wyodrębniał sygnał audio m.cz. W końcowym stopniu sygnał audio po wzmocnieniu zasilał głośnik.

Kiedy lampy zostały zastąpione przez tranzystory, początkowo filozofia projektowania pozostała bez zmian. Takie odbiorniki (i te, które je poprzedzały, takie jak odbiorniki z bezpośrednim wzmocnieniem częstotliwości radiowej i strojone odbiorniki bez przemiany częstotliwości – TRF – Tuned Radio Frequency) wymagały wielu precyzyjnie dostrojonych obwodów, z możliwością przestrajania niektórych z nich w celu wyboru pożądanej stacji. Jednak wraz z rozwojem technologii, obwody analogowe zostały w dużej mierze zastąpione technikami cyfrowymi.

eprasa.pl d6549b2eb6

Zakresy fal:
AM (fale średnie):
513...1629 kHz (z krokiem 1 kHz)

FM: 87...108 MHz (z krokiem 100 kHz)
SW1: 6,4...10,25 MHz (z krokiem 5 kHz)
SW2: 2,7...10,25 MHz (z krokiem 5 kHz)
SW3: 9,8...15MHz (z krokiem 5 kHz)
SW4: 14,0...22 MHz (z krokiem 5 kHz)

Dobrym przykładem jest układ BK1198. Jego funkcje opisane są w dokumencie PDF prezentowanym przez Jaycar: https://tiny.pl/c94hr.

Jaycar sprzedaje oddzielnie monofoniczną wersję BK1198 (nr kat. ZK8829), a także jako część gotowego przenośnego radia AM/FM (AR1458) lub w zestawie do samodzielnego montażu „Cardboard Radio" (nr kat. KJ9021).

Redakcja Silicon Chip-a uznała, że można z tego układu wycisnąć znacznie więcej i zbudować bardziej efektowne radio, stąd ten projekt.

Jeśli nie masz nic przeciwko używaniu zewnętrznego głośnika, radioodbiornik zmieści się w niedrogim pudełku Jiffy. Alternatywnie można użyć większej obudowy i dołączyć wewnętrzny głośnik. Tak czy inaczej, urządzenie dostarcza 0,9 W do szerokopasmowego głośnika 8 Ω.

Aktualnie wybrane pasmo, zakres strojenia i odbierana częstotliwość są wyraźnie widoczne na podświetlanym, alfanumerycznym ekranie LCD. Odbiornik ma również regulację głośności, regulację barwy dźwięku, włącznik/wyłącznik i gniazdo słuchawkowe. Zasilanie może być dostarczane z zasilacza sieciowego 9...12 V AC lub zewnętrznego akumulatora 12 V DC. Zasadniczo ma wszystko, co potrzebne do słuchania transmisji AM, FM i SW, i nie potrzebuje niczego więcej. Jest przy tym łatwy w obsłudze.

Płytka drukowana została zaprojektowana pod mieszaninę elementów przewlekanych i SMD; nie mogliśmy uniknąć elementów SMD, ponieważ BK1198 nie jest dostępny w żadnej obudowie do montażu przewlekanego (w dzisiejszych czasach jest to powszechna sytuacja).

W związku z tym zdecydowaliśmy się użyć kilku pasywnych elementów SMD w możliwie dużych rozmiarach, aby zachować kompaktowość całego urządzenia, nie czyniąc go jednocześnie zbyt trudnym do zmontowania.

Czułość i efektywność

Parametry odbiornika są wystarczające jak na tak prostą konstrukcję. W paśmie FM długość wewnętrznej anteny okazała się dostateczna do odbioru z dobrą jakością wielu stacji w okolicach Melbourne. Dla ścisłości – wieża z ich nadajnikami znajdowała się w linii widzenia.

Pasmo AM (fale średnie) nie ma zbyt dobrej jakości dźwięku z powodu zakłóceń z różnych źródeł, a zasilacze impulsowe w pobliżu będą generować szum tła. Oddalenie się od takich źródeł poprawia sytuację. Najlepsze rezultaty Autor osiągnął zabierając odbiornik do samochodu i zasilając go z akumulatora.

Na pasmach fal krótkich sygnał o poziomie 1 μV jest wykrywany, a 10 μV daje sensowny stosunek sygnału do szumu.

Opis obwodu

Podczas gdy najprostsze projekty radiowe zawierające BK1198 wymagają tylko kilku komponentów dyskretnych oraz wzmacniacza audio, projekt Autora jest raczej bardziej ambitny, ale dzięki zastosowaniu modułu Arduino Nano, wciąż wykonalny. Schemat blokowy podstawowego elementu odbiornika, układu scalonego BK1198, jest pokazany na **rysunku 1**. Od Red. EdW: pokazany jest skopiowany z dokumentacji schemat blokowy IC FM-stereo, natomiast projekt zawiera układ monofoniczny. Oba mają taki sam symbol i różnią się tylko obudową z różną ilością wyprowadzeń.

Styk MODE (końcówka 5) wybiera między dwoma sposobami sterowania układem radiowym BK1198 (IC4). Jeśli to wejście jest na niskim poziomie logicznym, układ jest sterowany przez dane szeregowe na wyprowadzeniach SCLK i SDIO. Chociaż wydaje się to rozsądnym podejściem, dokumentacja dotycząca tego rozwiązania jest raczej skąpa, a tłumaczenie z języka chińskiego pozostawia wiele do życzenia.

Projekt Autora pozostawia tę opcję jako możliwość na przyszłość, ale na razie zostało zastosowane podejście analogowe. Oznacza to, że założona jest zworka na LK1 ustawiająca styk MODE na wysokim poziomie logicznym, w tym przypadku 3,3 V.

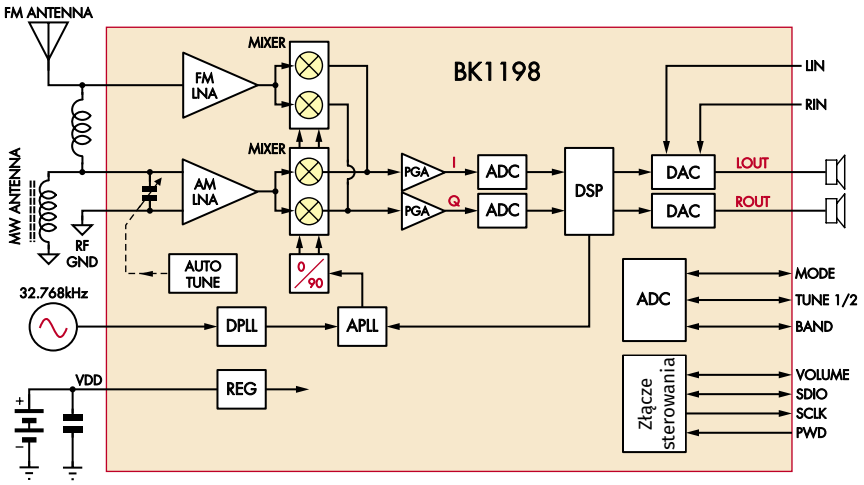
Napięcie na wyprowadzeniu BAND (styk 15) wybiera pasmo radiowe, w którym działa BK1198. Dostępnych jest w sumie 18 zaprogramowanych w układzie scalonym zakresów częstotliwości, a najprostszym sposobem wyboru jest podłączenie dzielnika napięcia do TUNE1 (styk 1), na którym występuje napięcie zasilania strojenia, bliskie 1,2 V. Ale Autor zastosował inne podejście.

Wymagane napięcia do wyboru niektórych zakresów radiowych to:

- fale średnie AM 2 (513...1629 kHz, skok regulacji 9 kHz): 300 mV
- zakres FM 1 (87...108 MHz, skok regulacji 100 kHz): 33 mV
- fale krótkie SW2 (2,7...10,25 MHz, skok regulacji 5 kHz): 1033 mV
- fale krótkie SW3 + SW4 (9,8...22 MHz, skok regulacji 5 kHz): 1100 mV

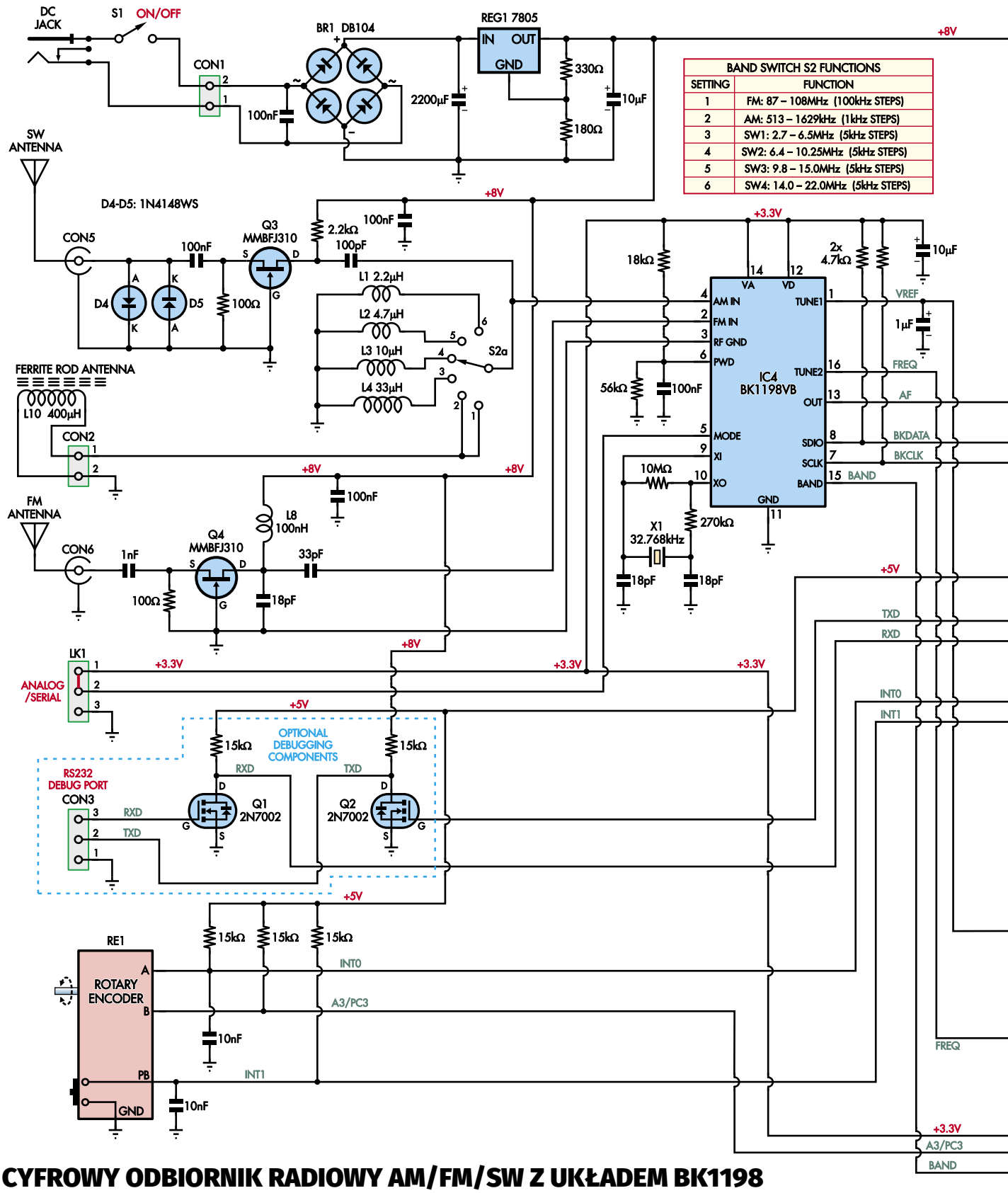
Odpowiednie napięcie jest generowane przez układ IC2, 12-bitowy przetwornik cyfrowo-analogowy (DAC) MCP4822. Użytkownik wybiera pasmo za pomocą 6-pozycyjnego przełącznika obrotowego S2. Dlaczego sześć pozycji? Autor zdecydował się podzielić każde z pasm krótkofalarskich na dwa (więcej o tym, dlaczego, będzie wytłumaczone później).

Napięcie przestrajania częstotliwości jest generowane przez inny przetwornik cyfrowo-analogowy, DAC8551 (IC6), o 16-bitowej rozdzielczości. Napięcie strojenia musi być ustawione dokładniej niż napięcie wyboru pasma, stąd wyższa rozdzielczość przetwornika.



Rysunek 1. Schemat blokowy układu scalonego odbiornika radiowego BK1198, zastosowanego w tym projekcie. Wszystko, co musisz zrobić, to poinstruować IC, którego pasma chcesz słuchać, wyświetlić szczegóły i wzmocnić wyjście audio. W projekcie zastosowana jest wersję monofoniczna układu BK1198 w obudowie SOIC-16. Więcej szczegółów znajdziesz w karcie katalogowej

eprasa.pl d6549b2eb6



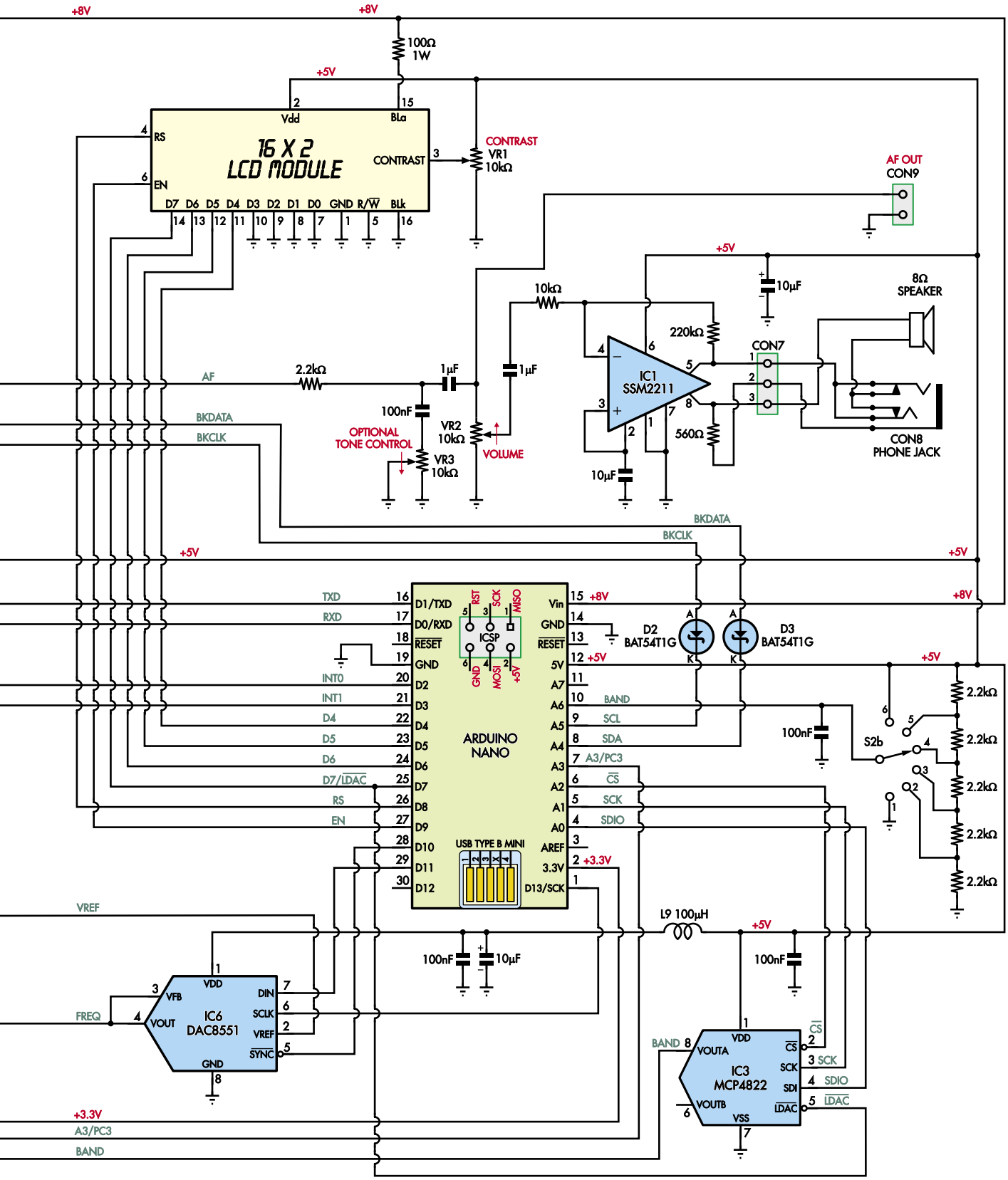
BAND SWITCH S2 FUNCTIONS	
SETTING	FUNCTION
1	FM: 87 – 108MHz (100kHz STEPS)
2	AM: 513 – 1629kHz (1kHz STEPS)
3	SW1: 2.7 – 6.5MHz (5kHz STEPS)
4	SW2: 6.4 – 10.25MHz (5kHz STEPS)
5	SW3: 9.8 – 15.0MHz (5kHz STEPS)
6	SW4: 14.0 – 22.0MHz (5kHz STEPS)

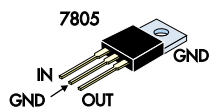
CYFROWY ODBIORNIK RADIOWY AM/FM/SW Z UKŁADEM BK1198

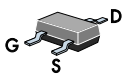
Rysunek 2. Dzięki układowi cyfrowego odbiornika radiowego BK1198 (IC4), pomimo odbioru FM i AM w trzech różnych zakresach, schemat ideowy obwodu radiowego jest stosunkowo prosty. Tranzystory JFET Q3 i Q4 zapewniają dodatkowe wzmocnienie częstotliwości radiowych, odpowiednio dla sygnałów krótkofalowych i FM, podczas gdy cewki indukcyjne L1...L4 zapewniają preselekcję dla różnych zakresów częstotliwości fal krótkich. Strojenie i przełączanie pasma jest nadzorowane przez moduł Arduino Nano za pomocą przetworników cyfrowo-analogowych IC3 (12-bitowy, do wyboru pasma) i IC6 (16-bitowy, do strojenia). Układ IC1 to wzmacniacz audio

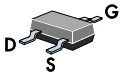
eprasa.pl d6549b2eb6

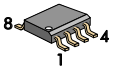
Firma Piekarz Sp. J.
Hurtowania Części Elektronicznych
Tel.: 22-835-50-37
Tel.: 22-835-50-41

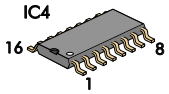












eprasa.pl d6549b2eb6

Napięcie odniesienia dla tego przetwornika DAC wynosi 1,2 V i jest obecne na wyjściu 1 układu IC4 (TUNE1). Takie podejście, w którym napięcie strojenia stanowi część napięcia odniesienia wytwarzanego przez układ radiowy, sprawia, że napięcie przestrajania będzie generowane dokładne i niezależnie od zmian warunków pracy układu BK1198.

Jeśli weźmiemy jako przykład pasmo FM, istnieje w nim 210 kanałów rozmieszczonych w odstępach co 100 kHz. Zmiana napięcia przestrajania przy przejściu z jednego kanału do drugiego wynosi zatem 1200 mV÷210=5,7 mV. Jeden bit 16-bitowego przetwornika cyfrowo-analogowego reprezentuje około 18,3 μV (1,2 V÷2^{16}), więc sygnatura cyfrowa kanału zmienia się o wartość około 311, aby przełączyć się z jednego kanału na następny. Jest to więcej niż wystarczający zapas rozdzielczości.

Na pasmach krótkofalowych wygląda to gorzej. W paśmie 9,8...22 MHz jest 2440 kanałów w odstępach co 5 kHz. Jest to tylko 490 μV różnicy napięcia strojenia pomiędzy kanałami lub zmiana sygnatury cyfrowej kanału o 27 jednostek. Mimo to ponownie mamy wystarczający margines bezpieczeństwa.

Ale już zgrubny 12-bitowy przetwornik cyfrowo-analogowy miałby mniej niż dwa kroki strojenia pomiędzy kanałami, co byłoby zupełnie niewystarczające.

Układ BK1198 ma dwa wejścia RF. Sygnał FM odbiera na wejściu 2. Projekty referencyjne obejmują przedwzmacniacz w.cz. wykorzystujący tranzystor NPN, ale w projekcie użyto tranzystora JFET z uziemioną bramką, ponieważ zapewnia to dobre wzmocnienie i wysoką stabilność.

Drugie wejście RF znajduje się na styku 4 i jest przeznaczone dla pasm AM i SW. Stanowiło to pewne wyzwanie projektowe. Dla pasma AM wymagana jest antena ferrytowa o indukcyjności cewki około 400 μH. Wewnętrzny warikap dostraja antenę ferrytową do właściwej częstotliwości.

Nie ma jednak zbyt wiele wstępnie nawiniętych anten ferrytowych o takich parametrach – jedyną sprzedawaną przez Jaycar jest antena Cat LF1020. Jednak jej efektywność (zysk) nie jest zbyt zadowalająca.

Lepszą opcją jest użycie gołego pręta ferrytowego LF1012 o długości 180 mm i średnicy 9 mm. Z cewką o 65 zwojach emaliowanego drutu miedzianego 24AWG (o średnicy 0,5 mm), otrzymujemy znacznie wydajniejszą antenę.

Dobroć Q takiej cewki nie jest szczególnie wysoka i dlatego lepiej jest użyć licy w.cz. (od Red. EdW: ten rzadko już spotykany dzisiaj termin oznacza wielodrutowy przewód, w którym każdy drucik ma własną izolację jedwabną), ale trudno jest usunąć nawiniętą izolację z każdego drucika, a następnie pocynować je. Lica w.cz. jest używana w antenie LF1020 i możliwe jest bardzo ostrożne zsunięcie tego uzwojenia z pręta i wsunięcie go na dłuższy pręt ferrytowy, co daje prawie idealne rozwiązanie.

Strojenie na falach krótkich

Autor uważał, że dla pasm fal krótkich SW pożądany jest przedwzmacniacz o niskim poziomie szumów, dlatego w tym miejscu również zastosował tranzystor J310 JFET. Ponieważ zamierzał wstępnie dostroić ten przedwzmacniacz, użył dławików o różnych indukcyjnościach dla różnych pasm, co ponownie prowadzi do pytania, dlaczego pasma krótkofalarskie zostały podzielone na dwa.

Pierwotnym zamiarem było użycie łatwo dostępnej diody warikapowej typu BB201, która ma zakres zmian pojemności około 20...110 pF przy zmianie napięcia strojenia 10...0,5 V. To napięcie strojenia w układzie miało być generowane przez kolejny przetwornik cyfrowo-analogowy IC3 i wzmacniane przez wzmacniacz operacyjny typu „rail to rail" (od Red. EdW: tzn. z zakresem poziomów sygnałów wejściowych równym napięciu zasilania) zasilany napięciem 12 V. Zakres zmian pojemności warikapów jest taki, że z wybraną cewką indukcyjną mógłby pokrywać odpowiednie pasmo.

Korzystając z odpowiedniego wzoru, napięcie strojenia mogłoby zostać obliczone przez mikroprocesor.

Jednak wydaje się, że to w ogóle nie zadziałało. Najlepsze wyniki uzyskano przy warikapie ustawionym na minimalną pojemność, niezależnie od pasma lub częstotliwości.

Na podstawie dokumentacji BK1198 można przypuszczać, że jego wewnętrzny warikap działa tylko w paśmie AM (średniofalowym). Rodzi się jednak podejrzenie, że działa on również w pasmach SW, chociaż dokumentacja tego nie opisuje. Wzmacniacz operacyjny i warikap z pierwotnego prototypu były zatem niepotrzebne, więc zostały usunięte w ostatecznym projekcie.

Można zauważyć rezystor 2,2 kΩ pomiędzy drenem Q3 a szyną +8 V. Pierwotnie był tu dławik RF 1000 μH, który był w porządku dla pasm krótkofalowych, ale całkowicie tłumił zakres średniofalowy AM, ponieważ szeregowy kondensator 100 pF wpadał z nim w rezonans w paśmie AM i tworzył bardzo skuteczną szeregową pułapkę rezonansową.

Zastąpienie go rezystorem nie wpływa znacząco na wzmocnienie HF i ma minimalny wpływ na pasmo AM.

Diody D4 i D5 zapewniają jakąś ochronę przed skokami napięcia odbieranymi przez antenę SW, na przykład podczas burzy. Oczywiście nie mogą one chronić przed bezpośrednim lub nawet pobliskim uderzeniem, ale zapobiegną uszkodzeniu Q3 w wyniku najczęstszych zakłóceń związanych z uderzeniem pioruna.

Od Red. EdW: Co potrafi bliskie uderzenie pioruna, przekonał się kiedyś Autor tej adaptacji, mieszkający w bloku. Udar napięcia spowodowany bliskim uderzeniem pioruna przedostał się przez transformator NN do sieci domowej. W mieszkaniu włączony był przez listwę bezpieczeństwa starego typu, w obudowie metalowej, zestaw komputerowy klasy 486. Listwa zamieniła się w trudną do identyfikacji czarną masę, spalił się monitor, zestaw komputerowy ocalał. Aktualnie używana jest listwa 480 J, udar 15500 A.

Kondensator sprzęgający 100 pF, w połączeniu z cewkami indukcyjnymi L1...L4 wybieranymi przełącznikiem obrotowym S2a, zapewnia maksymalny sygnał przedwzmacniacza krótkofalowego w wybranym paśmie częstotliwości.

Szczegóły wyboru pasma

Wracając do wyboru pasma, sekcja S2b przełącznika wybiera jedno z napięć od 0 do 5 V, zmieniających się z krokiem 1 V, generowanych przez łańcuch rezystorów 2,2 kΩ podłączonych pomiędzy szynami 5 V a 0 V.

Wybrane napięcie jest podawane do wewnętrznego przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC) układu AVR ATmega328 w module Arduino Nano. Ten przetwornik ADC ma 10-bitową rozdzielczość, dzięki czemu odczytywane cyfrowe wartości wynoszą w przybliżeniu 0, 204, 409, 613, 818 i 1023. Obcinając dwie ostatnie cyfry (dzieląc przez 100) otrzymujemy łańcuch wartości: 0, 2, 4, 6, 8 i 10. Następnie podzielenie przez dwa i dodanie jednostki daje wybrany numer pasma, od jednego do sześciu. Kod Arduino używa następnie tabeli odnośników, aby znaleźć wartość potrzebną do wygenerowania odpowiedniego napięcia wyboru pasma dla układu BK1198.

„Dziwne rzeczy" ze strojeniem zakresu krótkofalowego BK1198

Oryginalny prototyp Autora miał problem z zakresem fal krótkich SW2; okazało się, że obejmuje on zakres 3,1...10,1 MHz, a nie oczekiwany zakres 2,7...10,25 MHz.

Ponieważ zakresy są ustawiane fabrycznie przez wewnętrzne oprogramowanie, mógł to być nietypowy chip. Wymiana IC dała prawidłowy zakres.

Na szczęście, jeśli tak się stanie, można to łatwo skorygować, zmieniając tylko kilka liczb w kodzie programu.

eprasa.pl d6549b2eb6

Jest to sterowanie bardziej uniwersalne niż użycie matrycy rezystorów do bezpośredniego generowania napięcia, ponieważ można je łatwo zaprogramować tak, aby wybierało dowolne z dostępnych pasm.

Pozycje przełącznika 3 i 4 wybierają pasmo 2,7...10,25 MHz, a pozycje przełącznika 5 i 6 wybierają pasmo 9,8...22 MHz. Jednocześnie dla każdej pozycji zakresu krótkofalowego, są wybierane przez sekcję S2a przełącznika różne wartości dławika jako część filtra SW.

Moduł Arduino Nano jest dostępny w bardzo niskiej cenie i ma tę zaletę, że zapewnia wyjścia stabilizowanego napięcia 5 V i 3,3 V, które są potrzebne do zasilania innych urządzeń w obwodzie. Większość jego końcówek I/O jest używana. Moduł LCD to popularny wyświetlacz znakowy 16×2, który jest powszechnie dostępny.

Linie SCL i SDA modułu Nano są poprowadzone do układu BK1198 na wypadek, gdyby ktoś chciał sprawdzić, jak działa interfejs szeregowy BK1198.

Arduino Nano jest zasilane napięciem 5 V, podczas gdy BK1198 jest zasilany napięciem 3,3 V. Zastosowano więc na tych liniach diody Schottky'ego D2 i D3 (spolaryzowane napięciem 3,3 V za pomocą rezystorów 4,7 kΩ), aby zapobiec uszkodzeniu układu scalonego BK1198.

Strojenie jest sterowane przez przyrostowy enkoder obrotowy RE1. Opadające zbocza jego impulsów wyjściowych generują przerwanie na wejściu INT0 (wejście cyfrowe Arduino D2), w którym to momencie odczytywany jest stan wejścia analogowego/cyfrowego A3.

Jeśli jest on wysoki, częstotliwość jest zwiększana o odpowiedni krok, a jeśli niski, jest zmniejszana. Ten schemat działa zarówno z enkoderami sygnałowymi, jak i enkoderami poziomu. Od Red. EdW: o różnych typach enkoderów oraz jak je rozróżnić, piszemy w tym wydaniu EdW, w artykule o kieszonkowym generatorze audio.

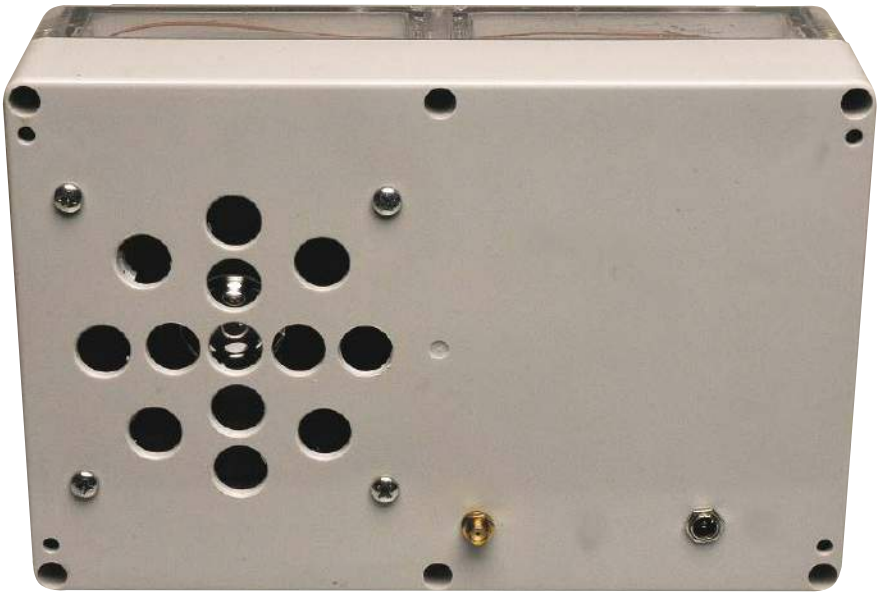
Przełącznik przyciskowy zintegrowany z enkoderem obrotowym jest podłączony do INT1 (wejście cyfrowe D3). Służy on do przełączania między wielkościami kroków na różnych pasmach. W Australii na paśmie AM odstęp wynosi 9 kHz, ale przełącznik pozwala również na krok 1 kHz. Na paśmie FM używany jest tylko krok 100 kHz, więc przemiatanie zakresu UKF nie trwa zbyt długo.

Wszystkie cztery pasma fal krótkich mają wielkość kroku, którą można ustawić na 5 kHz, 50 kHz i 500 kHz.

Wzmacniacz audio

Sekcja wyjścia audio jest dość prosta. Styk OUT układu BK1198 (końcówka 13) jest pojemnościowo sprzężony z potencjometrem regulacji głośności VR2. Potencjometr regulacji barwy tonu (VR3) przy minimalnej rezystancji daje osłabienie -3 dB dla około 700 Hz. Jest to wynik działania zmiennego filtra dolnoprzepustowego z rezystorem 2,2 kΩ i kondensatorem 100 nF.

Wzmacniacz audio to układ SSM2211, który dostarcza około 0,9 W do głośnika o impedancji 8 Ω. Gniazdo słuchawkowe Jack jest skonfigurowane tak, aby odcinać sygnał do głośnika, gdy podłączone są słuchawki. Aby zapobiec uszkodzeniu słuchu, rezystor 560 Ω zmniejsza poziom wyjściowy dla słuchawek. Wprawdzie gniazdo jest typu stereofonicznego, ale radioodbiornik na wszystkich zakresach dostarcza na wyjściu sygnał monofoniczny.



Otwory w obudowie wymagane dla odbiornika. Nie pokazano dla nich schematu, ponieważ żaden z nich nie jest superkrytyczny

Zasilanie

Pierwotnym pomysłem było zasilanie radia z zasilacza wtyczkowego 12 V DC. Dostępnych jest wiele zasilaczy impulsowych, ale generują one tak dużo zakłóceń, że pasmo AM staje się praktycznie bezużyteczne.

Można by użyć takiego, który ma transformator z rdzeniem żelaznym, ale obecnie są one prawie niemożliwe do kupienia i pozostają tylko złomowiska elektrośmieci. Na szczęście Jaycar nadal sprzedaje zasilacz sieciowy 9 V AC, MP3027. Używamy go i napięcie z jego wyjścia zamieniamy na stałe za pomocą mostka prostowniczego BR1. Wynikowy pulsujący prąd stały jest filtrowany przez kondensator 2200 μF i podawany na wejście regulatora/stabilizatora 7805 REG1.

Nie daj się jednak zwieść symbolom – ten regulator nie wytwarza na wyjściu napięcia 5 V. Dzielnik rezystancyjny między jego wyjściem, końcówkami GND i rzeczywistą masą obwodu (0 V) podnosi napięcie na jego wyjściu do 8 V, zachowując przyzwoitą stabilizację.

Moduł Nano ma regulator/stabilizator 5 V, który zasila mikroprocesor ATmega328, a także wzmacniacz audio.

Nie chcemy, aby ten stabilizator pracował przy zbyt dużej różnicy napięcia wejściowego/wyjściowego, w przeciwnym razie może się przegrzać. Testy wykazały, że przy stałej maksymalnej mocy na wyjściu audio stabilizator ten nie przegrzewa się, o ile jego napięcie wejściowe nie przekracza około 8 V. REG1 jest więc zasadniczo regulatorem wstępnym dla wbudowanego w Arduino stabilizatora 5 V.

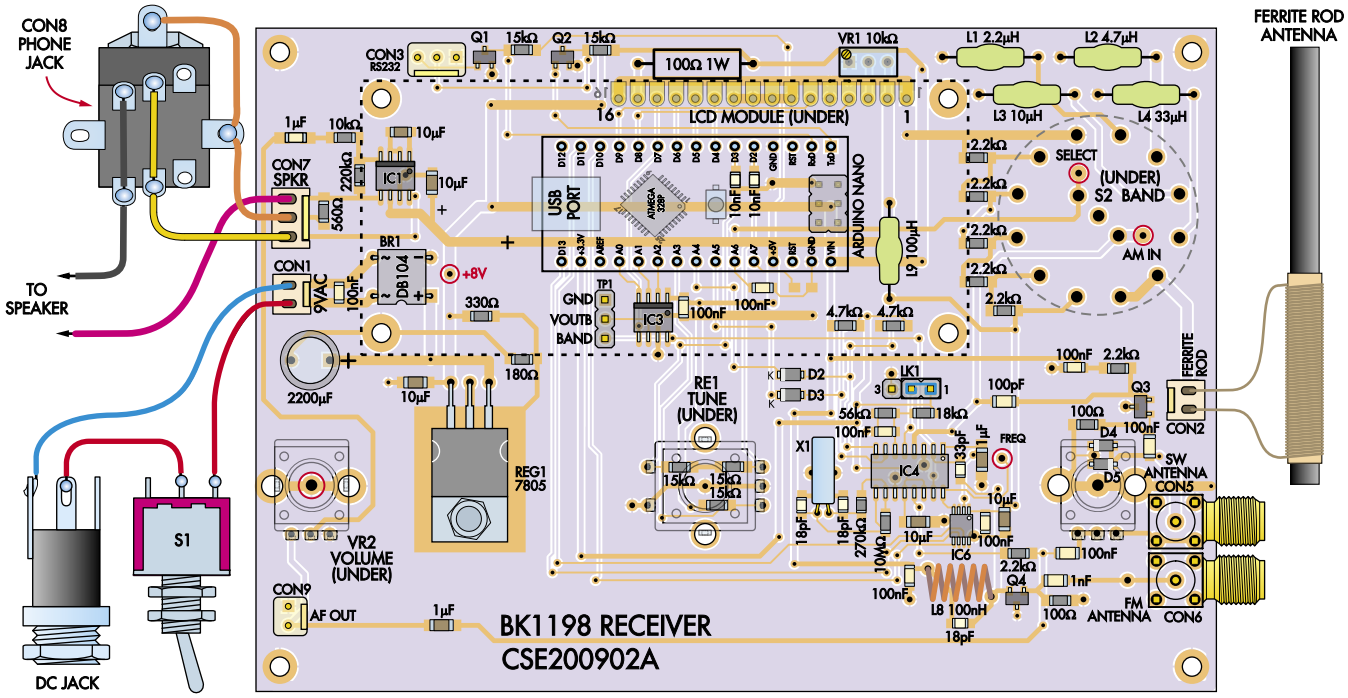
Zauważ, że możesz użyć 7808 jako REG1, pominąć rezystory 330 Ω i zastąpić rezystor 180 Ω zworką z drutu lub rezystorem 0 Ω. Jednak układy 7808 nie są tak często spotykane jak 7805 – prawie na pewno masz ten drugi w swoich zasobach.

Nawiasem mówiąc, kondensator 100 nF na wejściu mostka prostowniczego BR1 może wydawać się zbędny, ale pomaga odfiltrować wszelkie niepożądane częstotliwości radiowe odbierane przez przewody zasilające.

Interfejs debugowania

Uproszczony interfejs szeregowy RS232 jest utworzony przez tranzystory Q1 i Q2, które przesuwają poziom sygnałów. Układ został dołączony wyłącznie do celów debugowania podczas tworzenia oprogramowania, działając z prędkością 38 400 bodów ze zwykłym kodowaniem 8,N,1 (start, 8 bitów danych, brak parzystości, bit stopu). Komponenty te (i ich

eprasa.pl d6549b2eb6



rezystory 15 kΩ polaryzujące dreny) można pominąć, jeśli nie planujesz bawić się z oprogramowaniem.

Oprogramowanie

Oprogramowanie układu jest napisane w BASCOM-ie, wszechstronnym języku podobnym do BASIC-a, który kompiluje się do własnego kodu AVR.

Po włączeniu zasilania odbiornik pobiera ostatnią częstotliwość i rozmiar kroku dla ustawionego pasma z pamięci EEPROM. Moduł LCD pokazuje wybrane pasmo w górnym wierszu i ustawioną częstotliwość w dolnym wierszu. Po wybraniu innej częstotliwości za pomocą pokrętła strojenia, nowa ustawiona częstotliwość i aktualny rozmiar kroku są zapisywane w pamięci EEPROM po około pół sekundy.

Pozyskiwanie komponentów

Wiemy, że pozyskiwanie komponentów może być wyzwaniem, więc użyte w tym projekcie elementy zostały starannie wybrane, aby były dostępne u lokalnych dostawców, takich jak Jaycar, Altronics, element14 (Farnell) lub AVT. W niektórych przypadkach konieczne może być zakupienie kilku sztuk jednego elementu.

Niektóre z tych elementów mogą być dostępne taniej na eBay, AliExpress lub Banggood, jeśli nie przeszkadza ci dłuższy czas realizacji zamówienia. Często jest to jednak wątpliwe, w tej chwili ceny na znanym polskim portalu są konkurencyjne w stosunku do cen dostawców dalekowschodnich.

Szczegółowe informacje można znaleźć na liście części w dalszej części artykułu.

Budowa

Zapoznaj się teraz ze schematem montażowym PCB – **rysunek 3**. Radio BK1198 jest zbudowane na płytce drukowanej oznaczonej kodem CSE200902A o wymiarach 127×88 mm. Jeśli masz pewne doświadczenie w lutowaniu elementów do montażu powierzchniowego, montaż nie powinien stanowić dla Ciebie żadnego problemu. Jeśli nie, warto najpierw poćwiczyć z czymś prostszym.

Zacznij od zamontowania IC6, 16-bitowego przetwornika cyfrowo-analogowego. Znajduje się on w ośmiostykowej obudowie typu „fine-pitch" (0,65 mm=0,025") i wymaga szczególnej uwagi. Najpierw zlokalizuj kropkę końcówki 1 w górnym rogu i wyrównaj ją ze wskaźnikiem styku 1 na płytce drukowanej. Rozprowadź pastę topnikową na polach lutowniczych, umieść układ scalony i ostrożnie przylutuj jeden narożny styk.

Użyj lupy (albo podłączonej do komputera dobrej kamery z opcją MAKRO), aby sprawdzić, czy pozostałe siedem styków jest prawidłowo umieszczonych na swoich polach. Jeśli tak nie jest, należy ponownie roztopić lut na przymocowanym styku i delikatnie przesunąć go na miejsce.

Powtarzaj tę czynność do momentu, aż styk zostanie precyzyjnie umieszczony, a następnie przylutuj wszystkie pozostałe końcówki i ponownie użyj lupy (j.w.), aby sprawdzić, czy nie ma mostków między końcówkami. Jeśli znajdziesz jakieś, dodaj dodatkową porcję pasty topnikowej i usuń mostek (mostki) za pomocą plecionki lutowniczej.

Pozostałe układy scalone mają dwa razy większy rozstaw styków (1,27 mm=0,05"), więc powinny być dość łatwe do wlutowania w porównaniu z tym pierwszym. Użyj podobnej techniki, aby je zamontować, w każdym przypadku zwracając szczególną uwagę, aby sprawdzić orientację styku 1 przed lutowaniem.

Postępuj zgodnie z tymi zasadami w przypadku czterech małych tranzystorów i czterech diod, wszystkie typu SMD. Nie pomyl różnych typów tranzystorów i diod. Orientacja każdego tranzystora będzie oczywista, ale będziesz musiał sprawdzić (prawdopodobnie w powiększeniu) pasek katody na diodach, aby określić ich prawidłową orientację.

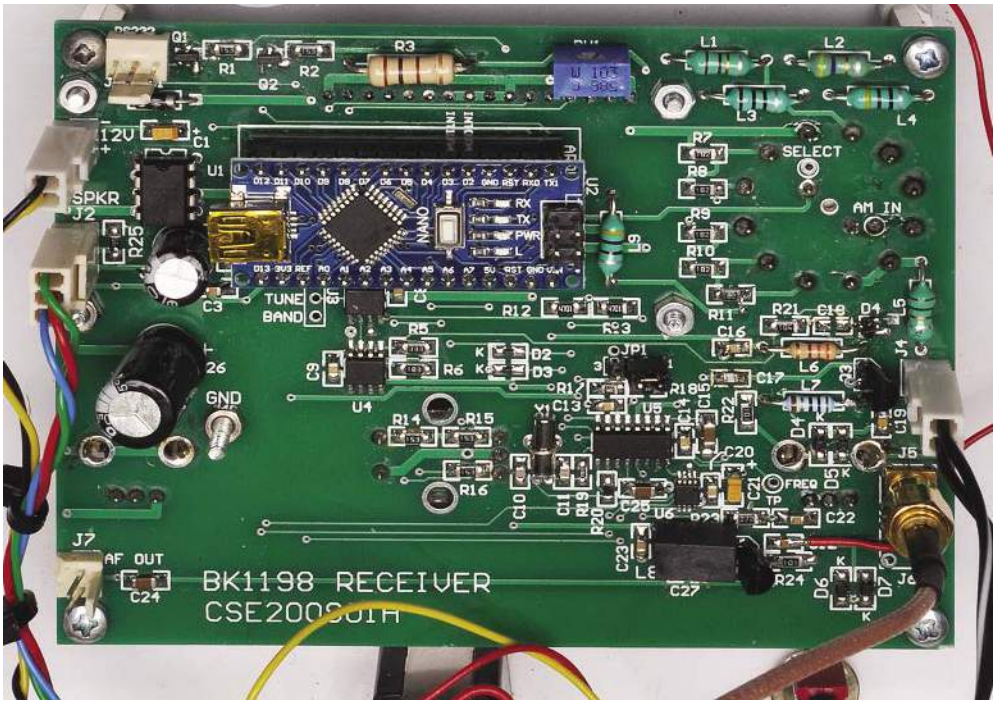
Rezystory SMD i kondensatory mają wymiary 2,0×1,2 mm (typ 0805) lub 3,2×1,6 mm (typ 1206), więc również powinny być dość łatwe do lutowania, ponadto nie są spolaryzowane. Rezystory SMD będą miały mały kod nadrukowany na górze, który identyfikuje ich wartość (np. 183 [18×10³] lub 1802 [180×10²] oznacza 1,8 kΩ), podczas gdy kondensatory nie będą oznaczone. Upewnij się, że każdy element jest umieszczony we właściwym miejscu, zgodnie z rysunkiem 3.

Montaż części przewlekanych

Zamontuj niskoprofilowe części do montażu przewlekanego: rezystor 1 W, dławiki osiowe i mostek prostowniczy (zwróć uwagę na orientację – zacisk dodatni powinien być oznaczony).

Kwarc zegarkowy, X1, jest ułożony na boku i przytrzymywany pętlą z drutu przylutowaną

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 3 (po lewej). Płytka PCB zawiera mieszankę elementów SMD i przewlekanych. Zacznij od zamontowania jedynego elementu SMD o rastrze 0,025", IC6, następnie pozostałych SMD, a następnie części przewlekanych od góry (nie zapomnij o dwóch listwach pod Nano!) i wreszcie tych, które montuje się od spodu (głównie wyświetlacz i elementy sterujące). Istnieje kilka opcjonalnych komponentów, takich jak złacze debugowania CON3. Schemat ten pokazuje również większość zewnętrznego okablowania.

Zdjęcie pokazuje zamontowaną w obudowie zmontowaną płytkę drukowaną. Należy pamiętać, że jest to wczesna płytka prototypowa, więc mogą występować drobne różnice między nią a schematem montażowym PCB obok

do płytki (użyj odciętego przewodu z jakiegoś elementu przewlekanego). Zachowaj ostrożność przy zginaniu i lutowaniu końcówek, ponieważ są one bardzo cienkie i nie chcesz, aby zwarły się ze sobą lub z obudową rezonatora.

Kontynuuj, montując wyższe części, takie jak potencjometr nastawny VR1 (ze śrubą regulacyjną w kierunku BR1), kierunkowe wtyki złączy CON1...CON3, CON7 i CON9 oraz gniazda SMA CON5 i CON6. Zamontuj również 3-szpilkową listwę dla LK1 i umieść zworkę pomiędzy kołkami 1 i 2. Następnie wlutuj dwa rzędy żeńskich gniazd stykowych pod moduł Arduino Nano. Najbezpieczniej zrobić to z modułem Nano włożonym do gniazd – zapewni to ich odpowiedni rozstaw i prostopadłe usytuowanie względem PCB.

Zauważ, że nie potrzebujesz CON3, chyba że planujesz korzystać z funkcji debugowania przy pomocy interfejsu szeregowego. Możesz pominąć większość innych wtyków, jeśli wolisz przylutować luźne przewody bezpośrednio do płytki. Spowoduje to jednak, że końcowe etapy budowy będą nieco bardziej skomplikowane. Ponadto, jeśli mieszkasz w obszarze o silnym sygnale radiowym, możesz zrezygnować ze złącza CON6 anteny FM i po prostu przylutować przewód odpowiedniej długości do jego centralnego pola.

Teraz zamontuj moduł Arduino Nano, który można przylutować bezpośrednio do płytki (zwykle jest dostarczany z odpowiednimi listwami kołkowymi) lub opcjonalnie, jak opisane powyżej, podłączyć za pomocą żeńskich gniazd przylutowanych do płytki. Tak czy inaczej, upewnij się, że jego układ styków pasuje do sitodruku PCB. Mając moduł Nano na miejscu, zamontuj jedyny kondensator elektrolityczny, upewniając się, że jego dłuższy przewód trafia do pola oznaczonego symbolem +.

Ostatnią częścią do zamontowania po tej stronie płytki jest cewka indukcyjna L8. Jest ona nawinięta w formie sześciu zwojów emaliowanego drutu miedzianego o średnicy 0,5 mm na szablonie – walcu o średnicy 5 mm (takim jak trzon wiertła 5 mm).

Rozsuń zwoje tak, aby cewka miała długość 7 mm, a następnie przytnij jej wyprowadzenia na odpowiednią długość, zdejmij emalię z końców przewodów (używając papieru ściernego lub ostrego noża), pocynuj przewody i przylutuj cewkę do płytki w pokazanym miejscu.

Podzespoły na spodzie PCB

Zdarzają się wyświetlacze LCD z zamienionymi stykami 1 (GND) i 2 (+5 V), więc sprawdź swój. Jeśli styk 2 jest połączony z GND, będziesz musiał odciąć 2 styki złącza i dodać przewody, aby skrzyżować te połączenia.

Ekran LCD jest zamontowany na spodzie płytki. Przylutuj jego listwę kołkową na miejscu, a następnie sprawdź, czy do PCB jest przylutowane żeńskie gniazdo stykowe; jeśli nie, przylutuj je teraz. Podłącz ekran LCD do gniazda i przymocuj do płytki za pomocą gwintowanych kołków dystansowych i wkrętów M3, korzystając z dedykowanych otworów w PCB.

Po zamontowaniu wyświetlacza LCD można zamontować pozostałe elementy znajdujące się na spodzie: enkoder obrotowy RE1, przełącznik obrotowy S1, potencjometr regulacji głośności VR2 i potencjometr regulacji barwy tonu VR3.

Przygotowanie anteny z prętem ferrytowym

Jak wyjaśniono wcześniej, prawdopodobnie nie znajdziesz pręta ferrytowego 400 µH, który jest fabrycznie wyposażony w cewkę. Najprostszym i najlepszym rozwiązaniem jest zakup mniejszej anteny ferrytowej z cewką, takiej jak Jaycar LF1020, ostrożne zsunięcie

Kod źródłowy oprogramowania radia

Jak zwykle, udostępnimy kod źródłowy dla tego projektu, wraz z plikiem HEX. Oprogramowanie układowe zostało napisane w BASCOM-AVR, wersji języka BASIC, która kompiluje się do własnego kodu Atmel AVR. Jest więc dość łatwe do modyfikacji. BASCOM jest oprogramowaniem komercyjnym; dostępna jest bezpłatna wersja demonstracyjna, która może tworzyć pliki binarne o rozmiarze do 4 KB, ale oprogramowanie radiowe jest większe. Pełna licencja na oprogramowanie kosztuje około 150 US$ (jest dostępna w kilku różnych sklepach internetowych) i oczywiście leży poza zasięgiem Czytelników. Na szczęście Redakcja Silicon Chip-a oprócz wersji źródłowej udostępnia skompilowany kod HEX. Niestety, nie będziesz miał możliwości jego modyfikacji.

eprasa.pl d6549b2eb6

uzwojeń z tego pręta, a następnie delikatne nasunięcie ich na dłuższy pręt.

Jeśli nie możesz (lub nie chcesz) tego zrobić, zamiast tego nawiń 65 zwojów 0,5-milimetrowego emaliowanego drutu miedzianego na długi pręt, a następnie usuń emalię i pocynuj końce, aby były gotowe do przymocowania do płytki drukowanej za pomocą luźnych przewodów.

Programowanie

Moduł Arduino Nano można zaprogramować osobno lub po podłączeniu do płyty głównej, ale łatwiej jest to zrobić przed jego podłączeniem.

Ponieważ kod jest napisany w BASCOM-ie, nie można użyć Arduino IDE do zaprogramowania układu. Sugerujemy darmowy program o nazwie AVRDUDE lub (najlepiej) jego graficzną wersję dla systemu Windows, AVRDUDESS. Można go pobrać i zainstalować ze strony: sourceforge.net/projects/avrdudegui/.

Uruchom go i znajdź listę rozwijaną pod etykietą „Presets" w prawym górnym rogu okna, kliknij listę rozwijaną i wybierz opcję „Arduino Nano (ATmega328P)". W lewym górnym rogu zmodyfikuj numer portu COM, aby pasował do twojego Nano. Po podłączeniu urządzenia można znaleźć numer jego portu na stronie ustawień systemu Windows „Bluetooth i inne urządzenia".

Pod nagłówkiem „Flash" kliknij przycisk „..." i znajdź plik HEX radia (dostępny do pobrania ze strony Silicon Chip-a). Następnie upewnij się, że jest wybrana opcja „Write" tuż pod nią i naciśnij „Go". W dolnej części okna pojawią się komunikaty wskazujące, że programowanie przebiegło pomyślnie. Najbardziej prawdopodobną przyczyną problemów jest nieprawidłowy wybór portu.

Na koniec odłącz kabel USB od modułu Arduino Nano i podłącz go do płytki radia. Montaż płytki jest teraz zakończony.

Testowanie

Dobrym pomysłem jest przeprowadzenie testów przed umieszczeniem płytki w obudowie, ponieważ w takim stanie łatwiej jest debugować i naprawiać. Będziesz potrzebował jakiejś anteny, aby sprawdzić, czy radio działa – na tym etapie antena FM jest prawdopodobnie najłatwiejsza do zorganizowania. Długość przewodu może być wystarczająca do wstępnych testów.

Prawdopodobnie będziesz również chciał tymczasowo podłączyć głośnik 8 Ω między kołkami 1 i 3 złącza CON7.

Umieść płytkę tak, aby widzieć wyświetlacz LCD i mieć dostęp do elementów sterujących, a następnie podłącz zasilanie 9 V AC lub 12 V DC do złącza CON1. Sprawdź, czy podświetlenie wyświetlacza LCD włącza się i czy na ekranie LCD wyświetlany jest sensowny obraz. Jeśli nie widzisz znaków, spróbuj wyregulować potencjometr nastawny VR1.

Jeśli podświetlenie nie włącza się, oznacza to problem z zasilaniem – sprawdź wyjście REG1 i upewnij się, że jest tam napięcie stałe 8 V.

Jeśli nadal nie wyświetla się żaden symbol na ekranie, może to oznaczać problem z zaprogramowaniem modułu Arduino Nano, albo być może moduł Nano lub LCD nie są osadzone pewnie w gniazdach.

Zakładając, że wyświetlacz wygląda OK, obróć przełącznik S2, aby ustawić urządzenie w trybie FM, a następnie spróbuj obrócić enkoder RE1, aby znaleźć stację.

Ustaw potencjometr VR2, aby uzyskać rozsądną głośność z głośnika. Jeśli możesz odbierać stacje, wszystko wygląda dobrze. Jeśli nie, może być potrzebna lepsza antena lub może wystąpił problem z tranzystorem Q4,

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
1 dwustronna płytka drukowana o wymiarach 127×88 mm i kodzie CSE200902A
1 moduł Arduino Nano 5 V
1 alfanumeryczny moduł LCD 16×2 z niebieskim podświetleniem
1 szczelna obudowa ABS IP65 lub podobna 220×160×80 mm z czarną 3 mm akrylową pokrywą/panelem wycinanym laserowo, 193×109 mm (?) (pasuje do wewnętrznego głośnika), lub
1 obudowa UB2 Jiffy, 197×113×63 mm (bez wewnętrznego głośnika)
1 jednoobrotowy pionowy minipotencjometr nastawny (SIL) 10 kΩ (VR1) [np. element14 9317236]
2 pionowe potencjometry 10 kΩ średnica obudowy 9 mm (VR2, VR3) [np. element14 1191725]
1 osiowy dławik RF 2,2 μH (L1) [np. element14 1167666]
1 osiowy dławik RF 4,7μH (L2) [np. element14 1180375]
1 osiowy dławik RF 10 μH L3) [np. element14 1180270]
1 osiowy dławik RF 33 μH (L4) [np. element14 1857853]
1 osiowy dławik RF 100 μH L9) [np. element14 2858897]
1 odcinek emaliowanego drutu miedzianego o średnicy 0,5 mm i długości 1 m (L8 i ewentualnie L10)
1 pręt ferrytowy LF1012 o średnicy 9 mm i długości 180 mm pod cewkę 400 μH (L10)
1 cewka pobrana z anteny ferrytowej (L10)
1 kwarc zegarkowy 32768 Hz (X1) [Jaycar RQ5297]
1 enkoder obrotowy z wbudowanym przyciskiem (RE1) [np. element14 2663519]
1 przełącznik SPST do montażu w obudowie (S1)
1 2-sekcyjny, 6-pozycyjny przełącznik obrotowy (S2) [Jaycar SR1212]
3 lub 4 pokrętła (pasujące do VR2, VR3 [jeśli zamontowane], RE1 i S2)
3 2-kołkowe kierunkowe wtyki 403-2 (CON1, CON2, CON9) [Jaycar HM3412, AVT]
3 2-stykowe kierunkowe gniazda 402-2 wraz z listwą styków (dla CON1, CON2, CON9) [Jaycar HM3402, AVT]
2 3-kołkowe kierunkowe wtyki 403-3 (CON3,CON7) [Jaycar HM3413, AVT]
2 3-stykowe kierunkowe gniazda 402-3 wraz z listwą styków (dla CON3,CON7) [Jaycar HM3403, AVT]
2 kątowe lub pionowe gniazda SMA do montażu na płytce drukowanej (CON5, CON6) [np. element14 2612349].
1 przełączane gniazdo słuchawkowe Jack stereo 6,35 mm do montażu w obudowie (CON8) [Jaycar PS0184 lub podobne]
2 gniazda żeńskie 15-stykowe (dla modułu Nano; mogą być wycięte z dłuższych)
1 gniazdo żeńskie 16-stykowe (dla wyświetlacza LCD)
1 odcinek 3-szpilkowy listwy kołkowej prostej ze zworką/blokadą (LK1)
1 gniazdo zasilania o średnicy 5,5/2,1 mm [Jaycar PS0522 lub podobne]
1 głośnik szerokopasmowy 8 Ω 1 W (np. o średnicy 76 mm w przypadku montażu w większej obudowie) lub zewnętrzny głośnik 8 Ω)
4 gwintowane kołki dystansowe M3 o długości 8 mm (do montażu wyświetlacza LCD)
4 gwintowane kołki dystansowe M3 o długości 15 mm (do montażu płytki drukowanej do obudowy)
12 śrub z łbem walcowym M3×5
4 śruby M3×10 z łbem stożkowym
różnej długości przewody ekranowane i połączeniowe

Półprzewodniki:
1 cyfrowy odbiornik radiowy BK1198VB, SOIC-16 (IC4) [Jaycar ZK8829]
1 wzmacniacz mocy audio SSM2211SZ lub NCS2211DR2G 1,5 W, SOIC-8 (IC1) [element14 2464727]
1 podwójny 12-bitowy przetwornik cyfrowo-analogowy MCP4822-E/SN, SOIC-8 (IC3) [element14 1439414]
1 przetwornik cyfrowo-analogowy 16-bitowy DAC8551IDGKT, VSSOP-8 (IC6) [element14 1693841]
1 stabilizator 7805 5 V 1A (REG1) LUB 7808 8 V 1 A
2 N-kanałowe MOSFET-y 2N7002, SOT-23 (Q1, Q2) [element14 1764537]
2 N-kanałowe tranzystory JFET VHF/UHF MMBFJ310LT1G, SOT-23 (Q3, Q4) [element14 1431340]
1 mostek prostowniczy DB104, DIP-4 (BR1) lub podobny
2 diody Schottky'ego BAT54T1G SMD, SOD-123 (D2, D3)
2 diody 1N4148WS SMD, SOD-323F (D4, D5)

Kondensatory: (przewlekane)
1 kondensator elektrolityczny 2200 μF 16 V

Kondensatory: (SMD 1206)
4 kondensatory ceramiczne 10 μF 25 V X7R
3 kondensatory ceramiczne 1 μF 25 V X7R

Kondensatory: (SMD 0805)
1 kondensator ceramiczny 10 μF 25 V X7R
9 kondensatorów ceramicznych 100 nF 50 V X7R
2 kondensatory ceramiczne 10 nF 50 V X7R
1 kondensator ceramiczny 1 nF 50 V X7R
1 kondensator ceramiczny 100 pF 50 V C0G/NP0
1 kondensator ceramiczny 33 pF 50 V C0G/NP0
3 kondensatory ceramiczne 18 pF 50 V C0G/NP0

Rezystory: (wszystkie SMD 1206 z tolerancją 1%, o ile nie podano inaczej)

1 szt. 10 MΩ 0805	1 szt. 270 kΩ 0805	1 szt. 220 kΩ	1 szt. 56 kΩ
1 szt. 18 kΩ	5 szt. 15 kΩ	1 szt. 10 kΩ	2 szt. 4,7 kΩ
7 szt. 2,2 kΩ	1 szt. 560 Ω	1 szt. 330 Ω	1 szt. 180 Ω
2 szt. 100 Ω	1 szt. 100 Ω 1 W 5% osiowy		

eprasa.pl d6549b2eb6

układem radiowym IC4, kwarcem X1 lub wzmacniaczem audio IC1.

Jeśli chcesz przetestować inne pasma, musisz podłączyć antenę krótkofalową do CON5 (zakres fal średnich) i/lub pręt ferrytowy do CON2 (zakresy fal krótkich).

Zakładając, że wszystko działa, przejdź do zakończenia budowy. Jeśli napotkasz problemy, zawsze warto dokładnie sprawdzić wszystkie połączenia lutowane, a także upewnić się, że właściwe części znajdują się we właściwych miejscach, a wszelkie spolaryzowane elementy nie zostały przylutowane w niewłaściwy sposób.

Zakończenie budowy

Jeśli budujesz radio w mniejszym i tańszym pudełku UB2 Jiffy, możesz użyć naszej pokrywy wycinanej laserowo lub wywiercić i wyciąć otwory w pokrywie dostarczonej z pudełkiem.

Rysunek 4 pokazuje szczegóły wycięć w niestandardowej pokrywie SC. Możesz przyciąć kawałek plastiku o grubości ~3 mm do tego rozmiaru i wykonać wycięcia, ale prawdopodobnie łatwiej będzie po prostu wydrukować ten plik (jest dostępny do pobrania w formacie PDF ze strony internetowej SC) i użyć go jako szablonu do istniejącej pokrywy pudełka Jiffy.

Wycinarka laserowa nie jest w stanie wykonać stożkowych fazek pod śruby do montażu PCB, więc niezależnie od tego, czy używasz gotowej pokrywy, czy wycinasz własną, będziesz musiał użyć narzędzia do pogłębiania (np. wiertła o większej średnicy), aby wyprofilować te cztery otwory na zewnętrznej powierzchni panelu.

Dobrym pomysłem jest również dołączenie etykiety panelu. Przygotowana przez nas grafika jest dostępna do pobrania w formacie PDF ze strony siliconchip.com.au.

Wydrukuj etykietę na papierze samoprzylepnym (szczegóły na stronie siliconchip.com.au/Help/FrontPanels) lub wydrukuj na zwykłym papierze i zalaminuj. Następnie można przyciąć panel do odpowiedniego rozmiaru i wyciąć otwory ostrym nożem modelarskim. Zanim jednak przykleisz go do pokrywy, przymocuj płytkę PCB z tyłu, aby ukryć śruby montażowe.

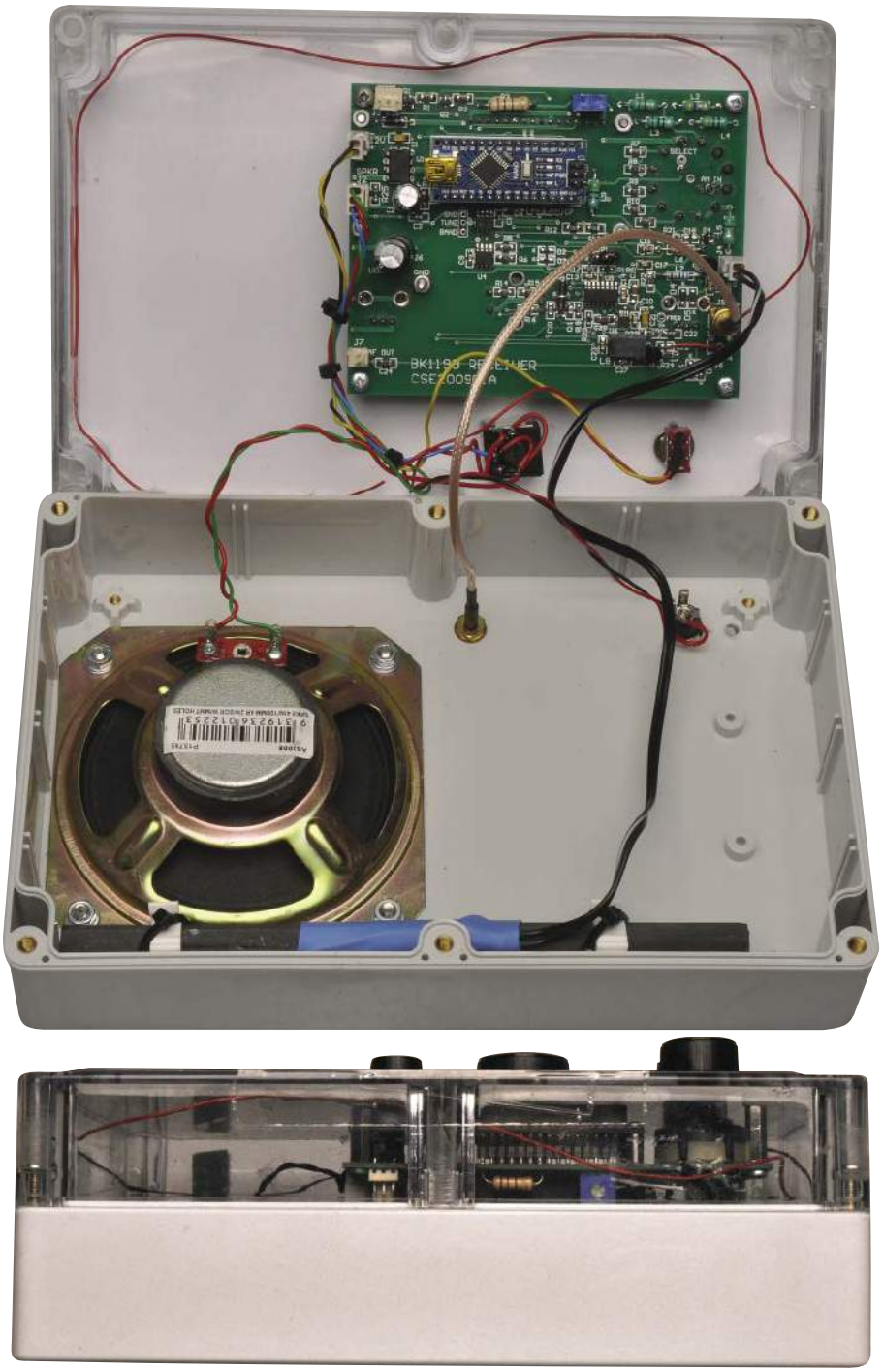
Płytka radiowa jest mocowana do tylnej części pokrywy za pomocą 15-milimetrowych kołków dystansowych, z wkrętami z łbem stożkowym przechodzącymi przez pokrywę i zwykłymi gwintowanymi wkrętami mocującymi płytkę PCB do podkładek dystansowych. Po przyklejeniu panelu można przymocować do panelu nakrętki mocujące potencjometr (potencjometry), enkoder obrotowy i przełącznik obrotowy, a następnie przymocować pokrętła (po ewentualnym przycięciu zbyt długich osi).

Włącznik/wyłącznik zasilania (S1) i gniazdo słuchawkowe (CON8) montuje się w otworach znajdujących się na panelu przednim. Konieczne będzie również wywiercenie otworu na gniazdo zasilania z boku obudowy. W tym samym czasie zdecyduj, gdzie w obudowie zamontujesz antenę ferrytową, a jeśli zamontujesz wewnętrzny głośnik, to również będziesz musiał wywiercić otwory dźwiękowe i montażowe pod głośnik.

Po włożeniu pokrywy do pudełka, gniazda anten FM i SW będą dostępne przez otwory po lewej stronie. Tymczasowo włóż pokrywę do pudełka i zaznacz lokalizacje, a następnie wywierć wystarczająco duże otwory, aby podłączyć kable do tych złączy.

Jednym z ostatnich kroków jest przygotowanie przewodów i wtyczek dla anteny ferrytowej, zasilacza i przełącznika oraz gniazda głośnikowego/słuchawkowego.

W przypadku anteny ferrytowej jest to proste; wystarczy podłączyć kierunkowe gniazdo do końca krótkiego kawałka



Przezroczysta obudowa pokazuje, w jaki sposób jest montowana do pokrywy/przedniego panelu elektronika – a ponieważ można zobaczyć „pracę" podzespołów, nadaje to temu radiu intrygujący wygląd!

eprasa.pl d6549b2eb6

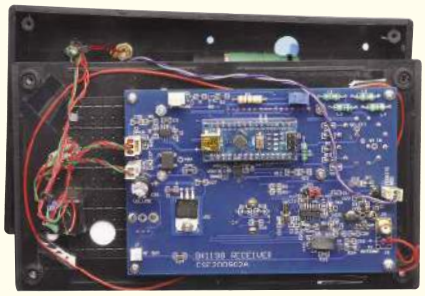
Alternatywna, mniejsza... i nieco tańsza... wersja

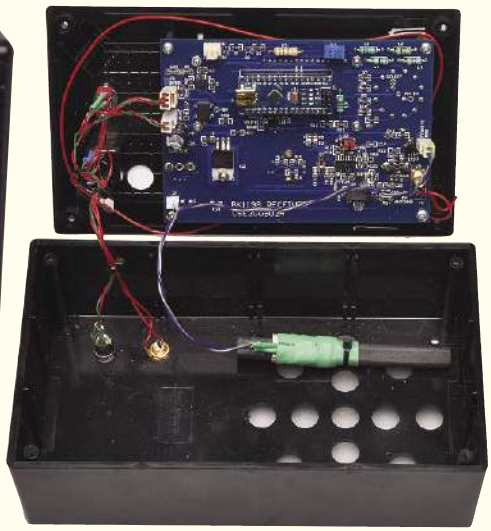
Jak wspomniano wcześniej w tekście i pokazano na liście części, stworzyliśmy drugą wersję odbiornika AM/FM/SW, która jest nie tylko bardziej kompaktowa, ale także nieco tańsza w budowie.

Wykorzystuje ona ten sam moduł odbiornika BK1198; w rzeczywistości elektronika jest praktycznie identyczna. Główną różnicą jest to, że nie ma ona wewnętrznego głośnika, zamiast tego przystosowana jest do słuchawek lub słuchawek dousznych. Zdjęcie przedstawia przejściówkę 3,5 mm podłączoną do standardowego gniazda jack 6,35 mm, więc będzie pasować do zdecydowanej większości typów słuchawek.

Kolejną różnicą jest zastosowanie standardowego pudełka UB2 zamiast droższej (i większej) obudowy ABS.

Zdjęcia pokazują, jak zmontowana płytka odbiornika BK1198 łatwo mieści się w mniejszej obudowie.





ekranowanego kabla lub podwójnego przewodu. Biegunowość nie ma znaczenia, ale musi być wystarczająco długi, aby starczał do CON2 przed przymocowaniem pokrywy do obudowy. Przylutuj go do uzwojenia cewki na pręcie ferrytowym. Dobrym rozwiązaniem – tak jak w prototypie SC – jest zabezpieczenie cewki anteny i jej wyprowadzeń na pręcie ferrytowym odcinkiem rurki termokurczliwej.

Jeśli używasz gotowej cewki, może ona mieć dwie pary przewodów, więc użyj pary z większym (ale nie nieskończonym, czyli przerwą) odczytem rezystancji między nimi.

Okablowanie zasilania jest nieco bardziej skomplikowane (patrz rysunek 3). Jeden styk złącza CON1 (nie ma znaczenia, który) idzie prosto do zewnętrznego styku gniazda zasilania 5,5 mm, podczas gdy drugi idzie do styku centralnego za pośrednictwem przełącznika S1. Jeśli przełącznik ma więcej niż dwa styki, wybierz dwa, które są połączone, gdy przełącznik jest ustawiony w dół, ale otwarte, gdy jest skierowany w górę.

Jedną z możliwych pułapek jest to, że gniazda zasilania 5,5 mm często mają trzy końcówki lutownicze, z których jedna jest odłączana po włożeniu wtyczki. Upewnij się więc, że zewnętrzny styk gniazda, do którego lutujesz przewód, nie jest akurat tym stykiem. Najłatwiej to sprawdzić, wkładając wtyczkę, a następnie lutując przewód do końcówki, która ma kontakt z zewnętrzną tuleją wtyku.

Na koniec podłącz gniazdo słuchawkowe i głośnik zgodnie z Rysunkami 2 i 3. Zacznij od zidentyfikowania w gnieździe styków przełączanych i nieprzełączanych oraz pierścienia. Połącz razem styki nieprzełączane, zamieniając gniazdo w monofoniczne. Podłącz końcówkę pierścienia gniazda do środkowego styku gniazda CON7. Styki nieprzełączane, które łączą się z aktywnymi stykami wtyczki słuchawek po jej włożeniu do gniazda, idą do styku 1 gniazda CON7.

Następnie połącz razem parę styków przełączanych gniazda słuchawkowego do jednego końca głośnika, a drugi koniec głośnika z powrotem do styku 3 gniazda CON7.

Pamiętaj, że jeśli budujesz radio w skrzynce UB2 Jiffy i używasz zewnętrznego głośnika, będziesz musiał poprowadzić parę przewodów do zewnętrznego głośnika przez dodatkowy otwór w obudowie. Alternatywą jest zamontowanie gdzieś na obudowie dwustykowego (lub podobnego) złącza, z pasującą wtyczką dla głośnika zewnętrznego.

Jedną z dobrych opcji dla tego zewnętrznego głośnika jest użycie biernego głośnika komputerowego, z popularnych zestawów „1.1" lub „2.1", który najczęściej ma zamontowaną wtyczkę jack 3,5 mm, a następnie użycie gniazda jack 3,5 mm, aby podłączyć go do płyty radioodbiornika.

Po zakończeniu całego okablowania można podłączyć wszystkie przewody zakończone gniazdami do odpowiednich wtyków na płycie, a następnie przeprowadzić ostateczny test przed zapięciem (tj. przymocowaniem pokrywy do pudełka). Powinieneś być w stanie zmontować obudowę za pomocą dostarczonych z pudełkiem wkrętów.

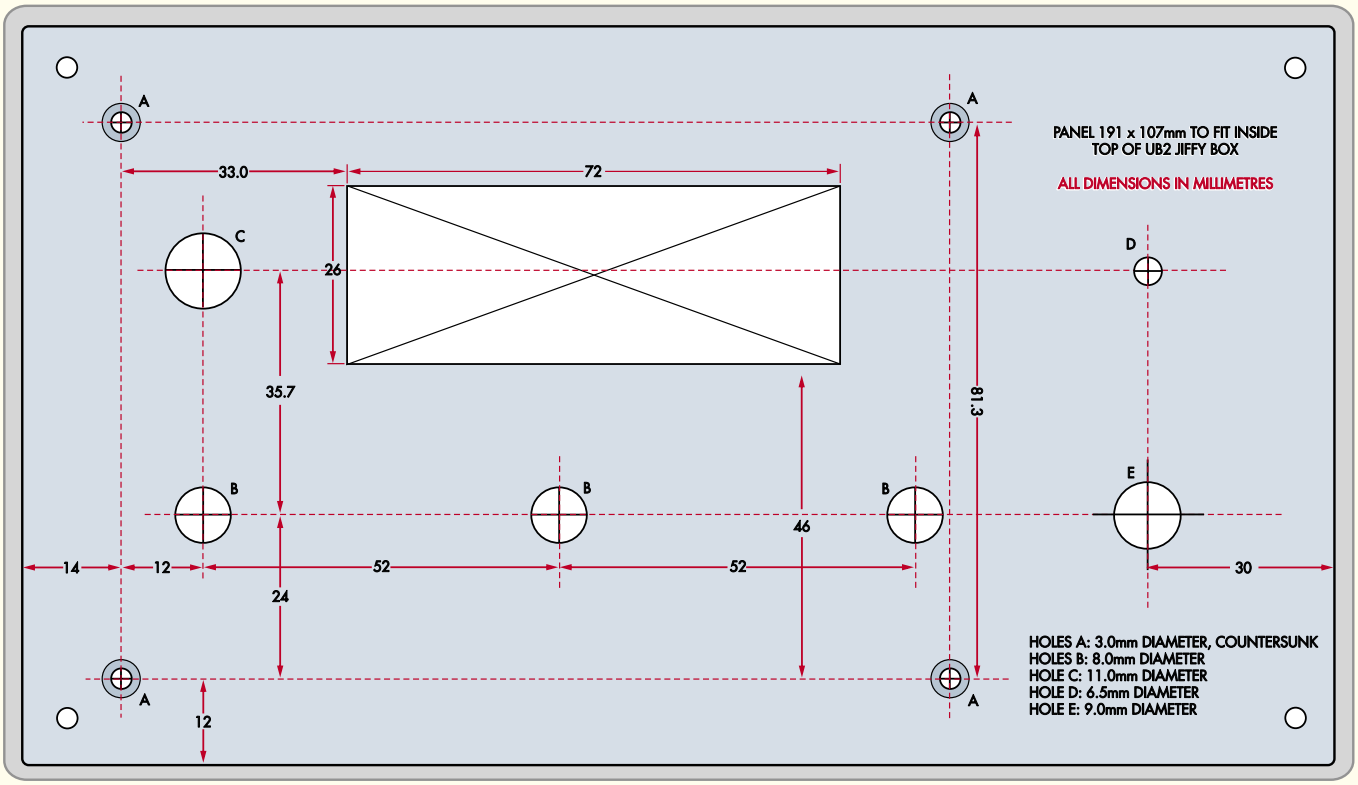
Teraz możesz cieszyć się słuchaniem radia! ■

Charles Kosina

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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

eprasa.pl d6549b2eb6



Szczegóły wiercenia pokrywy dla wersji Jiffy Box. Wszystko, wraz z grafiką panelu przedniego, jest dostępne na stronie siliconchip.com.au

Konstrukcja jest zasadniczo taka sama jak w przypadku większej wersji. Podobnie jak w większej wersji, zespół PCB „zwisa" z pokrywy obudowy, z odpowiednimi wycięciami na wyświetlacz, elementy sterujące i gniazdo słuchawek.

Projekt graficzny panelu przedniego, jaki pokazano na zdjęciu, można również pobrać ze strony siliconchip.com.au – można go również wykorzystać jako szablon do wiercenia.

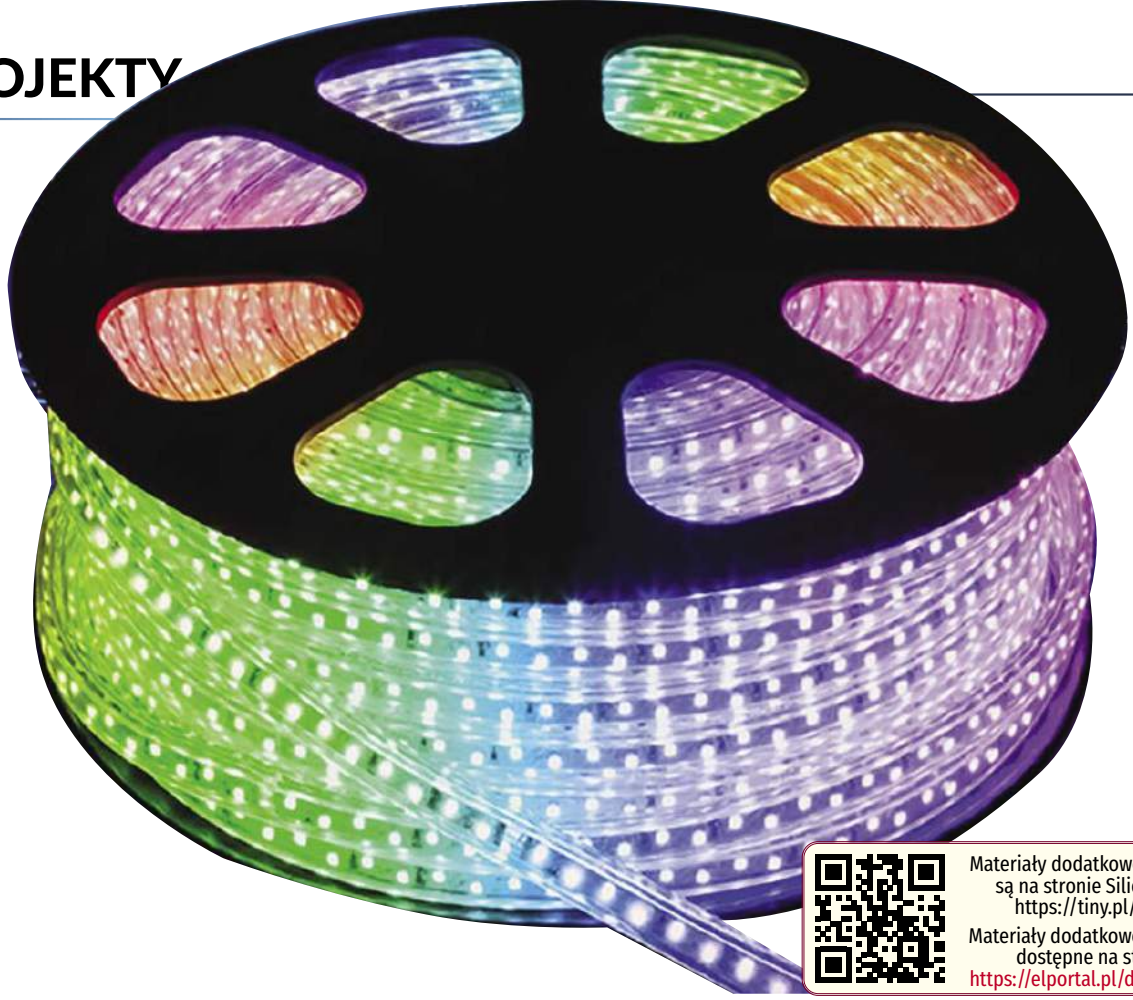
REKLAMA

Start za darmo

Kwartalna e-prenumerata „Elektroniki dla Wszystkich" GRATIS!
Jeśli nigdy nie prenumerowałeś EdW w wersji drukowanej lub elektronicznej zamów jednorazowo bezpłatną e-prenumeratę EdW (PDF) na stronie:
www.elportal.pl/na-start
Oferta TYLKO dla nowych prenumeratorów

Słówko od Wydawcy

Fantastyczna reakcja Czytelników na **WAKACYJNĄ GRATKĘ**, tj. ogłoszoną w sierpniu **Bezpłatną Prenumeratę Próbną**, skłoniła nas do przedłużenia tej akcji na wrzesień. Nie ukrywamy, że liczymy na kontynuację prenumeraty po okresie próbnym. Wprawdzie tysiące egzemplarzy EdW sprzedają się w kolportażu kioskowym, ale prenumerata jest dla wydawcy najważniejsza – stabilizuje tytuł i pozwala racjonalizować horrendalne koszty druku. **Prenumerata daje też wiele korzyści Czytelnikowi, przede wszystkim daje darmowy dostęp do cyfrowego archiwum EdW.**



Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/cmpgt
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie: https://elportal.pl/do-pobrania

Elastyczny cyfrowy sterownik świateł, część 3.

Wykorzystanie taśm RGB LED

Adresowalne diody LED to prosty, łatwy i skuteczny sposób na dodanie kolorowych świateł do wszelkiego rodzaju wyświetlaczy i tablic świetlnych. Stanowią one idealne uzupełnienie do naszego cyfrowego sterownika oświetlenia. W tej ostatniej części pokażemy, jak w ramach naszego nowego systemu używać ich samodzielnie lub w połączeniu ze światłami zasilanymi z sieci.

Na początku tej serii artykułów zauważyliśmy, że adresowalne diody LED są obecnie standardową częścią wyświetlaczy, w tym prezentacyjnych i informacyjnych. Są łatwe do sterowania, a ponieważ są niskonapięciowe, są bardzo bezpieczne.

Dlatego pożądane jest, aby można było ich używać z naszym nowym elastycznym cyfrowym sterownikiem oświetlenia.

W styczniu 2020 r. opisaliśmy w SC matrycę LED RGB 8×8 wykonaną z adresowalnych diod LED (patrz siliconchip.com.au/Article/12228).

Wykorzystuje ona popularny układ scalony WS2812 adresowalnych diod LED, który można znaleźć w wielu innych wersjach. W listopadzie 2020 r. sprawdzaliśmy w SC niektóre z „nakładek (opasek) sygnalizacyjnych" firmy Jaycar, w tym płytkę świetlną Cat KM1040 RGB LED Raft Pad, w której zastosowano analogiczny układ scalony.

Dystrybutorzy (i inni sprzedawcy) mogą również dostarczać te same (lub podobne) układy scalone w formie arkuszy i/lub rolkach.

Zamierzamy wykorzystać te przydatne, poręczne moduły i paski do naszych eksperymentów. W tym artykule opiszemy kilka różnych sposobów integracji adresowalnych diod LED z projektem oświetlenia wykorzystującym nasz cyfrowy sterownik świateł.

Pierwszą opcją, którą przedstawimy, jest zamienna jednostka podrzędna (Slave), która może sterować zestawami adresowalnych diod LED. Opisana już dwa miesiące wcześniej klasyczna jednostka podrzędna może sterować maksymalnie czterema lampami zasilanymi z sieci. Nasza alternatywna jednostka podrzędna LED może natomiast sterować maksymalnie 64 adresowalnymi modułami LED, wykorzystując sygnały sterujące z tych samych jednostek nadrzędnych, które opisaliśmy w zeszłym miesiącu (EdW nr 8/2023).

Dwie różne, ale kompatybilne pod względem sterowania, jednostki podrzędne (4-kanałowa sieciowa i 64-kanałowa LED) to świetny sposób

eprasa.pl d6549b2eb6

Oto jednostka podrzędna LED zasilająca w celu przetestowania taśmę adresowalnych diod LED Jaycar XC4390. Okazało się, że nie tylko działała dobrze... ale taśma diodowa wyglądała naprawdę spektakularnie! Jeszcze lepiej wyglądałaby rozwieszona na zewnątrz lub owinięta wokół choinki!

na połączenie lamp sieciowych i diod LED z doskonałym oprogramowaniem do wyświetlania w uporządkowanej, zaprogramowanej kolejności, które Redakcja SC opracowała dla oryginalnego cyfrowego sterownika oświetlenia wiele lat temu.

Opiszemy również przykładowe oprogramowanie dla modułów Micromite i Arduino, które może bezpośrednio sterować adresowalnymi diodami LED, jednocześnie zawiadując jedną lub więcej jednostkami podrzędnymi z lampami zasilanych z sieci.

Jeśli jesteś zadowolony z oprogramowania Micromite lub Arduino, możesz zmodyfikować nasz przykładowy kod i zbudować wyświetlacz, który robi dokładnie to, czego oczekujesz.

Jednostka podrzędna adresowalnych diod LED

Możliwość sterowania maksymalnie 64 zasilanymi z sieci energetycznej lampami za pomocą naszego cyfrowego sterownika oświetlenia ułatwia zbudowanie niesamowitego wyświetlacza, np. tablicowego, ale nie ma wątpliwości, że koszty takiego rozwiązania bardzo szybko rosną, wraz z liczbą lamp.

Nasz podrzędny sterownik diod LED pozwala znaleźć kompromis pomiędzy wydatkami a rozmiarem i rozmachem projektu. Wspomniany jeden może sterować do 64 diodami LED, podczas gdy każda następna „klasyczna" jednostka podrzędna dodaje kolejne cztery lampy zasilane z sieci. Można je mieszać i dopasowywać w dowolnej kombinacji w ramach istniejącej puli 64 adresów – jednostka podrzędna LED korzysta z puli adresów w inny sposób, niż opisana wcześniej jednostka podrzędna świateł sieciowych, jest o tym mała wzmianka („zawijanie adresów"), patrz I cz. artykułu i przypis pod rysunkiem 16.

Adresy mogą być ustawiane niezależnie, więc lampy mogą być ustawione na niektóre adresy, a diody LED na inne. Można nawet ustawić kilka urządzeń na ten sam adres, aby proste sekwencje były bardziej efektowne i zwracające uwagę, dzięki sterowaniu zarówno lampami, jak i diodami LED.

Ponieważ adresowalne diody LED są zwykle mniejsze i wytwarzają znacznie mniej światła niż lampy zasilane z sieci, opracowaliśmy również sposoby, aby wiele diod LED na tym samym pasku było sterowanych jednym adresem, dzięki czemu można oszczędnie gospodarować dostępną pulą 64 adresów.

Istnieją różne opcje, jeśli chodzi o adresowalne diody LED RGB nadające się do sterowania. Przetestowaliśmy adresowalną taśmę LED XC4390 firmy Jaycar i stwierdziliśmy, że działa dobrze. Te 2-metrowe paski o stopniu ochrony IP65 są uszczelnione silikonem i posiadają taśmę samoprzylepną 3M do mocowania. Każdy pasek ma 120 diod LED (jedna co 17 mm) i jest zakończony na obu końcach wtyczką i gniazdem blokującym.

Każdy koniec paska ma również parę przewodów do oddzielnego podłączenia zasilania, co jest przydatne przy prowadzeniu dłuższych taśm. Istnieje również wstępnie okablowana wtyczka z gołymi przewodami, którą podłączyliśmy bezpośrednio do zacisków śrubowych modułu podrzędnego LED (Slave). Chociaż nie są one oznaczone, przewody czerwone podłącza się do 5 V, białe do masy, a zielone do szyny danych.

Powinniśmy również wspomnieć o taśmach Altronics Cat X3223A, które są 5-metrowymi paskami z 300 diodami LED. Chociaż sami tego nie testowaliśmy, spodziewamy się, że będą one w pełni kompatybilne z naszym projektem; można prawdopodobnie nawet mieszać i dopasowywać te dwa rodzaje taśm.

Szczegóły układu

Schemat ideowy modułu podrzędnego LED pokazano na **rysunku 16**. Możesz zauważyć i zidentyfikować fragment obwodu jednostki podrzędnej zarządzającej światłami sieciowymi. Działa on w podobny sposób.

Optoizolator OPTO1 odbiera dane szeregowe przez złącze CON3, ze złączem CON4 dostępnym do łańcuchowego połączenia sygnału sterującego z innym urządzeniem podrzędnym. CON3 i CON4 są połączone równolegle i mogą być używane zamiennie. Rezystor 220 Ω ogranicza prąd płynący przez diodę LED optoizolatora OPTO1 do odpowiedniego poziomu, podczas gdy dioda D1 zabezpiecza ją przed napięciem polaryzacji wstecznej.

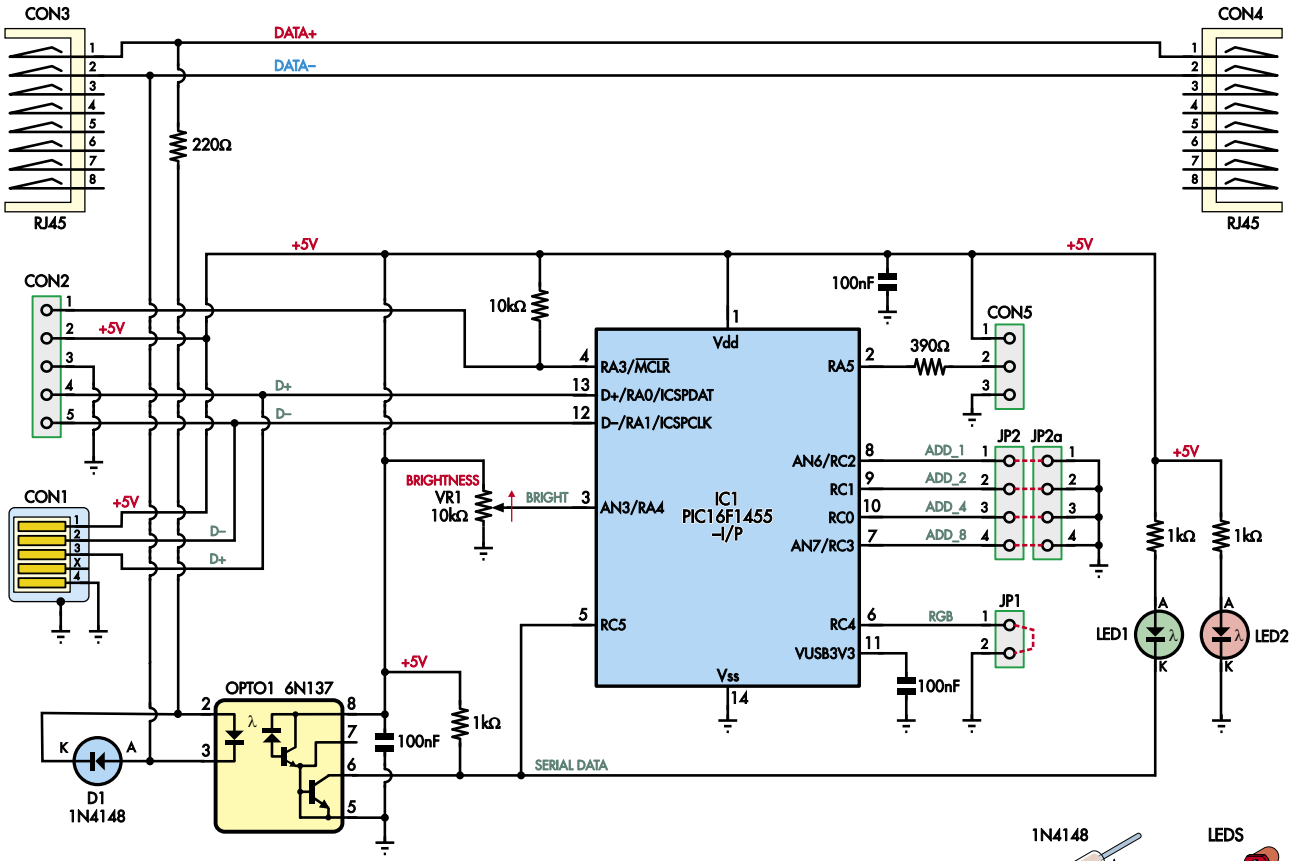
Ponieważ w tym obwodzie nie występują napięcia sieciowe, OPTO1 może wydawać się zbędny, ale zapobiega powstawaniu pętli uziemienia, które mogą wystąpić w zależności od sposobu podłączenia urządzenia. Umożliwia również bezproblemowe podłączanie obwodów z różnymi masami.

OPTO1 ma wyjście typu otwarty kolektor, więc rezystor polaryzujący 1 kΩ doprowadza wyjście optoizolatora do poziomu 5 V, gdy jego wewnętrzny tranzystor jest wyłączony.

Dane szeregowe z OPTO1 trafiają do wejścia UART (styk 5) układu IC1, mikroprocesora PIC16F1455. Dekoduje on dane szeregowe i generuje dane do sterowania diodami LED na wyjściu 2. Sygnał ten jest podawany przez rezystor 390 Ω i wraz z zasilaniem 5 V i szyną masy jest dostępny na zacisku śrubowym CON5. Rezystor chroni mikroprocesor i diody LED przed nadmiernym przepływem prądu w warunkach błędu.

Zasilanie modułu jest dostarczane przez złącze CON1, gniazdo mini-USB. JP1 i JP2 umożliwiają ustawienie opcji. CON2 to złącze programowania szeregowego w obwodzie (ICSP) dla IC1, na wypadek gdyby było to wymagane.

eprasa.pl d6549b2eb6



Cyfrowy podrzędny sterownik oświetlenia z diodami LED WS2812

Rysunek 16. Schemat ideowy jednostki podrzędnej LED jest dość prosty, a jego znaczna część została zapożyczona z jednostki podrzędnej sterowania lampami sieciowymi opisanej w lipcowym tegorocznym numerze EdW. Praktycznie cała praca jest wykonywana przez mikroprocesor PIC IC1, który odbiera na wejściu cyfrowym RC5, styk 5, dane szeregowe kodu podobnego do transmisji DMX-512. Następnie wytwarza sygnał do sterowania jedną lub kilkoma diodami LED RGB WS2812B na wyjściu cyfrowym RA5 na końcówce 2.

Od Red. EdW: Zwarcie wszystkich linii adresowych do masy, jak na rysunku, oznacza wybranie adresu bazowego 60, czyli moduł reaguje na polecenia, rozpoczynając od adresu 60, potem 61, następnie 62, kolejno 63 i następne, z adresem 1 i następnymi po adresie 64. Zobacz opis w I cz. artykułu, w lipcowym tegorocznym numerze EdW

VR1 to rezystor nastawczy 10 kΩ, który służy do sterowania jasnością diod LED poprzez zmianę napięcia przyłożonego do wejścia analogowego na styku 3 (AN3) układu IC1.

Wskaźnik LED2 świeci się, gdy podłączone jest zasilanie, podczas gdy LED1 świeci się, gdy otrzymywane są dane szeregowe.

Działanie

Używany protokół szeregowy został opisany w poprzednich artykułach z tej serii; jest on podobny do DMX-512, ale wykorzystuje prostszy i wolniejszy asymetryczny interfejs szeregowy. Mikroprocesor IC1 dekoduje dane szeregowe odebrane na wejściu 5 i generuje dane odpowiednie do sterowania adresowalnymi diodami LED na cyfrowym wyjściu (styk 2).

W module podrzędnym sterowania lampami sieciowymi użyliśmy mikroprocesora PIC16F1705, ponieważ jest on nieco tańszy niż PIC16F1455 i nie potrzebujemy peryferiów USB z układu 16F1455.

Jednak PIC16F1455 ma wyższą maksymalną prędkość zegara (48 MHz w porównaniu do 32 MHz). Potrzebujemy tej szybkości do tego projektu, aby zapewnić, że dane szeregowe mogą być przetwarzane, a krytyczne pod względem czasu dane sterujące LED są generowane z precyzyjnym taktowaniem.

Zworki JP2 zapewniają tę samą funkcję ustawiania adresu, co przełączniki DIP w jednostce podrzędnej sterującej lampami zasilanymi z sieci. W przeciwieństwie do tamtego, jednostka podrzędna LED nie ma ograniczenia sterowania do czterech lamp. Tak więc jedna jednostka podrzędna LED ustawiona na adres 0 może sterować 64 diodami LED (na schemacie ideowym ustawiony jest adres 60).

Jeśli adres nie jest ustawiony na 0, stosowane jest przesunięcie, a adresy „zawijają się". Na przykład, jeśli adres jest ustawiony na 16, jasność pierwszej diody LED w łańcuchu zostanie ustawiona przez 16-sty bajt danych, drugiej diody LED przez 17-sty bajt danych, 48-ma dioda LED przez 64-ty bajt danych, 49-ta dioda LED przez pierwszy bajt danych itd.

JP1 decyduje, czy każdy bajt danych steruje całą diodą LED RGB, czy tylko poszczególnymi kanałami kolorów (czerwony, zielony i niebieski) w każdej diodzie LED. Gdy JP1 jest zwarty, każda dioda LED otrzymuje identyczne dane z jednego adresu na każdym z kanałów: czerwonym, zielonym i niebieskim.

Tak więc diody LED będą świecić na biało z regulowaną jasnością.

Gdy JP1 jest otwarty, każdy pojedynczy czerwony, zielony lub niebieski element LED jest traktowany jako oddzielny kanał. **W tym trybie można sterować (niezależnie) maksymalnie 21 pojedynczymi diodami LED RGB, co wyczerpuje dostępną pulę 64 kanałów**.

Potencjometr VR1 służy do sterowania jasnością, ale także ustawia kilka innych opcji. Ślizgacz VR1 jest ustawiany na ścieżce

eprasa.pl d6549b2eb6

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

oporowej podzielonej umownie (wirtualnie) na trzy mniej więcej równe sekcje. W każdej sekcji pozycja ustawia globalną wartość jasności. Można zmniejszyć ogólną jasność diod LED, ponieważ diody te mogą być zbyt jasne lub po prostu ograniczyć prąd dostarczany przez zasilacz.

Każda z trzech sekcji odpowiada innej konfiguracji diod LED.

W sekcji „najniższej" (największe skręcenie w lewo) każdy kanał odpowiada jednej diodzie LED. W środkowej sekcji każdy kanał odpowiada czterem diodom LED, a w sekcji maksymalnego skręcenia w prawo jeden kanał odpowiada 16 diodom LED.

Pozwala to na sterowanie większą liczbą diod LED za pomocą mniejszej liczby kanałów. Podobny efekt można uzyskać, przecinając i podłączając paski LED tak, aby dane były zasilane równolegle, ale uważamy, że nasze rozwiązanie to znacznie prostsze podejście.

Aby utrzymać precyzyjne taktowanie, każda jednostka podrzędna LED generuje dane tylko dla 64 diod LED, więc w trybie czterech diod LED używanych jest 16 kanałów, a w trybie 16 diod LED używane są cztery kanały.

Ustawienia JP1, JP2 i VR1 są stale testowane podczas pracy, dzięki czemu można regulować elementy sterujące w czasie rzeczywistym, aby zobaczyć, jak działają i wyglądają różne tryby.

Zauważysz również, że podłączyliśmy linie USB D+/D– do gniazda USB CON1. Oprogramowanie nie korzysta z tych styków ani z urządzenia peryferyjnego USB, więc pomyśleliśmy, że równie dobrze można je podłączyć, na wypadek gdyby ktoś chciał zmodyfikować oprogramowanie tak, aby korzystało z funkcji USB, zaimplementowanych w mikroprocesorze.

Oprogramowanie

Chociaż jasność jest ustawiana analogowo za pomocą napięcia z potencjometru, wszystkie adresowalne diody LED wykorzystują dane cyfrowe, więc ta konwersja AC-DC musi być wykonana programowo.

Aby uniknąć (stosunkowo powolnego) mnożenia, które byłoby potrzebne do wykonania tego „na żywo", tablica w pamięci flash przechowuje tabelę wstępnie obliczonych wartości dla 16 poziomów jasności. Zmniejsza to obciążenie mikroprocesora. 16 poziomów jasności nie jest w postępie liniowych, ale w przybliżeniu w postaci logarytmicznej, co mniej więcej odpowiada ludzkiemu postrzeganiu jasności.

Wygenerowanie danych LED zajmuje około 2 ms, podczas których nie można odbierać żadnych danych szeregowych, ponieważ mikroprocesor jest zbyt zajęty zapewnieniem dokładnego taktowania sygnału LED. Przetwarzamy więc tylko co drugą „aktualizację" z urządzenia nadrzędnego („Master"). W przypadku naszej jednostki nadrzędnej Micromite nadal oznacza to częstotliwość aktualizacji około 30 Hz, która jest wystarczająco szybka, aby była niezauważalna.

Wprawni czytelnicy mogli zauważyć, że na złączach JP1 i JP2 nie ma rezystorów polaryzujących, a układ PIC16F1455 nie ma wewnętrznych rezystorów podciągających na złączu PORTC (które jest podłączone do JP1 i JP2).

Aby zasymulować niewielką polaryzację, styk jest sprawdzany impulsowo przez bardzo krótki czas (około 83 ns). Rozproszona pojemność utrzymuje styk na wysokim potencjale, chyba, że zworka jest na miejscu, więc stan zworki może być nadal wykrywany, a obwód jest uproszczony.

Budowa

Jednostka podrzędna LED jest zbudowana na małej płytce drukowanej, która mieści się w pudełku UB5 Jiffy. Mierzy ona 79×45 mm i jest oznaczona kodem 16110205. Zapoznaj się ze schematem montażowym PCB, na **rysunku 17**, aby zobaczyć, gdzie na płytce znajdują się podzespoły.

Gniazdo USB jest jedyną częścią montowaną powierzchniowo i powinno być zamontowane jako pierwsze. Tutaj przyda się trochę pasty topnikowej, lutownica z cienkim grotem i szkło powiększające. Trochę plecionki lutowniczego pomoże, jeśli zmostkujesz jakiekolwiek ścieżki.

Nałóż topnik na pola lutownicze i umieść gniazdo USB na płytce drukowanej. W płytce znajdują się małe otwory, aby dokładnie ulokować zatrzaski gniazda. Nałóż topnik również na górną część styków.

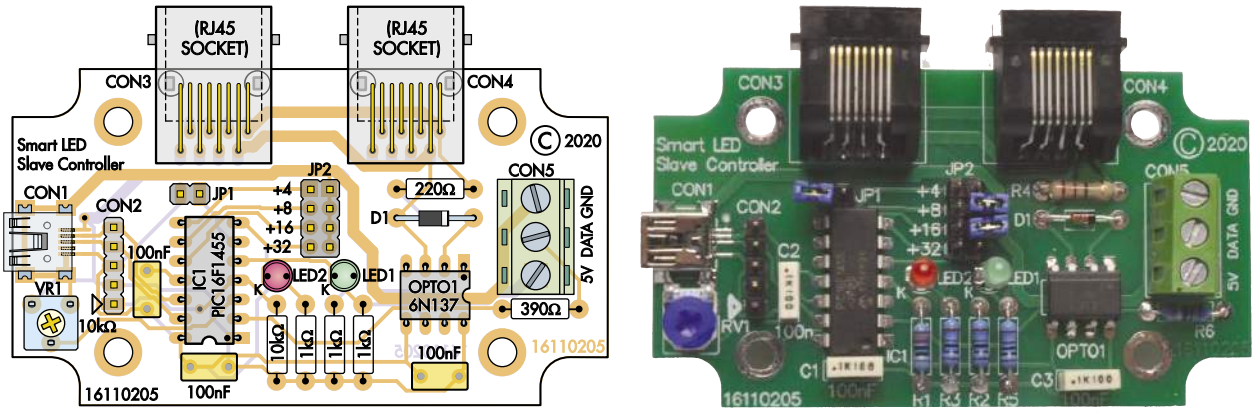
Teraz nałóż niewielką ilość lutu na grot lutownicy. Powinieneś być w stanie dotknąć grotem do pól lutowniczych PCB i umożliwić spłynięcie lutu w celu utworzenia połączenia; topnik będzie to ułatwiał.

Jeśli gniazdo USB mocno przylega do płytki drukowanej, może wystarczyć tylko dotknięcie pola lutowniczego PCB. Jeśli to nie zadziała, ostrożnie zbliż lutownicę do styku gniazda w miejscu, w którym znajduje się na polu kontaktowym. Cienka końcówka zapobiegnie powstawaniu mostków.

Następnie przylutuj cztery styki do dedykowanych pól lutowniczych; piąty nie ma ścieżki na PCB i nie jest potrzebny. Jeśli zmostkujesz jakieś styki, dokończ lutowanie pozostałych przed próbą usunięcia nadmiaru lutu plecionką.

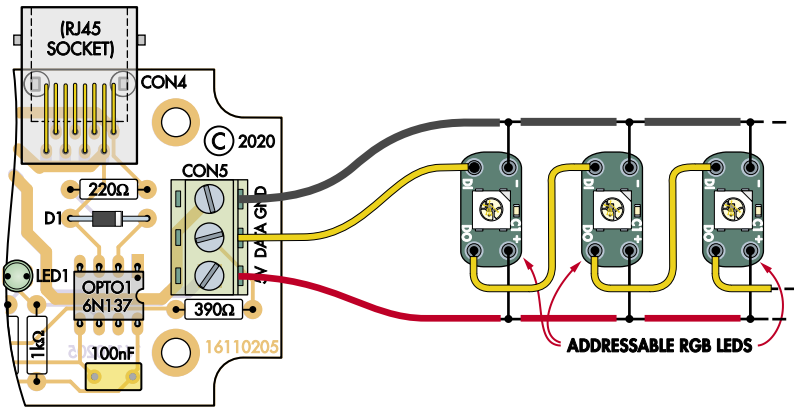
Jeśli masz pewność, że styki są dokładnie wyrównane, przylutuj większe boczne wypustki, aby zabezpieczyć gniazdo mechanicznie.

Jeśli masz mostki lutownicze do usunięcia, nałóż trochę topnika na ten obszar i wyczyść grot lutownicy. Przyłóż miedzianą plecionkę do lutu i delikatnie dociśnij ją grotem. Gdy



Rysunek 17. Dopasuj części do płytki PCB modułu podrzędnego LED, jak pokazano na schemacie montażowym powyżej i pasującym zdjęciu w tym samym rozmiarze po prawej stronie. CON1, miniaturowe złącze USB, jest najtrudniejszą częścią do wmontowania, więc rozpocznij od niej. CON2 jest opcjonalny, jeśli masz wstępnie zaprogramowany mikroprocesor, a CON4 nie jest potrzebny, jeśli nie chcesz podłączać żadnych kolejnych jednostek podrzędnych

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 18. Podłączenie adresowalnych diod LED do sterownika podrzędnego LED jest proste. Pokazano tu moduły Jaycar LED Raft Pads (Cat KM1040), ale inne adresowalne diody LED również będą działać, takie jak taśmy Jaycar XC4390 lub Altronics X3223A. Uwaga – nie pokazano podłączonego modułu sterownika nadrzędnego i połączenia z komputerem!

plecionka wchłonie lut, ostrożnie odsuń ją wraz z lutownicą.

Gdy będziesz zadowolony z rezultatu, możesz użyć środka do usuwania topnika, aby zlikwidować wszelkie pozostałości po lutowaniu na płytce drukowanej.

Kontynuuj pracę wlutowując rezystory, sprawdzając ich wartości przed montażem; jest sześć rezystorów o czterech różnych wartościach. Następnie zamontuj trzy kondensatory MKT, które są identyczne i nie są spolaryzowane. Pojedyncza dioda ma katodę skierowaną w prawo – wlutuj ją na miejsce.

CON2, JP1 i JP2 to dwa zwykłe jednorzędowe i dwurzędowe złącza szpilkowe. W każdym przypadku dobrym pomysłem jest przylutowanie jednego kołka i sprawdzenie, czy listwa jest ułożona prosto i dokładnie przylega do PCB, przed przylutowaniem pozostałych kołków. W przypadku JP1 i JP2 można tymczasowo założyć listwy żeńskie, aby zapewnić wyrównanie szpilek. Złącze CON2 jest potrzebne tylko wtedy, gdy chcesz samodzielnie zaprogramować IC1 umieszczony na płytce.

Podczas montażu układu IC1 należy upewnić się, że orientacja jego styku 1 jest zgodna z opisem na płytce drukowanej i schematem montażowym. Możesz przylutować IC1 bezpośrednio do płytki (bardziej niezawodna metoda) lub użyć podstawki, co jest przydatne, jeśli chcesz przeprogramować mikroprocesor poza płytką. Przylutuj dwa styki po przekątnej, a następnie sprawdź, czy układ scalony lub gniazdo są prostopadłe do PCB i przylegają doń płasko przed przylutowaniem reszty wyprowadzeń.

Jeśli używasz podstawki (dobrej jakości, najlepiej precyzyjnej), włóż do niej ostrożnie zaprogramowany układ scalony, upewniając się, że żadne wyprowadzenie nie jest wygięte.

OPTO1 może również korzystać z podstawki, ale nie musi. Użyj tej samej procedury, co w przypadku IC1.

VR1 będzie pasował tylko w jednej pozycji, ale może być konieczne delikatne wygięcie końcówek, aby go dopasować. Po zatrzaśnięciu na miejscu, przylutuj wszystkie trzy wyprowadzenia.

CON3 i CON4 to gniazda RJ45. Jeśli planujesz używać tylko jednego gniazda, nie musisz montować drugiego. Zaoszczędzi to również trochę czasu niezbędnego do wycinania otworu w obudowie. W każdym przypadku zatrzaśnij gniazdo na miejscu i przylutuj jeden styk, aby je zabezpieczyć. Sprawdź, czy jest ono płaskie i równoległe do oznaczeń sitodruku przed przylutowaniem pozostałych styków. Po zakończeniu lutowania, zainstaluj złącze zaciskowe CON5.

Diody LED są zamontowane w taki sposób, że ich soczewki przechodzą przez otwory w panelu wierzchnim. Pozostawiliśmy ich lutowanie na koniec, aby można było sprawdzić sposób montażu przed ich przylutowaniem.

Zamontuj diody LED tak, aby górne części ich kołnierzy znajdowały się około 10 mm od płytki drukowanej. Gwarantuje to, że kołnierze po zamontowaniu nie będą wystawać ponad pokrywę, a diody LED nie będą zbyt wysunięte.

Dioda LED2 (po lewej) to dioda zasilania, która powinna być czerwona. Dioda LED przesyłania danych szeregowych (LED1) znajduje się po prawej stronie i powinna być zielona. Ich katody znajdują się po lewej stronie, co oznacza, że ich dłuższe (anodowe) wyprowadzenia znajdują się po prawej stronie.

Programowanie

Użyj MPLAB X IPE (do pobrania za darmo), aby zaprogramować IC1, jeśli nie jest jeszcze zaprogramowany. Podłącz programator PICkit 3 lub PICkit 4 do CON2, wybierz PIC16F1455 jako obiekt, a następnie kliknij „Zastosuj" (Apply) i „Połacz" (Connect).

Konieczne może być wybranie opcji „Użyj programowania w trybie niskiego napięcia" (Use Low Voltage Programming mode entry) i „Zasilanie układu docelowego z narzędzia" (Power Target Circuit from Tool) w menu „Zasilanie" (Power). Dioda LED2 zaświeci się po podłączeniu zasilania przez PICkit.

Wyszukaj właściwy plik HEX, a następnie naciśnij „Programm" i sprawdź, czy wszystko przebiegło pomyślnie.

Testowanie

Przed zakończeniem montażu warto przetestować jednostkę podrzędną LED. Podłącz zasilanie USB do CON1; dioda LED zasilania powinna się zaświecić. Następnie podłącz dowolną z jednostek nadrzędnych opisanych w części 1 lub 2, aby wysłać sygnał do jednostki podrzędnej LED. Dioda LED1 powinna zaświecić się po odebraniu sygnału.

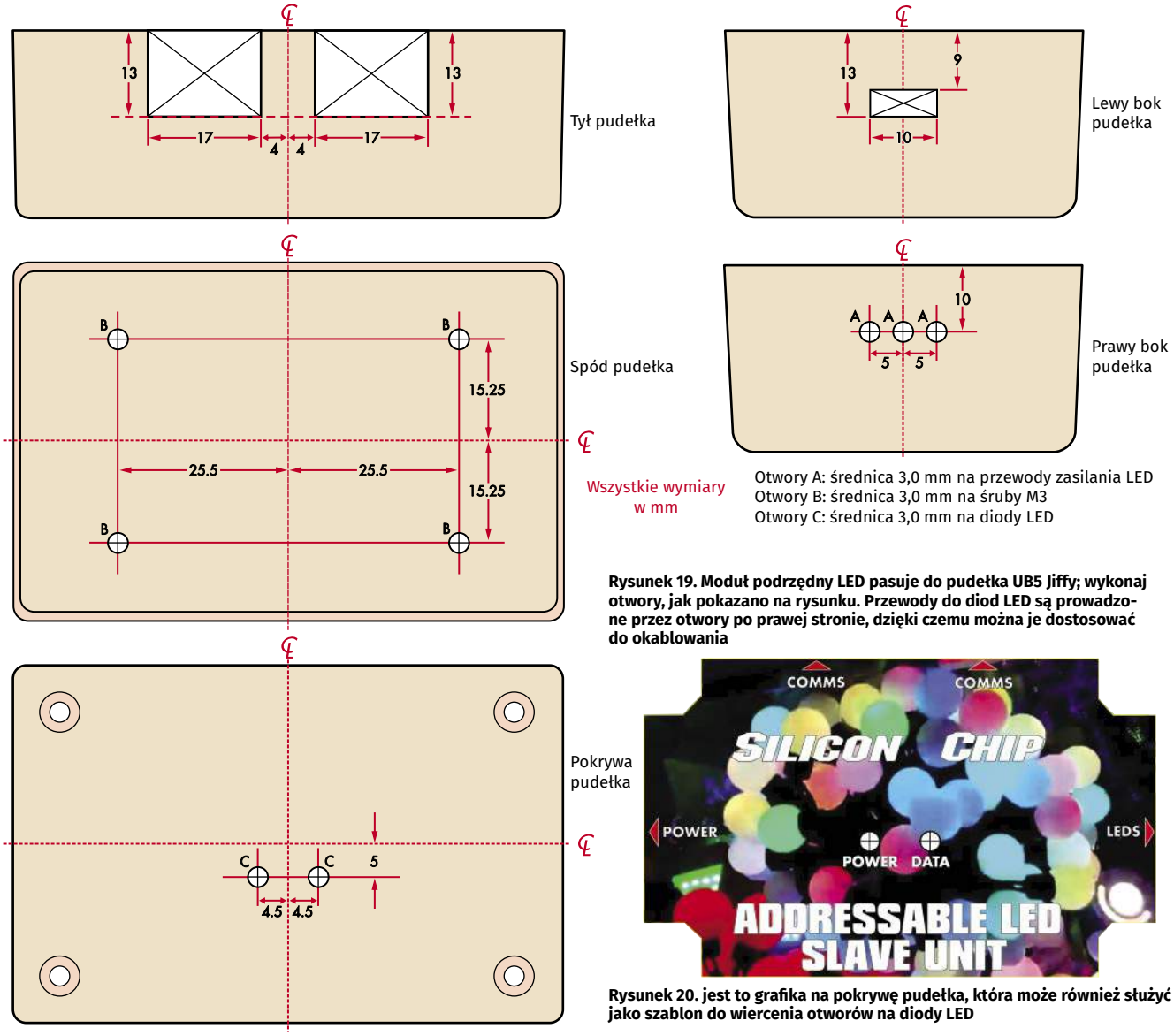
Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
1 dwustronna płytka drukowana o kodzie 16110205 i wymiarach 79x45 mm
1 pudełko UB5 Jiffy
4 kołki dystansowe z gwintem M3 o długości 12 mm, mogą być poliamidowe
8 śrub M3x6 z łbem walcowym, mogą być poliamidowe
1 gniazdo mini-USB typu B SMD (CON1)
1 5-cioszpilkowy odcinek jednorzędowej listwy kołkowej (CON2; opcjonalnie, dla ICSP)
2 gniazda RJ45 do montażu na PCB (CON3, CON4) [Altronics P1448]
1 3-drożny zacisk śrubowy o module 5 mm (CON5)
1 dwuszpilkowy odcinek jednorzędowej listwy kołkowej (JP1)
1 odcinek dwurzędowej listwy kołkowej 2x4 (JP2)
5 zworek (JP1, JP2)
1 podstawka DIL-14 IC (opcjonalne; dla IC1)
4 samoprzylepne nóżki gumowe

Półprzewodniki:
1 mikroprocesor PIC16F1455-I/P zaprogramowany kodem 16110205.HEX, DIP-14 (IC1)
1 zielona dioda LED 3 mm (LED1)
1 czerwona dioda LED 3 mm (LED2)
1 optoizolator 6N137, DIP-8 (OPTO1), opcjonalnie z podstawką DIL-8
1 dioda 1N4148 (D1)

Kondensatory:
3 kondensatory foliowe 100 nF MKT

Rezystory: (wszystkie 1/4W osiowe 1% metalowane)
1 szt. 10 kΩ 3 szt. 1 kΩ 1 szt. 390 Ω 1 szt. 220 Ω
1 miniaturowy potencjometr nastawczy 10 kΩ poziomy (VR1)

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 19. Moduł podrzędny LED pasuje do pudełka UB5 Jiffy; wykonaj otwory, jak pokazano na rysunku. Przewody do diod LED są prowadzone przez otwory po prawej stronie, dzięki czemu można je dostosować do okablowania

Rysunek 20. jest to grafika na pokrywę pudełka, która może również służyć jako szablon do wiercenia otworów na diody LED

Jeśli wszystko jest w porządku, podłącz adresowalne diody LED RGB; Rysunek 18 pokazuje, jak podłączyć styki wyspowe modułów RGB firmy Jaycar. Wszelkie kompatybilne adresowalne diody LED powinny mieć podobne oznaczenia styków. Sprawdź, czy pobór prądu przez podłączone diody LED mieści się w zakresie wydajności prądowej zasilacza USB, zwykle 1 – 1,5 A.

Styki w większości gniazd typu mini-USB mają znamionowy maksymalny prąd do około 1 A. Narzuca to nieprzekraczalne ograniczenie na natężenie prądu, jakie może dostarczyć jednostka podrzędna LED (oprócz tego, co faktycznie może dostarczyć zasilacz).

Jeśli dane sterujące przychodzą do CON3 lub CON4, załączone diody LED powinny się zaświecić. Jeśli nie, sprawdź, czy VR1 nie jest skręcony całkowicie w lewo.

Przygotowanie obudowy

Płytkę PCB montuje się na dnie pudełka UB5 Jiffy za pomocą czterech gwintowanych kołków dystansowych. Pudełko, którego użyliśmy, miało już cztery małe otwory zaznaczone na podstawie, więc przystosowaliśmy nasz projekt do tych wymiarów. Jeśli Twoja obudowa ma podobne oznaczenia, ułatwi to wykonanie.

Wywierć cztery otwory w podstawie zgodnie z Rysunkiem 19. Wkręć śrubę M3 od spodu każdego otworu i zabezpiecz gwintowaną nakrętką M3 od środka. Możesz użyć poliamidowych gwintowanych wkrętów M3, aby ich łby tworzyły również nóżki obudowy. Alternatywnie można zamontować gumowe nóżki (przykręcane lub przyklejane).

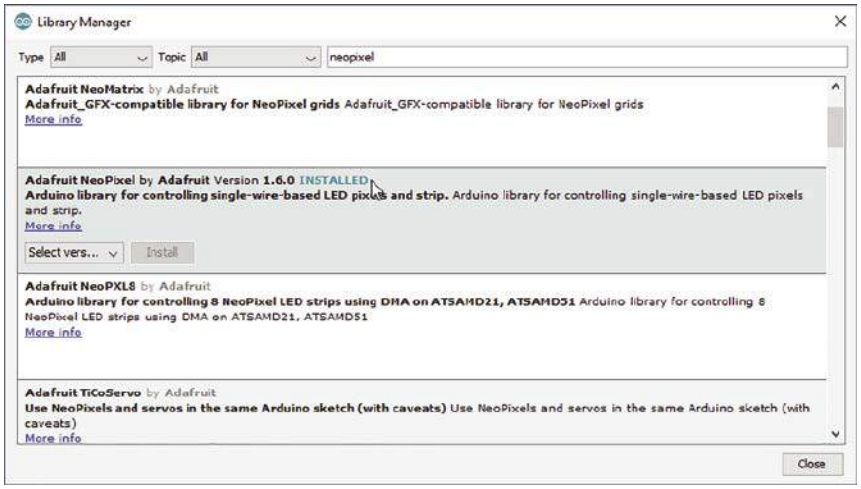
Wytnij pozostałe otwory w bokach dolnej części pudełka, jak pokazano na **rysunku 19**. Większe otwory na gniazda RJ45 znajdują się na górnej krawędzi, więc można rozpocząć ich wycięcie od ostrożnego wykonania pionowych cięć piłą do metalu po obu stronach obrysu.

Być może będziesz w stanie wyłamać wypustki za pomocą szczypiec z szerokimi końcówkami lub wiercąc kilka otworów, aby je osłabić. Następnie wyrównaj otwory pilnikiem, ostrożnie doprowadzając je do wymaganych wymiarów.

Otwór na gniazdo USB jest nieco trudniejszy. Zacznij od wywiercenia pary otworów o średnicy 4 mm, a następnie połącz je małym pilnikiem (takim jak pilnik iglak). Alternatywnie, pojedynczy okrągły otwór o średnicy 10 mm spełni swoje zadanie, choć nie będzie wyglądać tak elegancko.

Wywierć również otwory w pokrywie, jak pokazano na rysunku, aby dopasować je do diod LED. Alternatywnie, użyj grafiki pokrywy (**rysunek 20**) jako szablonu.

eprasa.pl d6549b2eb6



Zrzut 1 ekranu monitora: nasz przykładowy kod Arduino wykorzystuje bibliotekę Neopixel firmy Adafruit do sterowania adresowalnymi diodami LED. Można ją łatwo pobrać za pośrednictwem Menedżera bibliotek, jak pokazano na ekranie

Teraz wsuń płytkę drukowaną na miejsce, aby sprawdzić jej dopasowanie. Umieść gniazdo USB na miejscu, a następnie obróć płytkę drukowaną, aby umieścić gniazda RJ45 w ich przepustach. Oprzyj pokrywę od góry na dolnej części i upewnij się, że diody LED znajdują się w swoich otworach.

Zdejmij płytkę drukowaną i dokonaj niezbędnych regulacji. Należy również wywiercić otwory na przewody zasilania taśm LED. My użyliśmy otworów o średnicy 3 mm; powinno to wystarczyć w większości przypadków.

Ponownie umieść płytkę PCB i przykręć ją do elementów dystansowych za pomocą pozostałych śrub M3. Przewody do diod LED RGB można wykończyć, przeprowadzając je przez otwory i przykręcając do złącza śrubowego CON5.

Teraz należy wydrukować grafikę na pokrywę, wyciąć otwory i przykleić ją od góry. Plik graficzny w formacie PDF można pobrać ze strony Silicon Chip i wydrukować w kolorze.

Wydrukuj go na folii do rzutnika (w odbiciu lustrzanym, aby wyglądał prawidłowo po wydrukowaniu na odwrotnej stronie folii) lub zalaminuj papierową kopię, aby ją zabezpieczyć. Użyj utwardzanego neutralnie silikonu, aby przymocować etykietę do pokrywy, pamiętając o wyciśnięciu wszelkich pęcherzyków powietrza.

Więcej informacji na temat tworzenia etykiet na panel przedni można znaleźć na stronie siliconchip.com.au/Help/FrontPanels..

Złóż obie części pudełka razem, uważając na diody LED, a następnie skręć ją ze pomocą śrub dostarczonych z pudełkiem Jiffy.

Podłączenie i stosowanie

Po założeniu zworki JP1 każda dioda LED staje się pojedynczym kanałem i wytwarza białe światło (równe ilości czerwonego, zielonego i niebieskiego). Jeśli zworka JP1 nie jest założona, każdy kolor staje się własnym kanałem. Zmniejsza to liczbę diod LED, które można (niezależnie) zaadresować, ale pozwala na więcej opcji kolorów. Kolejność sterowania kolorami to czerwony, zielony i niebieski.

Zworka JP2 umożliwia ustawienie adresu modułu podrzędnego (Slave). Sposób adresowania jest identyczny jak w przypadku złącza S1 „klasycznego" urządzenia podrzędnego.

Oczywiście, ponieważ ta jednostka może zaadresować do 64 diod LED, jej adres należy traktować bardziej jako przesunięcie poleceń niż adres, a adres może się w niektórych przypadkach zapętlać czy zawijać.

Możesz skonfigurować jednostkę podrzędną LED tak, aby używała tego samego adresu lub różniących się adresów w stosunku do adresów jednostek podrzędnych sterowania lamp zasilanych z sieci, w zależności od tego, jak chcesz zaprojektować wyświetlacz.

Wiele taśm adresowalnych diod LED można podłączyć do jednej z naszych jednostek podrzędnych LED, chociaż nie testowaliśmy, ile można podłączyć równolegle, zanim wystąpią zakłócenia w sygnałach sterujących. Prawdopodobnie głównym ograniczeniem będzie prąd pobierany przez diody LED.

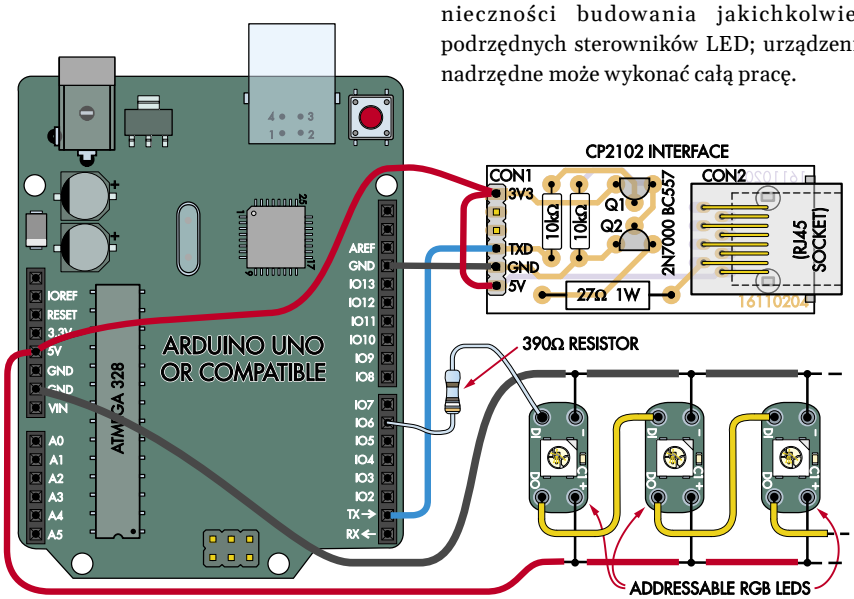
Może to być przydatne w przypadku efektów typu wodospad, gdzie równoległe łańcuchy diod LED mogą łączyć się ze wspólnym źródłem danych, umożliwiając uzyskanie oszałamiających efektów nawet z jednego sterownika.

W przypadku większych wyświetlaczy może być konieczne rozważenie podłączenia alternatywnego źródła zasilania 5 V, przy pomocy innego złącza.

Pamiętaj, że możesz również sterować taśmami LED w zestawach po cztery lub po 16 diod LED, regulując VR1. Można również połączyć tę funkcję z wieloma taśmami zastosowanymi równolegle.

Arduino i Micromite

Możesz również sterować adresowalnymi diodami LED z modułu Arduino lub Micromite, który działa również jako jednostka nadrzędna dla naszego elastycznego cyfrowego sterownika oświetlenia. Oszczędza to konieczności budowania jakichkolwiek podrzędnych sterowników LED; urządzenie nadrzędne może wykonać całą pracę.



Rysunek 21. Używanie Arduino do sterowania zarówno adresowalnymi diodami LED, jak i lampami sieciowymi, jest łatwe za pośrednictwem naszych jednostek podrzędnych. Tu pokazana jest jednostka Uno, ale można również użyć płytki Mega z identycznym okablowaniem. Inne płytki mogą mieć inne rozłożenie wyjść/wejść dla transmisji danych szeregowych, ale prawie każde Arduino może działać.
UWAGA – na rysunku NIE pokazano modułu/modułów podrzędnych sterowania lampami zasilanymi z sieci! Źródło zasilania 5 V modułu Arduino musi mieć wydajność co najmniej 1 A.
CP2102 interface – moduł adaptera do interfejsu RS232-USB typu CP2102. Adapter został opisany w II cz. artykułu, w tegorocznym sierpniowym numerze EdW

eprasa.pl d6549b2eb6

Oznacza to, że adresowalne diody LED nie zajmują żadnego z 64 adresów, dzięki czemu można zbudować jeszcze większe wyświetlacze.

Jeśli chodzi o sprzęt, zakładamy, że używasz co najmniej jednej jednostki podrzędnej (typu lamp sieciowych lub LED). Będziesz także potrzebował jednej z płytek adaptera do interfejsu CP2102 opisanych w sierpniowym tegorocznym numerze EdW, aby umożliwić płytce Micromite lub Arduino sterowanie wieloma jednostkami podrzędnymi; w przeciwnym razie zostaniesz ograniczony do sterowania 2...3 jednostkami podrzędnymi.

I oczywiście będziesz potrzebował Arduino (używaliśmy Uno) lub Micromite LCD BackPack (V3 jest idealny).

Przykłady zawierają kilka prostych podprogramów, które generują interesujące wzory zarówno w przypadku diod LED, jak i lamp sieciowych. Możesz spróbować je zmienić, zmieniając niektóre parametry, lub użyć naszego kodu jako przykładu do napisania własnego programu.

Arduino

Aby zaprogramować płytkę Arduino do sterowania oświetleniem, musisz mieć skonfigurowane Arduino IDE (zintegrowane środowisko programistyczne) (pobierz je ze strony siliconchip.com.au/link/aatq). Używaliśmy wersji 1.8.5 Arduino IDE; każda wersja wyższa od 1.8.0 powinna działać tak samo.

Podłącz płytkę Arduino do płytki adaptera interfejsu CP2102 i diod LED RGB, jak pokazano na Rysunku 21. Nie pokazano przewodu RJ45 z gniazda na płytce adaptera interfejsu CP2102 do jednostek podrzędnych.

Sygnał danych dla diod LED przechodzi przez rezystor 390 Ω, aby chronić dwie połówki obwodu przed różnicami napięcia między niezależnymi zasilaczami. Używamy wyjścia cyfrowego D6 do generowania danych dla adresowalnych diod LED, ale biblioteka jest konfigurowalna, więc można to zmienić w razie potrzeby.

Firma Adafruit pomogła spopularyzować adresowalne diody LED dzięki swojej gamie produktów „Neopixel"; stworzyła również bibliotekę ułatwiającą pracę z nimi.

Używamy tej biblioteki do sterowania naszymi diodami LED, ponieważ działa ona nie tylko z „Neopikselami"; może sterować dowolnym produktem kompatybilnym z WS2812B.

Zainstaluj tę bibliotekę, wyszukując „Adafruit_NeoPixel" w menedżerze bibliotek Arduino lub pobierając ją bezpośrednio ze strony https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoPixel.

Ekran 1 pokazuje w Menedżerze bibliotek prawidłową bibliotekę do zainstalowania.

Biblioteka zawiera przykładowy kod, który działa z adresowalnymi diodami LED, ale napisaliśmy również program demonstracyjny, który łączy to z danymi dla jednostek podrzędnych (umożliwiając również sterowanie lampami zasilanymi z sieci). Jest on częścią pakietu do pobrania dla tego artykułu.

Wyodrębnij szkic, otwórz go, wybierz odpowiedni port szeregowy i typ płytki. Naciśnij „Załaduj" (Upload), a diody LED i lampy powinny ożyć.

Micromite

Przygotowaliśmy podobne demo do użytku z modułem Micromite; przetestowaliśmy naszą wersję na V3 BackPack-u, ale każdy wariant Micromite wykorzystujący PIC32MX170F256B powinien działać z naszym kodem.

Schemat połączeń pokazano na **rysunku 22**. Podobnie jak w przypadku Arduino jako modułu „Master", porty są konfigurowalne, ale w tym przypadku zdecydowaliśmy się użyć wyjścia 9 dla danych LED i wyjścia 10 do sterowania podrzędnymi sterownikami dla lamp sieciowych. Podobnie jak w przykładzie Arduino, jeśli potrzebujesz więcej prądu do zasilania diod LED niż może zapewnić to port USB, będziesz musiał podłączyć inny zasilacz.

Nie ma żadnych bibliotek do pobrania, ponieważ są one osadzone w naszym programie BASIC jako CFUNCTION. Otwórz program BASIC, wyślij go do Micromite (używając MMEdit, TeraTerm lub innego programu emulacji terminala szeregowego) i uruchom go. Po upewnieniu się, że wszystko działa, możesz zmodyfikować nasz przykład, aby dostosować go do swoich wymagań.

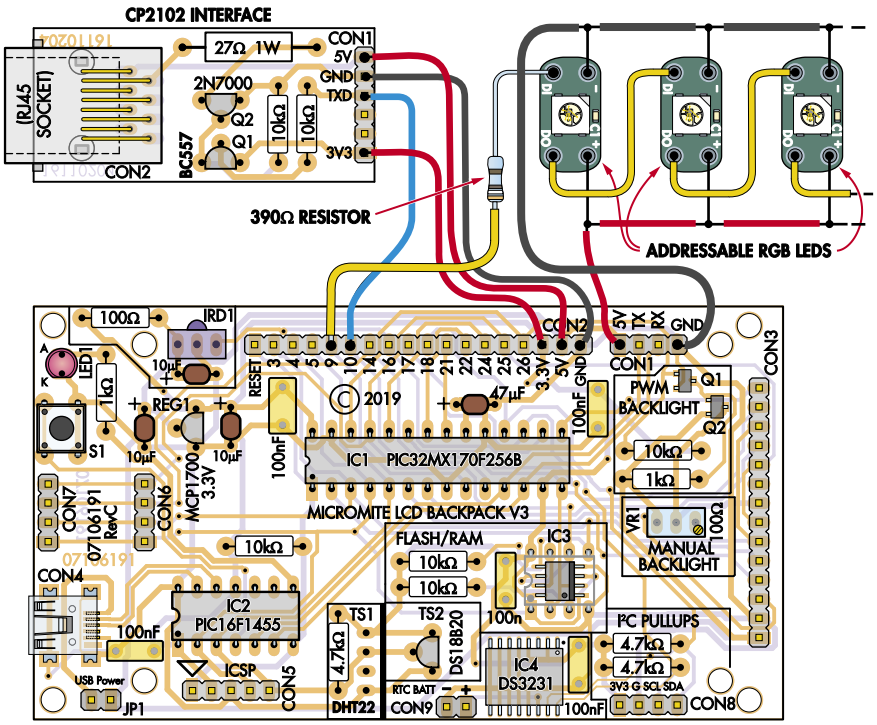
Podsumowanie

Nasz nowy elastyczny cyfrowy sterownik oświetlenia daje wiele możliwości, zarówno pod względem sposobu rozmieszczenia świateł (przy użyciu diod LED, oświetlenia zasilanego z sieci lub mieszanki obu systemów), jak i sposobu ich sterowania, przy użyciu komputera, Arduino lub Micromite, z własnym kodem sterującym lub przy użyciu naszego oprogramowania do wyświetlania w określonej kolejności..

Z niecierpliwością czekamy na niesamowite pokazy, które stworzą nasi Czytelnicy, wykorzystując ten projekt jako punkt wyjścia! ■

Tim Blythman

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki



Rysunek 22. Można również sterować diodami LED RGB i/lub lampami sieciowymi za pomocą dowolnego modułu Micromite z wbudowanym układem PIC32MX170F256B – przetestowaliśmy nasz kod przy użyciu wersji V3 BackPack, jak pokazano tutaj. Użyte końcówki są konfigurowalne programowo. Tu również NIE pokazano modułu/modułów podrzędnych sterowania lampami zasilanymi z sieci!

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

eprasa.pl d6549b2eb6

Zabezpieczenie zestawu dwóch akumulatorów

Ta mała płytka zapewnia łatwy sposób ochrony akumulatorów przed całkowitym rozładowaniem, jeśli urządzenie pozostanie przypadkowo włączone. Może współpracować z urządzeniami zasilanymi z jednego lub z dwóch oddzielnych akumulatorów. Oba progi zabezpieczenia są w pełni regulowane. Dopuszczalny prąd obciążenia wynosi kilka amperów na akumulator, a pobór prądu samego układu to zaledwie kilka mikroamperów.

Pracując nad artykułem „Bateryjne zasilanie zabytkowego radioodbiornika" (Battery Vintage Radio Power Supply) (zaczynając od strony 30 numeru 12/2020 SC), nasz autor Ken Kranz zasugerował, że sekcja obwodu odcinająca zasilanie przy niskim poziomie naładowania akumulatorów może być użyteczna sama w sobie. Musieliśmy się z nim zgodzić.

Stworzyliśmy więc oddzielną płytkę PCB, która zawiera tylko tę część obwodu zabezpieczeń.

Płytka może być używana z prawie każdym urządzeniem zasilanym prądem stałym o napięciu 3,6...15 V przy natężeniu do 5 A na wyjście. Zwykle jest skonfigurowana tak, że oba wyjścia są odłączane, jeśli napięcie jednego z akumulatorów spadnie poniżej indywidualnie ustawianego progu napięcia.

Można ją jednak również skonfigurować tak, aby odcinała wyjścia, jeśli napięcia obu spadną poniżej progu, lub można zbudować nieco prostszą wersję do użytku z pojedynczym akumulatorem/baterią.

Radiator nie jest konieczny, ponieważ MOSFET-y używane do przełączania zasilania mają minimalną rozpraszaną moc przy pracy, zaledwie jakieś 100 mW przy prądzie 5 A. Odpowiada to spadkowi napięcie na MOSFET-ach równemu 20 mV, a więc nie mającemu żadnego znaczenia przy zasilaniu.

Płytka posiada opcjonalnie wbudowaną diodę LED sygnalizacji zasilania, a także przełącznik S1 typu SPST (lub podobny) do wyłączania wyjść zasilania poprzez odcięcie MOSFET-ów, dzięki czemu można użyć małego, niskoprądowego przełącznika jako wyłącznika zasilania.

Poprzednio we wrześniowym numerze SC z 2020 r. (www.siliconchip.com.au/Article/4360) opublikowaliśmy bardzo małe zabezpieczenie jednej baterii/akumulatora, które cieszyło się dużą popularnością. Poza tym, że jest małe, jego inną zaletą jest to, że może obsługiwać spore prądy; 20 A lub nawet więcej.

Jednak moduł wykorzystywał sporo części SMD i był nieco trudny do zbudowania, trudny do skonfigurowania i miał ograniczony zakres regulacji po ukończeniu.

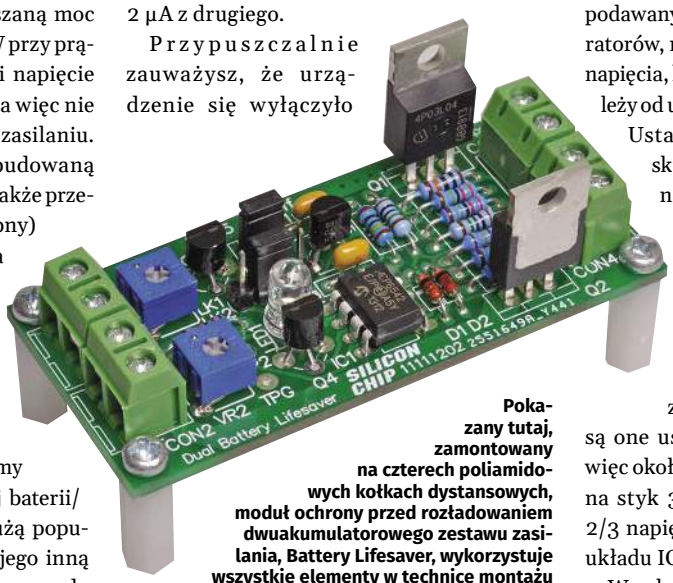
Opisana tu wersja wykorzystuje tylko podzespoły do montażu przewlekanego, dzięki czemu jest ładna i łatwa do zbudowania, i wcale nie jest dużo większa, mimo że jest w stanie zabezpieczać dwa akumulatory. Moduł jest również prosty w konfiguracji, z potencjometrami umożliwiającymi regulację napięcia odcięcia w szerokim zakresie dla każdego kanału.

Opis obwodu

MOSFET-y Q1 (i Q2, jeśli jest zamontowany), gdy są włączone, łączą zasilanie na złączach wejściowych CON1 i CON2 z wyjściami na złączach CON3 i CON4. Są one wyłączane, rozłączając wyjścia, jeśli jedno (lub oba) napięcia zasilania spadną poniżej określonych progów.

Po wyłączeniu za pomocą przełącznika S1 lub z powodu niskiego napięcia akumulatora obwód pobiera tylko około 10 µA z akumulatora o wyższym napięciu i około 2 µA z drugiego.

Przypuszczalnie zauważysz, że urządzenie się wyłączyło i albo naładujesz ogniwa, albo wymienisz baterie na nowe.



Pokazany tutaj, zamontowany na czterech poliamidowych kołkach dystansowych, moduł ochrony przed rozładowaniem dwuakumulatorowego zestawu zasilania, Battery Lifesaver, wykorzystuje wszystkie elementy w technice montażu przewlekanego, dzięki czemu jest bardzo łatwy w budowie

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/cw5c6
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie: https://elportal.pl/do-pobrania

Ale jeśli z jakiegoś powodu o tym zapomnisz i zostawisz włączone urządzenie, minie kilka miesięcy, zanim ten minimalny pobór prądu może uszkodzić ogniwa. Dlatego ten obwód został zaprojektowany z myślą o jak najniższym prądzie spoczynkowym.

Kiedy przełącznik zasilania S1 jest zamknięty, prąd może płynąć z dowolnego akumulatora o wyższym napięciu, przez małe diody D1 i D2, a następnie przełącznik S1, do wejścia „IN" REG1.

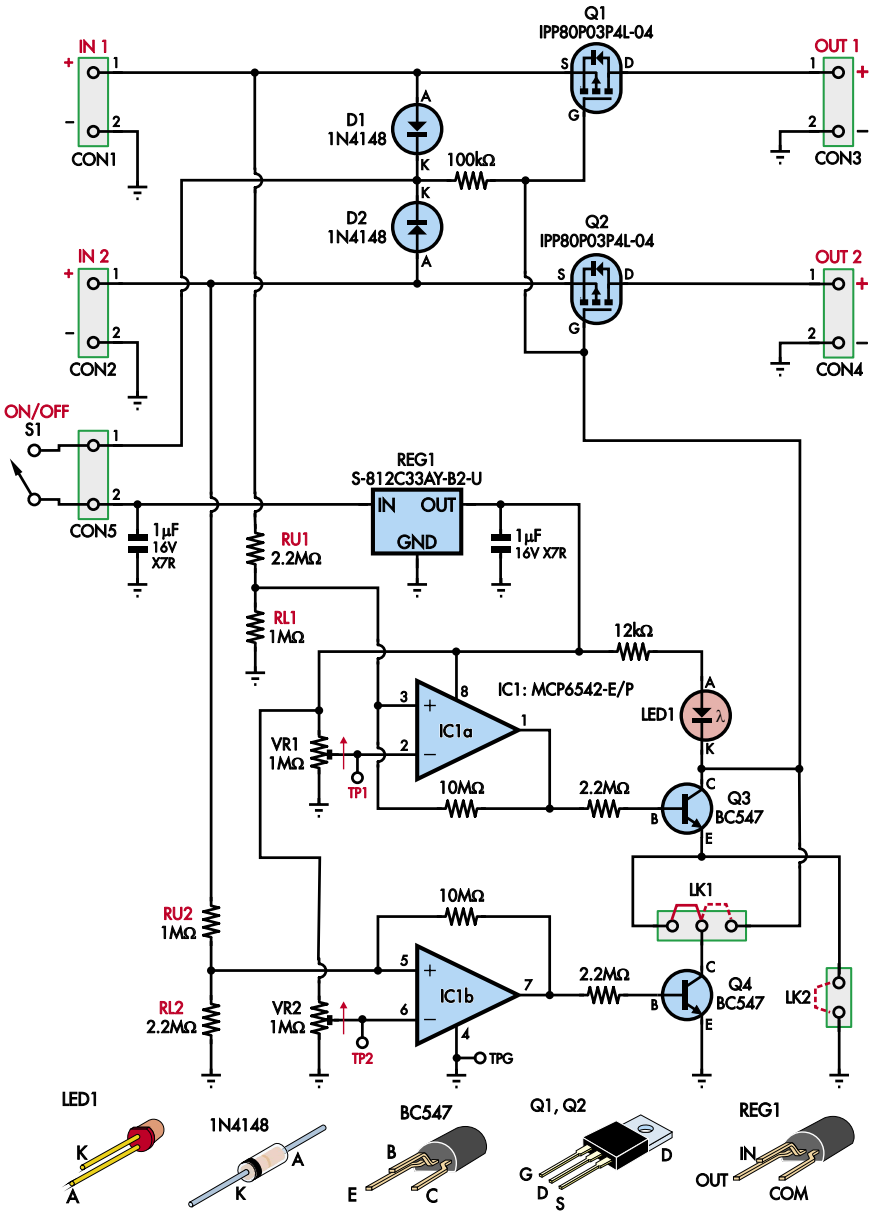
Jest to liniowy regulator napięcia 3,3 V, o bardzo niskim prądzie spoczynkowym i niskim spadku napięcia. Zasila mikroenergetyczny podwójny komparator IC1, a także służy jako napięcie odniesienia.

Część tego napięcia odniesienia 3,3 V jest podawany na dwa odwracające wejścia komparatorów, na stykach 2 i 6 układu IC1. Poziom napięcia, które jest podawane na te wejścia, zależy od ustawień potencjometrów VR1 i VR2. Ustawiają one napięcia odcięcia niskiego poziomu ogniw i mogą zmieniać napięcie na tych wejściach w pełnym zakresie 0...3,3 V.

Rzeczywiste napięcia baterii są podawane na wejścia nieodwracające, styki 3 i 5, ze stałych dzielników rezystancyjnych. Chociaż te dwa dzielniki używają rezystorów o tych samych wartościach, są one ustawione w różnej kolejności. Tak więc około 1/3 napięcia CON1 jest podawane na styk 3 układu IC1a, podczas gdy około 2/3 napięcia CON2 jest podawane na styk 5 układu IC1b.

W połączeniu z nominalnym napięciem odniesienia 3,3 V i potencjometrami VR1 i VR2

eprasa.pl d6549b2eb6



ZABEZPIECZENIE DWUAKUMULATOROWEGO ZASILANIA

Rysunek 1. Battery Lifesaver jest zbudowany przy wykorzystaniu podwójnego wzmacniacza operacyjnego IC1 pracującego w trybie komparatorów o znikomym poborze mocy; i regulatora napięcia/stabilizatora REG1 typu LDO, który zasila IC1 i funkcjonuje również jako źródło napięcia odniesienia. Układ scalony IC1 porównuje ustalone części napięcia baterii z napięciami na ślizgaczach potencjometrów zasilanych napięciem odniesienia. Jeśli napięcia baterii są wystarczająco wysokie, włącza tranzystory Q3 i Q4, które z kolei włączają MOSFET-y Q1 i Q2

można ustawić progi włączenia napięcia w zakresie od 0 do 10 V dla akumulatora CON1 i od 0 do 4,5 V dla akumulatora CON2.

Zakresy te pasują do akumulatorów Li-ion, LiPo lub $LiFePO_4$ z odpowiednio jednym lub dwoma ogniwami połączonymi szeregowo.

Możesz łatwo zmienić te zakresy, zmieniając wartości rezystorów w dzielnikach. Sugerujemy, aby spróbować utrzymać całkowitą rezystancję na poziomie około 3,3 MΩ; niższe wartości zwiększą prąd spoczynkowy, a znacząco inne wartości zmienią procent histerezy włączony<>wyłączony (jak opisano poniżej). **Tabela 1** pokazuje kilka możliwych kombinacji dla innych zakresów napięć.

Histerezę zapewniają rezystory sprzężenia zwrotnego 10 MΩ między wyjściami komparatorów a wejściami nieodwracającymi. Zostało to ustawione w taki sposób, że histereza jest stałym procentem napięcia.

Impedancja źródła dla wejść nieodwracających wynosi w obu przypadkach ~690 kΩ (1 MΩ ||2,2 MΩ). Tworzy to dzielnik z rezystorem sprzężenia zwrotnego 10 MΩ, co daje procentową histerezę 690 kΩ÷10 MΩ równą ~6,9%.

Funkcje i parametry

- Podwójne wejścia/wyjścia (dwa kanały zasilania)
- Indywidualne ustawienia napięcia odcięcia każdej baterii
- Pracuje przy napięciu 3,6...15 V przy prądzie do 5 A na jeden kanał
- Oba wyjścia wyłączają się, gdy jedno (lub opcjonalnie oba) napięcie akumulatorów spadnie poniżej ustawionego progu
- Histereza na poziomie ~6,9%.
- Prąd spoczynkowy, gdy zabezpieczenie wyłączy zasilanie: około 10 µA z akumulatora o wyższym napięciu i 2 µA z drugiego

Tak więc dla niskich napięć odcięcia akumulatora, powiedzmy 3,3 V i 6,6 V, dałoby to napięcie włączenia o 6,9% wyższe czyli odpowiednio 3,53 V i 7,1 V. Wynikowe napięcia histerezy wynoszą około 0,23 V i 0,45 V.

Kiedy napięcie obu akumulatorów jest wyższe niż ich napięcie włączenia, wyjścia 1 i 7 układu IC1 są na wysokim poziomie, równym 3,3 V. Dlatego złącza baza-emiter tranzystorów NPN są spolaryzowane w kierunku przewodzenia, więc oba przewodzą, obniżając potencjały bramek P-kanałowych MOSFET-ów Q1 i/lub Q2 do niskiego poziomu, włączając je i zapalając diodę LED1 (tak długo, jak LK1 znajduje się we pokazanej pozycji).

Jeśli napięcie jednej z baterii spadnie poniżej napięcia wyłączenia, odpowiedni tranzystor wyłącza się, a tym samym wyłączają się tranzystory Q1 i Q2.

Wysokie wartości rezystorów w bazach Q3 i Q4 (2,2 MΩ) zostały wybrane dlatego, że w przypadku, gdy napięcie jednego akumulatora jest niskie, a drugiego wysokie, prąd nadal będzie płynął z odpowiedniego wyjścia komparatora, co zwiększy prąd pobierany z akumulatora o wyższym napięciu (zwykle ten podłączony do CON1).

Rezystory bazowe 2,2 MΩ są najwyższymi praktycznymi wartościami, aby ten prąd zminimalizować i określają minimalną wartość rezystora ograniczającego prąd diody LED wynoszącą 12 kΩ. Oznacza to, że dioda LED1 musi być typu o wysokiej jasności.

Jeśli zworka na LK1 zostanie przesunięta do pozycji alternatywnej, i równocześnie zostanie zwarty LK2, zamiast połączenia emiter-kolektor tranzystorów Q3 i Q4, znajdą się one w konfiguracji równoległej, z połączonymi razem kolektorami oraz emiterami obu tranzystorów. W takim przypadku, jeśli napięcie któregokolwiek z akumulatorów przekroczy określony próg, związany z nim tranzystor NPN obniży potencjał bramek MOSFET-ów, a zatem oba wyjścia zostaną podłączone do wejść.

eprasa.pl d6549b2eb6

Przełącznik włącz/wyłącz

Jeśli nie potrzebujesz wyłącznika zasilania S1, możesz po prostu umieścić zworkę na CON5. CON5 zapewnia wygodny sposób włączania i wyłączania zasilania. Potrzebujesz tylko przełącznika SPST, który praktycznie pracuje z bardzo niskim prądem.

Ale przy wyłączonym S1 nadal będzie pobierany niewielki prąd spoczynkowy z dwóch akumulatorów z powodu dzielników rezystancyjnych, które pozostają podłączone do ogniw. To około 1 µA na każde 3,3 V napięcia akumulatora. To oznacza, że akumulatory wystarczą na około rok przy urządzeniu wyłączonym przez S1.

Jeśli chcesz jeszcze bardziej zmniejszyć zużycie baterii, gdy urządzenie jest wyłączone, zamiast tego będziesz musiał użyć przełącznika DPST lub DPDT, aby odciąć połączenia akumulatora z CON1 i CON2. Ten przełącznik będzie musiał obsłużyć pełny prąd obciążenia dla każdego akumulatora, zatem musi być solidny i na pewno nie miniaturowy.

Należy pamiętać, że akumulatory mogą nadal ulegać niewielkiemu samorozładowaniu, dlatego nadal warto je sprawdzać i ładować mniej więcej co sześć miesięcy.

Budowa

Moduł zabezpieczenia podwójnego zasilania (Lifesaver) jest zbudowana na dwustronnej płytce drukowanej o kodzie 11111202 i rozmiarach 70x32 mm. Zapoznaj się teraz z Rysunkiem 2, przedstawiającym schemat montażowy PCB, który pokazuje, gdzie znajdują się wszystkie części.

Czytając poniższą instrukcję pamiętaj, że jeśli używasz urządzenia z jedną baterią/akumulatorem, możesz pominąć D1, D2, Q2, CON2, CON4, VR2 oraz część rezystorów – patrz Rysunek 3 przedstawiający schemat montażowy uproszczonej wersji. Będziesz musiał dodać kilka mostków przy pomocy przewodów, pokazanych na czerwono, które możesz wykonać z kawałków izolowanego drutu.

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
1 dwustronnie drukowana płytka o kodzie 11111202 i wymiarach 70×32 mm
4 2-drożne listwy zaciskowe, raster 5,08 mm (CON1-CON4)
1 2-szpilkowy odcinek listwy kołkowej lub kierunkowy wtyk 403-2 (CON5)
1 4-szpilkowy odcinek listwy kołkowej (LK1/LK2), 3 zworki raster 2,54 mm (CON5, LK1/LK2)
1 przełącznik SPST do montażu na panelu (S1; opcjonalny)
4 gwintowane poliamidowe kołki dystansowe M3 (do mocowania płytki)
8 śrub M3×6 z łbem walcowym (do montażu płytki)

Półprzewodniki:
1 podwójny komparator typu „micropower" MCP6542-E/P, DIP-8 (IC1) [element14, RS, Digi-Key, Mouser]
1 regulator napięcia/stabilizator S-812C33AY-B2-U LDO, o znikomym poborze mocy, TO-92 (REG1)
2 P-kanałowe MOSFET-y IPP80P03P4L04 z bramką sterowaną poziomami logicznymi, TO-220 (Q1, Q2) [Silicon Chip Online Shop Cat SC4318 lub element14, RS, DigiKey, Mouser]
2 tranzystory NPN BC547, 100 mA, TO-92 (Q3, Q4)
1 dioda LED o wysokiej jasności (LED1)
2 diody 1N4148 (D1, D2)

Kondensatory:
2 kondensatory ceramiczne MLC 1 µF 50 V

Rezystory: (wszystkie 1/4 W 1% metalizowane, o ile nie wskazano inaczej)
2 szt. 10 MΩ 4 szt. 2,2 MΩ 2 szt. 1 MΩ 1szt. 100 kΩ 1 szt. 12 kΩ
2 potencjometry poziome mini 1 MΩ (VR1, VR2) [np. element14 108244]

Zacznij od zamontowania wszystkich rezystorów. Chociaż możesz określić wartość rezystora, odczytując jego kolorowe paski, najlepiej jest użyć multimetru cyfrowego do pomiaru rezystancji, ponieważ niektóre kolory mogą wyglądać podobnie i wydawać się inne w określonych rodzajach oświetlenia.

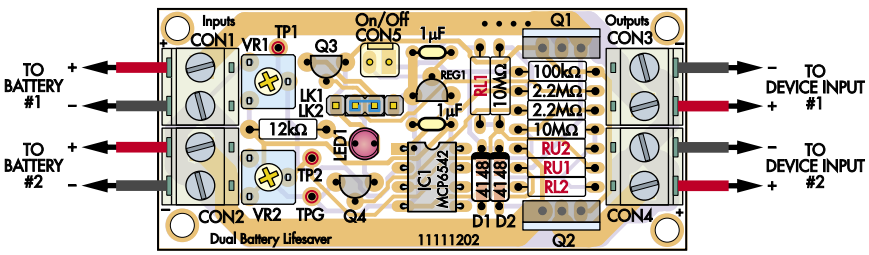
Jeżeli jesteś zadowolony z zakresu regulacji 0...10 V dla akumulatora podłączonego do CON1 i 0...4,5 V dla CON2, użyj rezystorów 2,2 MΩ dla RU1 i RL2 oraz rezystorów 1 MΩ dla RL1 i RU2, jak pokazano na rysunku 1. W przeciwnym razie skorzystaj z tabeli 1, aby określić najlepsze wartości rezystorów.

Po umieszczeniu wszystkich rezystorów na miejscu przejdź do dwóch małych diod, D1 i D2. Muszą być one ustawione tak, aby ich paski katodowe były skierowane w stronę pokazaną na rysunku 2. Następnie dopasuj komparator IC1. Upewnij się, że wycięcie i kropka na styku 1 są skierowane w stronę górnej części płytki, jak pokazano. Nie zalecamy używania podstawki ze względu na niezawodność, chociaż możesz to zrobić, jeśli chcesz.

Następnie dopasuj wtyk gniazda przełącznika CON5. Możesz użyć zwykłego odcinka listwy kołkowej lub kierunkowego wtyku 403-2 albo po prostu przylutować parę przewodów do płytki drukowanej. Jeśli chcesz, aby zasilanie było zawsze włączone, możesz umieścić zworkę na CON5 lub przylutować w jego miejsce mały odcinek drutu.

Kolejnym krokiem jest dopasowanie tranzystorów małej mocy Q3 i Q4. Oba są tego samego typu; upewnij się, że ich płaskie powierzchnie są skierowane tak, jak pokazano na schemacie montażowym, i delikatnie wygnij ich wyprowadzenia, aby dopasować je do otworów. Postępuj analogicznie z regulatorem napięcia REG1, który jest w obudowie podobnej do tych tranzystorów, a następnie zainstaluj dwa kondensatory ceramiczne tam, gdzie wskazano.

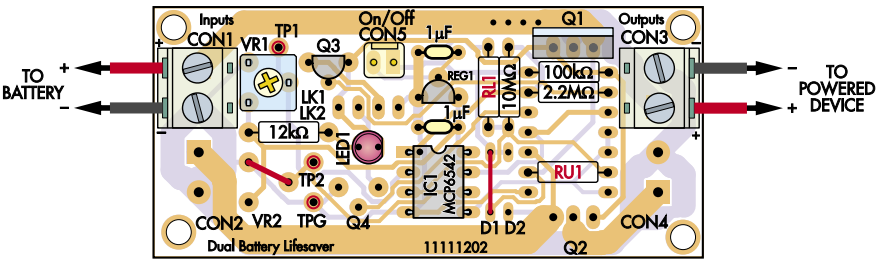
Teraz zamontuj dwa potencjometry, które mają tę samą wartość. Potem wlutuj cztery



Rysunek 2. Płytka drukowana pozostała tak mała, jak to tylko możliwe, a jednocześnie łatwa w budowie, obsługująca znaczące natężenia prądu i zapewniająca łatwe mocowanie i podłączanie przewodów. Montaż jest prosty, ale upewnij się, że układ scalony, listwy zaciskowe, MOSFET-y, diody i dioda LED są prawidłowo ustawione. Użyj powyższego schematu montażowego w połączeniu ze zdjęciem w tej samej podziałce po prawej stronie, aby ułatwić sobie montaż komponentów. Należy zauważyć, że zaznaczone na czerwono wartości RL1, RL2, RU1 i RU2 należy wybrać z tabeli na sąsiedniej stronie.
Dla dociekliwych Czytelników EdW Redakcja ma małą zagadkę: w jaki sposób dwa złącza konfiguracyjne na schemacie ideowym: LK1 i LK2, jedno trójszpilkoe, a drugie dwuszpilkowe, zastały zastąpione przez jedno czteroszpilkowe złącze LK1/LK2 na płytce drukowanej?
Odpowiedź: Kołki złącza na PCB podłączone są, patrząc od lewej, następująco:
kołek nr 1 – bramki MOSFET-ów
kołek nr 2 – emiter tranzystora Q3
Kołek nr 3 – kolektor tranzystora Q4
Kołek nr 4 – GND

eprasa.pl d6549b2eb6

Tabela 1. Sugerowane zestawy rezystorów dla różnych zakresów napięć odcięcia		
Zakres napięcia	**Rezystor górny**	**Rezystor dolny**
0...4,5 V	1,0 MΩ	2,2 MΩ
0...5,25 V	1,2 MΩ	1,8 MΩ
0...6,3 V	1,5 MΩ	1,5 MΩ
0...7,8 V	1,8 MΩ	1,2 MΩ
0...10 V	2,2 MΩ	1,0 MΩ
0...12,3 V	2,4 MΩ	820 kΩ
0...15 V	2,7 MΩ	680 kΩ



Rysunek 3. Ta sama płytka drukowana może być wyposażona w mniejszą liczbę komponentów, jeśli zdecydujesz się na zasilanie tylko z jednej baterii/akumulatora, jak w tym układzie. Ponownie, dwa rezystory pokazane na czerwono należy wybrać z sąsiedniej tabeli. Będziesz także musiał dodać dwie zworki z kawałków izolowanego drutu, pokazane na czerwono

listwy zaciskowe. Upewnij się, że ich otwory wejściowe na przewody są skierowane na zewnątrz modułu i zwróć uwagę, że bloki ustawione obok siebie są wzajemnie oddalone i dlatego nie powinny być łączone na jaskółczy ogon; montuj je oddzielnie.

Następnie zamontuj oba MOSFET-y w obudowach TO-220, które lutuje się pionowo. Upewnij się, że ich metalowe radiatorki są ułożone tak, jak pokazano. Można podgiąć przewody MOSFET-ów tak, aby metalowe płytki zrównały się z krawędziami PCB, umożliwiając późniejszy montaż większych radiatorów. Jednak moc rozpraszana w MOSFET-ach jest na tyle niska, że dodatkowe radiatory nie są potrzebne.

Pozostało tylko przylutować czterokołkowe złącze, wspólne dla ustawień LK1 i LK2, a następnie diodę LED1. Sposób, w jaki to zrobisz, zależy od tego, jakie masz plany.

Jeśli nie potrzebujesz zewnętrznego wskaźnika zasilania LED, możesz po prostu wcisnąć diodę w dół (dłuższym przewodem po stronie oznaczonej literą „A", naprzeciw płaskiego ścięcia podstawy) i przylutować.

Jeśli chcesz, aby była widoczna z zewnątrz, w zależności od tego, jak będziesz montować płytkę, możesz zamontować ją na długich przewodach i wystawić poza pokrywę urządzenia.

Możesz też zamontować diodę LED na obudowie za pomocą oprawki. Następnie można albo przylutować luźne przewody od jej wyprowadzeń do otworów montażowych w PCB, albo przylutować 2-szpilkową listwę kołkową (zwykłą lub kierunkową typu 403-2) do płytki drukowanej, a następnie przylutować przewody z gniazdem lub gniazdami do diody LED.

Testowanie i regulacja

Najlepiej przetestować i wyregulować działanie Dual Battery Lifesaver przy użyciu regulowanego zasilacza laboratoryjnego prądu stałego; zwłaszcza takiego z ograniczeniem prądu. Poniższe instrukcje zakładają, że użyłeś wartości rezystorów pokazanych na rysunku 1. Jeśli je zmieniłeś, może być konieczna zmiana sugerowanych napięć.

Umieść jedną zworkę na CON5, a drugą na dwóch środkowych szpilkach LK1/LK2.

Zacznij od ustawienia maksymalnych skręceń VR1 i VR2 w prawo. Jeśli zbudowałeś wersję z dwoma akumulatorami/bateriami, połącz ze sobą dodatnie wejścia (nie musisz zwierać ujemnych zacisków, ponieważ są one połączone na płytce drukowanej). Ustaw zasilacz warsztatowy na około 4 V, a ograniczenie prądu na niską wartość, a następnie wyłącz zasilacz i podłącz wejście (CON1 lub CON2) do zasilania.

Włącz zasilanie i obserwuj LED1. Nie powinna się jeszcze świecić, a prąd pobierany z zasilacza powinien być niski (poniżej 1 mA). Jeśli jest znacznie wyższy, możesz mieć awarię płyty, więc wyłącz wszystko i sprawdź, czy nie ma zwarć i nieprawidłowo umieszczonych lub zorientowanych komponentów.

Jeśli wszystko jest w porządku, podkręć napięcie do około 8 V, a następnie obróć VR1 w lewo, aż zaświeci się dioda LED1. Następnie zmniejsz nieco napięcie zasilania i sprawdź, czy dioda LED1 zgaśnie.

Teraz obróć VR1 i VR2 całkowicie w lewo, ustaw napięcie zasilania na żądane napięcie odcięcia, to, które z dwóch jest niższe, a następnie powoli obracaj VR1 lub VR2 w prawo, aż dioda LED1 zgaśnie. Następnie zwiększ napięcie zasilania do innego pożądanego napięcia odcięcia; Dioda LED1 powinna się ponownie zaświecić. Powoli obracaj drugim potencjometrem w prawo, aż urządzenie się wyłączy.

Teraz ustawiłeś oba progi odcięcia baterii. Jeśli chcesz, aby oba wyjścia wyłączały się, gdy napięcie jednego z akumulatorów spadnie poniżej ustawionego progu, urządzenie jest teraz kompletne.

Jeśli chcesz, aby wyłączało się tylko wtedy, gdy napięcia obu akumulatorów spadną poniżej odpowiednich limitów, zdejmij zworkę ze środka LK1/LK2 i umieść na tym 4-stykowym złączu obok siebie dwie zworki. ■

Nicholas Vinen

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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

REKLAMA

eprasa.pl d6549b2eb6

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/cw5dc
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie: https://elportal.pl/do-pobrania

Kieszonkowy generator audio DDS stabilizowany kwarcem

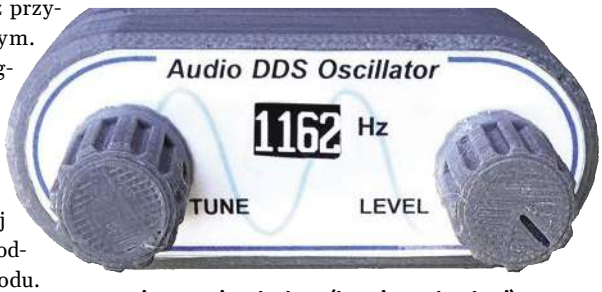
Ten niewielki generator częstotliwości audio, składający się z mniej niż dwudziestu niedrogich części, zmieści się w kieszeni koszuli, a jednocześnie zapewnia superdokładną częstotliwość sygnału sinusoidalnego, kiedy i gdzie jej potrzebujesz. Pasuje nawet do odlotowej obudowy wydrukowanej w technice 3D!

Kompaktowy, zasilany bateryjnie przyrząd testowy jest bardzo przydatny, jeśli musisz dużo podróżować. Może być nieoceniony w przypadku niektórych zadań zawodowych w odległych miejscach lub można go używać poza domem do pracy nad własnymi projektami, jeśli nadarzy się taka okazja.

Taki sprzęt musi być mały, lekki i niedrogi. Bardzo łatwo jest przecież urządzenie uszkodzić lub zgubić.

Ten generator jest również przydatny na stole warsztatowym. Wytwarza bardzo dokładny sygnał o zadanej częstotliwości, podobnie jak dużo większy i droższy sprzęt.

Ponieważ jest zasilany bateryjnie i znajduje się w małej plastikowej obudowie, łatwo go odizolować od testowanego obwodu. Może to być przydatne w niektórych konfiguracjach testów audio.



Rzeczywisty rozmiar obudowy (łącznie z pokrętłami) wynosi 75×30×50 mm, więc z łatwością zmieści się w kieszeni (jak pokazano powyżej)

Opis obwodu

Kompletny schemat ideowy generatora audio pokazano na **rysunku 1**. Wykorzystuje on 8-stykowy mikroprocesor Atmel ATtiny85, enkoder obrotowy ze zintegrowanym przełącznikiem do wyboru częstotliwości wyjściowej, kompaktowy wyświetlacz I^{2}C OLED do wyświetlania wybranej częstotliwości oraz rezonator kwarcowy do precyzyjnego ustawiania cykli zegara.

Konstrukcję uzupełnia kilka innych elementów pasywnych.

ATtiny85-micro (IC1) stanowi serce konstrukcji. Jego główny zegar jest stabilizowany przy użyciu standardowego oscylatora kwarcowego 8 MHz z dwoma ceramicznymi kondensatorami 15 pF stanowiącymi obciążenie i wewnętrznym wzmacniaczem generatora.

Mały wyświetlacz OLED o rozdzielczości 64×32 pikseli służy do wyświetlania wybranej częstotliwości wyjściowej audio. Specjalnie zaprojektowana czcionka zapewnia doskonałą czytelność. Układ łączy się z ATtiny85 za pośrednictwem dwuprzewodowej magistrali I^{2}C (SDA dla danych i SCL dla zegara).

Zwykle stosowane są dwa rezystory polaryzujące magistrali I^{2}C podłączone do każdej z tych linii. W tym przypadku rezystory te znajdują się wewnątrz modułu wyświetlacza OLED, co zmniejsza liczbę części.

Kompatybilne ekrany OLED są dostępne w ofercie kilku dostawców; większość danych

eprasa.pl d6549b2eb6

katalogowych podaje 3,3 V jako maksymalne napięcie zasilania. Kilku dostawców sugeruje, że mogą być one zasilane napięciem 5 V, ale my zasilamy je napięciem poniżej 3,3 V dla kompatybilności z resztą układu.

Zgodnie z danymi technicznymi Atmel/Microchip, standardowy układ ATtiny85 będzie działał w zakresie napięć od 2,7 V do 5,5 V, z maksymalną częstotliwością taktowania 4 MHz przy 2,7 V.

Autor przeprowadził jednak testy porównawcze ponad 30 µ-procesorów z wielu partii i stwierdził, że będą one działać przy napięciu obniżonym do 1,65 V i z użyciem wewnętrznego lub zewnętrznego zegara 8 MHz.

Dlatego też Autor uznał za rozsądne zasilanie urządzenia bezpośrednio z zestawu baterii składającego się z dwóch zwykłych ogniw AAA (R03) połączonych szeregowo. Jest to proste rozwiązanie zapewniające nominalne napięcie 3 V przy skromnym prądzie obciążenia 10 mA. Żywotność baterii będzie się różnić w zależności od konkretnych wymagań.

Oscylator, a również wyświetlacz, będą z powodzeniem działać aż do typowego napięcia końcowego dwóch szeregowo połączonych baterii AAA, czyli około 1,8 V.

Biorąc to pod uwagę, można oczekiwać mniej więcej sześciu miesięcy typowego użytkowania, tj. przy około godzinie użytkowania co kilka dni.

Koder obrotowy

Enkoder obrotowy wybiera wymaganą częstotliwość wyjściową i wielkość kroku strojenia. Zdjęcie na odwrocie pokazuje, jak wygląda typowy impulsowy enkoder obrotowy z przyciskiem.

Właściwości i parametry

- Zakres częstotliwości: 1-9999 Hz w krokach co 1, 10, 100 lub 1000 Hz (wybierane przez użytkownika)
- Dokładność częstotliwości: stabilizacja kwarcowa z dokładnością do 0,002% przy 1 kHz
- Poziom wyjściowy: 0...1,5 Vpp (0...530 mV RMS) sinusoida (zasilanie 3 V)
- Całkowite zniekształcenia harmoniczne (THD): poniżej 3%
- Wyświetlacz: 0,49 cala (12,5 mm) 64×32 piksele OLED
- Zasilanie: 2×AAA przy poborze prądu typowo 10 mA
- Żywotność baterii: szacunkowo sześć miesięcy przeciętnego użytkowania
- Obudowa: wydrukowana w 3D kompaktowa obudowa z PLA typu zatrzaskowej muszli ostrygi lub standardowe pudełko Jiffy
- Rozmiar (w obudowie jw.): 75×30×34 mm (bez pokręteł wydrukowanych w 3D); 75×30×50 mm (łącznie z pokrętłami)
- Waga: 75 gramów (z bateriami)

Zastosowany tutaj schemat obwodu jest nietypowy, wykrywa obrót enkodera i naciśnięcie przycisku za pomocą jednej końcówki I/O mikroprocesora!

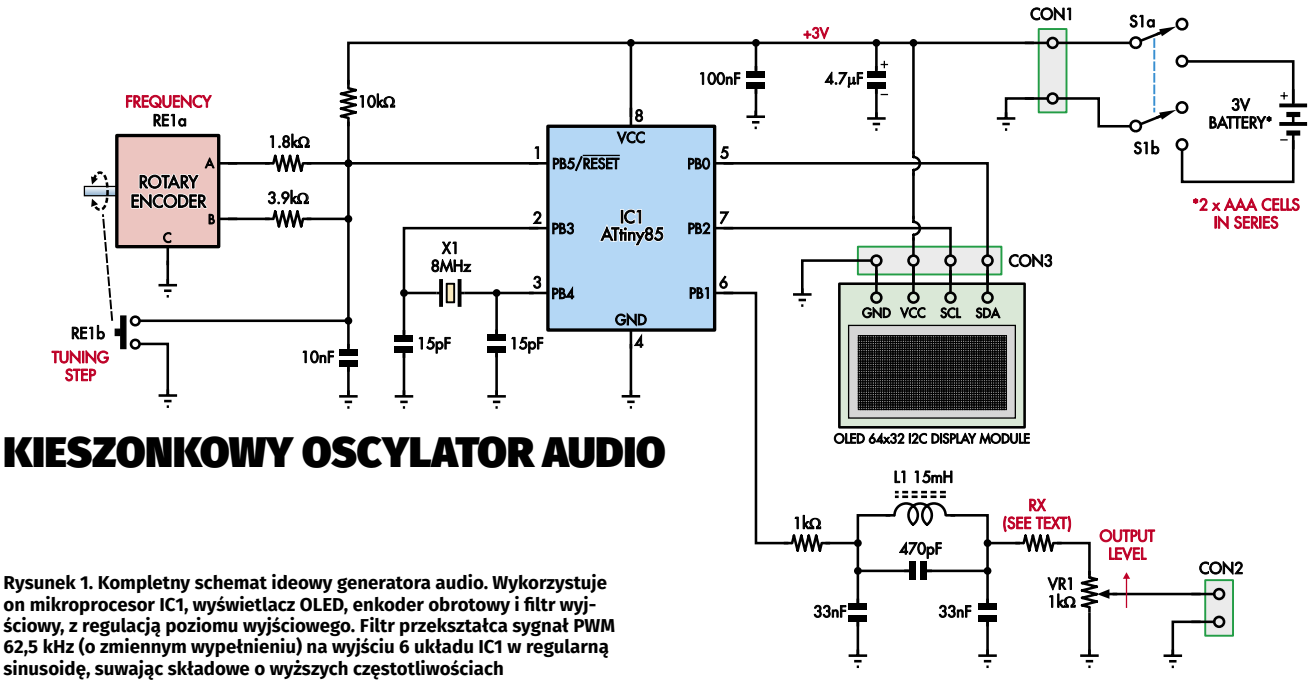
Zazwyczaj dwa wyjścia sygnałowe enkodera są podłączone do oddzielnych styków mikroprocesora. Zintegrowany przełącznik przyciskowy na enkoderze często wymaga dodatkowego styku. Takie rozwiązanie wymagałoby użycia mikroprocesora w obudowie z co najmniej 10-ma stykami, aby można było uruchomić aplikację.

Zamiast tego Autor użył prostej trój-rezystancyjnej matrycy, z kondensatorem przeciwzakłóceniowym 10 nF, w charakterze symulacji przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC), aby podłączyć wszystkie trzy przełączniki wewnętrzne enkodera do jednego styku I/O mikroprocesora.

Zastosowane wartości komponentów są ważne. Zapewniają one, że zamknięcie dowolnego z trzech wewnętrznych przełączników enkodera wygeneruje w układzie mikroprocesora przerwanie „zmiany końcówki" na poziomie logicznym od wysokiego do niskiego. Pozwala to na wykorzystanie procedury obsługi przerwań sterowanych zdarzeniami w celu szybkiej i wydajnej aktualizacji częstotliwości oscylatora audio w bardzo szybkiej pętli programowej „bezpośredniej syntezy cyfrowej" (DDS –Direct Digital Synthesis).

Ta programowa metoda DDS pozwala uniknąć stosowania powszechnie używanego okresowego przerwania zegarowego, które wprowadzałoby regularne i niedopuszczalne luki (zatrzymania) w przebiegu sinusoidy na wyjściu. Przerwanie wyzwalane „zmianą końcówki" zapewnia również lepszą reakcję na zmiany stanu enkodera; nie ma potrzeby czekania na okresowe przerwanie zegarowe, aby wykryć obrót lub zamknięcie przełącznika. Reakcja na obrót pokrętła jest natychmiastowa.

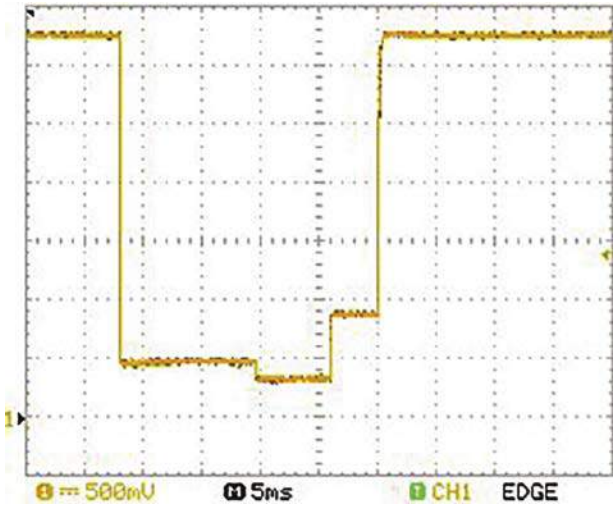
Zrzuty ekranu oscyloskopu: **Oscylogram 1** i **Oscylogram 2** pokazują wynikowe przebiegi na styku 1 mikroprocesora, odpowiednio dla obrotu w prawo i w lewo.



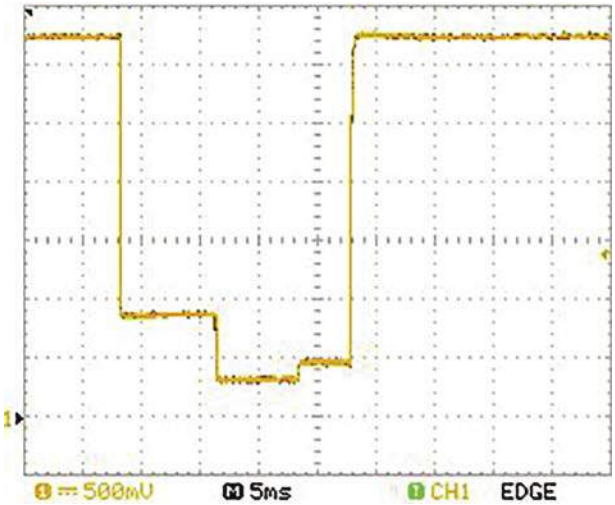
KIESZONKOWY OSCYLATOR AUDIO

Rysunek 1. Kompletny schemat ideowy generatora audio. Wykorzystuje on mikroprocesor IC1, wyświetlacz OLED, enkoder obrotowy i filtr wyjściowy, z regulacją poziomu wyjściowego. Filtr przekształca sygnał PWM 62,5 kHz (o zmiennym wypełnieniu) na wyjściu 6 układu IC1 w regularną sinusoidę, suwając składowe o wyższych częstotliwościach

eprasa.pl d6549b2eb6



Oscylogram 1. Przebieg na wejściu 1 układu IC1, gdy enkoder obrotowy RE1 jest obracany o jeden krok w prawo



Oscylogram 2. Przebieg na wejściu 1 układu IC1, gdy enkoder obrotowy RE1 jest obracany o jeden krok w lewo. Jest to prawie lustrzane odbicie Oscylogramu 1

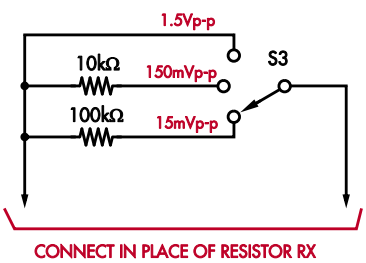
Gwałtowny spadek zbocza z wysokiego poziomu wyzwala przerwanie.

Dwa różne przebiegi dla każdego z dwóch kierunków obrotu, które następują po tej krawędzi sygnału, są następnie wykrywane przez oprogramowanie poprzez próbkowanie analogowego poziomu napięcia na tej końcówce.

Raster strojenia jest zmieniany za pomocą zintegrowanego przycisku enkodera. Jego naciśnięcie powoduje podłączenie końcówki 1 układu IC1 bezpośrednio do masy, czyli do potencjału poniżej napięć wytwarzanych przez obrót enkodera. Umożliwia to mikroprocesorowi wykrycie naciśnięcia przycisku i przełączenie na następny raster strojenia (1, 10, 100 lub 1000 Hz). Kondensator 10 nF zapobiega zakłócaniu procesu wykrywania obrotów enkodera wskutek niepewnego styku przełącznika.

Generowanie sygnału sinusoidalnego

Wyjściowy sygnał audio jest generowany metodą modulacji szerokości impulsu (PWM) przy użyciu jednego z wewnętrznych liczników ATtiny85, którego sygnał jest podawany na jego cyfrowe wyjście 6. Modulowana nośna 62,5 kHz ma częstotliwość wyższą niż zwykle stosowana w przypadku użycia kwarcu 8 MHz; skutkuje to o 1% wyższymi zniekształceniami.



Rysunek 2. Potencjometr VR1 umożliwia regulację poziomu wyjściowego w pełnym zakresie 0...530 mV RMS. Jeśli jednak potrzebne są przełączane zakresy, można je łatwo dodać za pomocą takiego schematu

Prosty pasywny eliptyczny filtr dolnoprzepustowo-zaporowy w formie trójnika odfiltrowuje nośną od pożądanej sinusoidy. Składa się z trzech kondensatorów, jednej cewki indukcyjnej i podłączony jest za rezystorem 1 kΩ na wyjściu 6. Filtr ten ma tłumienie 40 dB w okolicy 60 kHz. Ta prosta metoda filtrowania zmniejsza pobór prądu i liczbę komponentów.

Jak wspomniano, wyjście PWM jest dopasowane do filtra za pomocą rezystora 1 kΩ. W przeciwnym razie niska impedancja wyjściowa na końcówce mikroprocesora spowodowałaby zwiększenie zniekształceń sinusoidy, szczególnie poniżej jakichś 1,5 kHz. Poziom wyjściowy przefiltrowanego napięcia o wartości międzyszczytowej około 1,5 V można regulować za pomocą potencjometru VR1 na panelu przednim.

Rezystor RX jest opcjonalny. Może to być proste połączenie zworką, jeśli zakres wyjściowy jest odpowiedni dla aplikacji, lub można dołączyć dodatkowy rezystor w celu zmniejszenia maksymalnego poziomu. Alternatywnie, dwu- lub trójdrożny przełącznik i dodatkowe rezystory można wlutować szeregowo z potencjometrem wyjściowym, aby zapewnić szeroki zakres poziomów wyjściowych, jeśli pozwala na to miejsce.

Rysunek 2 przedstawia jeden z możliwych układów tłumika rezystancyjnego wykorzystującego przełącznik trójpozycyjny. Zapewniono miejsce na umieszczenie tego zestawu na płytce drukowanej za pomocą połączeń dla RX. Wersja opisana tutaj nie implementuje tej opcjonalnej funkcji, dzięki czemu gotowy oscylator jest tak mały, jak to tylko możliwe.

Na wyjściu nie ma żadnego kondensatora blokującego DC. Większość urządzeń, do których podawany jest sygnał sinusoidalny, posiada kondensator wejściowy. Jednak w razie potrzeby odpowiedni kondensator można wcisnąć w pozostałą wolną przestrzeń wokół VR1.

Oprogramowanie

Oprogramowanie zostało napisane przy użyciu kombinacji kodu asemblera i BASCOM-u, języka kompilowanego na wzór BASIC-a dla rodziny AVR Atmel/Microchip. Kod asemblera jest wykorzystywany w głównej procedurze generowania częstotliwości, która musi być bardzo szybka. Inne sekcje, takie jak kod obsługi przerwań oraz procedury I^2C i OLED, są napisane w języku BASIC, ponieważ nie są tak krytyczne pod względem szybkości.

Tabela wyszukiwania DDS zawiera 256 bajtów danych definiujących amplitudę fali sinusoidalnej w funkcji czasu. Częstotliwość jest dokładnie określona przez wartość 24-bitowego słowa używanego do inkrementacji akumulatora cyklu DDS. Jeden bajt (osiem bitów) tego słowa jest używany jako wskaźnik w danych amplitudy sinusoidy, a pozostałe dwa bajty (16 bitów) reprezentują pozycję ułamkową.

Wraz z dokładnym i stabilnym zegarem procesora sterowanym kwarcem, akumulator o szerokości 24 bitów zapewnia doskonałą precyzję częstotliwości,.

Podprogram szybkiego przerwania obsługuje enkoder obrotowy i wybór rastra kroku strojenia. Wyszukuje zdefiniowane zmiany napięcia w celu określenia kierunku obrotu, liczby kroków/obrotów i wyboru rastra strojenia.

Procedura przerwania nieuchronnie zakłóca na krótko przebieg sygnału wyjściowego podczas zmiany częstotliwości. Ale

eprasa.pl d6549b2eb6

kształt sinusoidy nigdy nie będzie idealny, gdy częstotliwość jest zmieniana.

Aktualizacje treści na ultrakompaktowym wyświetlaczu OLED o rozdzielczości 64×32 pikseli są przesyłane za pośrednictwem magistrali szeregowej I²C. Zintegrowany kontroler SSD1306 na płytce wyświetlacza wymaga starannej inicjalizacji, aby zapewnić prawidłowe działanie. Jego ustawienia parametrów znacznie różnią się od tych wymaganych dla większych i częściej spotykanych wyświetlaczy OLED 128×32 lub 128×64, pomimo zastosowania identycznego sterownika.

Oprogramowanie wyświetlacza wykorzystuje również specjalnie zaprojektowany dla tego wyświetlacza kształt czcionki, pokazany na ekranie 1 na końcu tekstu. Ma on na celu zmaksymalizowanie czytelności i widoczności znaków pomimo ich małych rozmiarów.

Zaprojektowany czterocyfrowy wyświetlacz w dużej mierze decyduje o zakresie częstotliwości oscylatora. Dokładne wyświetlanie częstotliwości 10 kHz lub wyższych wymagałoby bowiem pięciu cyfr. Zmniejszyłoby to czytelność wyświetlacza poza akceptowalny poziom, szczególnie dla osób o ograniczonej zdolności widzenia.

Należy zauważyć, że dostępne są mniejsze wyświetlacze OLED o przekątnej 0,42 cala i rozdzielczości 72×40 pikseli, ale co dziwne, są one zbudowane na większej płytce drukowanej niż wybrany przez nas moduł OLED o przekątnej 0,49 cala i rozdzielczości 64×32 pikseli! Nie ma więc większych korzyści z używania innych wyświetlaczy, ale jeśli taki posiadasz, będzie on działał.

Oprogramowanie jest również kompatybilne z niektórymi, ale nie wszystkimi, wyświetlaczami OLED 0,96 cala 128×64 wykorzystującymi sterowniki SSD1306. Niektóre z nich mają bardzo wolny (wadliwy) reset I²C i nie będą działać poprawnie z tym oprogramowaniem. Oprogramowanie nie będzie działać z żadnymi wyświetlaczami OLED wyposażonymi w alternatywny „kompatybilny" sterownik SH1106.

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
1 płytka drukowana o kodzie 01110201 i wymiarach 65,5x24,25 mm
1 kwarc niskoprofilowy 8 MHz (X1) [Altronics V1249A]
1 mikroprocesor ATtiny85 8-bit, DIP-8, zaprogramowany kodem 0111020A.hex [Jaycar ZZ8721 lub Altronics Z5105]
1 podstawka DIL-8 (precyzyjna) IC
1 impulsowy enkoder obrotowy ze zintegrowanym przełącznikiem przyciskowym (RE1) [patrz tekst]
1 przełącznik suwakowy DPDT (S1) [Jaycar SS0852, Altronics S2010]
1 moduł wyświetlacza OLED I²C o przekątnej 0,49 cala i rozdzielczości 64x32 [eBay, AliExpress itp.]
1 dławik pionowy walcowy 15 mH 47-52 Ω Murata (L1) [np. Murata 17156C (Digi-Key) lub Murata 22R156C (RS)].
2 2-szpilkowe odcinki listwy kołkowej i pasujące gniazda (CON1 i CON2; opcjonalnie)
1 jednorzędowe gniazdo żeńskie 4-stykowe, najlepiej typu niskoprofilowego (CON3), patrz tekst
1 4-szpilkowy odcinek listwy kołkowej (podłączany do CON3; może być dostarczony z ekranem OLED)
2 pokrętła pasujące do RE1 i VR1 [drukowane w 3D lub Altronics H6016]
1 uchwyt na ogniwa 2 x AAA antyrównoległy (opcjonalnie; patrz tekst) [Jaycar PH9226, Altronics S5052].
1 para małych zacisków krokodylkowych [Jaycar HM3020, Altronics P0101+P0102].
1 wydrukowana w 3D plastikowa obudowa o wymiarach 75x30x34 mm (lub pudełko UB5 Jiffy – patrz tekst)
1 przewód dwużyłowy o długości 300 mm do lekkich lub średnich obciążeń
1 przewód o długości 100 mm w kolorze czerwonym do niskich obciążeń
1 przewód o długości 100 mm w kolorze czarnym do niskich obciążeń
1 20 mm podwójnego przewodu izolowanego (np. przewód dzwonkowy lub przewód połączeniowy)

Kondensatory:
1 kondensator elektrolityczny 4,7 µF 50 V
1 kondensator ceramiczny 100 nF MLC
2 kondensatory foliowe 33 nF MKT
1 kondensator foliowy 10 nF MKT
1 kondensator ceramiczny 470 pF
2 kondensatory ceramiczne 15 pF

Rezystory: (wszystkie 1/4W 1% metalizowane)
1 szt. 10 kΩ 1 szt. 3,9 kΩ 1 szt. 1,8 kΩ 1 szt.1 kΩ
1 szt. 1 kΩ potencjometr liniowy 9 mm (VR1) [Jaycar RP8504, Altronics R1986]
Płytka adaptera programowania (opcjonalnie, taniej kupisz na dowolnym portalu aukcyjnym)
1 płytka drukowana oznaczona kodem 01110202, o wymiarach 25,5x22 mm
1 podstawka DIL-8 IC
1 odcinek dwurzędowej listwy kołkowej 3x2 (CON4)
1 czerwona dioda LED 3 mm (LED1)
1 kondensator ceramiczny 100 nF
1 rezystor 1 kΩ 1/4 W

Wybór enkodera obrotowego

Enkoder obrotowy używany w tym projekcie ma krytyczne znaczenie. Musi to być enkoder obrotowy typu impulsowego. Niestety, są one wizualnie nie do odróżnienia od enkoderów sterujących poziomem; co gorsza, większość dostawców nie powie Ci, jaki typ sprzedają!

Pod względem elektrycznym są one jednak zupełnie inne. Dwa wyjścia w enkoderach sterowania poziomem zmieniają się po „kliknięciu" lub zatrzymaniu, gdy ośka jest obracana, a dwa styki wyjściowe enkodera pozostają ustalone w jednym z czterech kwadraturowych stanów wyjściowych enkodera, gdy ośka jest nieruchoma.

Z kolei enkodery obrotowe typu impulsowego wytwarzają parę krótkich impulsów kwadraturowych w połowie kliknięcia, przy czym oba styki wyjściowe enkodera pozostają w stanie otwartym. Te enkodery są najczęściej dostarczane w niskiej cenie od producentów azjatyckich. Ten stan otwartego obwodu w pozycji spoczynkowej jest krytyczny dla generowania pożądanych przebiegów przerwań enkodera używanego w tym projekcie.

Te dwa typy enkoderów można szybko i łatwo rozróżnić za pomocą testera ciągłości. Enkoder można przetestować za pomocą omomierza lub nawet tak prostego układu jak szeregowa dioda LED, rezystor i bateria w następujący sposób:

1. Podłącz jeden przewód miernika do środkowego styku potrójnego złącza (zignoruj podwójne po przeciwnej stronie).
2. Podłącz drugi przewód do jednego ze styków po obu stronach środkowego; nie ma znaczenia, do którego.
3. Obróć ośkę o jedno kliknięcie.
4. Zmierz ciągłość, gdy enkoder jest w spoczynku.
5. Powtórz kroki 3 i 4 kilka razy.

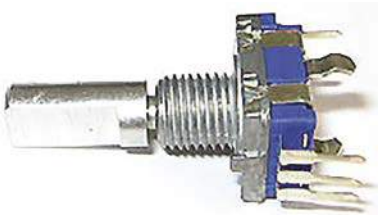
Jeśli enkoder jest typu impulsowego, miernik powinien pokazywać obwód otwarty (bardzo wysoką rezystancję) we wszystkich pozycjach spoczynkowych. Podczas obracania enkodera powinien być widoczny krótki okres ciągłości (niska rezystancja).

Jeśli enkoder jest typu sterowania poziomem, miernik pokaże ciągłość w co drugiej pozycji zatrzymania i obwód otwarty w pozostałych pozycjach zatrzymania.

Autor sugeruje więc zamówienie enkodera ze strony internetowej takiej jak eBay, AliExpress lub Banggood, a następnie sprawdzenie, przed przystąpieniem do budowy, czy jest to typ impulsowy, przy użyciu powyższej metody.

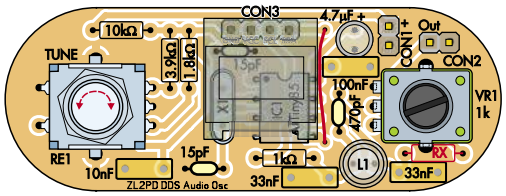
Budowa

Kieszonkowy kwarcowy oscylator audio jest zbudowany na płytce drukowanej o kodzie 01110201 i wymiarach 65,5×24,25 mm. Przykładowo, Autor



Zdjęcie kłopotliwego enkodera obrotowego. Niestety, enkodery sterujące poziomem są zewnętrznie nie do odróżnienia od enkoderów impulsowych, których potrzebujemy. Trzeba po prostu zgadywać, który z nich zamówić, a następnie, gdy dotrze, przetestować go, korzystając z procedury opisanej w tekście

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 3. Schemat montażowy komponentów na płytce drukowanej, z pasującymi zdjęciami ułatwiającymi montaż. Nie należy montować CON1 i CON2 podczas korzystania z obudowy drukowanej. Połączenie przewodowe (pokazane na czerwono) nie jest potrzebne w przypadku komercyjnych płytek dwustronnych. Wyświetlacz OLED (nie pokazany na zdjęciu po prawej) podłącza się do złącza CON3 po zamontowaniu pozostałych komponentów

swoją płytkę wytrawił w domu, ale wersja komercyjna dostępna w Silicon Chip ONLINE SHOP kosztuje tylko kilka dolarów.

Zapoznaj się ze schematem montażowym elementów na PCB, **rysunek 3**, aby zobaczyć, które części gdzie pasują.

Rady dla tych, którzy wykonują tę jednostronną płytkę PCB w domu. Płytkę można pozostawić prostokątną, jeśli będzie ona wpasowana do pudełka Jiffy, lub ostrożnie przyciąć wzdłuż zakrzywionego obrysu PCB, jeśli używana jest obudowa wydrukowana w technice 3D.

Budowę rozpocznij od zamontowania rezystorów, a następnie kondensatorów. Pojedynczy kondensator elektrolityczny jest jedynym spolaryzowanym kondensatorem; jego dłuższe wyprowadzenie wchodzi w otwór najbliżej krawędzi płytki, oznaczony symbolem +. Kondensator elektrolityczny 4,7 µF należy również odsunąć od płytki o około 1,5 mm, aby umożliwić jego wygięcie po włożeniu do wydrukowanej w 3D obudowy.

Następnie przylutuj obudowę kwarcu do płytki PCB, a potem podstawkę DIL-8 dla IC. Upewnij się, że wycięcie przy styku 1 podstawki jest usytuowane w pokazanym kierunku.

Jeśli wytrawiłeś płytkę samodzielnie, musisz zastosować jedną izolowaną zworkę, pokazaną na czerwono na rysunku 3. Płytka komercyjna powinna mieć na górnej stronie ścieżkę łączącą te punkty, więc nie będzie potrzeby instalowania połączenia.

Następnie zamontuj jednorzędowe gniazdo 4-stykowe (np. kod: Z-BL04) wyświetlacza (CON3), a potem cewkę indukcyjną 15 mH. Kolejno należy zamontować enkoder obrotowy i potencjometr.

W zależności od rodzaju zakupionego potencjometru o średnicy 9 mm, może on być montowany bezpośrednio na płytce drukowanej lub korzystać z przewodów w celu przedłużenia styków, aby umożliwić montaż pionowy. W takim przypadku dobrym pomysłem będzie również przyklejenie korpusu potencjometru do płytki (np. za pomocą neutralnie utwardzanego silikonu), ponieważ potencjometry poziome nie mają zaczepów montażowych, które występują w typach pionowych.

Następnie podłącz parę cienkich, izolowanych przewodów: czerwonego i czarnego, o długości po 50 mm, do CON1 w celu zasilania. Można do tego celu użyć gniazda lub, tak jak to zrobił Autor, po prostu przylutować przewody w otworach płytki drukowanej. Podobnie, podłącz podwójny przewód wyjściowy o długości 300 mm do CON2. Jeśli nie masz podwójnego przewodu, możesz zacisnąć kawałek rurki termokurczliwej na dwóch pojedynczych przewodach o dopuszczalnym lekkim lub średnim obciążeniu. Nie podłączaj jeszcze niczego do drugiego końca tych przewodów.

Programowanie IC1

Jeśli masz pusty układ mikroprocesora, zaprogramuj go zgodnie z ramką oznaczoną „Programowanie ATtiny85”.

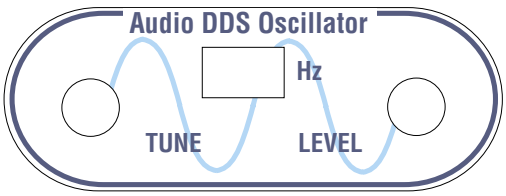
Po zaprogramowaniu (lub jeśli kupiłeś wstępnie zaprogramowany scalak), włóż go do podstawki, upewniając się, że jego kropka przy styku 1 pokrywa się z wycięciem na podstawce. Może być konieczne wyprostowanie końcówek, aby pasowały do podstawki. Należy uważać, aby żadne z wyprowadzeń nie zawinęło się pod obudowę scalaka podczas wkładania w podstawkę.

Następnie podłącz wyświetlacz OLED do gniazda na płytce drukowanej. Ekran jest zwykle dostarczany z czteroszpilkową listwą kołkową o rastrze 2,54 mm. Jeśli listwa nie została jeszcze zamontowana na płytce drukowanej wyświetlacza, należy ją teraz przylutować.

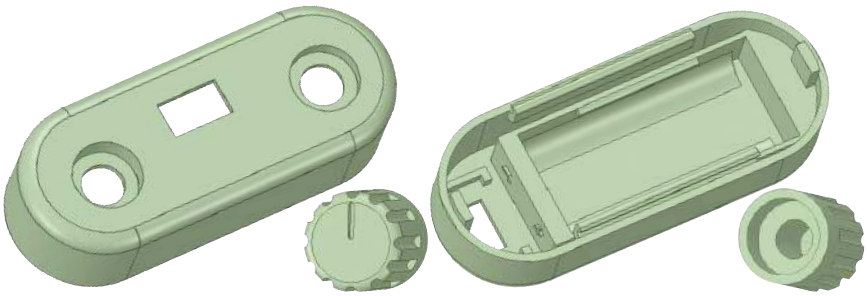
Następnie, jeśli używasz gniazda o standardowej wysokości dla CON3, użyj ostrego noża lub innego ostrza, aby ostrożnie usunąć plastikowy separator styków na górze gniazda. Następnie skróć cztery szpilki wyświetlacza o około 2 mm. Pozwoli to na jak najlepsze dopasowanie wyświetlacza do górnej części układu ATtiny85. Zobacz zdjęcie z boku, gdzie pokazano, jak to wygląda – wyświetlacz praktycznie „leży” na mikroprocesorze.

Jeśli jesteś w stanie uzyskać gniazdo niskoprofilowe dla CON3 (np. kod: Z-BL20 PREC N), nie powinno to być konieczne. Wyświetlacz powinien po prostu dać się wcisnąć prosto do gniazda, chociaż nadal może być konieczne skrócenie szpilek wyświetlacza.

Płytkę można teraz przetestować. Przed podłączeniem zasilania 3 V dokładnie sprawdź wszystkie lutowania pod kątem zwarć lub braku połączeń. Jeśli wszystko wygląda



Rysunek 4. Tę grafikę można wydrukować, zalaminować, wyciąć i przymocować do przedniego panelu urządzenia za pomocą kleju lub taśmy dwustronnej. Można ją również pobrać w formacie PDF ze strony internetowej Silicon Chip



Rysunek 5. Rzuty konstrukcyjne wydrukowanego w 3D przedniego i tylnego panelu, które tworzą niestandardową obudowę, wraz z pokrętłami wydrukowanymi w 3D. Powiązane pliki STL można pobrać ze strony internetowej SC lub zakupić gotowe wypraski. Tylny panel ma zintegrowany uchwyt na baterie, ale należy wykonać lub nabyć zaciski sprężynowe i klipsy (np. jako część zestawu Silicon Chip), jak opisano w tekście

eprasa.pl d6549b2eb6

w porządku, podłącz zasilanie 3 V (ważne: nie więcej niż 3,3 V!) i sprawdź, czy generator działa zgodnie z oczekiwaniami.

Wykonanie obudowy

Teraz powinna być przygotowana i zmontowana obudowa wraz z uchwytem baterii i przełącznikiem zasilania.

Jeśli chcesz, możesz kupić małą obudowę Jiffy Box od zwykłych dostawców. Alternatywnie, możesz uzyskać wydrukowane w 3D niestandardowe części obudowy ze sklepu Silicon Chip lub wykonać je samodzielnie, jeśli masz drukarkę 3D – patrz **rysunek 5**.

Do wydrukowania obudowy wymagane są dwa pliki; pierwszy dotyczy przedniej połowy obudowy, a drugi tylnej połowy ze zintegrowanym uchwytem na baterię. Są one dostępne do pobrania w standardowym formacie STL.

Można je wydrukować w 3D przy użyciu typowej żyłki (filamentu) PLA w dowolnym kolorze. Prototypowa obudowa została wydrukowana przy wypełnieniu 50% i grubości warstwy 0,2 mm, z szarego polilaktydu, choć podane parametry nie są krytyczne. Każda połówka wymaga około 2 g żyłki. Jeśli nie posiadasz własnej drukarki 3D, możesz również udać się do centrum twórców Jaycar, lub poszukać punktu usługowego albo znajomego z drukarką 3D, i tam wykonać wydruk.

Dwie połówki obudowy zatrzaskują się ze sobą bez konieczności stosowania dodatkowych śrub.

Zintegrowany uchwyt na baterię w tylnej części jest przystosowany do dwóch ogniw AAA. Wymaga to dodania styków, okablowania i zworki baterii.

Styki baterii można wykonać wycinając krążki o średnicy 4 mm i 3 mm z cienkiej blachy. Do prototypu użyto kawałka blachy o grubości 0,2 mm. Możliwe jest przetworzenie

Programowanie ATtiny85

Jeśli nie zakupiłeś wstępnie zaprogramowanego mikroprocesora ATtiny85, będziesz musiał zaprogramować swój pusty układ przed jego użyciem. Możesz użyć programatora AVR ISP, takiego jak USBasp (patrz https://tiny.pl/ct51f). Można go kupić online od wielu dostawców, często za mniej niż 3 USD, łącznie z dostawą!

Takie programatory są używane z komputerem PC lub laptopem; odpowiednie oprogramowanie jest dostępne dla systemów Windows, Linux i MacOS. Niniejszy opis skupi się na platformie Windows.

Sterowniki dla wybranego programatora muszą być zainstalowane przed jego użyciem. Sterowniki dla USBasp można pobrać z powyższego łącza.

Wymagane jest również oprogramowanie do programowania. Oprogramowanie (bezpłatne) dla systemu Windows obejmuje eXtreme Burner (https://tiny.pl/ct519), AVRDUDESS (https://tiny.pl/ct51c) i Khazama (https://tiny.pl/ct51d).

Istnieje wiele stron internetowych i filmów na YouTube opisujących konfigurację i korzystanie z tych programów. Poniżej znajduje się podsumowanie procedury wymaganej do zaprogramowania ATtiny85 dla tego projektu:

1. Załaduj sterowniki USBasp.
2. Podłącz i zakończ instalację programatora USBasp. Jeśli na programatorze USBasp dostępna jest opcja, a niektóre płyty obsługują tę funkcję, wybierz napięcie 5 V zamiast 3,3 V do programowania ATtiny85.
3. Pobierz oprogramowanie i zainstaluj je.
4. Otwórz oprogramowanie i wybierz ATtiny85 jako ukłd docelowy.
5. Pobierz plik HEX dla generatora audio DDS i wybierz go jako plik do zaprogramowania ATtiny85.
6. Podłącz sześciostykowe gniazdo na końcu przewodu programatora USBasp do CON4 na płytce adaptera programowania (więcej na ten temat poniżej). Kolorowe oznaczenie przewodu taśmowego musi znaleźć się przy szpilce oznaczonej 1 na płytce adaptera.
7. Wybierz „Write FLASH buffer to chip" lub „Write – Flash", aby zaprogramować ATtiny85 plikiem HEX. Diody LED na USBasp będą obłędnie szybko migać przez około minutę podczas programowania plikiem HEX. Może zostać wyświetlony wykres paskowy pokazujący postęp.
8. Zaprogramuj wewnętrzne rozkazy konfiguracyjne ATtiny85 – („fuse bits"). Te lokalizacje pamięci konfigurują charakterystykę działania ATtiny85 w celu dopasowania do oprogramowania uruchamianego na układzie. Aby to zrobić, wpisz następujące ustawienia na odpowiedniej stronie/sekcji „Fuse" oprogramowania, a następnie kliknij „Zapisz" („Write"), aby wysłać dane do komórek pamięci:
```
Low: 0xEF
High: 0x5F
Extended: 0xFF (bez zmian)
Lock: 0xFF (bez zmian)
```
9. Zakładając, że programator zgłosi pomyślne zaprogramowanie, odłącz kabel programujący od płytki adaptera i przenieś ATtiny85 z płytki adaptera programowania do podstawki na płytce drukowanej oscylatora audio DDS.

Programowanie przy pomocy płytki adaptera

Na płytce oscylatora nie ma złącza programowania dla ATtiny85. Autor programuję swoje układy ATtiny85 za pomocą oddzielnego adaptera zbudowanego ze skrawka płytki prototypowej z podstawką DIL-8 dla IC, 6-szpilkowym złączem programowania w standarcie Atmel i kilkoma elementami pomocniczymi.

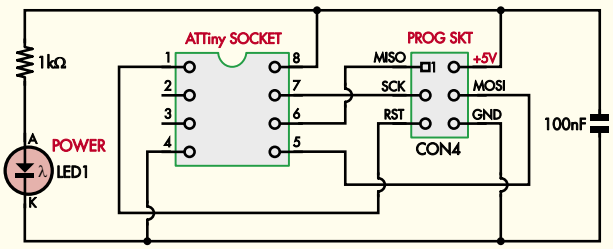
Schemat obwodu dla tego adaptera i równoważnej płytki drukowanej pokazano poniżej. Dla tych, którzy chcą zrobić małą płytkę drukowaną dla tego adaptera programowania: jeśli nie chcesz robić tego na płytce uniwersalnej, możesz zamówić tę płytkę przy zamawianiu głównej płytki drukowanej (i ewentualnie obudowy), za jedyne kilka dolarów więcej.

Rezystor i dioda LED są opcjonalne. Pokazują one, kiedy zasilanie jest doprowadzane do płytki adaptera programowania z programatora USBasp.

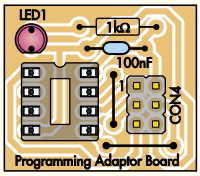
ATtiny85, który ma zostać zaprogramowany, jest wkładany do podstawki DIL-8 IC; upewnij się, że jest prawidłowo zorientowany, z kropką styku 1 w pobliżu wycięcia. Programator USBasp podłącza się do złącza CON4, z kolorowym paskiem przewodu 1 w kierunku znacznika 1 złącza CON4. Zasilanie płytki adaptera programowania pochodzi z USBasp.

Jeśli twój USBasp lub podobny programator ma wybór dostępnych napięć programowania, najlepiej wybrać „5 V" dla niezawodnego zaprogramowania ATtiny85.

Od Red. EdW: taką płytkę adaptera kupisz bez problemu za kilka PLN na znanym portalu aukcyjnym.



Obwód adaptera programowania ATtiny85 po prostu łączy styki mP z 6-szpilkowym złączem programowania, dodatkowo z małym kondensatorem filtracji zasilania



Zamontuj komponenty tak, jak pokazano tutaj; dwa połączenia przewodowe mogą być wykonane z odciętych końcówek elementów. Końcówka 1 układu scalonego i CON4 znajdują się w lewym górnym rogu

eprasa.pl d6549b2eb6

Jedna połowa niestandardowej obudowy mieści płytkę drukowaną, podczas gdy baterie idealnie pasują do drugiej połowy. Alternatywą może być zbudowanie generatora audio w małym pudełku Jiffy (lub podobnym), ale prawdopodobnie nie będziesz w stanie zmieścić go wtedy w kieszeni!

domowej puszki; pokrywki Milo są ładne i płaskie.

Te ręcznie wykonane styki baterii powinny w przybliżeniu pasować do wgłębień znajdujących się wewnątrz uchwytu baterii po stronie przełącznika.

Przylutuj 10 mm czerwonego cienkiego izolowanego elastycznego przewodu do środka mniejszego okręgu i podobnej długości odcinek czarnego przewodu do jednej krawędzi większego okręgu. Przewód należy następnie przełożyć przez obudowę uchwytu baterii po stronie przełącznika, a metalowe okręgi przykleić na miejscu za pomocą żywicy epoksydowej.

Po zastygnięciu kleju przetestuj parę baterii AAA. Powinny one mocno zatrzasnąć się obok siebie, ale prawdopodobnie będą przesuwać się w uchwycie o około 1...1,5 mm. Zegnij zworkę baterii po stronie przeciwnej do wyłącznika, aby wypełnić tę przestrzeń. W jednym z końców komory baterii znajduje się otwór na zagięty łącznik.

Aby to zrobić, wytnij pasek blachy o wymiarach 60×8 mm. Przytnij i wygnij go w przybliżeniu w spłaszczony kształt litery C, aby dopasować go do dostępnej przestrzeni. Po prawidłowym złożeniu baterie będą dobrze pasować do uchwytu. Wraz z plastikową obudową PLA, układ zapewni również niewielki nacisk, aby utrzymać dobry kontakt z bateriami.

Przydatną pomocą podczas tego procesu montażu jest woltomierz podpięty do czarnego i czerwonego przewodu. Pozwala to na sprawdzenie wszystkich połączeń pod kątem niezawodności podczas końcowego montażu.

Ekran 1. Pomimo tego, że ekran jest dość mały (o przekątnej około 12 mm – tutaj jest pokazany około dwa razy większy), aktualnie wybrana częstotliwość jest wyraźnie widoczna dzięki pogrubionej czcionce, a jej cztery cyfry zajmują całą szerokość wyświetlacza

Zakończenie budowy

Teraz można zakończyć podłączanie przewodów do przełącznika zasilania. Rozpocznij od podłączenia krótkich czerwonych i czarnych przewodów z płytki drukowanej do przełącznika. Powinny one mieć długość około 50 mm. Upewnij się, że przełącznik zasilania jest wyłączony, a baterie są wyjęte z uchwytu przed przylutowaniem przewodów zasilania.

Przełącznik można teraz zamontować na tylnym panelu za pomocą niewielkiej ilości kleju topliwego lub neutralnie utwardzanego silikonu. Jeśli przełącznik suwakowy ma wypustki montażowe, należy je najpierw przyciąć za pomocą nożyc do blachy.

Zamontuj płytkę drukowaną w przedniej połowie obudowy, najpierw przeprowadzając przewody wyjściowe przez przewidziany do tego otwór. Zespół PCB jest montowany za pomocą nakrętek i podkładek dostarczonych z enkoderem obrotowym i potencjometrem. Potencjometry montowane pionowo mogą nie mieć nakrętek; w takim przypadku będzie to tylko piasta enkodera obrotowego i nakrętka przytrzymująca płytkę.

Można teraz przymocować małe zaciski krokodylkowe do przewodów wyjściowych. Alternatywnie, jeśli używasz pudełka Jiffy, możesz użyć małego złącza wyjściowego zamontowanego na jednym końcu obudowy. Opcje obejmują montowane na panelu gniazdo RCA (np. Jaycar Cat PS0270 lub Altronics Cat P0161 itp.) lub gniazdo audio jack mono 3,5 mm (np. Altronics Cat P0093 lub Jaycar Cat PS0122 itp.).

Wydrukuj grafikę panelu przedniego (rysunek 4) i przymocuj ją do przedniej części obudowy. Grafikę można wydrukować na kolorowej drukarce laserowej lub atramentowej. Przytnij grafikę do odpowiedniego rozmiaru i pokryj ją przezroczystą folią samoprzylepną. Ten panel graficzny można następnie przykleić do przedniej części obudowy. Z powodzeniem można użyć dwustronnej taśmy klejącej.

W przypadku użycia kleju, pożądane jest wcześniejsze pokrycie tylnej części grafiki innym kawałkiem folii samoprzylepnej, aby zapobiec przenikaniu kleju przez wydrukowaną grafikę.

Teraz można zamontować dwa pokrętła na osiach. W prototypie wykorzystano dwa pokrętła zaprojektowane specjalnie dla tego urządzenia, które zostały wydrukowane w 3D (patrz rysunek 5). Te pliki STL są również dostępne do pobrania, a jeśli kupisz obudowę wydrukowaną w 3D, będzie ona dostarczona z pokrętłami. Są one mocno osadzone na odpowiednich ośkach. Alternatywnie, zobacz listę komercyjnych zamienników.

Ostatnim krokiem jest zainstalowanie baterii. Następnie należy spiąć obie części obudowy i generator jest gotowy do użycia.

Działanie

Trudno o coś prostszego. Włącz urządzenie, wybierz żądaną częstotliwość za pomocą pokrętła strojenia, ustaw żądany poziom wyjściowy za pomocą regulatora poziomu i gotowe. Naciśnij pokrętło strojenia, aby przejść przez różne opcje rastra częstotliwości: 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, a następnie z powrotem do 1 Hz.

Pomimo swojej prostoty, ten niewielki generator audio jest zaskakująco użyteczny. Autor ma nadzieję, że jeden z nich znajdzie się w kieszeni Twojej koszuli. ■

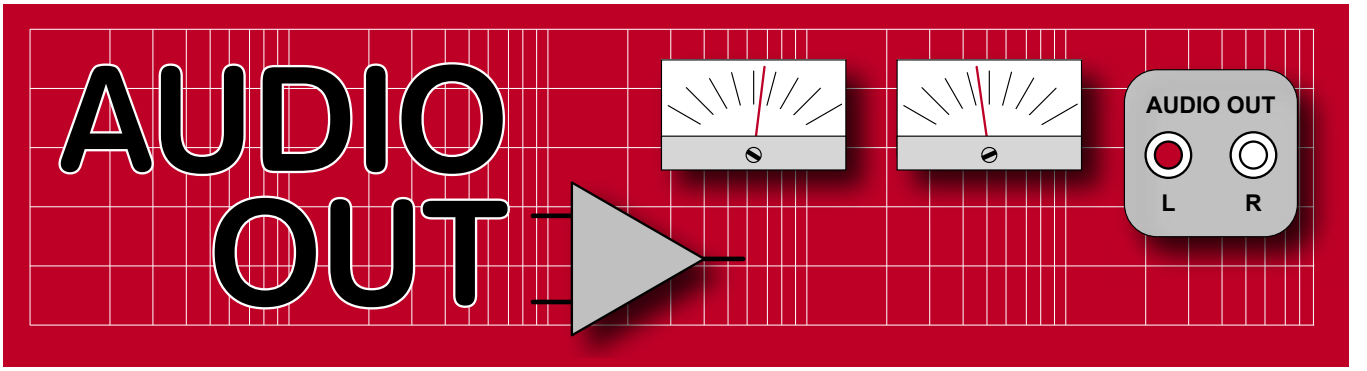
Andrew Woodfield

Pozyskiwanie części

Ze względu na trudności w pozyskaniu impulsowych enkoderów obrotowych używanych w tym projekcie z jakąkolwiek pewnością, Silicon Chip ONLINE SHOP będzie je magazynować i sprzedawać (Cat SC5601).
Sprawdzimy każdą partię, aby upewnić się, że jest to właściwy typ! Ta część może być również używana w niektórych z naszych poprzednich projektów, takich jak generator sygnału RF AM/FM/CW Scanning HF/VHF i DIY Solder Reflow Oven (Piec do lutowania rozpływowego, EdW, numery 5-6 z 2023 r.).
Zdecydowaliśmy się również zaoferować (prawie) kompletny zestaw dla tego projektu, Cat SC5622. Będzie on zawierał zaprogramowany mikroprocesor, płytkę drukowaną, wszystkie części składowe i obudowę wydrukowaną w 3D. Obudowa została zmodyfikowana, aby pomieścić gotowe klipsy do baterii AAA, które to klipsy również znajdą się w zestawie. Wraz z obudową dostarczymy standardowe pokrętła (a nie wydrukowane w 3D). Jedyne części, których nie ma w zestawie, to przewody i baterie.
Więcej informacji można znaleźć w naszym sklepie internetowym na stronach 104 i 105 SC z września 2020 r.

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

eprasa.pl d6549b2eb6



Niskoszumny zasilacz do Theremina, część 2

W zeszłym miesiącu omawialiśmy znaczenie stosowania zasilacza o niskim poziomie szumów, do wrażliwych aplikacji audio, takich jak na przykład Theremin. W tym miesiącu odejdziemy od teorii i przejdziemy do praktyki. W rzeczywistości zbudujemy nie jeden, a cztery zasilacze bazujące na tej samej uniwersalnej płytce drukowanej, dostarczające różnych napięć wyjściowych.

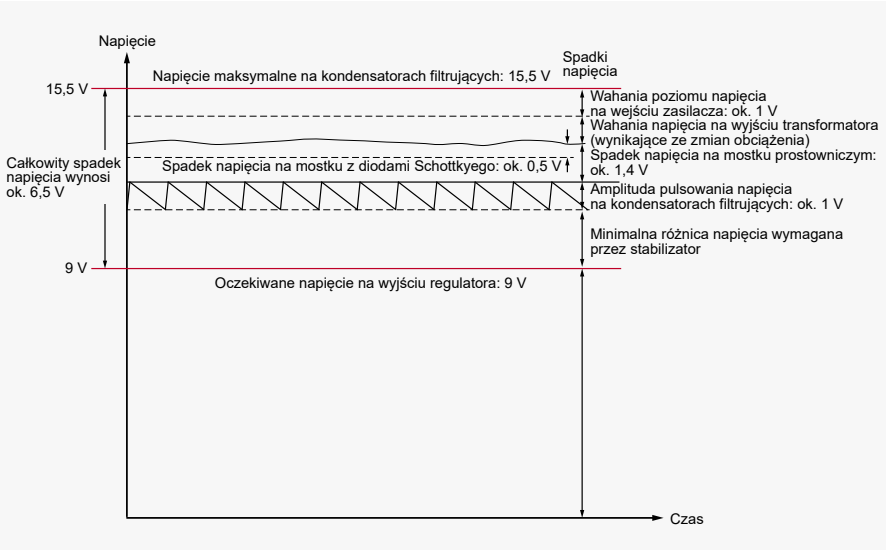
Rozwiązanie podstawowe

W przypadku zasilaczy liniowych musimy uwzględnić wszystkie spadki napięcia w układzie, tak jak to pokazano na **rysunku 15**:

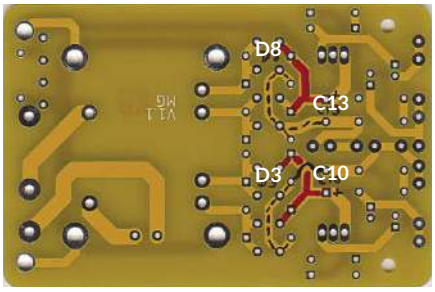
- Zapas wymagany przez stabilizatory (minimalna różnica między napięciem wejściowym i wyjściowym wynosi około 2 V dla użytego tutaj układu LM317).
- Wartość regulacji lub spadek napięcia wyjściowego transformatora przy oczekiwanym prądzie obciążenia.
- Całkowity spadek napięcia przewodzenia (Uf) na diodach prostowniczych (1,4 V dla krzemowych lub 0,5 V dla diod Schottky'ego).
- Minimalne napięcie wejściowe na dole fali tętnienia napięcia na kondensatorze filtru. Można to zminimalizować, instalując największe kondensatory wygładzające (C10/13), dające się fizycznie zmieścić w małym zasilaczu (zwykle od 1000 do 2200 µF).

Ponieważ jest to obwód składający się z prostownika mostkowego i filtru pojemnościowego, to napięcie wyjściowe jest teoretycznie równe wartości szczytowej napięcia przemiennego (1,4 wartości skutecznej napięcia wejściowego), co daje nam użyteczne podbicie napięcia. Jednak ta energia nie bierze się znikąd – gdy napięcie z prostownika zbliża się do wartości szczytowej, to pojemności pobierają bardzo duży prąd i gromadzą energię. Wszystkie te czynniki ograniczają rzeczywisty prąd, który można pobrać z zasilacza, do około 120 mA, jeśli stabilizowane napięcia są ustawione na około 9 V i 15 V. Przynajmniej na tym poziomie nie będziemy potrzebować żadnych radiatorów na stabilizatorach.

Obwód jest zatem idealny do zasilania Theremina lub innych wrażliwych obwodów, a także mamy izolowane zasilanie 15 V dla wzmacniacza audio, co pozwala uniknąć interakcji między dwiema sekcjami.

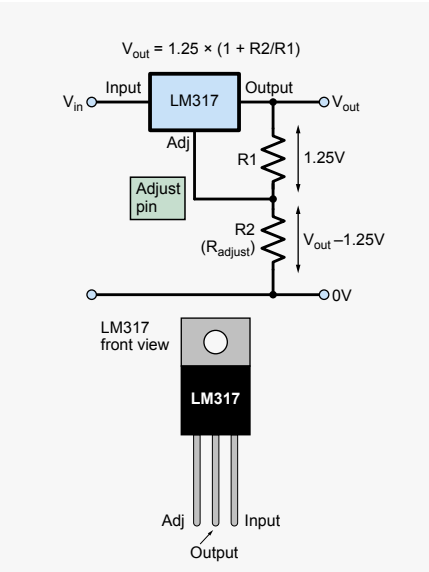


Rysunek 15. Uwzględnienie skumulowanych strat napięcia przy projektowaniu zasilaczy liniowych

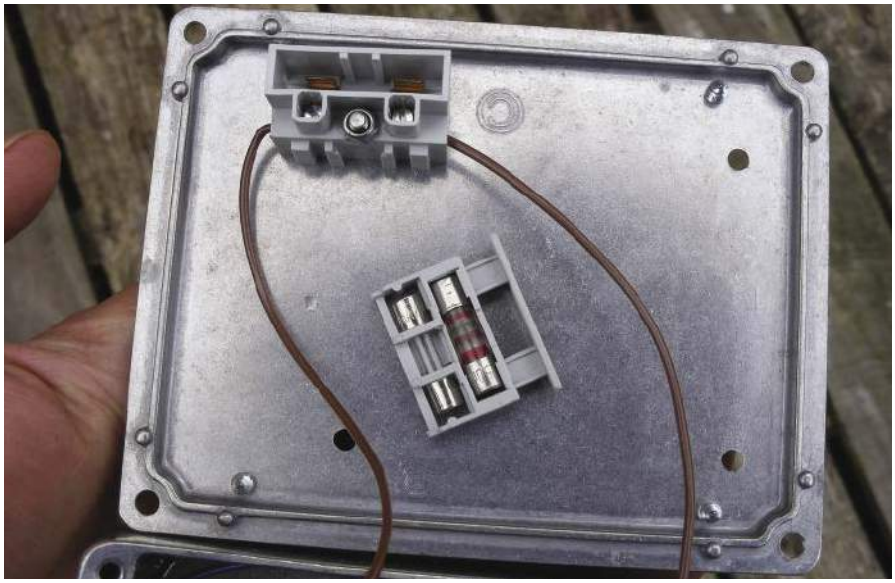


Rysunek 16. Ścieżki miedziane od prostownika do kondensatorów filtra. Mają na sobie paskudne impulsy z powodu prądów doładowania kondensatorów. Nic innego nie może być do nich podłączone, bo w przeciwnym razie pojawi się przydźwięk o częstotliwości 100 Hz. Zwróć uwagę na powyższą płytkę PCB: tor przeskakuje z D3 do C10 po drugiej stronie płytki. (Czerwona to linia dodatnia (+), a czarna kropkowana to linia ujemna (–)

eprasa.pl d6549b2eb6



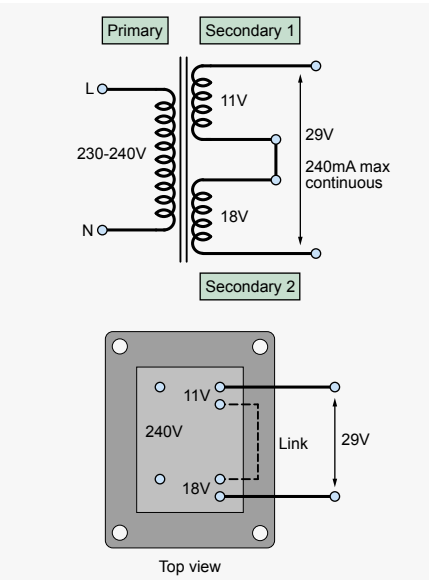
Rysunek 17. Podstawowy obwód stabilizatora napięcia LM317. Dzielnik napięcia o stosunkowo niskiej rezystancji zmniejsza wahania spowodowane zmianami prądu spoczynkowego Iadj, który wypływa z końcówki regulacyjnej



Rysunek 19. Odpowiedni wewnętrzny uchwyt bezpiecznika – jest izolowany, więc nie można ulec porażeniu. Musi być umieszczony w przewodzie fazowym (L)

Projekt płytki drukowanej

Uzyskanie niskiego poziomu przydźwięku na wyjściu zależy od rozłożenia ścieżek na płytce drukowanej. Bardzo ważne jest, aby impulsy doładowywania kondensatorów wygładzających nie nakładały się na napięcie wyjściowe. Można to łatwo osiągnąć, upewniając się, że dwie linie z prostownika prowadzą bezpośrednio do zacisków kondensatora filtru, bez żadnych innych połączeń wzdłuż nich. Linie prowadzące do stabilizatorów muszą być następnie poprowadzone bezpośrednio z zacisków kondensatora filtru. Ta praktyka nazywa się „węzłową" lub „układem gwiazdowym". Dwie ścieżki na płytce drukowanej pokazano na **rysunku 16**. Na płytce nie ma miejsca na układ Zobla, ponieważ kondensatory filtru są dość duże i Theremin poprawnie działa bez niego. Jeśli chcesz taki, będzie on musiał być podłączony na stałe do płyty, prawdopodobnie przy użyciu małej dodatkowej płytki, jak pokazano na rysunku 32. Należy zauważyć, że dla podwójnego wyjścia będzie potrzebny tylko jeden układ Zobla, ponieważ dwa uzwojenia są dobrze sprzężone magnetycznie w transformatorze.



Rysunek 18. W razie potrzeby, uzwojenia wtórne transformatora można łączyć szeregowo, aby uzyskać jednoszynowe zasilanie o wyższym napięciu (do 30 V)

Stabilizatory

Niski poziom szumu stabilizatora napięcia LM317 jest od lat doceniany przez społeczność audio. W latach osiemdziesiątych. był on drogi, a obecnie jest bardzo tani. Charakteryzuje się niskim poziomem szumów, ponieważ zawiera źródło napięcia typu „band-gap" zamiast diody Zenera. Źródło to można również odsprzęgać za pomocą zewnętrznego kondensatora, który obniża poziom szumów dziesięciokrotnie. Klasycznym przykładem źródła odniesienia z pasmem zabronionym jest układ dwóch diod: krzemowej i germanowej, na których, poprzez dobór płynących prądów, ustawia się różnicę napięć 0,43 V, czyli w punkcie maksymalnej stabilności temperaturowej. W przypadku LM317 obwód „band-gap" jest utworzony z dwóch różnych złączy krzemowych dających napięcie odniesienia 1,25 V przy użyciu jednego z unikalnych obwodów, opracowanego przez nieżyjącego już Boba Widlara (warto go poszukać w Wikipedii). Skalując to napięcie za pomocą sieci rezystorów, można uzyskać dowolne pożądane napięcie od Uref do około 37 V, jak pokazano na schemacie podstawowym na **rysunku 17**. Równanie na Uout, opisuje napięcie odniesienia Uref pomnożone przez wzmocnienie wzmacniacza nieodwracającego:

$$U_{wy} = U_{ref} \cdot (1 + \frac{R_2}{R_1}) + I_{adj} \cdot R_2$$

gdzie

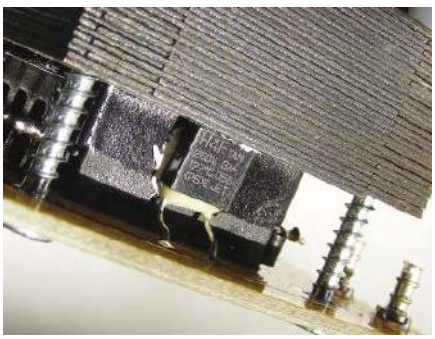
- Uref – napięcie odniesienia, ok. 1,25 V (katalogowo od 1,2 do 1,3 V),
- Iadj – prąd końcówki regulacyjnej (Adj) zwykle 50 µA, maks. 100 µA.

W obliczeniach uproszczonych pomija się drugi człon wyrażenia, jakkolwiek jego wpływ rośnie przy większych napięciach, gdy R2 rośnie.

R1 wynosi zwykle od 120 Ω do 240 Ω; zauważ, że 120 Ω zużywa więcej prądu, ale daje bardziej przewidywalne napięcie (zmniejsza się wpływ Iadj, który ginie na tle Iref=Uref/R1).

Jeśli potrzebujesz kalkulatora on-line, to dobry jest: https://circuitdigest.com/calculators/lm317-resistor-voltage-calculator.

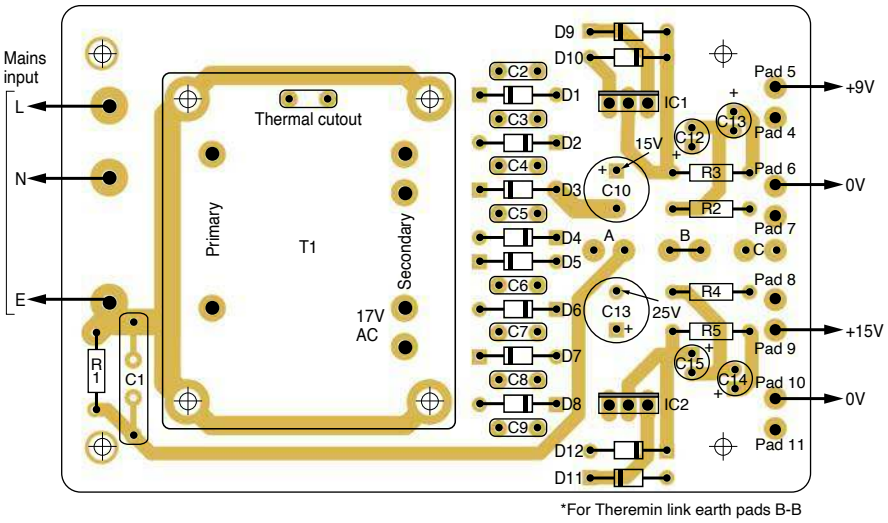
Zwróć uwagę, że ogólna tolerancja ustawionego napięcia LM317 wynosi około 10%, więc



Rysunek 20. Umiejscowienie wyłącznika termicznego; ważne, jeśli używasz plastikowej lub drewnianej obudowy

eprasa.pl d6549b2eb6

Rysunek 21. Kabel wyjściowy zasilaczy prądu stałego to często dwużyłowy kabel o zaznaczonej polaryzacji (o przekroju przypominającym ósemkę), zwykle tani kabel głośnikowy. Zwróć uwagę na gumową przelotkę



Rysunek 23. Standardowy niskoszumny zasilacz do Theremina +9/+15 V dla obwodu z rysunku 22. Uwaga: zworka uziemiająca B, jest wlutowana

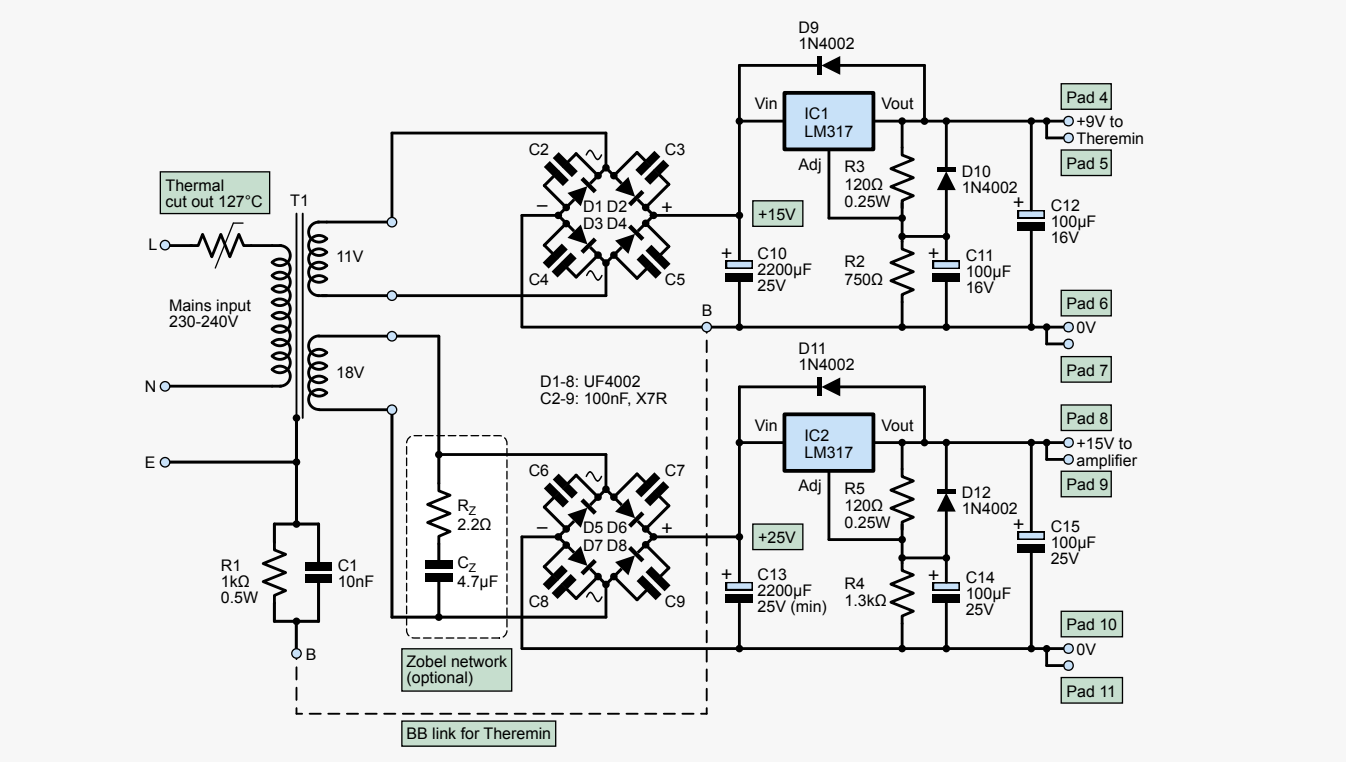
może zajść potrzeba nieznacznego dostrojenia wartości rezystora R2. Ustaw obliczoną wartość R2 nieco większą niż wymagana, a następnie umieść rezystory równolegle z R2, aby zmniejszyć spadek napięcia na nim, aby wytworzyć wymagane napięcie wyjściowe.

Od red. EdW Podana przez Autora metoda dostrajania Uwy jest dość żmudna, wymaga dużej ilości zmierzonych rezystorów i jest szczególnie nieefektywna, gdy potrzeba wykonać wiele sztuk zasilaczy. Rozrzut Uref i Iadj pomiędzy egzemplarzami LM317 wymusza rozpoczynanie procedury dostrajania za każdym razem od nowa. Propozycją jest zastąpienie R1 (121 Ω 1%) szeregowym połączeniem rezystora 100 Ω 1% i potencjometru (np. wielobrotowego) 47 Ω. Zgrubnie napięcie wyjściowe ustawiamy wybraniem R2 z poniższej tabeli i dostrajamy je potencjometrem 47 Ω. Zakres regulacji pokrywa rozrzut wartości Uref i Iadj.

Rezystory o toleracji 1% są obecnie bardzo tanie. Dla napięcia powyżej 15 V uzwojenia transformatora będą musiały być połączone szeregowo (patrz **rysunek 18**), chyba że pobierany prąd jest bardzo mały (z diodami Schottky'ego i obciążeniem około 30 mA można uzyskać 18 V).

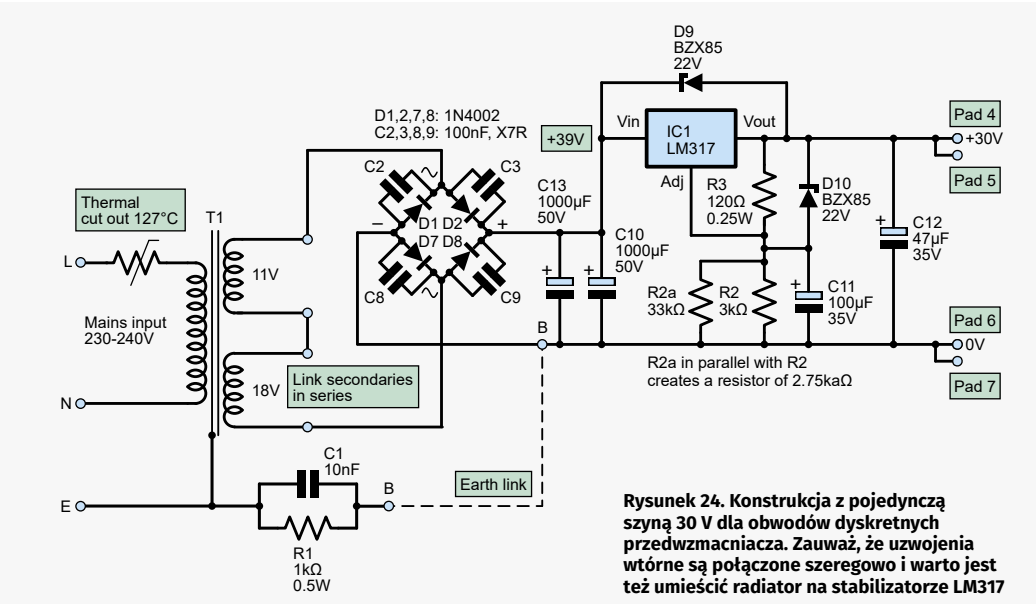
Zabezpieczenie nadprądowe

LM317 ma wbudowane ograniczenie prądu zwarciowego do 1,5 A, przy założeniu masywnego radiatora. Jest to tak wysoka wartość, że jest praktycznie bezużyteczna, zwykle coś innego wybucha jako pierwsze. Tutaj będziemy musieli użyć bezpiecznika włączonego szeregowo z uzwojeniem pierwotnym transformatora. Bezpiecznik zwłoczny o niskiej wartości 250 mA jest mniej więcej właściwy. Nie polegaj tylko na bezpieczniku 13 A we wtyczce sieciowej (Od red. EdW Dotyczy to wtyczek



Rysunek 22. Pełny schemat zasilacza z filtrem Zobla (w ramce z linii przerywanej). Podwójne zasilanie +9 V i +15 V dla Theremina. Zmieniając połączenia i wartości R2 i R4 na 1k (1k02), można to przekształcić w zasilanie ±12 V dla obwodów wzmacniacza operacyjnego (patrz rysunek 27)

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 24. Konstrukcja z pojedynczą szyną 30 V dla obwodów dyskretnych przedwzmacniacza. Zauważ, że uzwojenia wtórne są połączone szeregowo i warto jest też umieścić radiator na stabilizatorze LM317

Uwy (V)	R2 (Ω 1%)
5	357
6	453
7,5	604
9	750
12	1k02
15	1k33
18	1k62
22	2k00
24	2k21
25	2k26
28	2k55
30	2k74

systemu brytyjskiego z wbudowanym bezpiecznikiem. Przy zastosowaniu wtyku stosowanego w Polsce oczywiście w obwodzie będzie jeden bezpiecznik, ten 250 mA). Można to okablować, jak pokazano na **rysunku 19** lub można użyć uchwytu montowanego na obudowie.

Zabezpieczenie termiczne

Bezpiecznik termiczny 127°C lub 105°C jest umieszczony szeregowo z uzwojeniem pierwotnym w celu ochrony transformatora przed przegrzaniem. Jego fizyczne umiejscowienie względem uziemionych blach rdzenia transformatora pokazano na **rysunku 20**. Jeśli się wyłączy, należy go wymienić na nowy (jest jednorazowy).

Zabezpieczenie przepięciowe

Bezwzględna, maksymalna różnica napięć między wejściem i wyjściem stabilizatora LM317 może wynosić 37 V czyli maksymalne napięcie wejściowe może wynosić 40 V (od red. EdW: Istnieje wersja LM317HV, która ma maksymalne napięcie wejściowe wynoszące 60 V). Jeśli uzwojenia wtórne są połączone szeregowo (**rysunek 24**), napięcie bez obciążenia może przekroczyć tę wartość, wymień więc standardowe diody zabezpieczające na diody Zenera (D9, D10 na rysunku 24).

Spis elementów

Elementy nie są trudne do pozyskania – patrz uwagi poniżej dotyczące transformatora oraz w części 1 artykułu. Wybierz wersję. Ta lista dotyczy wersji +9 V/+15 V. Wprowadzono pewne zmiany dla wersji +30 V oznaczonej gwiazdką „*" (dotyczy schematu na rysunku 22).

Rezystory

R1: 1 kΩ 5% 0,5 W
R3, R5: 120 Ω (121 Ω) 1% 0,25 W lub 100 Ω 1% plus pot. 47 Ω wieloobrotowy
R2, R4: patrz powyższa tabela dla wymaganych wartości (użyj 0,25 W, 1%)
R2a*: 33 kΩ (w przypadku gdy R2=3 kΩ co daje wypadkowe 2,75 kΩ)
Rz: 2,2 Ω, 0,25 W, 5% (opcjonalnie w układzie Zobla)

Kondensatory

C1: 10 nF ceramiczny, 5 mm X7R
C2: C9 – 100 nF ceramiczny, 5 mm X7R
C10: 2200 µF 25 V (*1000 µF, 50 V)
C11, C12: 100 µF 25 V (*35 V)
C13: 2200 µF 25 V (*1000 µF, 50 V)
C14, C15: 100 µF 25 V
Cz: 4,7 µF, 63 V dowolny typ niespolaryzowany (układ Zobla)

Uwaga: kondensatory elektrolityczne określają oczekiwaną żywotność zasilaczy liniowych, dlatego należy używać typów o długiej żywotności (>2000 godzin w temperaturze 105°C), producentów takich jak Nichicon, Kemet i Panasonic. Nie muszą to być elementy o niskiej równoważnej rezystancji szeregowej (ESR) (patrz „strojenie" kondensatorów w dalszej części). Wszystkie stosowane kondensatory elektrolityczne są promieniowe.

Półprzewodniki

IC1,2: LM317T regulowany stabilizator napięcia dodatniego
D1–D8: SB40 1A 40V diody Schottky'ego (stosowane tam, gdzie występuje wymagany mały spadek napięcia na prostowniku. Jeśli może wynosić 1,4 V, użyj 1N4002. Aby uzyskać niższy poziom zakłóceń, użyj UF4002)
D9–D12: 1N4001 (*22 V BZX85, 1,3 W dioda Zenera)

Inne

- Uchwyt bezpiecznika, listwa zaciskowa z pojedynczym bezpiecznikiem Camden Boss (Rapid 21-0740 z bezpiecznikiem T250 mA 20 mm)
- Złącze IEC (Rapid Bulgin 51-4336 lub AVT nr GN ZAS.6100)
- Osłona gumowa na złącz IEC (Cliff Rapid 23-0350)
- Śruby mocujące M3 × 40 mm
- Odlewane pudełko, 115×90×55 mm Eddystone lub Hammonda 120×100×60 mm lub Rapid 30-7070.
- Wyłącznik termiczny SetFuse X1 (Rapid 26-0940 (127°C) lub 26-0900 (105°C)) lub AVT nr TZ-P120/2 (120°)
- Radiator do obudowy TO220
- Przelotka gumowa na przewody – otwór wyjściowy (Rapid 04-0202)

Transformator i PCB

Można je uzyskać w serwisie PE PCB. Inne części są dostępne u autora (jacob.rothman@hotmail.com).

Złącza zasilania

Gniazdo zasilania sieciowego jest standardowe, dzięki IEC (Międzynarodowej Komisji Elektrycznej). Jednak w przypadku złączy wyjściowych, przygotuj się na wejście na standaryzacyjne pole minowe, to kompletny chaos. Możesz użyć zacisków śrubowych, 4-pinowych męskich gniazd XLR, listew zaciskowych lub jednego z tak zwanych złączy DC z bolcem zewnętrznym i środkowym.

eprasa.pl d6549b2eb6

Jednym z tak zwanych „standardów" w branży audio dla akcesoriów gitarowych jest 2,1 mm złącze przewodowe ze środkowym pinem ujemnym. Kolejnym „standardem" jest kabel z zaznaczoną polaryzacją. Zwykle używany jest cienki kabel głośnikowy o przekroju w kształcie ósemki, z żebrowaniem lub drukowaną linią oznaczającą plus. Można go zobaczyć wychodzącego z gumowej przelotki ochronnej na **rysunku 21**.

Warianty konstrukcyjne

Istnieją cztery warianty zasilacza z użyciem tej samej płytki. Został on pierwotnie zaprojektowany do Theremina (projekt PE), ale dzięki prostym zmianom może być używany do zasilania wielu różnych obwodów audio.

1. Podwójna szyna +9 V i +15 V – jest to „standardowy zasilacz z podwójną szyną pokazany na **rysunku 22**. Jest przeznaczony do zasilania Theremina i powiązanego z nim wzmacniacza głośnikowego. Jeśli wzmacniacz nie jest używany, można pominąć zasilanie 15 V, a obwód staje się po prostu niskoszumnym zasilaczem +9 V.
2. Jedna szyna +30 V – konstrukcja o wyższym napięciu dla dyskretnych przedwzmacniaczy i jednoszynowych obwodów zasilania wzmacniacza operacyjnego, jak pokazano na rysunku 24
3. Uniwersalna, podwójna szyna ±12 V – idealna do zastosowań ze wzmacniaczami operacyjnymi o niskim poborze mocy, takich jak przedwzmacniacze i syntezatory muzyczne. Pokazano na **rysunku 27**.
4. Uziemione dodatnie −9 V – przeznaczone do obwodów germanowych, takich jak pedały fuzz Tonebender i stare radia z lat 60., zazwyczaj te produkowane przez Robertsa i Busha. To miły mały dodatek, który wymyśliłem po zbudowaniu Theremina. Nie mamy miejsca, aby omówić to w tym miesiącu, więc zostanie to opisane w jednym z kolejnych wydań.

Zworki na PCB

Na warstwie opisowej PCB znajdują się trzy pozycje zwor A, B i C, jak pokazano na **rysunku 23**. Są one potrzebne do podłączenia masy zasilania DC lub 0 V, do masy podniesionej (poprzez R1 i C1) względem przewodu PE sieci. Zworka A łączy 0 V uzwojenia wtórnego 18 V z przewodem PE sieci (rysunek 27). Zworka B łączy uziemienie sieci z linią 0 V szyny zasilającej 11 V AC (rysunki 22 i 24). Zworka C łączy dodatnie zasilanie 17 V z 0 V zasilania 11 V. Służy do wykonywania podwójnych szyn zasilających z centralnym odczepem.

Należy pamiętać, że podczas korzystania z zasilacza Theremin +9/+15 V uziemienie sieci jest podłączone do 0 V zasilania 9 V. Dzieje się tak dlatego, że Theremin potrzebuje stabilnego uziemienia – bardziej niż wzmacniacz.

„Dostrajanie" kondensatorów

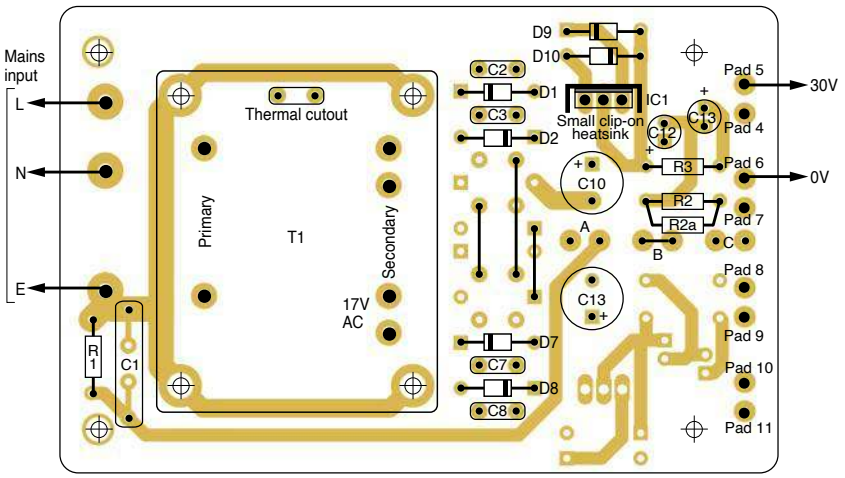
Ponieważ stabilizatory napięcia są układami sterowania z ujemnym sprzężeniem zwrotnym ze spadającym wzmocnieniem w otwartej pętli przy wysokich częstotliwościach, redukcja impedancji wyjściowej staje się mniej skuteczna przy wysokich częstotliwościach. Oznacza to, że impedancja wyjściowa liniowych stabilizatorów napięcia ma charakter lekko indukcyjny. Może to wywołać szumowy pik tworząc układ rezonansowy z kondensatorem wyjściowym (C12), jeśli jest to typ o niskim ESR (około 0,1 Ω).

Inżynier aplikacyjny firmy National Semiconductor, Robert Pease, wykazał w swojej książce pt. „Troubleshooting Analogue Circuits", że konieczne było wprowadzenie niewielkiej stratności w kondensatorze wyjściowym. Potrzebny był ESR od 0,6 Ω do 3 Ω, aby uniknąć rezonansowego wzmocnienia szumów. (Aby wyraźniej zobaczyć efekt szumowy, odłącz kondensator C11 odsprzęgania końcówki regulacyjnej stabilizatora). Link do oryginalnego artykułu E. Dietza z 1989 roku znajduje się tutaj: https://bit.ly/pe-aug20-dietz.

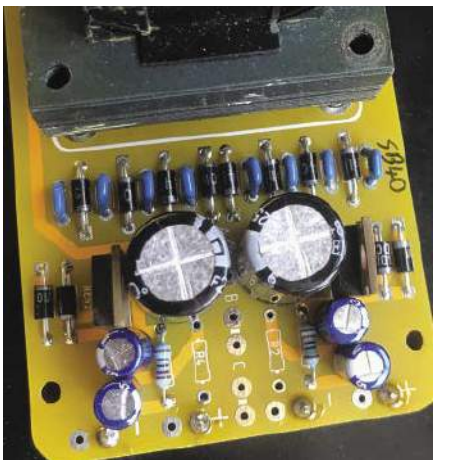
Ustawienie C12 na dużą wartość, powiedzmy 470 µF, rozwiąże ten problem z szumem, ale wtedy pojawia się inny problem polegający na tym, że przy włączaniu i wyłączaniu obciążenia regulatora może wystąpić dzwonienie o niższej częstotliwości, w postaci kilku cykli (około 80 mV pk-pk). Dzieje się tak dlatego, że zbyt duży kondensator na wyjściu zmniejsza wzmocnienie w otwartej pętli całego systemu, powodując oscylacje, gdy pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego stara się skorygować je w powolny sposób, a następnie wywołuje przeregulowanie. Efekt ten jest proporcjonalny do prądu obciążenia. Ponownie, rezystancja tłumiąca włączona w szereg z kondensatorem może zmniejszyć ten problem.

Testowanie z obciążeniem impulsowym

Sposobem na sprawdzenie słabej dynamicznej odpowiedzi na obciążenie jest umieszczenie sondy oscyloskopu ustawionej na AC na wyjściu oraz naprzemienne włączenie i wyłączenie obciążenia. Lepszym sposobem jest elektroniczne włączanie i wyłączanie obciążenia za pomocą tranzystora, jak pokazano to na **rysunku 29**. Sterując tranzystor falą prostokątną z generatora przy częstotliwości około 100 Hz, można zsynchronizować przemiatanie oscyloskopu, aby uzyskać stabilny obraz. Korzystając z tych technik, udało mi się zredukować szum do 0,8 mV między szczytami. Kondensator wyjściowy (C12/15) o pojemności



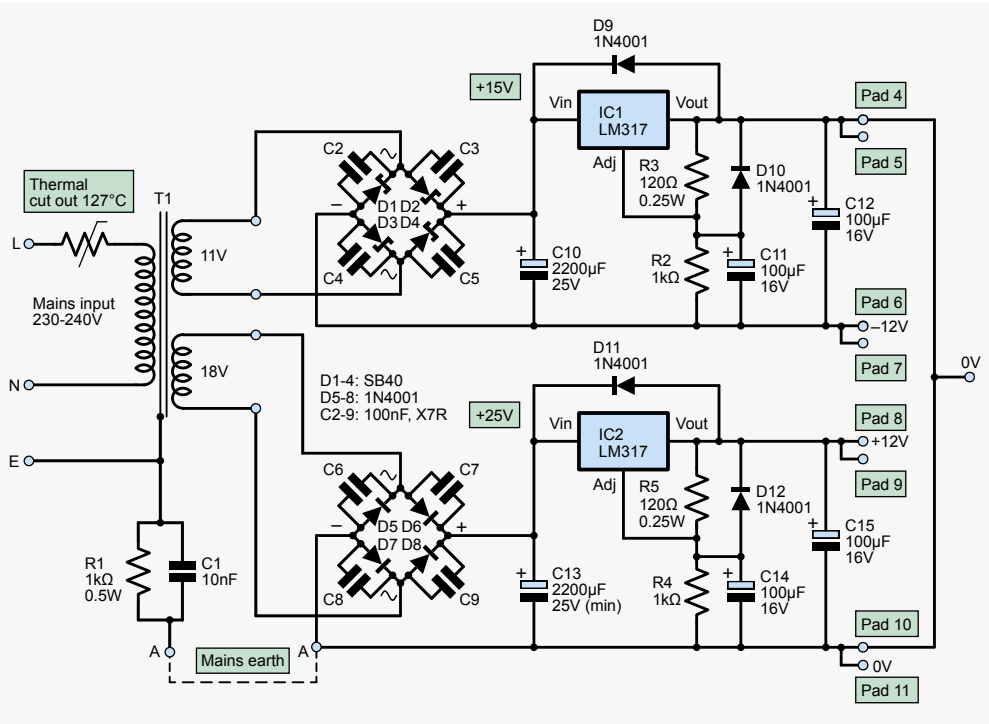
Rysunek 25. Niskoszumny zasilacz z pojedynczym wyjściem 30 V. Będzie bardzo przydatny w przedwzmacniaczach z pojedynczym zasilaniem, zawierających obwody dyskretne. Zwróć uwagę na trzy zworki, które należy wykonać, znajdujące się po lewej stronie C10/13



Rysunek 26. Płytka podstawowa przed dołożeniem rezystorów nastawczych napięcia końcowego R2 i R4. Zwróć uwagę na niebieskie kondensatory tłumiące na diodach prostownika

eprasa.pl d6549b2eb6

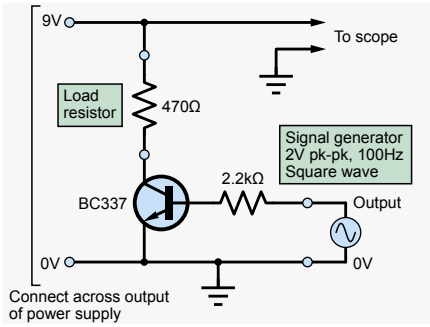
około 47 µF do 100 µF z ESR około 1 Ω działa i jest opłacalny w przypadku obu problemów. Można użyć taniego kondensatora z ciekłym elektrolitem, ale takie rozwiązanie będzie miało krótką żywotność. Dobrym rozwiązaniem byłoby zastosowanie kondensatora typu SAL (okładziny z litego aluminium ze stałym elektrolitem z dwutlenku manganu MnO2), serii 123 (ESR zwykle 1,3 Ω), ale zaprzestano ich produkcji w 2015 r. Pokazano to na **rysunku 30**. Firma National Semiconductor zalecała kiedyś kondensatory tantalowe koralikowe, ale nie lubią one udarów spowodowanych zwarciem podczas testowania i włączania. W urządzeniach wojskowych używane są kondensatory tantalowe w specjalnej metalowej obudowie odporne na udary, ale kosztują one poważne pieniądze. Nowe rodzaje kondensatorów SAL z polimerów organicznych, mają zbyt niski współczynnik ESR. Najlepsze wyniki szumowe, jakie do tej pory uzyskałem, były z Nichiconem 470 µF 16 V RNE1C471MDN (ESR = 0,01 Ω), połączonym szeregowo z rezystorem 0,56 Ω, co daje dokładniej określony całkowity ESR, który może być zmiennym parametrem kondensatora. Kondensator filtrujący końcówek regulacyjnych stabilizatorów (C11/14) może mieć dość wysoki ESR, do około 20 Ω, zanim stanie się nieskuteczny. Używam kondensatora tantalowego z rezystorem szeregowym 10 Ω w celu ochrony go przed udarami prądowymi. Wartości od 4,7 do 22 µF działają dobrze – patrz rysunek 30. Polimerowy kondensator typu SAL również działa skutecznie. Diody D10 i D12 służą do zabezpieczenia końcówki regulacyjnej stabilizatora przed wyładowaniem przy wyłączeniu lub zwarciu wyjścia. W ograniczonym prądowo obwodzie z kondensatorem tantalowym, wystarczy dioda 1N4148. Jeśli nie jest używany żaden rezystor, to potrzebna jest dioda 1N4001, jak określono wcześniej.



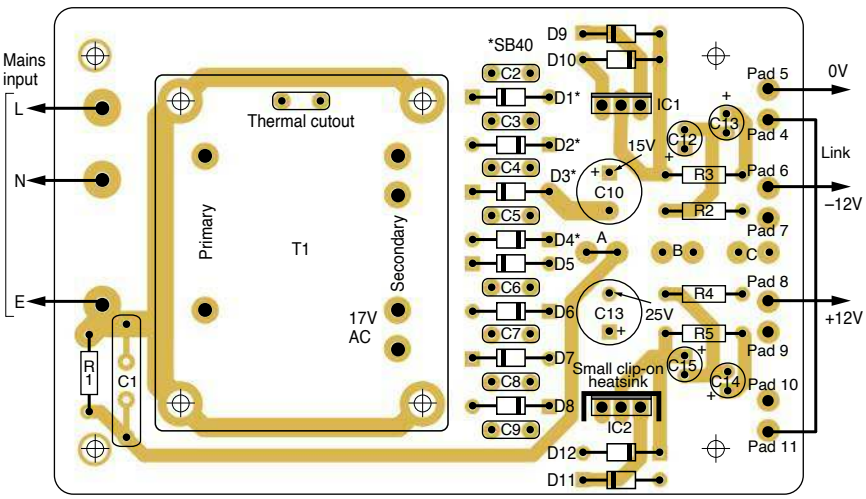
Rysunek 27. Niskoszumne zasilanie 12-0-12 V wykorzystuje uzwojenie 18 V transformatora dla szyny dodatniej. Dzieje się tak, ponieważ większość syntezatorów pobiera więcej prądu z szyny dodatniej

Konstrukcja

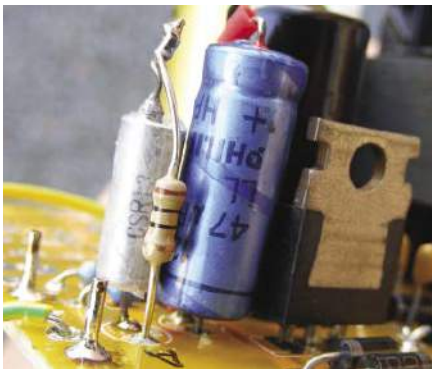
Chociaż kuszące jest samo przylutowanie transformatora do płytki drukowanej, to nie jest to rozwiązanie wystarczająco mocne mechanicznie; trzeba go dodatkowo przykręcić.



Rysunek 29. Obciążenie impulsowe do testowania odpowiedzi przejściowej zasilaczy



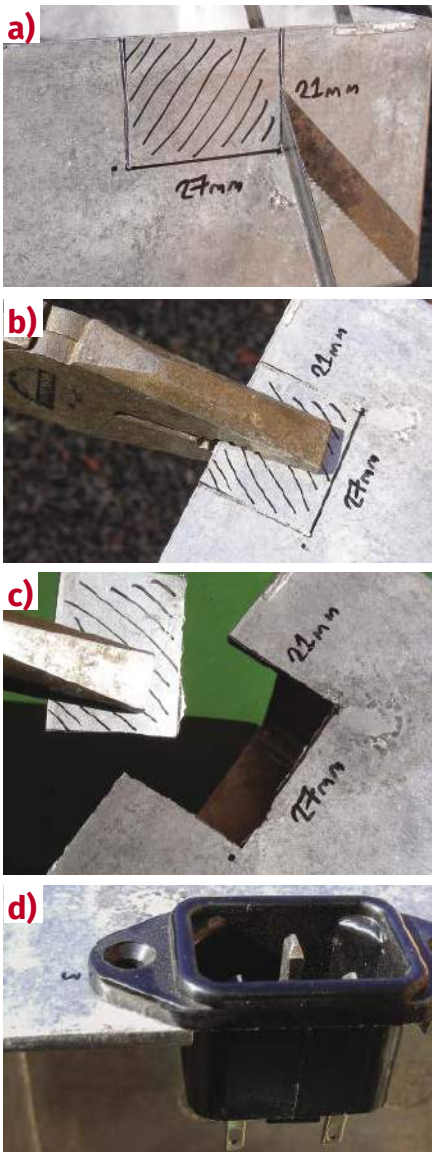
Rysunek 28. Cichy, dwuszynowy zasilacz 12-0-12V. Przydatny zasilacz ogólnego przeznaczenia – do obwodów ze wzmacniaczami operacyjnymi. Zwróć uwagę na połączenie pól lutowniczych 4 z 11 i zworę A



Rysunek 30. Niebieski kondensator to kondensator typu SAL, ze stałym elektrolitem z MnO2. Kondensator wyjściowy C12, firmy Philips, ma on stosunkowo wysoki i stały ESR, co daje stabilną reakcję w odpowiedzi na zmieniające się obciążenia. Kondensator tantalowy w metalowej obudowie w kolorze srebrnym ma rezystor dodany szeregowy, który zwiększa niezawodność. (Zwróć uwagę, że to zdjęcie pokazuje zasilacz –9 V, z uziemionym plusem – zostanie opisany w przyszłym miesiącu)

eprasa.pl d6549b2eb6

Miałem sprzęt, w którym transformator oderwał się od płytki drukowanej po upuszczeniu. Niedobrze jest mieć luźny kawałek stali w obudowie! Pamiętaj, aby zastosować standardową technikę budowy elektroniki, czyli lutowanie po skręceniu śrub mocujących, aby zapobiec nadwyrężeniu połączeń lutowanych. Sugerowany układ montażowy pokazano na rysunku 1, w części 1 artykułu, gdzie zastosowano śruby M3. Rdzeń jest również uziemiony przez te śruby, co jest niezbędne do zapewnienia bezpiecznej pracy wyłącznika termicznego. Nawiasem mówiąc, dobrym pomysłem jest użycie pasty silikonowej do radiatorów, aby wspomóc sprzężenie termiczne między wyłącznikiem termicznym a rdzeniem transformatora. Należy go mocno docisnąć do rdzenia przed lutowaniem (rysunek 20). Pamiętaj, aby lutować go szybko, w przeciwnym razie może się przegrzać i otworzyć obwód!



Rysunek 31. Etapy wycinania otworu w odlewanej puszce (kolejność od góry do dołu) pod gniazdo sieciowe IEC: a) zaznacz obszar do usunięcia i natnij dwa pionowe boki piłą do metalu; b) mocno chwyć „zakładkę" szczypcami; c) odłam „zakładkę" szczypcami; d) ustaw gniazdo tak, aby zaznaczyć miejsca otworów na śruby

Testowanie

Pierwszą rzeczą do zrobienia jest bezpieczne włączenie zasilania. Na płytce jest obecne napięcie sieciowe; jeśli się nie boisz, to powinieneś, dla własnego bezpieczeństwa! Zawsze zaklejam taśmą odsłonięte ścieżki i izoluję zaciski tulejami z gumy silikonowej. Założyłem również gumową osłonę na złącze wejściowe zasilania. Sprawdź ciągłość uziemienia od bolca uziemiającego na wtyczce do metalowej obudowy. Jeśli nie ma ciągłości mógłbyś zostać porażony prądem. Podczas włączania nasłuchuj brzęczących odgłosów z przeciążonego transformatora lub dziwnych trzasków i syków z nieprawidłowo zamontowanych i puchnących kondensatorów elektrolitycznych. Wiem, że to brzmi paranoicznie, ale byłem narażony na eksplozje kondensatorów elektrolitycznych z układów niedoświadczonych studentów, więc nalegam, żeby nosili okulary. Jeśli przejdzie pomyślnie ten test, wyłącz układ i sprawdź, czy nie ma gorących elementów.

Jeśli wszystko jest w porządku, włącz ponownie i zmierz napięcie wyjściowe. Następnie załóż odpowiedni rezystor obciążający, aby uzyskać maksymalny wymagany pobór prądu. Zwykle będzie to duży egzemplarz, o dużej mocy i będzie się nagrzewać. Na przykład, jeśli robisz zasilacz 12 V i potrzebujesz wyjścia 100 mA, użyj rezystora 120 Ω 2 W.

Na koniec, pod obciążeniem, sprawdź komponenty pod kątem nadmiernego nagrzewania. Uwaga, może to potrwać około 30 minut, tak aby transformator osiągnął pełną temperaturę roboczą. W tym momencie warto jest sprawdzić poziom szumów elektrycznych.

W obudowie

Elektronika umieszczona jest w metalowej obudowie. Po uziemieniu zapewnia bezpieczeństwo elektryczne, ekranowane są pola elektromagnetyczne, ciepło może wydostawać się bez otworów wentylacyjnych, nie może się zapalić i nie zapadnie się po dwóch latach. Po dobrych 30 latach życia można je skutecznie poddać recyklingowi, tak jak wszystkie metale. Stal jest skuteczniejsza niż stopy aluminium, w redukcji pól magnetycznych, ale trudniej jest wiercić i może brzęczeć mechanicznie, jeśli transformator jest zbyt blisko którejkolwiek ze ścianek.

Montaż gniazd

Okrągłe złącza DC są stosunkowo łatwe w montażu dzięki otworowi o średnicy 12,5 mm (pół cala). Powinien on mieć płaskie zabezpieczenie przed obrotem gniazda, ale wymaga to specjalnego metalowego dziurkacza za 400 funtów. Wycięcie prostokątnego otworu na gniazdo IEC w metalowej puszce też może być dość trudne. Istnieje jednak mała sztuczka techniczna, której używałem przez lata, aby to ułatwić. Działa bardzo szybko z obudowami odlewanymi ciśnieniowo, które choć są drogie, zawsze były najlepszym wyborem dla ręcznie składanej elektroniki. Kolejne etapy pokazano na **rysunku 31**. Wnętrze obudowy pokazano na **rysunku 32**. Płytka 30 V jest pokazana na **rysunku 33**.

Rysunek 32. Wnętrze zasilacza – mała płytka z boku to Zobel – „zwariowany układ" z części 1

Rysunek 33. Widok płytki 30 V; zwróć uwagę na mostki w sekcji diod i radiator stabilizatora

Mam mnóstwo tych zasilaczy w swoim studio i nie buczą, jak niegdyś zasilacze typu wallwarts (zasilacz kostkowy ze zintegrowanym wtykiem do gniazda zasilania).

W następnym miesiącu

W następnym numerze zakończymy ten projekt zasilacza poręcznym wariantem −9 V z uziemionym plusem. ■

Jake Rothman

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

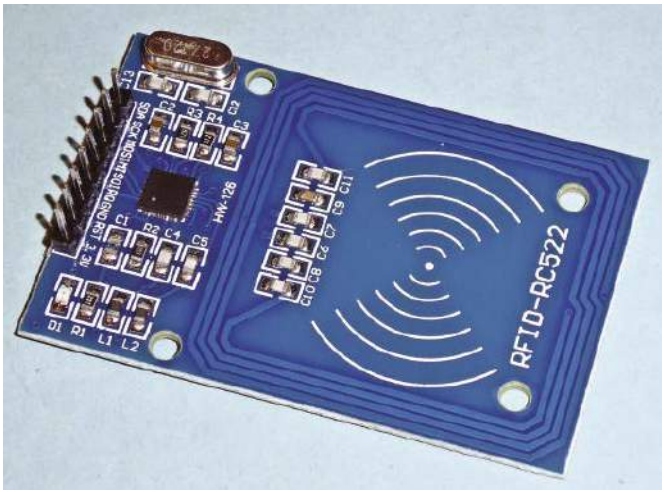
eprasa.pl d6549b2eb6

KickStart

Część 2: Pierwsze kroki z RFID – praca z kartami i tagami

Nasza okazjonalna seria KickStart ma na celu pokazanie czytelnikom, jak wykorzystać łatwo dostępne, niedrogie komponenty i urządzenia do rozwiązania szerokiej gamy typowych problemów w możliwie najkrótszym czasie. Każdy z przykładów i projektów można zrealizować w czasie nie dłuższym niż kilka godzin, korzystając z gotowych części. Oprócz krótkiego objaśnienia podstawowych zasad i zastosowanych technologii, seria zawiera różnorodne reprezentatywne rozwiązania i przykłady, wraz z wystarczającą ilością informacji, aby móc je dostosować i rozszerzyć do własnych potrzeb.

Rysunek 2.1. Powszechnie dostępne tagi RFID (po lewej) i karty (po prawej)



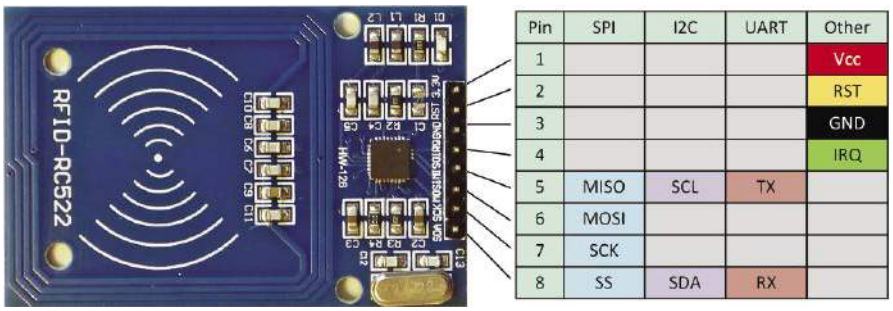
Rysunek 2.2. Popularny moduł RFID oparty na MFRC522

Ta druga część pokazuje, jak korzystać z tanich modułów RFID i, zgodnie z filozofią *KickStart*, dostarczyliśmy wystarczających informacji – w tym kilka prostych szkiców Arduino – abyś mógł włączyć RFID do swoich własnych projektów.

Identyfikacja radiowa (RFID) to technologia, która pozwala na odczytywanie przechowywanych danych drogą radiową bez fizycznego kontaktu. System RFID składa się z dwóch podstawowych elementów: karty lub tagu RFID oraz czytnika RFID. To ostatnie urządzenie jest wyposażone w małą antenę, a tagi lub karty mogą również zawierać własne miniaturowe anteny. Oba urządzenia komunikują się bezprzewodowo za pomocą sygnałów radiowych o wysokiej częstotliwości. Sygnał powracający do czytnika jest modulowany danymi przechowywanymi w nieulotnej pamięci karty lub tagu. Odebrany i zdemodulowany strumień danych jest następnie przekazywany z czytnika do komputera hosta lub systemu mikrokontrolera.

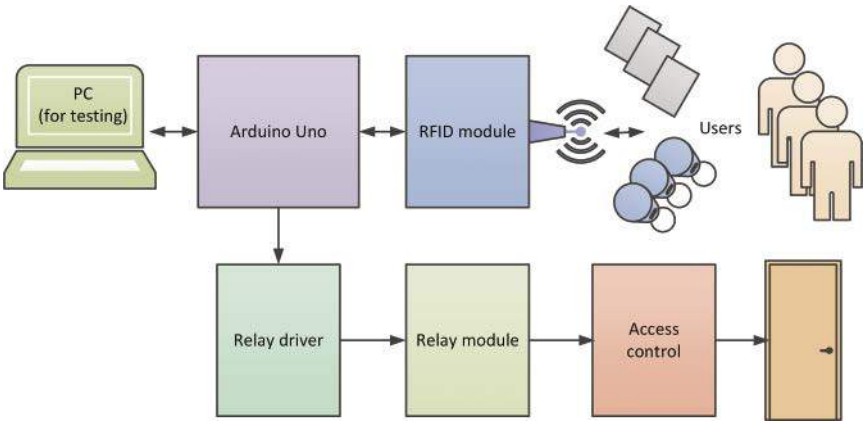
Niedrogie plastikowe obudowy chronią karty i znaczniki przed środowiskiem zewnętrznym. Popularne karty (takie jak te produkowane przez NXP) są zgodne ze standardowym rozmiarem karty kredytowej, podczas gdy tagi są często zaprojektowane do użycia z brelokami do kluczy.

Systemy RFID mogą być pasywne lub aktywne. Pasywne systemy RFID są mniejsze i tańsze niż systemy aktywne, ponieważ nie ma potrzeby, aby karta lub tag posiadały własne źródło zasilania. Systemy aktywne mogą działać na większych odległościach, ale są bardziej



Rysunek 2.3. Przypisanie pinów dla modułu RFID opartego na MFRC522

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 2.4. Prosta aplikacja RFID oparta na module RFID RC522 i mikrokontrolerze Arduino Uno

złożone i droższe niż ich pasywne odpowiedniki. Należy pamiętać, że pasywne karty i tagi muszą czerpać energię z czytnika (który musi być obecny i znajdować się w bliskiej odległości), zanim dane będą mogły zostać zwrócone do czytnika.

Powszechnie dostępna karta NXP MIFARE Classic RFID jest dostępna w niskiej cenie (około 25 pensów przy zakupie w dużych ilościach) i ma wymiary 85,5×54 mm (rozmiar karty kredytowej ISO). Najpowszechniej dostępne karty zawierają 1 KB pamięci nieulotnej, a laminowana powierzchnia PVC może być zadrukowana przy użyciu biurkowej drukarki fotograficznej (należy pamiętać, że nie są one kompatybilne ze standardowymi drukarkami atramentowymi). Czas przechowywania danych wynosi „minimum dziesięć lat".

Co można zrobić z RFID?

W ostatnich latach tanie moduły stały się dostępne dla pasjonatów i hobbystów, umożliwiając ich wykorzystanie w szerokim zakresie zastosowań. Odczyt i zapis odbywa się za pomocą kompaktowego bezprzewodowego nadajnika-odbiornika o niskim poborze mocy, który wraz ze skromnym układem mikrokontrolera umożliwia odczyt danych z i zapis danych na kartach i tagach (patrz **rysunek 2.1**).

W zależności od przewidywanego zastosowania, czytnik RFID może być stacjonarny lub przenośny. Podczas użytkowania czytnik umieszcza się w pobliżu karty lub tagu i przytrzymuje przez chwilę podczas odczytu danych. Należy pamiętać, że jednocześnie można odczytać tylko jedną kartę lub tag. Ponadto należy zachować ostrożność, aby upewnić się, że komunikacja między czytnikiem a tagiem nie jest zagrożona, a odczytywane dane są prawidłowe. Komercyjne zastosowania RFID obejmują śledzenie zasobów, zarządzanie zapasami, śledzenie personelu, kontrolę dostępu, konserwację, zapobieganie fałszerstwom i zarządzanie łańcuchem dostaw. W porównaniu do skanowania kodów kreskowych, znaczącą zaletą technologii RFID jest brak konieczności precyzyjnego wyrównania, ponieważ bezprzewodowy strumień danych może być odczytywany z tagu lub karty w przypadkowej orientacji.

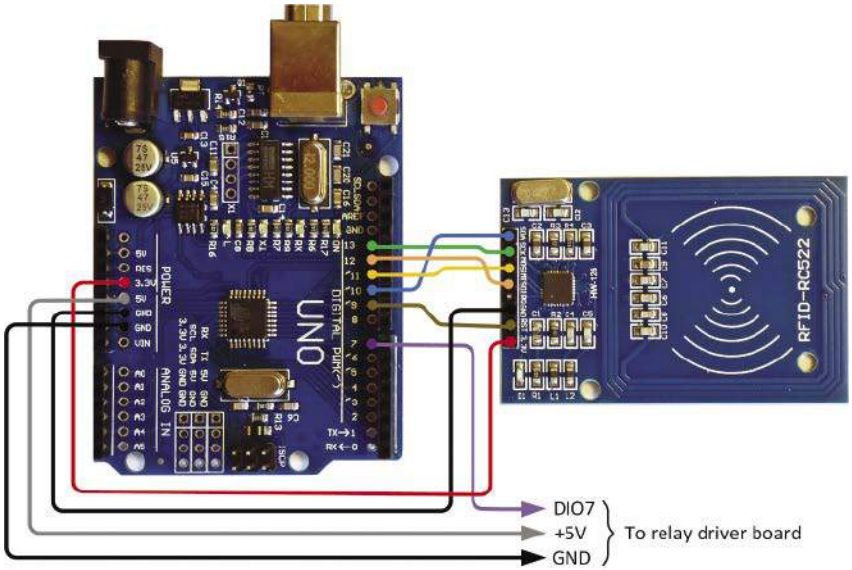
Moduł RFID RC-522

Powszechnie dostępny tani moduł RFID RC-522 pokazano na **rysunku 2.2**. To poręczne urządzenie umożliwia dodanie funkcji RFID do dowolnego mikrokontrolera opartego na SPI, I²C lub UART. Moduł RFID oparty jest na układzie MFRC522 firmy NXP. Urządzenie to jest wysoce zintegrowanym czytnikiem/zapisem zaprojektowanym do obsługi komunikacji bezstykowej zgodnej z odpowiednimi standardami ISO/IEC.

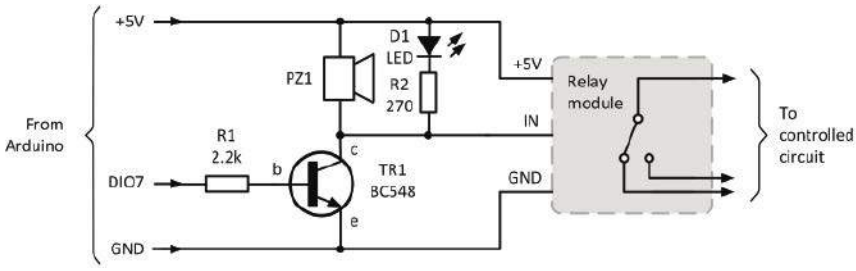
Wewnętrzny nadajnik układu zapewnia wystarczającą moc wyjściową do napędzania anteny czytnika/zapisu bez potrzeby stosowania dodatkowych aktywnych obwodów. Wewnętrzny odbiornik zawiera obwody do demodulacji i dekodowania 64-bajtowych bloków sygnału z kompatybilnych kart i transponderów, a jego wewnętrzna logika zarządza funkcjami ramkowania i wykrywania błędów (parzystość i CRC). Prędkości do 848 kBd (kilobodów) są obsługiwane w obu kierunkach przy częstotliwości roboczej w zakresie wysokich częstotliwości (HF) przy 13,56 MHz.

Aby zapewnić wszechstronność, MFRC522 zapewnia obsługę trzech różnych interfejsów hosta:

- Szeregowy interfejs peryferyjny (SPI) z prędkością do 10 Mbit/s
- Interfejs magistrali I²C (do 400 kBd w trybie szybkim i do 3400 kBd w trybie szybkim)
- Szeregowy UART (podobny do RS232, ale z poziomami napięcia zależnymi od napięcia zasilania).



Rysunek 2.5. Okablowanie dla prostej aplikacji RFID

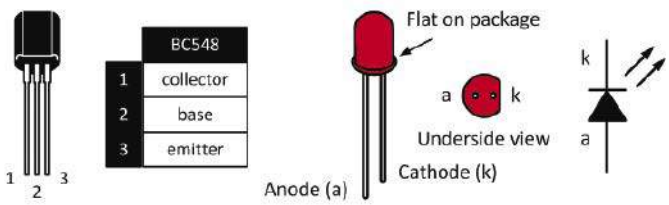


Rysunek 2.6. Układ sterownika międzystopniowego sygnalizatora piezoelektrycznego

eprasa.pl d6549b2eb6

Tabela 2.1. Okablowanie modułu RFID RC522 z interfejsem SPI Uno

Moduł RC522	Arduino Uno	Kolor okablowania (patrz rysunek 2.5)	Uwagi
3,3 V	3,3 V	Czerwony	Zasilanie 3,3 V
RST	DIO9	Brązowy	Linia resetowania
GND	GND	Czarny	Wspólna masa/0 V
IRQ	N/C		Nieużywany
MISO	DIO12	Pomarańczowy	Dane SPI z Uno do RC522
MOSI	DIO11	Żółty	Dane SPI z RC522 do Uno
SCLK	DIO13	Zielony	Zegar szeregowy dla SPI
SDA	DIO10	Niebieski	Zezwolenie układu SPI SS



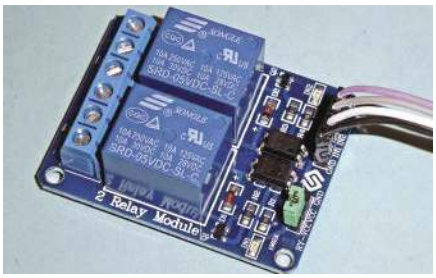
Rysunek 2.7. Połączenia pinów dla układu z rysunku 2.6

Wewnętrzny zegar układu MFRC522 działa z częstotliwością 27,12 MHz, a układ wymaga napięcia zasilania od 2,5 V do 3,3 V przy typowym poborze prądu do 50 mA. W aplikacjach, w których zużycie energii musi być zminimalizowane, możliwe jest użycie RC-522 w trybie czuwania o niskim poborze mocy w celu zmniejszenia prądu akumulatora. W tym trybie moduł wymaga zaledwie 10 µA prądu zasilania. Sygnał przyłożony do pinu IRQ może być następnie użyty do wybudzenia modułu gotowego do normalnych operacji odczytu/zapisu.

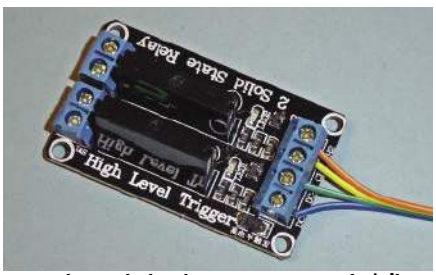
Prosta aplikacja RFID

Aby dać ci wyobrażenie o tym, jak łatwo jest włączyć RFID do własnych projektów, oto prosty przykład w postaci podstawowej aplikacji kontroli wejścia RFID opartej na module RFID-RC522 i Arduino Uno, jak pokazano na **rysunku 2.4**.

Okablowanie od modułu RFID do Arduino pokazano na **rysunku 2.5**. Wymagane połączenia oparte na interfejsie SPI Uno przedstawiono w **tabeli 2.1**.



Rysunek 2.8. Gotowa płytka przekaźnika



Rysunek 2.9. Płytka alternatywnego przekaźnika półprzewodnikowego

Dodatkowy stopień sterownika jest potrzebny do dostarczenia odpowiedniego prądu do piezoelektrycznego sygnalizatora dźwiękowego (zmniejszając w ten sposób obciążenie cyfrowego portu wyjściowego Arduino). Układ sterownika międzystopniowego pokazano na **rysunku 2.6**, a połączenia pinów na **rysunku 2.7**.

Testowanie aplikacji RFID

Ponieważ zarówno sygnały dźwiękowe, jak i wizualne są dostarczane przez sterownik przekaźnika międzystopniowego, nasz przykładowy system RFID można przetestować *bez* zewnętrznego modułu przekaźnika i dodatkowej elektroniki. Zewnętrzny moduł przekaźnika może być tanim modułem (patrz **tabela 2.2**, *Going Further*) i powinien mieć odpowiednią moc znamionową. Typowe płytki przekaźników pokazano na **rysunkach 2.8 i 2.9**. Płytka przekaźnika na rysunku 2.8 jest przeznaczona do przełączania prądu przemiennego do 250 V przy 10 A i prądu stałego do 30 V przy 10 A. Płytka przekaźnika półprzewodnikowego pokazana na rysunku 2.9 jest odpowiednia do pracy z napięciem przemiennym do 240 V AC

Listing 2.1. Ten kod (PE_KS_2-1.ino) odczytuje dane zapisane na karcie RFID lub tagu, gdy jest trzymany blisko czytnika

```
// MRFC522 Card Infodump V1.1
// Reads card or tag UID and dumps contents of memory

// Include the library routines
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

// Define the pins
#define RST_PIN 9
#define SS_PIN  10

// Create an instance of the MFRC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);

// Set-up code
void setup() {
   Serial.begin(9600); // Initialize serial port communication
   SPI.begin();     // Initialise the SPI bus
   mfrc522.PCD_Init(); // Initialise the MFRC522
   Serial.println("Card Information Dump V1.1a");
   Serial.println("Place the card or tag close to the reader and
   wait until all data is read ...");
}

void loop() {
   byte i;

   // Is a card detected?
   if (mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
   {

      // Can the serial number be read?
      if (mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
      {
         Serial.println();
         Serial.print("Card detected : ");
         mfrc522.PICC_DumpToSerial(&(mfrc522.uid));

      }
   }
}
```


eprasa.pl d6549b2eb6

Tabela 2.2. Dalsze kroki z kartami i tagami RFID oraz Arduino Uno		
Temat	**Źródło**	**Uwagi**
RFID technologia	Atlas RFID Store ma przydatny przewodnik dla początkujących na temat RFID: http://bit.ly/pe-apr21-ks2-1 Inne ogólne wprowadzenie znajduje się na stronie: http://bit.ly/pe-apr21-ks2-2 Dla innowacyjnych tagów i aplikacji RFID 13,6 MHz: http://bit.ly/pe-apr21-ks2-3	
MFRC522 chip	Arkusze danych MFRC522 można pobrać ze strony NXP pod adresem: http://bit.ly/pe-apr21-ks2-4	
RC-522 RFID moduł	Moduły RC-522 są dostępne u kilku dostawców, w tym: HobbyTronics na stronie: http://bit.ly/pe-apr21-ks2-5 AZ-Delivery na stronie: http://bit.ly/pe-apr21-ks2-6	Dostępne są niedrogie zestawy zawierające czytniki, znaczniki i karty. Karty i znaczniki można kupić bardzo tanio w dużych ilościach
Arduino Uno	Szczegółowe wprowadzenie do sprzętu i oprogramowania Arduino Uno można znaleźć w PE's Electronics Teach-In 8	http://bit.ly/pe-apr21-ks2-7
Arduino IDE	Przydatne wprowadzenie i odpowiednią teorię można znaleźć w części 1 Electronics Teach-In 8 Najnowszą wersję Arduino IDE można pobrać ze strony: https://www.arduino.cc/en/software Dostępne są wersje dla systemów Windows, Linux i macOS. Aktualna wersja IDE to 1.8.13	http://bit.ly/pe-apr21-ks2-7
Interfejs	Książka autora, Obwody elektroniczne: Fundamentals and Applications (5th Ed, 2020, Routledge) zawiera ogólne wprowadzenie do interfejsu mikrokontrolera (rozdział 15) i Arduino Uno (rozdział 19)	
Biblioteka RFID	Bibliotekę RC522 Arduino można pobrać z serwisu GitHub pod adresem: https://github.com/miguelbalboa/rfid	Bibliotekę można pobrać za pomocą wbudowanego menedżera bibliotek IDE (który jest obsługiwany). Należy pamiętać, że ta biblioteka działa z Arduino IDE 1.6 (i nowszymi), ale wcześniejsze wersje IDE nie są obsługiwane (powodując potencjalne błędy kompilatora)
Przekaźnik tablice	Płytki przekaźników można tanio kupić u wielu dostawców, w tym: AZ-Delivery, HobbyTronics, CPC/Farnell, Mouser, RS i dostawców internetowych	Płytki przekaźników można nabyć z jednym, dwoma, czterema lub ośmioma przekaźnikami, przy czym te ostatnie są idealne do pracy wielokanałowej

przy 2 A. Obie te płytki wymagają zasilania 5 V o natężeniu około 150 mA i obie są dostępne po bardzo niskich kosztach u dostawców internetowych (patrz *Dalej*).

Kodowanie modułu RFID

Kodowanie jest proste przy użyciu Arduino IDE (patrz *Dalej*), ale wymaga odpowiedniej biblioteki, którą można pobrać z Internetu. Uruchom Arduino IDE i wybierz Tools, a następnie Manage Libraries. W Menedżerze bibliotek wpisz „miguelbalboa" (autor biblioteki) w polu wyszukiwania. Powinieneś zobaczyć bibliotekę o nazwie:

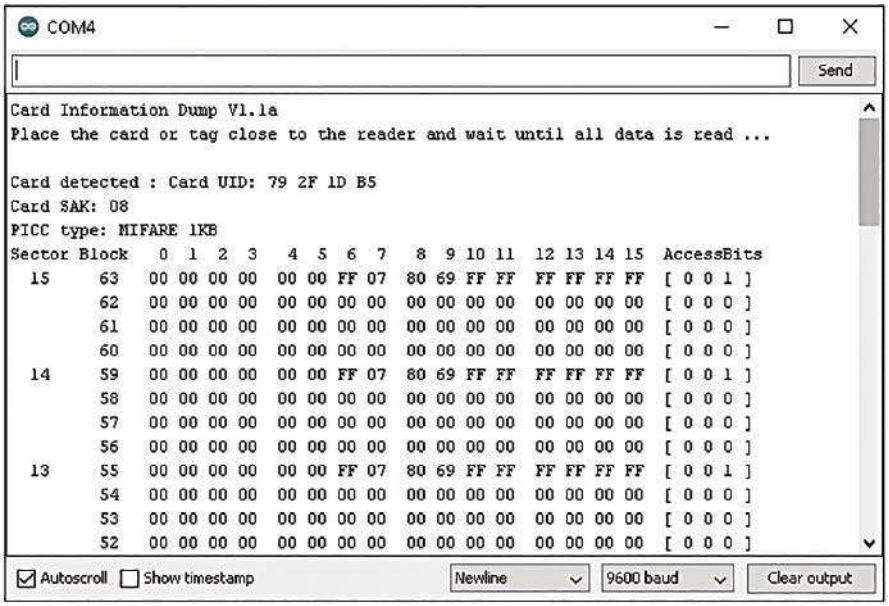
MFRC522-spi-i2c-uart-async

Wybierz bibliotekę i kliknij przycisk Zainstaluj. Nowy plik biblioteki zostanie pobrany i zainstalowany, a lista bibliotek zostanie odpowiednio zaktualizowana. Kliknij Zamknij i wróć do głównego okna IDE. Wprowadź przykładowy kod z **Listingu 2.1** (dostępny do pobrania ze strony April 2021 w serwisie *PE*).

Upewnij się, że zapisałeś plik po zakończeniu edycji. Następnie upewnij się, że wybrano prawidłowy typ płytki (tj. Arduino Uno), a także, że wybrano prawidłowy port szeregowy (pamiętaj, że obie te opcje są wybierane z menu Narzędzia IDE). Na koniec wybierz Sketch z menu głównego i Verify/Compile i Upload.

Przykładowe listy kodów

Nasze dwa przykładowe listingi pokazują prosty kod niezbędny do przetestowania aplikacji. Listing 2.1 może być użyty do sprawdzenia unikalnego identyfikatora karty (UID) i wyświetlenia zapisanych danych. **Listing 2.2** przedstawia przykład wykorzystania czytnika w prostym systemie kontroli dostępu (patrz **rysunek 2.4**). Należy zauważyć, że możliwy jest zarówno zapis,



Rysunek 2.10. Dane zapisane na karcie lub tagu można odczytać za pomocą kodu podobnego do tego z listingu 2.1

eprasa.pl d6549b2eb6

jak i odczyt danych, a funkcja ta umożliwia przechowywanie i późniejszą aktualizację informacji na karcie lub tagu. Kilka przydatnych i obszernie komentowanych przykładów znajduje się w pliku biblioteki Miguela Balboa.

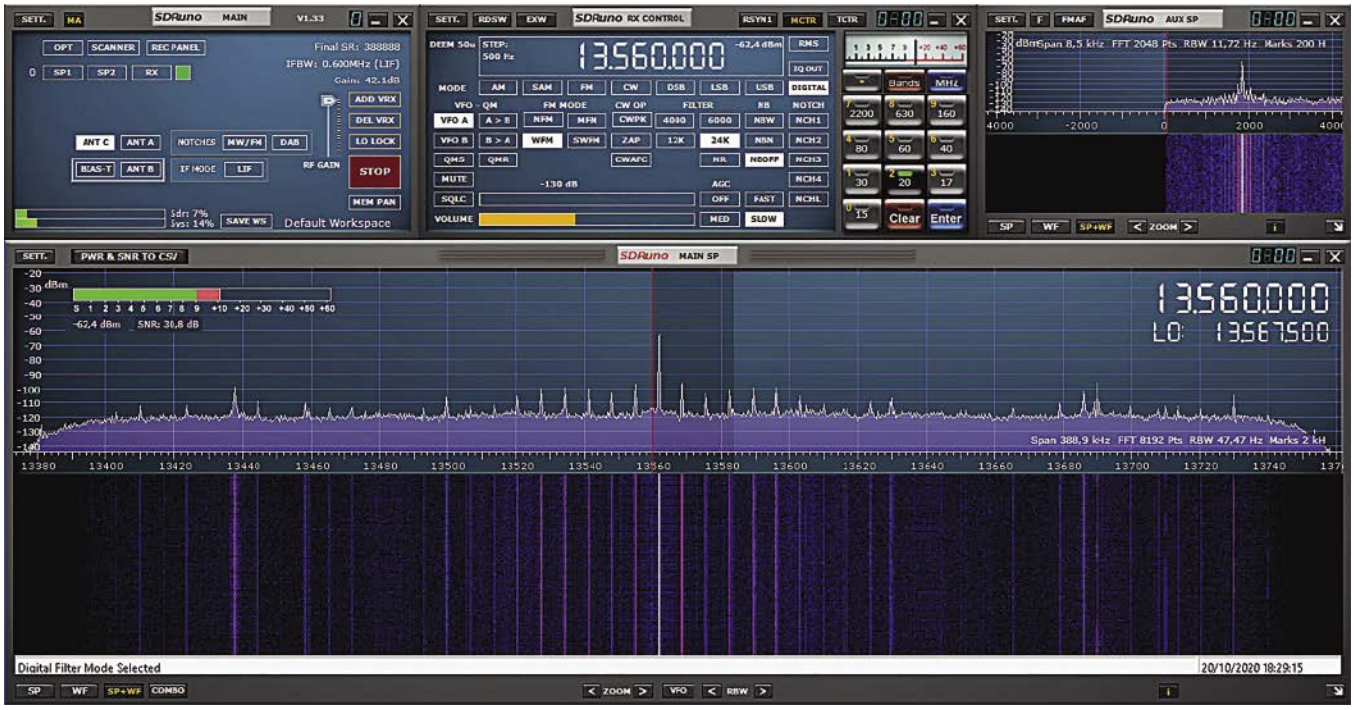
Dane zwrócone z listingu 2.2 ujawniają identyfikator UID, który w tym przypadku wynosi 79 2F 1D B5 (patrz rysunek 2.10). Dane są zorganizowane w bloki i sektory. Każdy blok zawiera 64 bajty danych, a na tagu MIFARE 1K znajduje się 16 sektorów. Identyfikator UID jest zawarty w pierwszych czterech bajtach w sektorze 0, bloku 0 (nie pokazano na rysunku 2.10, który pokazuje tylko trzy ostatnie bloki danych).

Listing 2.2. Kod (PE_KS_2-2.ino) sprawdza unikalne dane na karcie lub tagu i uruchamia przekaźnik i sygnalizator piezoelektryczny wtedy (i tylko wtedy), gdy wykryty zostanie prawidłowy identyfikator karty (UID)

```
// MRFC522 Card Access Checker V2.1a
// Reads and checks card UID before activating relay and sounder

// Include the library routines
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

// Define the pins
#define RST_PIN 9
#define SS_PIN  10
#define sounder 7
#define relay 6

// Create an instance of the MFRC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);

// Set-up code
void setup() {
   Serial.begin(9600);     // Initialize serial port communication
   SPI.begin();         // Initialise the SPI bus
   mfrc522.PCD_Init();     // Initialise the MFRC522
   digitalWrite(relay, LOW);  // Relay non-energized
   digitalWrite(sounder, LOW);    // No sound
   Serial.println("Card Access Checker V1.1a");
   Serial.println("Pleace your card or tag close to the reader ...");
}

void loop() {
   byte i;

   // Is a card detected?
   if (mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
   {

      // Can the serial number be read?
      if (mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
      {

         // We have a card and its serial number so we can now format and verify the UID

         String content = "";
         for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
         {
            content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
            content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
         }
       Serial.println();
         Serial.print("Card detected : ");

      content.toUpperCase();
      if (content.substring(1) == "83 1D 3F 03") // Change this UID to suit the card
         {
            Serial.println("Access granted");
            Serial.println();
            // Beep door opening
            digitalWrite(sounder, HIGH);
            delay(500);
            digitalWrite(sounder, LOW);
            // Activate door relay
            digitalWrite(relay, HIGH);    // Relay energized
            delay(2500);
            digitalWrite(relay, LOW);     // Relay non-energized
         }

         else   {
            Serial.println("Access denied");
            Serial.println();
            delay(2500);
         }
      }
   }
}
```

Rysunek 2.11. Tagi RFID oznaczone unikalnymi 64-bitowymi identyfikatorami

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 2.12. Analiza widmowa sygnału RFID 13,56 MHz

Należy pamiętać, że identyfikator UID jest zapisywany podczas produkcji i zwykle nie można go zmienić (do celów testowych uznałem za przydatne zapisanie identyfikatora UID na tagu, jak pokazano na **rysunku 2.11**). **Rysunek 2.12** przedstawia widmo częstotliwości sygnału wytwarzanego przez aplikację RFID. Należy zauważyć, że sygnał koncentruje się na około 13,56 MHz i zajmuje pasmo około 100 kHz.

Idąc dalej

Tabela 2.2 zawiera listę źródeł, które pomogą ci zlokalizować komponenty, informacje, które pomogą ci we własnych aplikacjach RFID oraz linki do przydatnych lektur. ■

Mike Tooley

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", kwiecień 2021 (www.epemag3.com)

QUIZ TIME!

Bezpieczna praca z napięciem 230 V

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy

1. Rezystancja mokrej skóry człowieka może wynosić...
☐ mniej niż 500 Ω
☐ nie mniej niż 5 kΩ
☐ nie mniej niż 50 kΩ

2. Człowiek nie odczuwa prądu o maksymalnym natężeniu...
☐ poniżej 50 μA
☐ poniżej 500 μA
☐ poniżej 5 mA

3. W warunkach suchej skóry za bezpieczne uznaje się napięcie przemienne...
☐ poniżej 50 V
☐ poniżej 80 V
☐ poniżej 120 V

4. W warunkach ekstremalnie mokrej skóry za bezpieczne uznaje się napięcie przemienne...
☐ poniżej 6 V
☐ poniżej 12 V
☐ poniżej 18 V

5. Prąd stały jest mnie szkodliwy niż prąd przemienny, więc bezpieczne napięcie dla prądu stałego jest większe niż dla przemiennego...
☐ o 40%
☐ 2 razy
☐ 3 razy

6. Jaki kolor ma przewód fazowy?
☐ czarny
☐ niebieski
☐ brązowy

7. Jaki kolor ma przewód neutralny?
☐ czarny
☐ niebieski
☐ brązowy

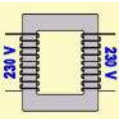
8. Jaką funkcję spełnia transformator separujący?
☐ zmniejsza zakłócenia sieci
☐ zmniejsza napięcie sieci
☐ izoluje galwanicznie

9. Jaką funkcję spełnia sonda różnicowa?
☐ czyni pomiary bezpiecznymi
☐ poprawia dokładność pomiarów
☐ ułatwia pomiary w miejscach trudno dostępnych

10. Co to jest izolacja galwaniczna?
☐ brak połączenia elektrycznego między obwodami
☐ brak sprzężenia magnetycznego między obwodami
☐ połączenie obwodów poprzez kondensator

eprasa.pl d6549b2eb6

Bezpieczna praca z napięciem 230 V



Istnieją obwody, które są bezpośrednio podłączone do napięcia sieciowego 230 V. W tym artykule omówimy, w jaki sposób można bezpiecznie pracować z takimi obwodami.

Informacje ogólne: Gdzie czyha zagrożenie?

Opór elektryczny ciała. Ciało ludzkie ma pewien opór elektryczny. Jeśli więc przyłożysz różnicę napięcia między dwoma miejscami na ciele, na przykład trzymając obiema rękami dwa przewody pod napięciem, przez ciało przepłynie pewien prąd. Wielkość tego prądu zależy od wartości różnicy napięć i od wielkości oporu ciała. Tej ostatniej wielkości nie można dokładnie zdefiniować, ponieważ zależy ona od wielu czynników, takich jak:

- poziom wilgotności skóry,
- miejscowe owłosienie na skórze,
- grubość skóry,
- rozmiar obszaru skóry stykającego się z przewodami,
- odległość między dwoma punktami skóry stykającymi się z napięciem.

W stanie suchym rezystancja skóry człowieka może przekraczać 30 kΩ. W przypadku mokrej skóry rezystancja ta spada czasami do mniej niż 500 Ω.

Prąd elektryczny może być niebezpieczny. Mięśnie działają dzięki niezwykle niskiemu napięciu elektrycznemu dostarczanemu przez nerwy. Ma to więc sens, że ciało jest niezwykle wrażliwe na elektryczność. Nie napięcie jest niebezpieczne, ale prąd, spowodowany przez to napięcie. Oczywiście nie jest możliwe podanie dokładnych danych na ten temat, ponieważ jedna osoba może być bardziej wrażliwa na prąd elektryczny niż druga.

Niemniej jednak poniższe wartości są ogólnie powiązane z opisanymi ludzkimi reakcjami:

- **Prądy poniżej 0,5 mA.** Większość ludzi tego nie odczuwa.
- **Prądy od 0,5 mA do 2,0 mA.** Wywołują one uczucie mrowienia (najniższa wartość) do reakcji przestrachu (najwyższa wartość). Ta ostatnia może być już pośrednio niebezpieczna, ponieważ taka reakcja może na przykład spowodować upadek z drabiny.
- **Prądy od 2,0 mA do 10,0 mA.** Bolesne skurcze mięśni w dłoniach i ramionach. Występuje niewielki stopień usztywnienia mięśni, ale osoba nadal jest w stanie samodzielnie kontrolować mięśnie, dzięki czemu może uwolnić się od przewodów doprowadzających napięcie.
- **Prądy o natężeniu od 10 mA do 25 mA.** Pełne skurcze mięśni, osoba pozostaje „przyklejona do przewodów". Prąd nadal przepływa przez ciało, powodując zaburzenia oddychania i utratę przytomności.
- **Prądy od 25 mA do 50 mA.** Skurcze mięśni rozprzestrzeniają się na klatkę piersiową i mięśnie serca, powodując paraliż oddechowy i migotanie komór. W mózgu szybko zaczyna brakować tlenu, co pociąga za sobą wszelkie konsekwencje.
- **Prądy o natężeniu od 50 mA do 1000 mA.** Powodują natychmiastową całkowitą awarię funkcji serca, co prowadzi do śmierci. Skóra zaczyna płonąć z powodu energii cieplnej generowanej przez prąd w rezystancji skóry.
- **Prądy większe niż 1000 mA.** Bardzo poważne oparzenia, zarówno wewnętrzne, jak i skóry. Płyny ustrojowe zaczynają wrzeć. Natychmiastowa śmierć z powodu dużej liczby czynników, które całkowicie zakłócają funkcje organizmu.

Czym jest absolutnie bezpieczne napięcie? To również jest trudne do precyzyjnego zdefiniowania. Ogólnie rzecz biorąc, w warunkach normalnych (sucha skóra) napięcie przemienne jest uważane za bezpieczne do dotknięcia tylko do 50 V. Dla napięcia stałego wartość ta wynosi 120 V. Prąd stały jest mniej szkodliwy niż prąd przemienny, więc dla prądu stałego dopuszcza się około dwukrotnie większe wartości niż dla prądu przemiennego. Ale uwaga! W warunkach ekstremalnie mokrej skóry (w basenie lub wannie lub pod ulewnym deszczem) progi bezpiecznego napięcia mocno się obniżają, do 12 V dla prądu przemiennego i 30 V dla prądu stałego.

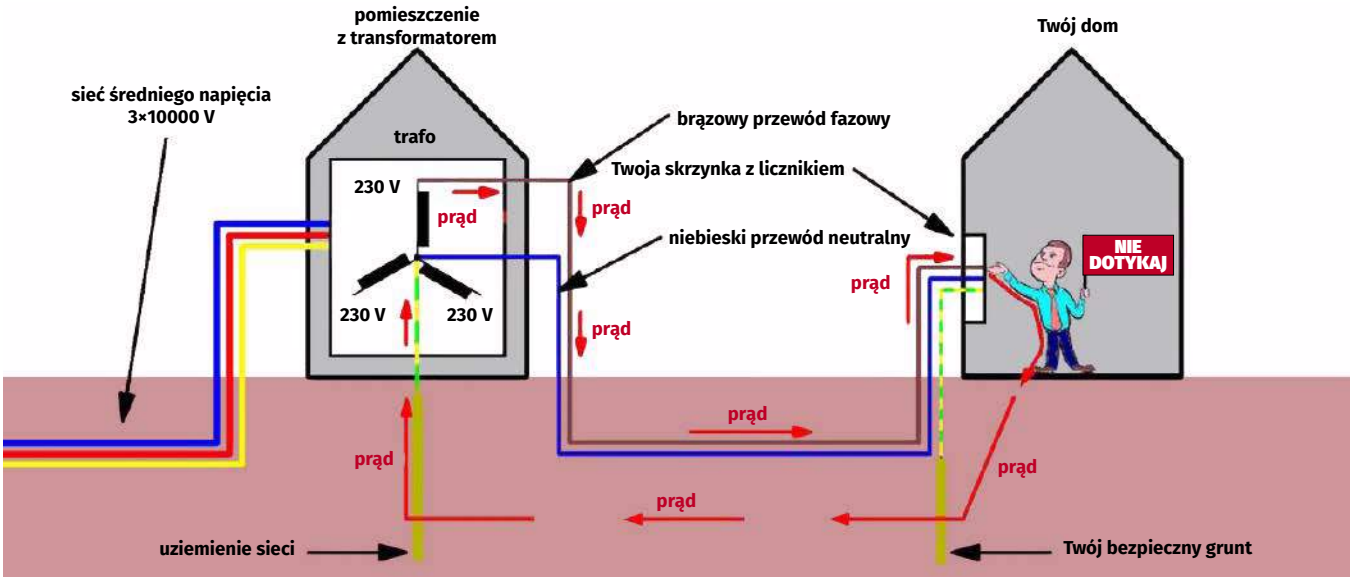
Zasada „jednej ręki na plecach". W żadnym wypadku napięcie sieciowe 230 V nie jest bezpieczne w dotyku! Dlatego nie jest rozsądne dokonywanie pomiarów lub praca na obwodach pod napięciem sieciowym. Czasami jednak nie da się tego uniknąć i wtedy należy bezwzględnie stosować zasadę „jedna ręka za plecami". Trzymając lewą rękę za plecami i pracując tylko prawą ręką (lub odwrotnie w przypadku osób leworęcznych), kontakt z dwoma przewodami pod napięciem jest praktycznie niemożliwy. W najgorszym przypadku dojdzie do porażenia prądem między dwoma palcami dłoni i choć jest to bardzo bolesne, nie zagraża życiu.

Ziemia jako ukryty przewodnik elektryczny. Co jednak dziwne, śmiertelny prąd może również przepłynąć przez twoje ciało, nawet gdy dotykasz tylko jednego przewodnika elektrycznego. Dzieje się tak, ponieważ podłoga, na której stoisz, jest w większości przypadków bardzo dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego, więc twoje stopy są w stałym kontakcie z drugim przewodnikiem elektrycznym. Większość podeszew butów nie zapewnia dobrej izolacji! Podłoga jest również zakotwiczona w ziemi, a ziemia jest dobrym przewodnikiem elektrycznym. Wystarczy poszukać na YouTube filmów prezentujących linie energetyczne, które zerwały się i spadły na ziemię. Co za fajerwerki!

Uziemienie jest podłączone do napięcia sieciowego. Nie byłoby to katastrofą, gdyby firmy energetyczne nie zapewniły, że napięcie sieciowe 230 V, które dostarczają, jest w kontakcie z ziemią. Pokazuje to poniższy rysunek. Napięcie sieciowe 230 V dostarczane do domu jest generowane w transformatorze znajdującym się gdzieś w sąsiedztwie. Jest to duży transformator, który przekształca napięcie 3×10000 V z sieci średniego napięcia na napięcie 3×230 V, które jest przesyłane do wszystkich domów w okolicy za pomocą wielu kabli. W transformatorze jeden z przewodów 230 V jest z dość skomplikowanych powodów podłączony do uziemienia za pomocą metalowego pręta wbitego głęboko w ziemię. Żyła, która nie jest podłączona do uziemienia, nazywana jest **„żyłą fazową"** i z definicji ma kolor brązowy. Żyła podłączona do uziemienia nazywana jest **„przewodem neutralnym"** i z definicji ma kolor niebieski.

Co się stanie, jeśli dotkniesz przewodu fazowego? Czerwone strzałki na rysunku wskazują, co się stanie, jeśli przypadkowo dotkniesz brązowego przewodu fazowego jedną ręką. Powstaje wówczas obwód zamknięty od transformatora w budynku transformatora, przez kabel

eprasa.pl d6549b2eb6



Jak napięcie 230 V jest dostarczane do domu (© 2021 Jos Verstraten)

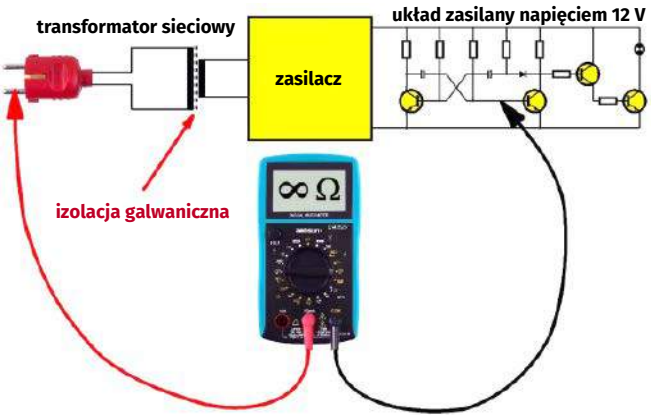
uziemiający do domu, przez szafkę licznikową do ciała i przez buty, przewodzącą podłogę domu i ziemię z powrotem do transformatora w budynku transformatora. Prąd ten może zagrażać życiu, a zasada „jednej ręki na plecach" nie zapewnia żadnego bezpieczeństwa. **Porażenie prądem może nastąpić nawet przy aktywnej tylko jednej ręce!**

Uziemienie bezpieczeństwa. Aby zapewnić kompletność, na rysunku uwzględniliśmy również uziemienie ochronne domu. Uziemienie ochronne to gruby przewód, który przechodzi bezpośrednio do pręta uziemiającego, który jest umieszczony na tyle głęboko w ziemi, że zawsze znajduje się w wodzie gruntowej. Do uziemienia ochronnego należy podłączyć wszystkie metalowe części maszyn i urządzeń w domu. Robi się to za pomocą zielono-żółtych przewodów uziemiających i uziemionych gniazdek, które są obecne w całym domu (jeśli wszystko jest w porządku). System ten zapobiega porażeniu w przypadku dotknięcia urządzenia, w którym występuje wada izolacji w przewodzie fazowym powodująca połączenie metalowej obudowy z napięciem fazowym. Prąd zwarciowy, który wówczas popłynie, niemal natychmiast wyłączy wyłącznik różnicowoprądowy w szafce licznikowej, zapobiegając ryzyku porażenia poprzez kontakt człowieka z metalową obudową.

Niebezpieczeństwo pracy w obwodach elektronicznych

Pojęcie izolacji galwanicznej. Większość obwodów elektronicznych jest zasilana niskim napięciem stałym. Napięcia te pochodzą z sieci zasilającej, w której niemal zawsze znajduje się transformator. Transformator ten zapewnia, że wszystkie punkty i komponenty w obwodzie są „galwanicznie odizolowane" od napięcia sieciowego 230 V. Co to oznacza? Jak pokazano na poniższym rysunku, jeśli zmierzysz omomierzem między jednym z pinów wtyczki sieciowej urządzenia a dowolnym punktem w obwodzie, zawsze zmierzysz nieskończenie wysoką rezystancję (∞ Ω). Innymi słowy, jeśli dotkniesz punktu w obwodzie jednym palcem, przez twoje ciało nie popłynie prąd, ponieważ między tym punktem a masą występuje nieskończenie wysoka rezystancja. Praca w takim obwodzie jest całkowicie bezpieczna.

„Izolacja galwaniczna", która powoduje nieskończenie wysoką rezystancję, wynika z faktu, że w każdym transformatorze znajdują się dwa całkowicie oddzielne uzwojenia, między którymi nie ma połączenia elektrycznego. Transfer energii z sieci do obwodu odbywa



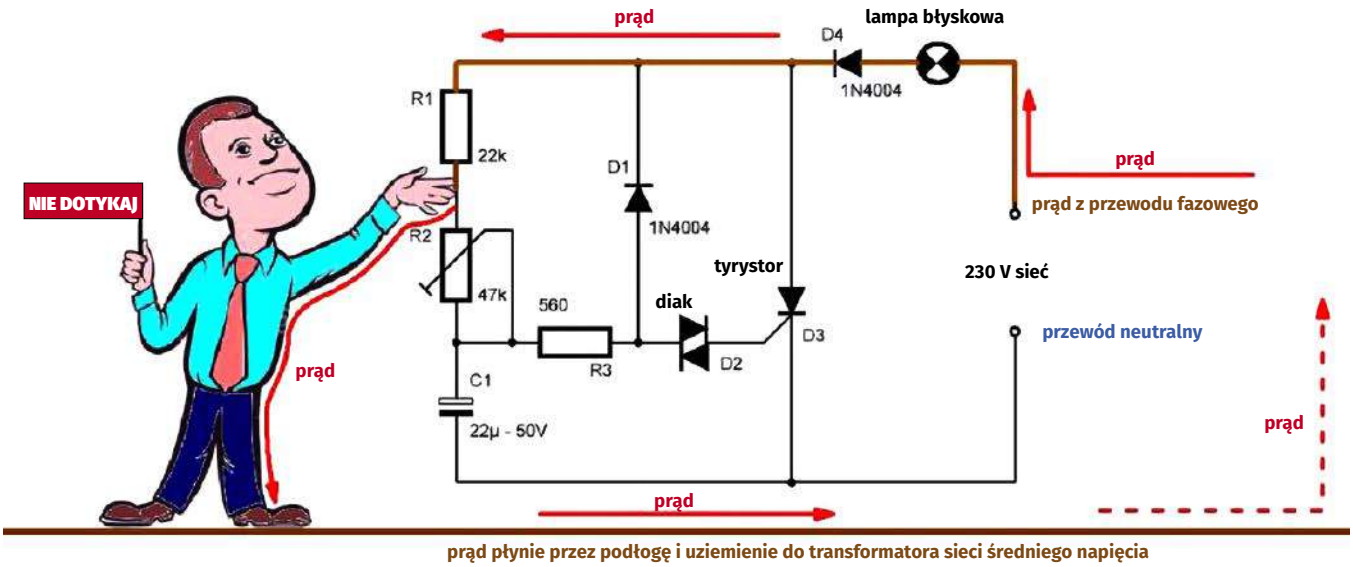
W większości urządzeń elektronicznych transformator sieciowy zapewnia izolację galwaniczną (© 2021 Jos Verstraten)

się wyłącznie poprzez pole magnetyczne generowane w metalowym rdzeniu transformatora.

Zupełnie inna historia: obwody zasilane bezpośrednio z sieci. Czasami nie można uniknąć galwanicznego podłączenia obwodu do napięcia sieciowego. Rozważmy na przykład obwody triaka, które regulują moc dostarczaną przez napięcie sieciowe. W takim przypadku istnieje elektrycznie przewodzące połączenie między każdym punktem obwodu a pinami wtyczki sieciowej. Przykład takiego obwodu pokazano na kolejnym rysunku. Jest to prosty obwód lampy błyskowej 230 V. Widać, że nie ma transformatora sieciowego, ale dwa połączenia sieciowe, faza i przewód neutralny, idą bezpośrednio do elementów obwodu. Co może się wtedy stać? W tym przykładzie obwód jest podłączony do sieci 230 V w taki sposób, że przewód fazowy przechodzi do migającej lampy. Przez ten element o bardzo niskiej rezystancji faza przechodzi do diody D4, również o niskiej impedancji. Stamtąd faza przechodzi przez rezystor R1 o niskiej impedancji do płytki drukowanej, którą przypadkowo dotykasz jedną ręką. Od tego miejsca przez ciało przepływa dość duży prąd, który płynie przez podłogę i ziemię, na której stoi dom, do punktu uziemienia w transformatorze. Oto jak Twoje hobby okazuje się zagrażać życiu!

Twój sprzęt może również zostać poważnie uszkodzony. W poprzednim przykładzie w najlepszym przypadku zostaniesz porażony prądem, a ponieważ zadziała bezpiecznik różnicowoprądowy,

eprasa.pl d6549b2eb6



Praktycznie wszystkie punkty w tym obwodzie zasilanym bezpośrednio z sieci są niebezpieczne dla dotyku (© 2021 Jos Verstraten)

to nic więcej się nie stanie. Jeśli jednak podłączysz sprzęt pomiarowy do takiego obwodu i nie zastanowisz się dokładnie, wszystko może pójść źle. Dokonywanie pomiarów w takim obwodzie może spowodować poważne zwarcia, które prawdopodobnie oznaczają koniec drogiego sprzętu. Wyjaśnia to poniższy rysunek. Tutaj wzięliśmy ten sam migający obwód jako przykład. Załóżmy, że chcesz podziwiać napięcie na kondensatorze C1 za pomocą oscyloskopu. Należy podłączyć sondę oscyloskopu do węzła między kondensatorem C1 a rezystorem R2. Należy też oczywiście podłączyć ekran sondy do drugiej elektrody kondensatora. Jednak ten punkt jest połączony bezpośrednio do jednego z przewodów sieci. Może to być przewód fazowy.

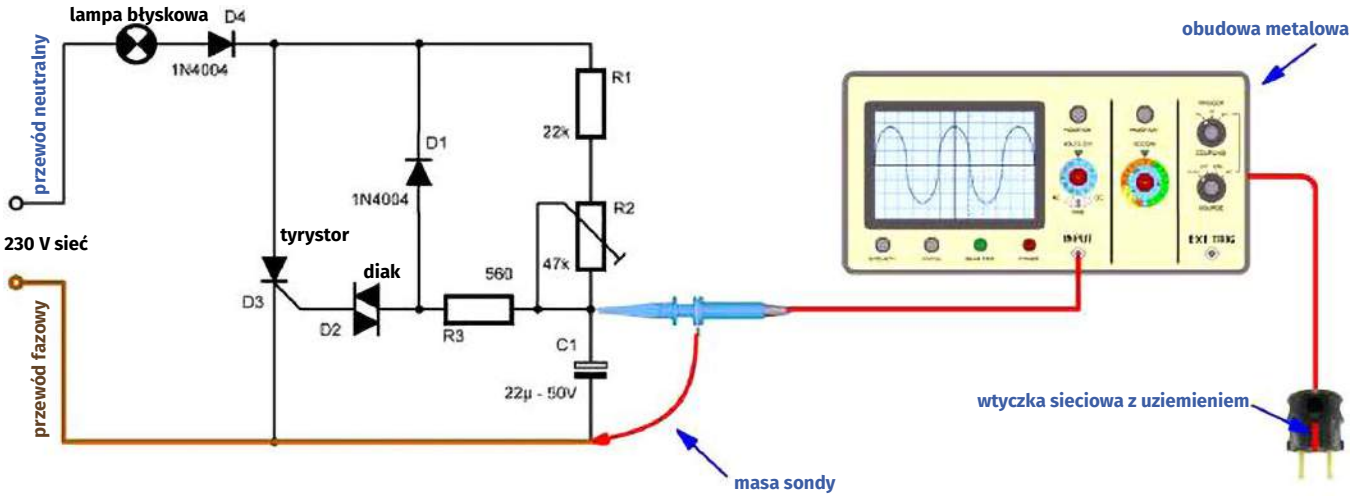
Jest on następnie podłączany bezpośrednio do ekranu sondy testowej, a poprzez złącze BNC oscyloskopu również do metalowej obudowy urządzenia pomiarowego. Oscyloskop jest jednak podłączony do gniazda ściennego za pomocą uziemionej wtyczki, więc metalowa obudowa urządzenia jest również uziemiona. W ten sposób powstaje piękne zwarcie między fazą sieci zasilającej a uziemieniem w domu! W rezultacie bardzo wysoki prąd przepłynie przez ekran sondy testowej. W najlepszym przypadku wyłączy się tylko wyłącznik różnicowoprądowy w szafce miernika, w najgorszym przypadku oscyloskop otrzyma taki impuls prądowy, że wrażliwe obwody będą działać nieprawidłowo, a urządzenie można oddać na złom.

Nie masz uziemionej wtyczki w swoim oscyloskopie? Niektórzy hobbyści uważają, że mądrze jest pozbyć się uziemionych wtyczek swoich urządzeń pomiarowych i zastąpić je wtyczkami bez uziemienia. W końcu masy wszystkich urządzeń są ze sobą połączone za pośrednictwem obwodu, w którym dokonywane są pomiary. Ale w przedstawionej sytuacji, obudowa oscyloskopu będzie podłączona do napięcia fazowego sieci zasilającej, a jeśli będziesz chciał przekręcić metalowe pokrętło na urządzeniu, otrzymasz „kopa". Więc nie rób tego!

Bezpieczna praca z napięciem sieciowym 230 V

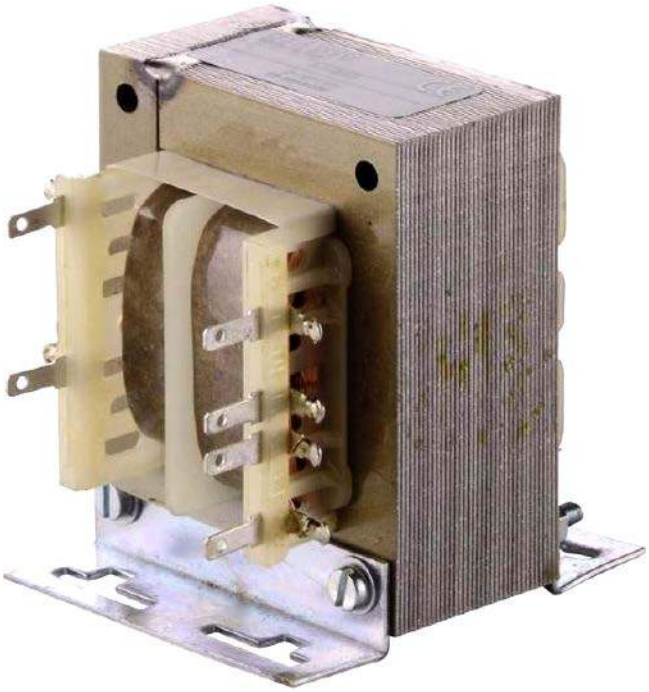
Wszystko sprowadza się do izolacji galwanicznej! Z omówionych sytuacji praktycznych można wywnioskować co jest przyczyną wszystkich nieszczęść: połączenie przewodzące między jednym z przewodów napięcia sieciowego a punktem w obwodzie, którego dotykasz lub do którego podłączasz sprzęt pomiarowy.

Aby zapobiec problemom, należy upewnić się, że połączenie przewodzące nie istnieje i że istnieje izolacja galwaniczna. W tym celu dostępne są dwa urządzenia:



Pomiary w urządzeniach zasilanych bezpośrednio z sieci mogą powodować poważne zwarcia (© 2021 Jos Verstraten)

eprasa.pl d6549b2eb6



Transformator separujący 500 VA firmy Elma (© Conrad)

- transformator separujący,
- sonda różnicowa.

Zastosowanie transformatora separującego

Czym jest transformator separujący? Transformator separujący to staromodny transformator z żelaznym rdzeniem i cewkami składającymi się z miedzianego drutu nawojowego, który zawiera dwa dokładnie identyczne uzwojenia. Jeśli więc przyłożysz napięcie sieciowe 230 V do uzwojenia pierwotnego, dokładnie takie samo napięcie pojawi się na uzwojeniu wtórnym. Istnieje jednak doskonała izolacja galwaniczna pomiędzy tymi dwoma napięciami. W końcu energia elektryczna jest przenoszona wyłącznie przez pole magnetyczne w żelaznym rdzeniu.

Jeśli nie podłączysz obwodu do napięcia sieciowego, ale do napięcia wtórnego, obwód nie zauważy żadnej różnicy, ale Ty i Twój sprzęt pomiarowy będziecie bezpieczni.

Dwa oddzielne przedziały. Na poniższym zdjęciu widać transformator separujący firmy Elma. Uzwojenia pierwotne i wtórne są nawinięte w dwóch całkowicie oddzielnych sekcjach, dzięki czemu izolacja galwaniczna jest gwarantowana w każdych okolicznościach. Strona wtórna składa się z dwóch uzwojeń 115 V, które można połączyć szeregowo.

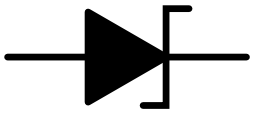
Elma produkuje takie transformatory o mocy od 30 VA do 500 VA. VA można traktować w tym kontekście jako wskazanie prądu przemiennego mocy, którą transformator może dostarczyć w watach. 500 VA odpowiada więc z grubsza 500 W. Za najmniejszą wersję zapłacimy około 20,00 euro, za najcięższą 80,00 euro.

Wysoka cena jest zdecydowanie wadą takich transformatorów. Oprócz tego, że są drogie, są również ciężkie. Typ 500 VA waży 6,9 kg!

Jaką moc wybrać? Każdemu hobbyście elektroniki radzimy zainwestować w transformator separujący. Ale który z nich wybrać? Elma oferuje cztery wersje o mocach 30 VA, 65 VA, 240 VA i 500 VA. Ceny rosną wraz z mocą. Należy wziąć pod uwagę, że transformator musi być w stanie dostarczyć pełną moc wymaganą przez podłączone urządzenie, w tym jego obciążenie. Na przykład, jeśli chcesz zmierzyć w działającym ściemniaczu halogenowym, który obsługuje lampę barową o mocy 400 W, transformator separujący musi być również w stanie dostarczyć te 400 W.

Zalety stosowania transformatora separującego. Jest to jasne po obszernym wyjaśnieniu w poprzednich akapitach. Jeśli teraz zasilisz obwód zasilany bezpośrednio z sieci przez transformator separujący, wówczas każde połączenie galwaniczne między tym obwodem a siecią zostanie przerwane, nigdy nie powstanie zamknięta pętla prądowa do sieci, a ty oszczędzisz swój sprzęt pomiarowy i swoje ciało.

QUIZ TIME!



Diody Zenera

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy

1. Jakie jest główne zastosowanie diod Zenera?
☐ stabilizacja napięcia w obwodach elektronicznych
☐ prostowanie prądu
☐ modulacja przebiegów sinusoidalnych

2. Co to jest efekt Zenera?
☐ przetwarzanie napięcia przemiennego w prąd stały
☐ zjawisko utrzymywania stałego napięcia na końcówkach diody w stanie przebicia, tj. przy dużych zmianach prądu
☐ zjawisko generowania sygnałów sinusoidalnych przy polaryzacji zaporowej diody

3. Co to jest napięcie Zenera?
☐ napięcie progowe, powyżej którego dioda przewodzi przy polaryzacji w kierunku przewodzenia
☐ maksymalne dopuszczalne napięcie w kierunku przewodzenia
☐ napięcie, przy którym dioda Zenera przechodzi w stan przebicia, utrzymując stałe napięcie na swoich końcówkach

4. Jakie zjawisko fizyczne powoduje przebicie w diodach Zenera?
☐ efekt tunelowy
☐ przebicie lawinowe
☐ zarówno efekt tunelowy jak i przebicie lawinowe, zależnie od wartości napięcia Zenera

5. Dla jakich wartości napięcia Zenera występuje efekt tunelowy?
☐ mniejszych od 5,6 V
☐ mniejszych od 12 V
☐ większych od 5,6 V

6. Dla jakich wartości napięcia Zenera występuje przebicie lawinowe?
☐ mniejszych od 5,6 V
☐ mniejszych od 12 V
☐ większych od 5,6 V

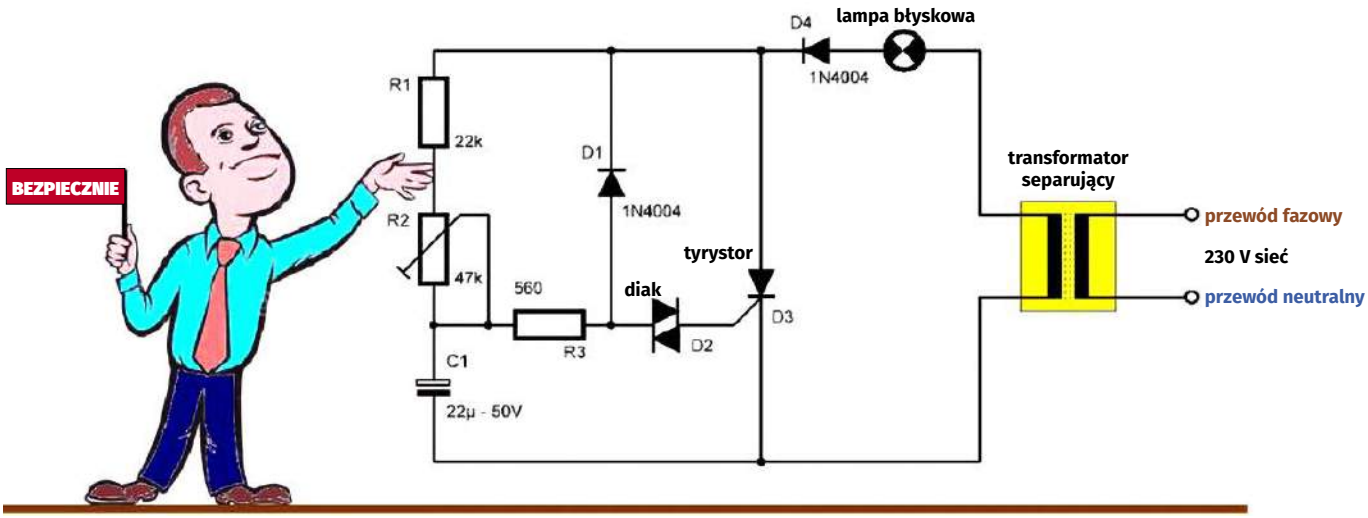
7. Jaki znak ma temperaturowy współczynnik zmian napięcia Zenera w diodach o przebiciu wywołanym efektem tunelowym?
☐ dodatni
☐ ujemny
☐ zerowy, tj. napięcie nie zmienia się wraz ze zmianami temperatury

8. Jaki znak ma temperaturowy współczynnik zmian napięcia Zenera w diodach o przebiciu lawinowym?
☐ dodatni
☐ ujemny
☐ zerowy, tj. napięcie nie zmienia się wraz ze zmianami temperatury

9. Najmniejszą wartość temperaturowego współczynnika zmian napięcia Zenera mają diody Zenera na napięcie...
☐ 5,6 V
☐ 8,2 V
☐ 12,1 V

10. Czy diody Zenera znajdują zastosowanie we wzmacniaczach nieliniowych?
☐ tak
☐ nie

eprasa.pl d6549b2eb6



Dzięki zasilaniu obwodu przez transformator separujący, prąd nie może przepływać przez ciało i podłogę do ziemi (© 2021 Jos Verstraten)

Korzystanie z sondy różnicowej

Co to jest sonda różnicowa? Wejście oscyloskopu jest wyposażone w złącze BNC, którego ekran jest połączony z obudową urządzenia, a poprzez tę obudowę również z uziemieniem wtyczki sieciowej. Sondę oscyloskopu podłącza się do tego złącza BNC za pomocą ekranowanego kabla. Ekran sondy jest w ten sposób podłączony do uziemienia w domu. Zjawisko to może powodować omawiane wcześniej problemy. Jeśli z jakiegoś powodu użycie transformatora izolującego nie jest możliwe, na przykład dlatego, że moc tego elementu jest zbyt mała, można bezpiecznie dokonywać pomiarów w obwodach połączonych galwanicznie za pomocą różnicowej sondy pomiarowej. Schemat blokowy takiej sondy pokazano na poniższym rysunku.

Sonda różnicowa to nic innego jak rozszerzona wersja wzmacniacza różnicowego. Urządzenie ma dwa wejścia, dodatnie +IN (czerwone) i ujemne –IN (czarne). Podłączasz te dwa wejścia do dwóch punktów, między którymi chcesz zmierzyć różnicę napięcia. Wyjście podłącza się do złącza BNC oscyloskopu. Obwód wyznacza różnicę napięcia między dwoma napięciami pomiarowymi i tę różnicę, tłumioną dziesięć lub sto razy, przekazuje jako napięcie odniesione do masy na wyjściu. Pomiędzy wejściami a wyjściem znajduje się rezystancja o wartości co najmniej 4 MΩ. Są to rezystory R1 do R6 na schemacie.

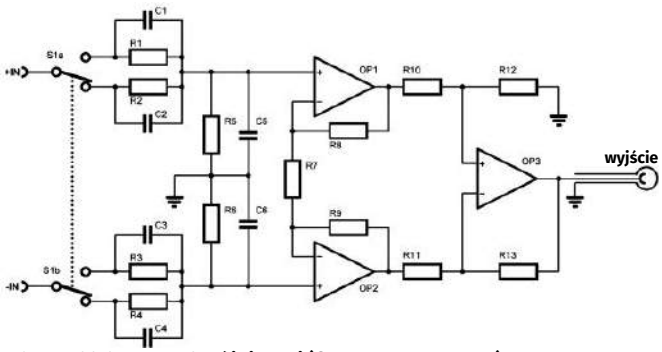
Chociaż czysto teoretycznie nie ma absolutnej izolacji galwanicznej między wejściami i wyjściem, w praktyce sprowadza się to do tego. Załóżmy, że podłączysz jedno z wejść do fazy napięcia sieciowego 230 V, a następnie dotkniesz metalowego przycisku na oscyloskopie. Wówczas przez ciało przepłynie maksymalny prąd 230 V podzielony przez 4 MΩ, co jest równe 0,000058 A lub 58 µA. Można więc bezpiecznie mierzyć obwody zasilane z sieci za pomocą oscyloskopu, podłączając sondę różnicową.

Wdrożenie sondy różnicowej. Na rynku dostępne są oczywiście różne sondy różnicowe. Jednak wszystkie wyglądają prawie tak samo, patrz zdjęcie poniżej. Jest to DP10007 firmy Micsig. Po lewej stronie widać wyjście sondy, ekranowany kabel, który podłącza się do złącza BNC oscyloskopu. Po prawej stronie widoczne są dwa wejścia różnicowe, które podłącza się do punktów w obwodzie, między którymi znajduje się napięcie, które ma być wyświetlane. Nie muszą to być kable ekranowane, praca różnicowa ma tę zaletę, że zakłócenia napięcia sieciowego 50 Hz, które trafiają na oba kable w równym stopniu, są automatycznie usuwane z sygnału pomiarowego.

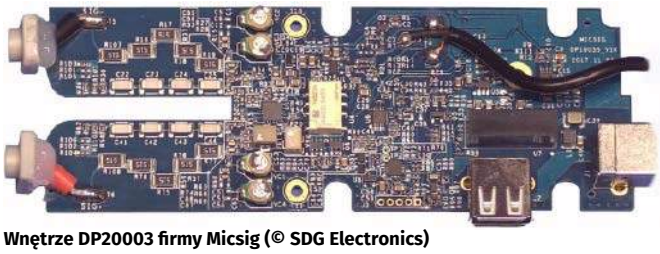
Różnice pomiędzy sondami. Ceny poszczególnych sond oferowanych do sprzedaży znacznie się różnią:

- Hantek HT8050: 125,00 €
- Micsig DP10007: 120,00 €
- Micsig DP20003: 199,00 €
- Pintek DP-65: 369,00 €
- Testec SI-9001: 400,00 €

Sonda różnicowa DP10007 od Micsig (© Banggood)

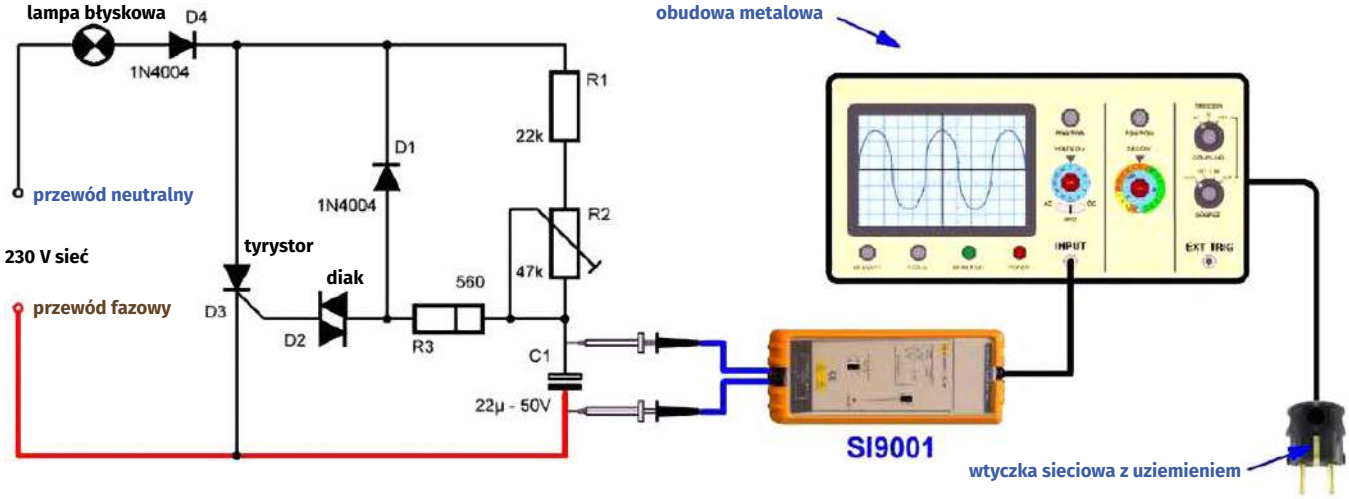


Schemat blokowy sondy różnicowej (© 2021 Jos Verstraten)



Wnętrze DP20003 firmy Micsig (© SDG Electronics)

eprasa.pl d6549b2eb6



Jak bezpiecznie dokonywać pomiarów w obwodach zasilanych z sieci (© 2021 Jos Verstraten)

- Testec SI-9010: 980,00 €

Te duże różnice wynikają głównie z następujących parametrów:

- **Szerokość pasma.** Najtańsze sondy mają szerokość pasma tylko 40 MHz, a droższe nawet 100 MHz.
- **Maksymalne napięcie między wejściami.** Wszystkie sondy mają przełącznik, który umożliwia przełączanie tłumienia sondy między dwiema wartościami. Czasami jest to 10/1 i 100/1, czasami 50/1 i 500/1, czasami 200/1 i 2000/1. Im większe tłumienie, tym wyższe dopuszczalne napięcie między wejściami.
- **Napięcie zasilania.** Niektóre modele są zasilane bateryjnie, co jest oczywiście bardzo tanie. Inne modele można podłączyć do adaptera USB za pomocą kabla. Urządzenie musi wtedy zawierać elektronikę, która wytwarza symetryczne napięcie zasilania z tego napięcia +5 V, które jest również galwanicznie izolowane od napięcia +5 V. To ostatnie wymaga małych transformatorów i dodatkowej elektroniki, a to kosztuje dużo pieniędzy.
- **Ekrany.** W tanich wersjach elektronika znajduje się na płytce drukowanej, która jest nieekranowana w plastikowej obudowie. Projektanci zakładają, że zasada pomiaru różnicowego odfiltruje wszystkie wychwycone sygnały zakłócające. W droższych modelach różne częściowe obwody są całkowicie zamknięte w puszkach, aby odbierać jak najmniej sygnałów zakłócających.

Wnętrze typowej sondy różnicowej. Zdjęcie przedstawia płytkę drukowaną sondy DP20003 firmy Micsig. Dwa obwody wejściowe są oddzielone od siebie dużą szczeliną powietrzną, więc nigdy nie może dojść do przebicia napięcia między dwoma wejściami. Stopnie wejściowe o wysokiej impedancji są realizowane poprzez szeregowe połączenie różnych rezystorów. Każdy rezystor jest mostkowany przez kondensator w celu optymalizacji zakresu częstotliwości sondy. Za pomocą trymerów pojemności można zoptymalizować pasmo przepustowe tych tłumików.

Praca z sondą różnicową. Rysunek pokazuje, jak wykonywać pomiary za pomocą sondy różnicowej w obwodach, które są galwanicznie podłączone do sieci. Umieść sondę pomiędzy obwodem pomiarowym a oscyloskopem, a wszystkie problemy i sytuacje zagrażające życiu znikną za jednym zamachem. Rezystancja wejściowa 2×4 MΩ tego urządzenia zapewnia odpowiednią separację między napięciem fazowym, sprzętem pomiarowym i użytkownikiem. ■

Jos Verstraten

QUIZ TIME!

Odbiorniki radiowe

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy

1. Co to jest pasmo przenoszenia w odbiornikach radiowych?
☐ zakres częstotliwości odbieranych fal, przy którym odbiornik pracuje poprawnie
☐ maksymalna odległość, na jaką można odebrać sygnał radiowy
☐ liczba kanałów radiowych dostępnych dla odbiornika

2. Co to jest demodulacja sygnału radiowego?
☐ Konwersja sygnałów radiowych na sygnały cyfrowe
☐ Odzyskiwanie sygnału audio z fali radiowej
☐ Wzmacnianie sygnałów radiowych

3. Jakie są zakresy pracy odbiornika ze względu na rodzaj modulacji sygnału radiowego?
☐ krótkofalowe, średniofalowe i długofalowe
☐ kHz i MHz
☐ AM i FM

4. Który podzespół (stopień) odbiornika radiowego odpowiada za wyodrębnienie sygnału audio z fali nośnej?
☐ Wzmacniacz
☐ Oscylator
☐ Detektor

5. Jaki rodzaj demodulacji jest używany w odbiornikach radiowych na pasmo FM?
☐ Amplitudowa (AM)
☐ Częstotliwościowa (FM)
☐ Fazowa (PM)

6. Co to jest odbiornik superheterodynowy?
☐ odbiornik, który przed demodulacją przetwarza odbierany sygnał fali radiowej na sygnał o stałej częstotliwości pośredniej
☐ odbiornik, w którym stosuje się superkondensatory
☐ odbiornik działający na wszystkich pasmach

7. Co to jest selektywność odbiornika radiowego?
☐ zdolność odbiornika do odbierania słabych sygnałów na tle silnych zakłóceń
☐ zdolność odbiornika do wybierania sygnałów o konkretnej częstotliwości i odrzucania innych
☐ zdolność odbiornika do odbierania sygnałów z wybranych kierunków

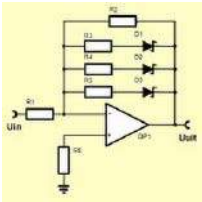
8. Do czego służy antena?
☐ do wysyłania sygnałów demodulacji przez odbiornik
☐ do przetwarzania sygnałów radiowych w sygnały audio
☐ do odbioru sygnałów radiowych przez zmianę fali elektromagnetycznej w napięcie indukowane w antenie

9. Od czego zależy głośność sygnału audio w odbiorniku radiowym?
☐ od odległości od stacji nadawczej
☐ od długości anteny
☐ od parametrów wzmacniacza mocy i głośnika

10. Co może być przyczyną falowania natężenia dźwięku w odbiornikach AM?
☐ niestabilność zasilania
☐ interferencja sygnałów z różnych stacji nadawczych
☐ przeciążenie membrany głośnika

eprasa.pl d6549b2eb0

Diody Zenera

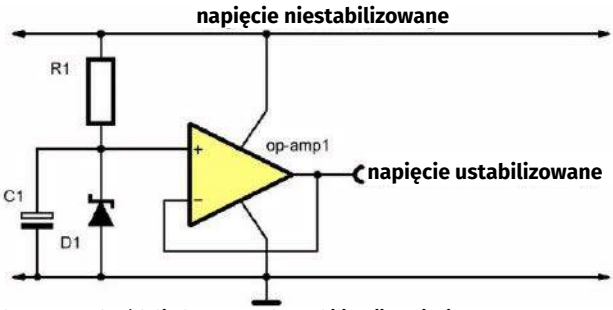


Prawdopodobnie nie używasz ich na co dzień, ale diody Zenera i tak nie należą do rzadkich elementów. Czy wiesz, że za pomocą takiej diody możesz zrobić znacznie więcej niż tylko stabilizować napięcie? Prezentujemy dziesięć wskazówek dotyczących alternatywnego zastosowania tych komponentów.

Dioda Zenera jako stabilizator

Najprostszy obwód

Na początek napiszemy trochę o najbardziej znanym zastosowaniu diody Zenera, a mianowicie o stabilizacji napięcia. Oczywiście wiesz, jak skonfigurować diodę Zenera do tego zastosowania. Jak pokazano na poniższym rysunku, podłącz diodę szeregowo z rezystorem między masą a niestabilizowanym dodatnim napięciem, tak aby anoda diody była podłączona do masy. Oczywiście niestabilizowane napięcie musi być większe niż napięcie Zenera, w przeciwnym razie dioda nie przebije się, a zatem nie będzie „zenerować". W praktyce należy upewnić się, że niestabilizowane napięcie jest co najmniej dwukrotnie wyższe od napięcia Zenera. Wartość rezystora szeregowego R1 można obliczyć, dzieląc różnicę napięcia między maksymalną wartością niestabilizowanego napięcia a napięciem Zenera przez prąd, który ma przepływać przez diodę. Obliczenia te zakładają, że w obwodzie nie będzie obciążenia dołączonego równolegle do diody . Warunek ten jest spełniony na schemacie, ponieważ dioda jest obciążona tylko przez bardzo wysoką impedancję wejściową wzmacniacza operacyjnego.



Podstawowy obwód diody Zenera do stabilizacji napięcia (© 2018 Jos Verstraten)

Wady tego układu

To proste zastosowanie diody Zenera ma swoje wady. Stabilizowane napięcie nadal będzie w pewnym stopniu zależeć od prądu pobieranego z niestabilizowanego napięcia. Jeśli prąd ten wzrośnie, napięcie spadnie. Rezultatem jest mniejszy prąd płynący przez rezystor R1 i przez diodę Zenera. Chociaż rezystancja wewnętrzna tej diody jest niewielka, mniejszy prąd spowoduje nieznaczny spadek napięcia Zenera. Drugą wadą jest to, że nie podjęto żadnych środków przeciwko konsekwencjom współczynnika temperaturowego diody Zenera. Jeśli temperatura wzrośnie lub spadnie, napięcie na diodzie Zenera również wzrośnie lub spadnie, co spowoduje niewielkie wachania napięcia wyjściowego.

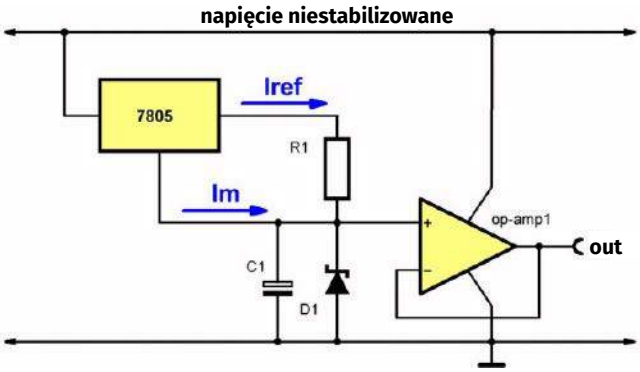
Zasilanie stałym prądem

W układzie pokazanym na kolejnym rysunku, prąd płynący przez diodę Zenera jest stabilizowany poprzez użycie scalonego stabilizatora napięcia typu 7805 jako źródła prądu stałego i przesyłanie tego stałego prądu przez diodę Zenera. Zastosowanie źródła prądowego ma tę wielką zaletę, że wartość prądu staje się w szerokich granicach niezależna od wartości niestabilizowanego napięcia. Wielkość stałego prądu jest określana przez rezystor R1, który jest umieszczony między wyjściem stabilizatora a węzłem wspólnym. Rezystancja ta nie może być zatem traktowana jako rezystancja szeregowa diody Zenera, ale tworzy rezystancję czujnika źródła prądu. Wartość tego rezystora oblicza się dzieląc napięcie scalonego stabilizatora przez prąd, który ma przepływać przez diodę:

$$R_1 = \frac{5V}{I_{ref}}$$

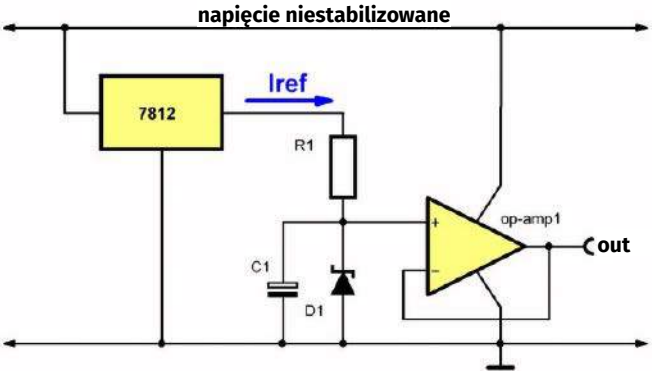
Należy jednak wziąć pod uwagę, że wspólny prąd stabilizatora I m również płynie do masy przez diodę Zenera. Jednak w przypadku większości stabilizatorów można pominąć ten prąd.

Zasilanie stałym napięciem



Zasilanie diody Zenera za pomocą stabilizatora podłączonego jako źródło prądu stałego (© 2018 Jos Verstraten)

Drugie rozwiązanie pokazano na poniższym rysunku. Tutaj stabilizator jest używany w swojej właściwej funkcji. Stabilizowane napięcie wyjściowe +12 V z układu 7812 wytwarza stały prąd płynący przez diodę Zenera poprzez rezystor szeregowy R1. Ponieważ napięcie zasilania obwodu Zenera jest teraz prawie stałe, prąd przepływający przez diodę prawie nie zmienia się, nawet gdy niestabilizowane zasilanie jest obciążone.



Zasilanie diody Zenera stałym prądem ze stałego napięcia (© 2018 Jos Verstraten)

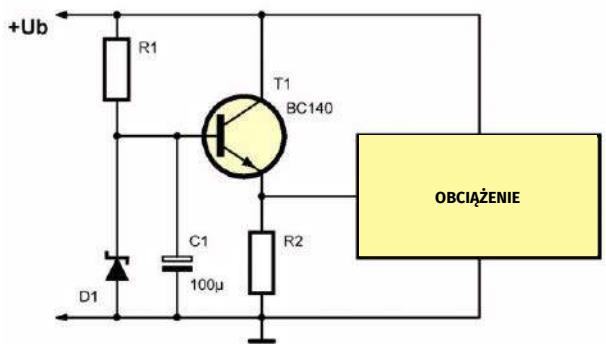
eprasa.pl d6549b2eb6

Wtórnik emiterowy jako bufor prądu

Samo podłączenie diody Zenera do obciążenia nie jest dobrym pomysłem. Jeśli prąd pobierany przez obciążenie ze stabilizowanego napięcia zmienia się, napięcie diody Zenera również będzie się nieco zmieniać. Dlatego w poprzednich schematach zawsze z diody Zenera wchodziliśmy na wzmacniacz operacyjny podłączony jako bufor. Ale nawet taki układ ma ograniczenia co do dostarczanego prądu. Układ, który może dostarczać prąd do 100 mA, pokazano na poniższym rysunku. Dioda Zenera jest podłączona do wtórnika emiterowego T1, dzięki czemu prąd obciążenia nie jest teraz dostarczany przez diodę, ale przez tranzystor. Zener dostarcza tylko prąd bazy tranzystora, który można obliczyć dzieląc prąd obciążenia przez współczynnik wzmocnienia tranzystora. Jednak w tym układzie należy wziąć pod uwagę, że napięcie wyjściowe jest o około 0,65 V niższe niż napięcie Zenera. W końcu między diodą Zenera a wyjściem znajduje się przewodzące złącze baza/emiter tranzystora.

Układ ten jest odporny na zanik prądu obciążenia. Prąd bazy staje się wtedy zerowy, co nie ma wpływu na diodę Zenera, ponieważ prąd Zenera jest wielokrotnie większy niż prąd bazy. Zaleca się jednak, aby w przypadkach, w których prąd obciążenia zanika, podłączyć rezystor R2 o wartości 10 kΩ między emiterem a masą. Rezystancja ta zwiększa stabilność działania układu.

Oczywiście podczas projektowania tego rodzaju układu należy wziąć pod uwagę maksymalną wydajność prądową i maksymalne rozproszenie mocy tranzystora. W większości przypadków konieczne będzie chłodzenie tranzystora. Należy również pamiętać, że tranzystor nie przetrwa zwarcia z wyjścia do masy, nawet przez ułamek sekundy!



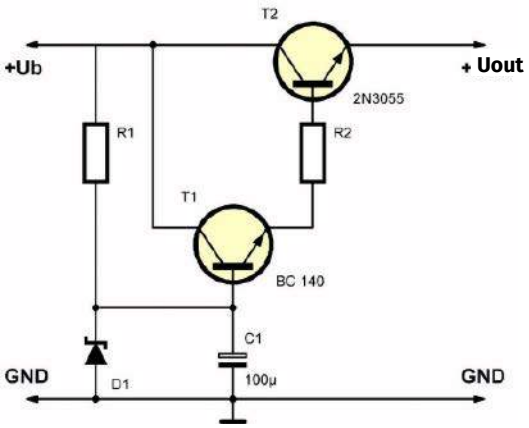
Buforowanie diody Zenera za pomocą wtórnika emiterowego (© 2018 Jos Verstraten)

Darlington jako bufor prądowy

Kolejny rysunek pokazuje schemat diody Zenera połączonej z układem Darlingtona. Dwa wtórniki emiterowe są połączone kaskadowo w taki sposób, że prąd emitera pierwszego tranzystora jest równy prądowi bazy drugiego tranzystora. Wielkość prądu obciążenia i wszelkie jego wahania nie mają teraz żadnego wpływu na pracę diody Zenera. W końcu prąd pobierany z diody Zenera jest teraz równy prądowi obciążenia obwodu, podzielonemu przez iloczyn dwóch współczynników wzmocnienia prądu. Jeśli oba tranzystory mają współczynnik wzmocnienia równy 100, to prąd pobierany z diody Zenera do bazy pierwszego tranzystora będzie wynosił tylko 1/10 000 prądu wyjściowego obwodu.

Kompensacja współczynnika temperaturowego

Diody Zenera nie lubią zmian temperatury. Napięcie mierzone na diodzie Zenera zależy od jej temperatury. Zjawisko to jest wyrażane przez współczynnik temperaturowy (tempco) diody, liczbę wskazującą, o ile mV zmienia się napięcie Zenera na stopień Celsjusza. Przed tą liczbą znajduje się znak plus lub minus. Jeśli tempco jest dodatnie,



Dioda Zenera połączona z darlingtonem (© 2018 Jos Verstraten)

napięcie Zenera rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Jeśli tempco jest ujemne, napięcie Zenera spada wraz ze wzrostem temperatury. Tempco zależy przede wszystkim od wielkości napięcia Zenera. Jak pokazano w poniższej tabeli, diody Zenera o napięciu 5,6 V mają najmniejszy współczynnik temperaturowy. Innymi słowy, jeśli szukasz napięcia, które jest tak stałe, jak to możliwe, wiesz, którą diodę Zenera wybrać.

Napięcie Zenera [V]	Współczynnik temperaturowy [mV/°C]
2,7	-1,8
3,0	-1,8
3,3	-1,8
3,6	-1,8
3,9	-1,4
4,3	-1,0
4,7	-0,7
5,1	-0,3
5,6	+0,2
6,2	+1,7
6,8	+2,7
7,5	+3,7
8,2	+4,5
9,1	+6,0
12,0	+9,0
15,0	+12,6

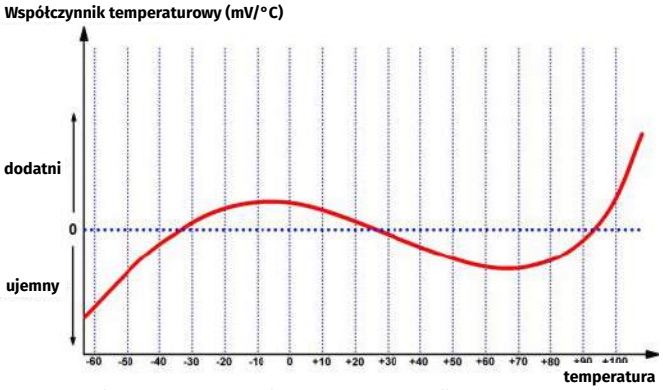
Współczynnik temperaturowy w funkcji napięcia Zenera (© 2018 Jos Verstraten)

Wielkość tempco zależy również od temperatury diody Zenera. Przebieg tempco w funkcji temperatury wykazuje typowy przebieg w kształcie litery S (wykres na kolejnej stronie).

Obniżanie tempco za pomocą diody krzemowej

Zwykła dioda krzemowa, taka jak 1N4148, w stanie przewodzenia ma współczynnik temperaturowy na poziomie −2 mV/°C. Zjawisko to można wykorzystać do zminimalizowania tempco diody Zenera. Załóżmy, że potrzebne jest stabilne napięcie 7,5 V. Można użyć diody Zenera 7,5 V, ale jej współczynnik temperaturowy wynosi +3,7 mV/°C. Jeśli jednak połączysz diodę Zenera 6,8 V (tempco = +2,7 mV/°C) szeregowo z diodą 1N4148 (tempco = −2,0 mV/°C), uzyskasz znacznie bardziej stabilne napięcie wyjściowe około 7,5 V. Tempco obu diod razem wynosi tylko +0,7 mV/°C.

eprasa.pl d6549b2eb6

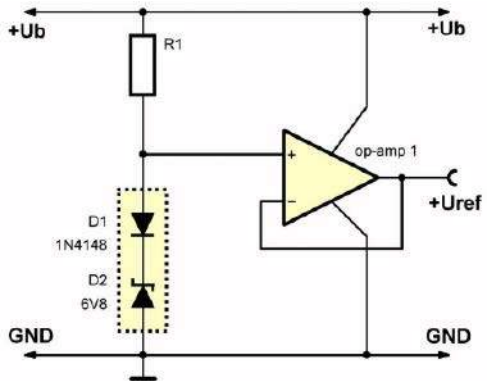


Współczynnik temperaturowy diody Zenera w funkcji temperatury (© 2018 Jos Verstraten)

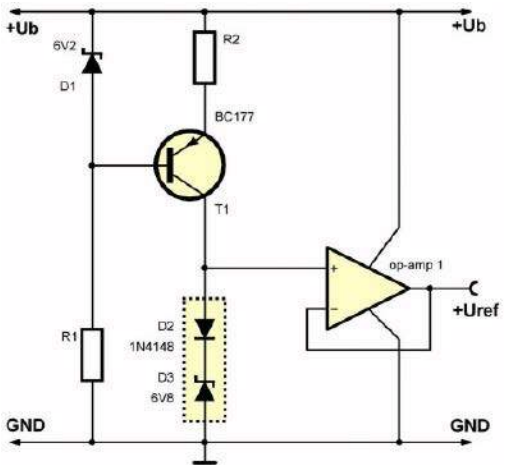
Warunkiem jest oczywiście utrzymanie obu diod w tej samej temperaturze, poprzez zamontowanie ich jak najbliżej siebie i połączenie termiczne za pomocą pasty termoprzewodzącej. Absolutnie zabronione jest łączenie takiej kombinacji z wtórnikiem emiterowym. W końcu napięcie baza/emiter tranzystora jest również dość zależne od temperatury. Jedynym dobrym sposobem jest połączenie ze wzmacniaczem operacyjnym, jak pokazano na poniższym rysunku.

Zasilanie ze źródła prądowego

Jeszcze lepsze parametry można uzyskać, zasilając obie diody ze źródła prądu stałego. Na poniższym schemacie tranzystor PNP T1 jest włączony jako źródło prądowe. Napięcie między bazą a emiterem jest w przybliżeniu stałe, podobnie jak napięcie między bazą a zasilaniem. W końcu to ostatnie jest utrzymywane na stałym poziomie przez diodę Zenera D1. Istnieje zatem również stałe napięcie na rezystorze emiterowym R2, z czego można wywnioskować, że przez tranzystor przepływa stały prąd. Jeśli w tym obwodzie napięcie zasilania będzie się zmieniać o ±10%, napięcie wyjściowe będzie się zmieniać tylko o 520 µV. Jednak wpływ temperatury na obwód nie ulega poprawie, a nawet nieznacznie wzrasta. W końcu współczynnik temperaturowy źródła zasilania działa teraz jako czynnik ujemny.



Minimalizacja tempco poprzez szeregowe podłączenie diody Si (© 2018 Jos Verstraten)

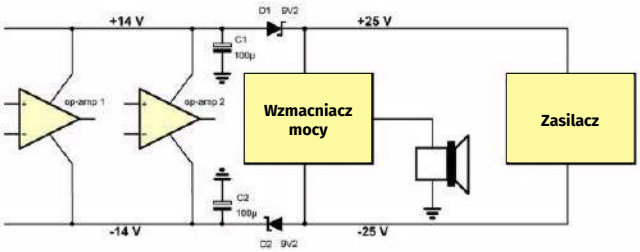


Zasilanie „kompensowanej temperaturowo diody Zenera" ze źródła prądu stałego (© 2018 Jos Verstraten)

Redukcja napięcia za pomocą diod Zenera

Zmniejszanie napięcia zasilania

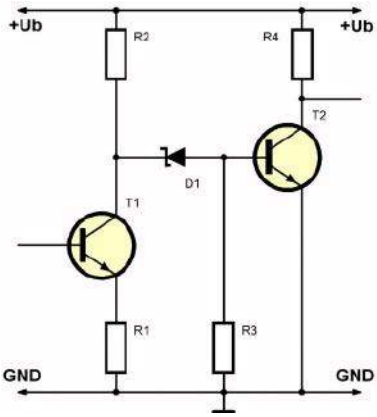
Niektóre komponenty, typowym przykładem jest wzmacniacz operacyjny, mają raczej niskie maksymalne napięcia zasilania. Typowy wzmacniacz operacyjny zawiedzie, jeśli podłączysz więcej niż ±18 V między pinami zasilania. Istnieje jednak wiele układów, w których wzmacniacze operacyjne są bardzo przydatne, ale układy te są zasilane znacznie wyższymi napięciami. Typowy przykład pokazano na poniższym schemacie – wzmacniacz mocy niskiej częstotliwości, który jest zasilany napięciem ±25 V. Jeśli chcesz użyć wzmacniaczy operacyjnych w przedwzmacniaczach, będziesz musiał zmniejszyć te napięcia zasilania do około ±15 V. Możesz oczywiście zastosować stabilizatory, na przykład parę 78L15/79L15, ale możesz także włączyć diody Zenera 9,2 V szeregowo z liniami zasilania.



Redukcja napięcia zasilania za pomocą diod Zenera (© 2018 Jos Verstraten)

Regulacja napięć polaryzacji

We wzmacniaczach ze sprzężeniem stałoprądowym często pojawia się problem podłączenia stopnia do wyjścia poprzedniego stopnia. Na poniższym schemacie zaprezentowano na przykład wzmacniacz dwustopniowy. Pierwszy stopień na tranzystorze T1 ma dość dużą rezystancję R1 w obwodzie emitera. Na tym rezystorze spada dość duże napięcie, w wyniku czego napięcie na kolektorze będzie dość wysokie. Napięcie to powinno zasilać bazę drugiego tranzystora. Nie



Dioda Zenera używana do redukcji napięcia polaryzacji między dwoma stopniami (© 2018 Jos Verstraten)

eprasa.pl d6549b2eb6

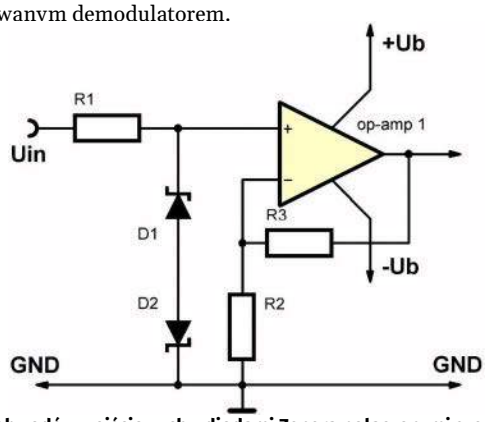
jest to możliwe bezpośrednio, ponieważ wysokie napięcie polaryzacji na kolektorze doprowadziłoby drugi tranzystor do całkowitego nasycenia. Można umieścić dzielnik napięcia między kolektorem a bazą i obliczyć go tak, aby drugi tranzystor był ustawiony w dobrym punkcie pracy. Wadą tego dzielnika jest jednak to, że nie tylko napięcie polaryzacji na kolektorze jest osłabione, ale także sygnał. Jednak podłączając diodę Zenera między kolektor T1 i bazę T2 osiągamy to, że napięcie polaryzacji zostanie zmniejszone o wartość napięcia Zenera, ale sygnał zostanie doprowadzony do bazy T2 bez żadnych strat.

Ochrona układów

Zabezpieczenie wejścia

Załóżmy, jak pokazano na poniższym schemacie, że zaprojektowałeś układ pomiarowy, w którym pierwszy stopień zbudowany jest na wzmacniaczu operacyjnym. Wzmacniacze operacyjne mają określone maksymalne wartości napięć wejściowych. Jeśli zostaną one przekroczone, różnicowy stopień wejściowy może ulec awarii. Ponieważ w układach testowych dość często zdarza się przypadkowe dotknięcie sondą punktu o napięciu znacznie wyższym niż oczekiwane, wzmacniacz operacyjny można szybko uszkodzić. Dlatego należy zapewnić ochronę przed przepięciami, na przykład poprzez włączenie dwóch identycznych diod Zenera szeregowo przeciwstawnie między wejściem wzmacniacza operacyjnego a masą.

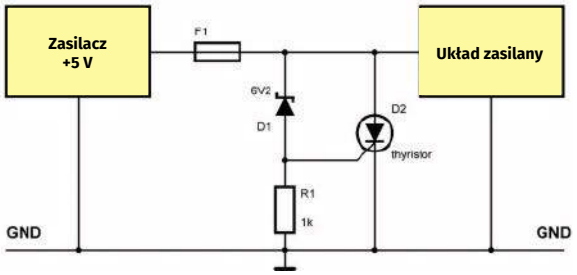
Napięcie na nieodwracającym wejściu wzmacniacza operacyjnego nigdy nie może przekroczyć napięcia diody Zenera +0,65 V. Prąd płynący przez diody Zenera jest ograniczony przez rezystor szeregowy R1. Należy pamiętać, że obwód ten nie może być używany do ochrony wejścia, na przykład, woltomierza cyfrowego. Nawet jeśli napięcie jest mniejsze niż napięcie Zenera, przez diody nadal będzie płynął niewielki prąd upływu. Ten prąd upływu powoduje, że nawet przy małych napięciach na wejściu, bardzo niewielka część tego napięcia odłoży się na rezystorze R1. W ten sposób miernik wskazuje niższe napięcie niż rzeczywista wartość napięcia wejściowego, a dokładność miernika cyfrowego jest całkowicie utracona z powodu zabezpieczenia! Zabezpieczenie diodami Zenera może być stosowane w urządzeniach niekrytycznych, takich jak wzmacniacze sygnału i sondy pomiarowe z wbudowanvm demodulatorem.



Ochrona obwodów wejściowych z diodami Zenera połączonymi szeregowo przeciwstawnie (© 2018 Jos Verstraten)

Bezpieczeństwo zasilania

Czy kiedykolwiek zastanawiałeś się, co może się stać, jeśli stabilizator 7805, którego używasz do zasilania skomplikowanego i drogiego układu cyfrowego napięciem +5 V, ulegnie uszkodzeniu? Istnieje duża szansa, że napięcie zasilania układów scalonych nagle wzrośnie do +12 V, powodując uszkodzenie jednego układu scalonego po drugim. Ochrona przeciwprzepięciowa nie jest zatem pustym sloganem w takich układach, a dioda Zenera może w tym pomóc. Podstawowy schemat pokazano na poniższym rysunku. Między wyjściem zasilacza a zasilanymi układami znajduje się szybko działający bezpiecznik F1. Jeśli cały układ cyfrowy zużywa 2 A, można użyć bezpiecznika 3,3 A. Tyrystor D2 jest włączony między +5 V a masą. Bramka tyrystora jest zasilana z szeregowego połączenia diody Zenera 6,2 V i rezystora R1. Dopóki zasilacz dostarcza napięcie +5 V, nie ma się czym martwić. Dioda Zenera odcina zasilanie tyrystora, bramka tyrystora jest podłączona do masy poprzez niską rezystancję R1 i nie może nastąpić zapłon tyrystora. Gdyby stabilizator w zasilaczu uległ uszkodzeniu, napięcie na wyjściu nagle wzrosłoby do wartości napięcia niestabilizowanego, na przykład +12 V. Dioda Zenera zadziała, bramka tyrystora zostanie zasilona z napięcia 12 V przez bardzo niską rezystancję dynamiczną diody Zenera. Przepływa bardzo duży prąd bramki, tyrystor się włącza i powoduje zwarcie zasilania. Szybko działający bezpiecznik F1 topi się, odłączając delikatne układy scalone od destrukcyjnego dla nich napięcia zasilania +12 V. Chociaż według standardów elektronicznych przepalenie bezpiecznika zajmuje czas, który można nazwać wiecznością, istnieje szansa, że większość układów scalonych przetrwa ten incydent.



Ochrona napięcia zasilającego przed przepięciem (© 2018 Jos Verstraten)

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

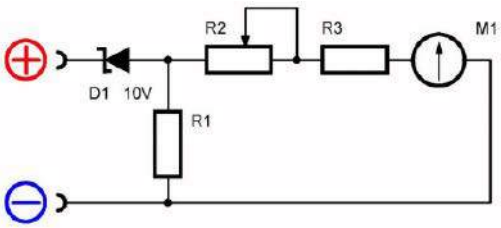
www.pwkey.pl

eprasa.pl d6549b2eb6

Inne zastosowania diod Zenera

Tłumiony punkt zerowy miernika

Załóżmy, że chcesz zmierzyć napięcie akumulatora w przyczepie kempingowej za pomocą nostalgicznego miernika z ruchomą cewką. Musisz wtedy obliczyć rezystor szeregowy w taki sposób, aby wskazówka odchyliła się całkowicie przy napięciu wejściowym 15 V. Skala jest starannie podzielona liniowo na piętnaście pól po 1 V każde. W praktyce jednak napięcie baterii nigdy nie spadnie poniżej 11 V, więc ponad 2/3 skali w zasadzie nie pełni żadnej funkcji. Do tego typu zastosowań można użyć obwodu pokazanego na poniższym rysunku. Między baterią a rzeczywistym obwodem pomiarowym R2–R3–M1 należy włączyć diodę Zenera o napięciu 10 V. Gdy obwód jest podłączony do akumulatora, dioda Zenera przebije się i pobierze pewien prąd Zenera przez niską rezystancję R1. Napięcie na tym rezystorze jest równe napięciu akumulatora minus stałe napięcie około 10 V na diodzie Zenera. Skala miernika może być teraz rozciągnięta na zakres od 10 V do 15 V, zapewniając znacznie dokładniejszy odczyt napięcia akumulatora.

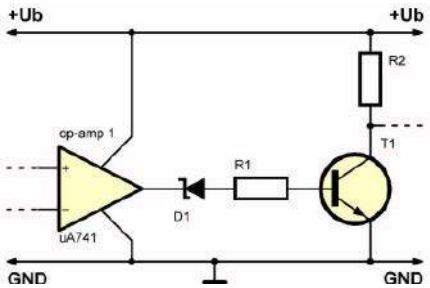


Miernik wskazówkowy z przesuniętym punktem zerowym (© 2018 Jos Verstraten)

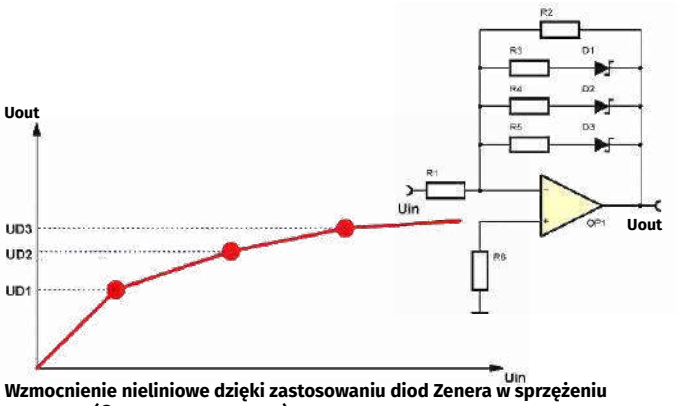
Poniższy rysunek pokazuje sytuację, która często występuje w codziennej praktyce elektronicznej. Wzmacniacz operacyjny typu 741 jest używany jako komparator w obwodzie zasilanym z pojedynczego napięcia +12 V. Jeśli wyjście komparatora jest wysokie, tranzystor przełączający T1 powinien zostać włączony. Jeśli komparator wysyła niski sygnał, tranzystor powinien pozostać w stanie nieprzewodzenia. Układ 741 ma tę nieprzyjemną cechę, że napięcie wyjściowe nigdy nie może być równe wartości napięcia zasilania. W omawianym układzie oznacza to, że napięcie wyjściowe komparatora wynosi około +10 V w stanie wysokim i około +2 V w stanie niskim. Bez diody Zenera D1 tranzystor zawsze przewodziłby prąd. Aby przeciwdziałać włączeniu tranzystora przy napięciu +2 V, wystarczy użyć diody Zenera, na przykład 3,9 V, połączonej szeregowo między wyjściem komparatora a rezystancją bazową tranzystora. Gdy wyjście wzmacniacza operacyjnego jest niskie, dioda jest odcięta, baza nie jest polaryzowana, tranzystor jest odcięty. Jeśli na wyjściu pojawi się napięcie +10 V, dioda Zenera będzie przewodzić, a prąd Zenera pobudzi tranzystor do przewodzenia.

Wzmacniacze nieliniowe

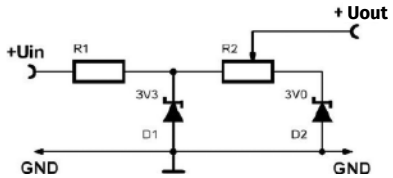
Wzmacniacz operacyjny można skonfigurować jako wzmacniacz napięciowy, umieszczając dzielnik rezystancyjny między wyjściem,



Wbudowanie progu napięcia między dwoma stopniami (© 2018 Jos Verstraten)



Wzmocnienie nieliniowe dzięki zastosowaniu diod Zenera w sprzężeniu zwrotnym (© 2018 Jos Verstraten)



Dokładne ustawienie napięcia pomiędzy dwoma wartościami granicznymi (© 2018 Jos Verstraten)

wejściem odwracającym i masą. Napięcie wyjściowe zmienia się liniowo wraz z napięciem wejściowym zgodnie ze wzorem:

$$U_{out} = U_{in} \cdot A$$

gdzie A reprezentuje współczynnik wzmocnienia i jest określany przez stosunek dwóch rezystancji sprzężenia zwrotnego. W niektórych zastosowaniach byłoby znacznie wygodniej, gdyby istniała nieliniowa zależność między napięciem wyjściowym a napięciem wejściowym.

Na przykład, weźmy pod uwagę miernik poziomu w sprzęcie audio, gdzie bardziej interesuje nas skala logarytmiczna niż liniowa. Lub generator przemiatania, w którym preferowana jest logarytmiczna oś częstotliwości. Umieszczając kilka diod Zenera w sprzężeniu zwrotnym wzmacniacza operacyjnego zgodnie ze schematem na poniższym rysunku, można przekształcić liniową zależność między wyjściem a wejściem w zależność pseudo-logarytmiczną.

Układ działa w następujący sposób. Jeśli napięcie wyjściowe jest niższe niż najniższe napięcie Zenera, wszystkie diody Zenera nie przewodzą, a wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego będzie określane tylko przez rezystory R2 i R1. Gdy napięcie wyjściowe stanie się równe najniższemu napięciu Zenera, U D1 włączy D1. Rezystor R3 jest teraz połączony równolegle z R2, dzięki czemu całkowita rezystancja sprzężenia zwrotnego staje się mniejsza, a wzmocnienie stopnia maleje. Jeśli napięcie wyjściowe będzie nadal rosło, D2 i D3 będą również sukcesywnie włączane, tak że coraz więcej rezystorów jest połączonych równolegle z R2, a wzmocnienie zmniejsza się stopniowo. Dzięki odpowiedniemu doborowi napięć Zenera i rezystorów można dość dokładnie naśladować logarytmiczną zależność między napięciem wejściowym i wyjściowym. I to za cenę, która jest nieproporcjonalna do pieniędzy, które trzeba zapłacić za scalony wzmacniacz logarytmiczny.

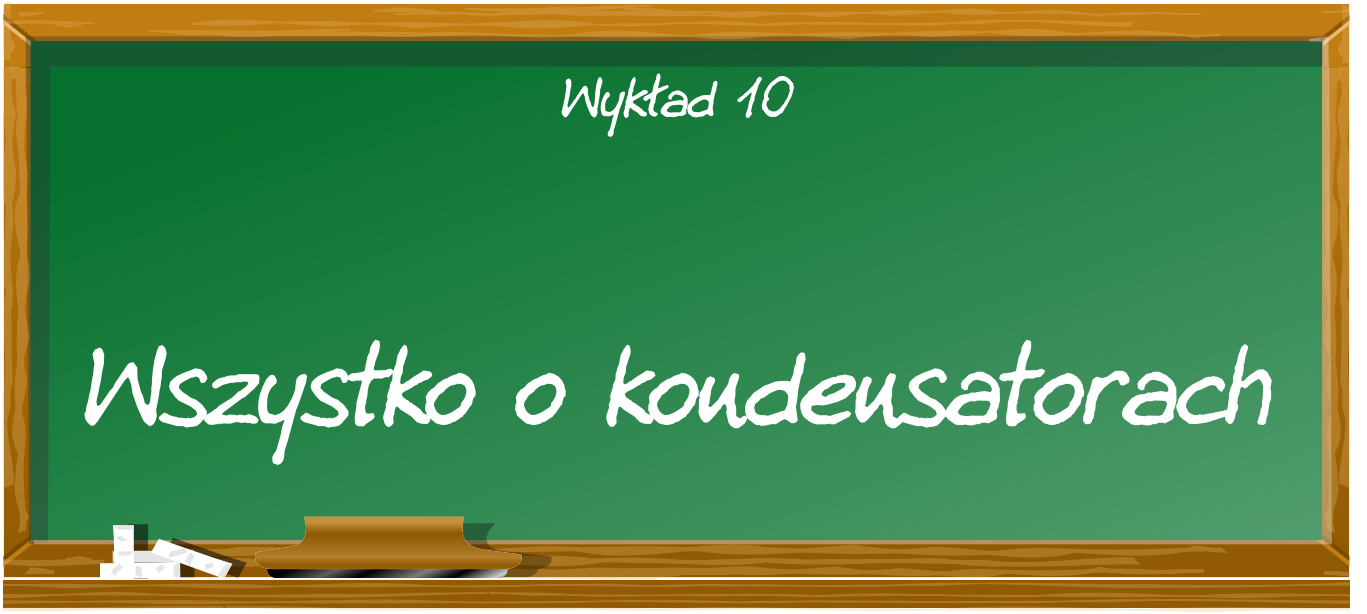
Precyzyjne ustawianie napięcia

Istnieją takie zastosowania, w których ważne jest ustawienie wartości napięcia stałego z dokładnością do 1 mV. Można wówczas użyć obwodu pokazanego na powyższym rysunku. Dwie diody Zenera o w przybliżeniu równych napięciach Zenera są zasilane z napięcia zasilania przez dwa rezystory szeregowe. Drugi rezystor szeregowy jest zaprojektowany jako dziesięcioobrotowy potencjometr R2. Napięcie na potencjometrze wynosi tylko około 0,3 V, dzięki czemu można bardzo precyzyjnie ustawić napięcie na suwaku w zakresie od +3,0 V do +3,3 V. ■

Jos Verstraten

eprasa.pl d6549b2eb6

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 wiadomości od uczniów, nauczycieli i studentów. Dla nich jest ta rubryka.



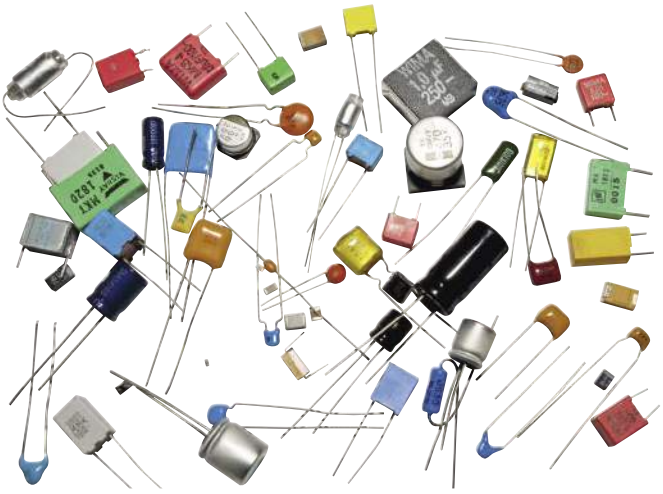
Kondensatory są prawdopodobnie najtrudniejszymi do zrozumienia komponentami pasywnymi. Wynika to z ich licznych parametrów oraz dostępności wielu różnych rodzajów. W zaprezentowanym wykładzie opisujemy budowę i cechy najczęściej spotykanych rodzajów kondensatorów szczególnie podkreślając różnice pomiędzy nimi. Dzięki tej wiedzy z łatwością dobierzemy optymalny element do danego obwodu lub projektu.

Red. EdW. Autor wykładu, Nicholas Vinen, jest bardzo doświadczonym konstruktorem wielu wspaniałych projektów, więc przekazuje nam wiedzę praktyczną, cenniejszą od uniwersyteckiej. Rysunki umyślnie pozostawiliśmy z opisami angielskimi. Jeśli chcesz się rozwijać, musisz się uczyć elektroniki po angielsku. Nie ma innej drogi.

Kondensatory występują we wszystkich kształtach i rozmiarach. Niektóre są znacznie mniejsze niż ziarnko ryżu, podczas gdy inne są ogromne i używane w zestawach do wystrzeliwania w powietrze samolotów ważących wiele ton!

Ponieważ istnieje tak wiele różnych typów, wybór jednego z nich może być bardzo trudny. Nawet jeśli wiesz, jakiej pojemności i napięcia potrzebujesz, mogą istnieć setki, a nawet tysiące pasujących elementów. Niektóre z nich mogą w ogóle nie działać w obwodzie, podczas gdy inne mogą działać, ale niezbyt dobrze, a niektóre będą bardzo drogie. Musisz zawęzić wybór do zaledwie kilku typów, a następnie wybrać jeden z nich.

Staraliśmy się podzielić cały artykuł na łatwiejsze do zrozumienia sekcje, pomimo ich złożoności. Jeśli czujesz się przytłoczony, daj sobie czas na przeanalizowanie i przyswojenie tego, co przeczytałeś do tej pory, a następnie przeczytaj resztę później.



Dielektryki kondensatorów

Zasadniczo kondensator to tylko dwa przewodniki (pierwotnie płaskie płytki) oddzielone izolatorem („dielektrykiem"). Ponieważ jednak powierzchnia płytek wymagana do uzyskania znaczącej pojemności jest dość duża, nowoczesne kondensatory są zwykle ułożone jako wiele warstw przewodzących i izolatorów połączonych równolegle, co pozwala na bardziej kompaktową budowę.

W niektórych przypadkach „płytki" nie są nawet płaskie, ale zamiast tego są spiralnymi zwojami lub strukturami 3D, takimi jak wytrawiona powierzchnia metalowej folii lub materiałów ziarnistych.

Wytrawione lub ziarniste materiały mają znacznie wyższą pojemność liczoną na jednostkę objętości, ponieważ pojemność jest wprost proporcjonalna do powierzchni i odwrotnie proporcjonalna do odległości między płytkami.

eprasa.pl d6549b2eb6

Tworzy to kompromis; cieńsze dielektryki dają większą pojemność, ale mają niższe napięcie przebicia, więc maksymalne napięcie przyłożone do kondensatora musi być niższe. Jest to główny powód, dla którego kondensator o wyższym napięciu znamionowym, ale tej samej pojemności, jest zwykle fizycznie większy; jego warstwa dielektryczna (warstwy dielektryczne) musi być grubsza.

Rodzaj zastosowanego materiału izolacyjnego (dielektryka) ma silny wpływ na zachowanie kondensatora i z tego powodu kondensatory są najczęściej klasyfikowane według typu dielektryka. Różne typy dielektryków mają swoje własne kompromisy w zakresie pojemności, napięcia znamionowego, liniowości, prądu upływu i nie tylko.

Niektóre powszechnie stosowane materiały dielektryczne do produkcji kondensatorów to:

- ceramika (zazwyczaj tlenki metali),
- warstwy tlenku metalu (w kondensatorach elektrolitycznych),
- folie z tworzyw sztucznych,
- mika,
- papier,
- płaszczyzna Helmholtza cząsteczek rozpuszczalnika (jak w „dwuwarstwowych" super/ultrakondensatorach).

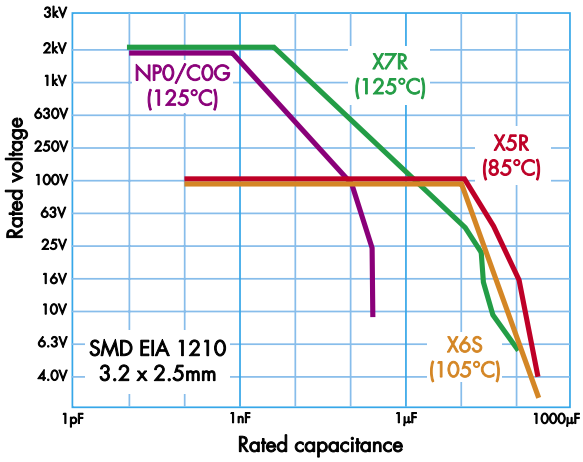
Najpopularniejszymi obecnie typami kondensatorów są kondensatory ceramiczne i elektrolityczne, a następnie kondensatory z folią z tworzywa sztucznego. Te trzy typy kondensatorów mają ważne podkategorie, które silnie wpływają na ich zachowanie.

Jedną z właściwości wszystkich materiałów dielektrycznych jest stała dielektryczna („K"). Im większa jest ta liczba, tym wyższa jest pojemność dla podobnie skonstruowanego elementu. K może zmieniać się w zależności od temperatury, napięcia, wieku i innych właściwości. Podczas gdy wysokie wartości K zapewniają większą pojemność w małej objętości, istnieją znaczne niedostatki w innych obszarach, jak opisano poniżej.

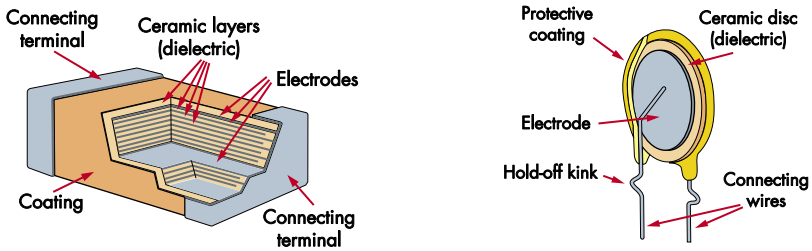
Kondensatory ceramiczne

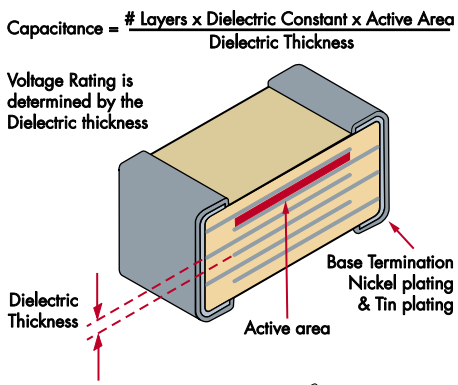
Jeśli spojrzysz na płytkę drukowaną dowolnego nowoczesnego urządzenia elektronicznego, znajdziesz ją pokrytą kondensatorami ceramicznymi. Są one tanie, niezawodne, działają bardzo dobrze i są dostępne w szerokim zakresie pojemności i napięć znamionowych.

Nowoczesne kondensatory ceramiczne są produkowane technologią pozwalającą na uzyskanie od jednej, do wielu tysięcy warstw. Daje im to szeroki zakres pojemności, od ułamków pikofaradów do setek mikrofaradów, w małej obudowie – patrz **rysunki 1...3**.

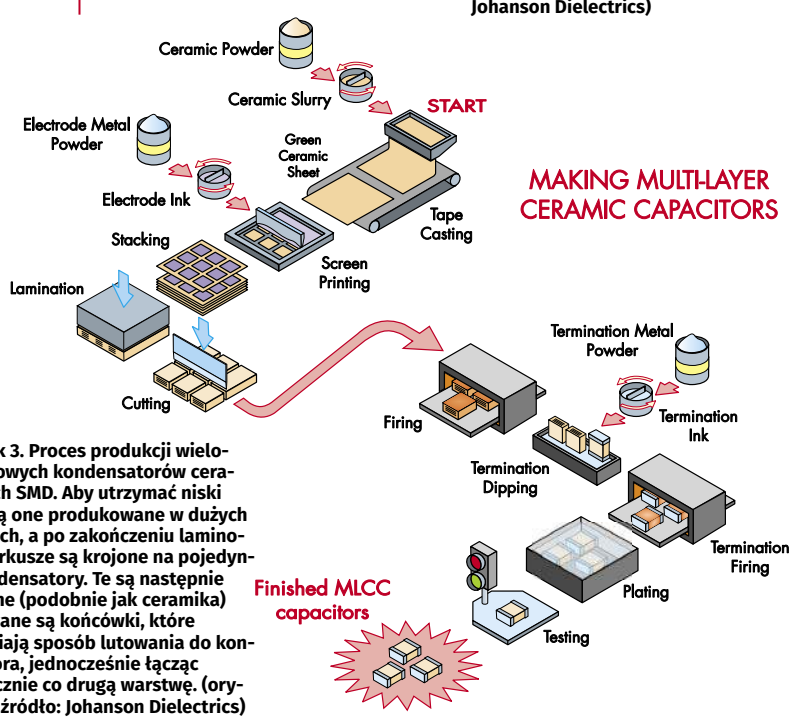


Rysunek 1. Zakres pojemności i napięć dostępnych obecnie w kondensatorach ceramicznych SMD 3,2×2,5 mm. Dostępne są zarówno większe, jak i mniejsze rozmiary, rozszerzając zakres wartości do 0,1 pF (1,6×0,8 mm) do 470 µF (4,5×3,2 mm). Należy zauważyć, że niektóre rodzaje dielektryków ceramicznych są dostępne dla wyższych napięć roboczych, a inne dla wyższej maksymalnej pojemności (źródło: Wikipedia)





Rysunek 2. Struktura typowych kondensatorów ceramicznych SMD i przewlekanych. Kondensatory „chipowe" SMD są wykonane z wielu warstw; kondensatory dyskowe do montażu przewlekanego mogą mieć konstrukcję jednowarstwową, jak pokazano tutaj, lub coraz częściej podobną strukturę wewnętrzną do wielowarstwowego kondensatora SMD. Wielowarstwowe kondensatory przewlekane są zwykle hermetyzowane w żywicy epoksydowej, podczas gdy jednowarstwowe typy dysków mogą być hermetyzowane w ceramice. (oryginalne źródło: Johanson Dielectrics)



Rysunek 3. Proces produkcji wielowarstwowych kondensatorów ceramicznych SMD. Aby utrzymać niski koszt, są one produkowane w dużych arkuszach, a po zakończeniu laminowania arkusze są krojone na pojedyncze kondensatory. Te są następnie wypalane (podobnie jak ceramika) i dodawane są końcówki, które zapewniają sposób lutowania do kondensatora, jednocześnie łącząc elektrycznie co drugą warstwę. (oryginalne źródło: Johanson Dielectrics)

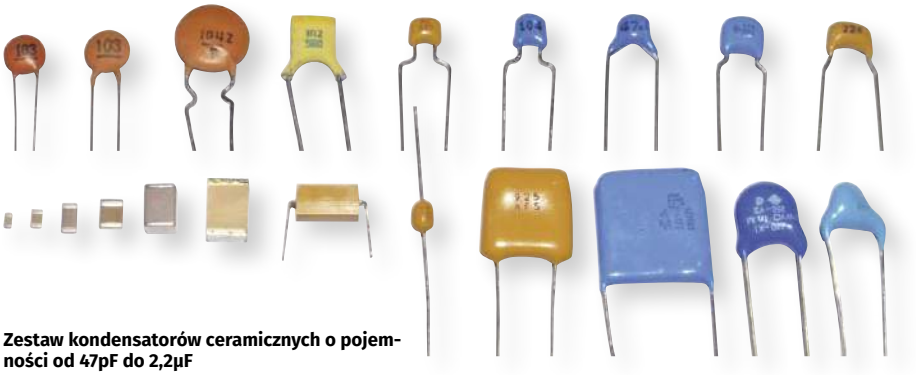
eprasa.pl d6549b2eb6

Kondensatory ceramiczne są zazwyczaj wytrzymałe i trwałe oraz nie są spolaryzowane (mogą pracować przy dowolnej biegunowości przyłożonego napięcia stałego).

Kondensatory ceramiczne są dostępne w wersjach o napięciu znamionowym od zaledwie kilku woltów do kilku kilowoltów. Kondensatory ceramiczne o napięciu znamionowym powyżej 500 V zwykle wykorzystują inne rodzaje ceramiki niż te poniżej 500 V i mają nieco inne właściwości.

Najczęściej stosowane materiały ceramiczne bazują na dwutlenku tytanu (TiO_2) lub tytanianie baru ($BaTiO_3$) z dodatkami poprawiającymi ich właściwości.

Ponieważ istnieje tak wiele różnych możliwych kombinacji, są one podzielone na różne kategorie w zależności od ich parametrów. Kategorie te opierają się na początkowej tolerancji kondensatora (tj. odchyleniu rzeczywistych wartości pojemności próbek od wartości znamionowej), zależności, według jakiej pojemność zmienia się wraz z temperaturą (współczynnik temperaturowy) i jak zmienia się wraz z przyłożonym napięciem (współczynnik napięciowy).



Zestaw kondensatorów ceramicznych o pojemności od 47pF do 2,2μF

Tabela 1. Kody kondensatorów klasy 2

Pierwsza litera niższa temperatura	Numer środkowy górna temperatura	Ostatnia litera zmiana pojemności w danym zakresie temperatur
X=–55°C	4=+65°C	P=±10%
Y=–30°C	5=+85°C	R=±15%
Z=+10°C	6=+105°C	L=±15%, +15/–40% powyżej 125°C
	7=+125°C	S=±22%
	8=+150°C	T=+22/–33%
	9=+200°C	U=+22/–56%
		V=+22/–82%

Najpopularniejsze kody typu to NP0 lub C0G (różne nazwy dla tej samej kategorii), JB, SL0, X5R, X5S, X6S, X7R, X7S, X8L, Y5V i Z5U.

Typy NP0/C0G mają bardzo wąskie tolerancje i brak lub minimalne zmiany pojemności w zależności od temperatury lub napięcia. Mają również niską stałą dielektryczną, więc są stosunkowo duże dla danej wartości pojemności i napięcia znamionowego. W rezultacie są one również dość drogie.

Z drugiej strony, ceramika Y5V jest bardzo kompaktowa dla danej wartości pojemności i napięcia znamionowego, ale ma bardzo słabą tolerancję początkową, a jej pojemność dramatycznie maleje w podwyższonych temperaturach i wyższych zastosowanych napięciach. Zaletą jest to, że są one dość tanie w produkcji.

Kondensatory takie jak X5R i X7R znajdują się pomiędzy tymi dwoma; są większe niż typy Y5V dla danej pojemności i napięcia, ale mniejsze niż NP0/C0G. Podobnie, ich tolerancje są pośrednie, podobnie jak koszty produkcji. Dlatego też kondensatory te są bardzo popularne jako rozsądny „środek".

Należy pamiętać, że ceramika NP0/C0G to niemal idealne kondensatory. Charakteryzują się bardzo stabilnymi wartościami pojemności w zależności od temperatury i napięcia, niską ESL (równoważną indukcyjnością szeregową) i ESR (równoważną rezystancją szeregową), niskim współczynnikiem strat i doskonałą liniowością. Ich jedynymi prawdziwymi wadami są niska maksymalna wartość pojemności (ze względu na stosunkowo dużą objętość) i wysoki koszt.

Znaczenie tych parametrów opiszemy szczegółowo w dalszej części wykładu.

Jeśli podane powyżej dwu- lub trzyliterowe kody wyglądają jak gobbledygook, może to wynikać z faktu, że istnieje wiele różnych schematów nazewnictwa/kategoryzacji.

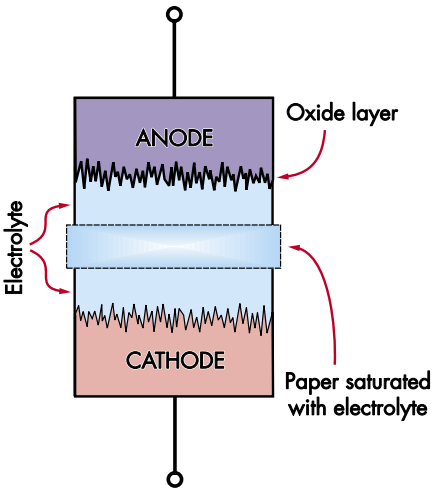
Najpopularniejsze schematy nazewnictwa pochodzą z EIA i składają się z litery, cyfry i litery. Nie zawsze jednak oznaczają one to samo.

W przypadku najpopularniejszego typu kondensatorów ceramicznych (klasa 2), pierwsza litera i kolejny numer odnoszą się do minimalnego i maksymalnego zakresu temperatur, podczas gdy trzecia litera określa tolerancję pojemności w tym zakresie – patrz **tabela 1**.

Kondensatory o lepszych parametrach to te o mniejszej zmianie pojemności w szerszym zakresie, takie jak X7R.

Kondensatory elektrolityczne

W kondensatorze elektrolitycznym jedna płytka jest metalową folią, podczas gdy druga „płytka" jest przewodzącą cieczą lub roztworem żelu, znanym jako elektrolit.



Rysunek 4. Przekrój jednej warstwy standardowego aluminiowego kondensatora elektrolitycznego. Anoda i katoda są wykonane z wytrawionej folii aluminiowej, co zapewnia dużą powierzchnię. Na anodzie tworzy się cienka warstwa tlenku aluminium, która działa jak warstwa dielektryczna. Przewodzący elektrolit umożliwia przepływ elektronów między katodą a warstwą tlenku, więc tylko warstwa tlenku oddziela dwie połówki kondensatora, maksymalizując pojemność na powierzchnię (źródło: Wikipedia)

eprasa.pl d6549b2eb6

Metalowa folia jest wytrawiona w celu znacznego zwiększenia jej powierzchni, a ciecz lub żel są w bliskim kontakcie z tą folią, oddzielone jedynie bardzo cienką warstwą tlenku. Dlatego kondensatory elektrolityczne mają bardzo wysokie wartości pojemności w stosunku do swojej objętości (patrz **rysunki 4** i **5**).

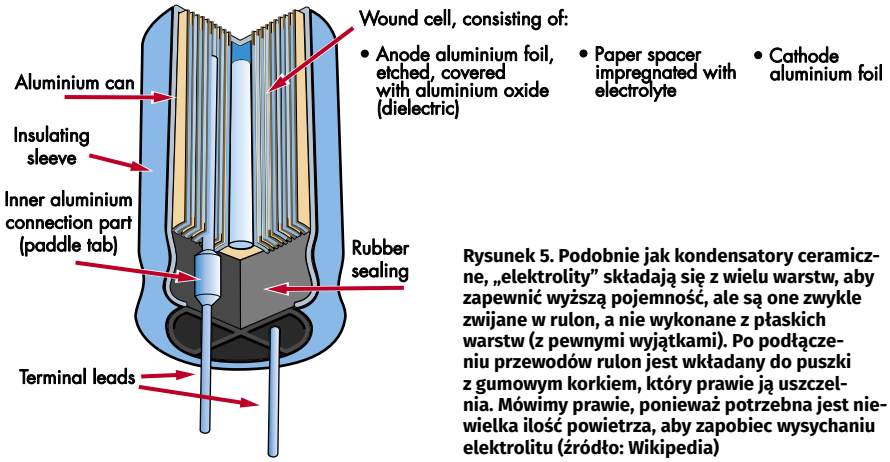
Z tego powodu „elektrolity" są zwykle używane do odsprzęgania lub filtrowania. Ich asymetria oraz fakt, że warstwa tlenku jest tworzona przez elektrony przepływające z jednej „płytki" na drugą, oznacza, że są one generalnie spolaryzowane. Tak więc **jedno z ich wyprowadzeń musi być zawsze pod wyższym napięciem niż drugie** (chociaż istnieją sposoby na obejście tego – opisane później).

Kondensatory elektrolityczne zazwyczaj mają pojemność od nieco poniżej 1 µF do 100 000 µF lub więcej, przy napięciu znamionowym od kilku woltów do kilkuset woltów.

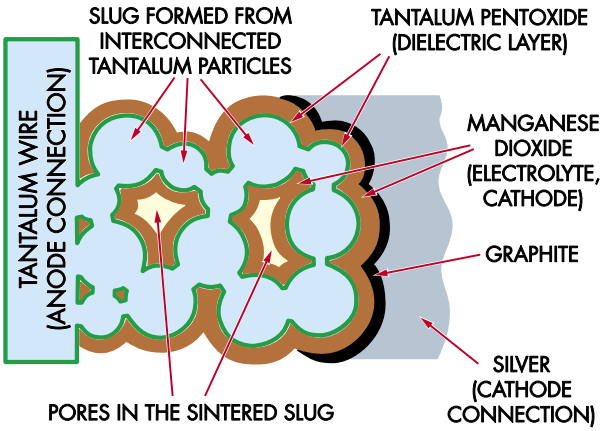
Tradycyjnie stosowaną folią metalową było aluminium. Można jednak użyć innych metali, co daje pewne korzyści. Na przykład tantal, choć droższy, generalnie skutkuje kondensatorem, który może przewodzić większy prąd i ma niższy współczynnik ESR (patrz **rysunki 6** i **7**).

Dalsze udoskonalenia kondensatora elektrolitycznego nastąpiły wraz z odkryciem, że organiczny żel polimerowy może być stosowany jako elektrolit, co daje około dziesięciokrotny spadek ogólnej ESR (**rysunki 8** i **9**).

W związku z tym kondensatory elektrolityczne aluminiowe z polimerami organicznymi („stałe") przewyższają standardowe kondensatory tantalowe, a stałe kondensatory tantalowe osiągają jeszcze lepsze wyniki, zbliżone do niektórych materiałów ceramicznych, ale z lepszym stosunkiem pojemności do objętości (patrz **rysunek 10**).



Rysunek 5. Podobnie jak kondensatory ceramiczne, „elektrolity" składają się z wielu warstw, aby zapewnić wyższą pojemność, ale są one zwykle zwijane w rulon, a nie wykonane z płaskich warstw (z pewnymi wyjątkami). Po podłączeniu przewodów rulon jest wkładany do puszki z gumowym korkiem, który prawie ją uszczelnia. Mówimy prawie, ponieważ potrzebna jest niewielka ilość powietrza, aby zapobiec wysychaniu elektrolitu (źródło: Wikipedia)



Rysunek 6. Podczas gdy „elektrolity" tantalowe działają na tej samej zasadzie, co aluminiowe, technologia ich wytwarzania jest z konieczności zupełnie inna ze względu na właściwości tantalu. Cząsteczki tantalu są spiekane w celu utworzenia porowatego korpusu, który jest następnie zanurzany w elektrolicie z dwutlenku manganu. Grafit i srebro w kontakcie z elektrolitem tworzą połączenie katodowe, podczas gdy drut tantalowy działa jako anoda (źródło: Wikipedia)

Inne, bardziej egzotyczne typy elektrod to hybrydowe elektrody polimerowe (łączące elektrolity ciekłe i polimerowe) oraz niobowe elektrody polimerowe; niob jest tańszy niż tantal, ale działa podobnie.

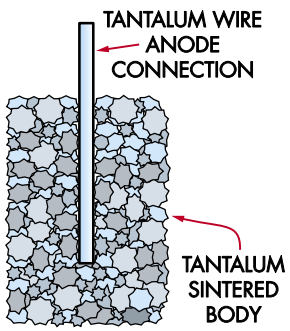
Tantal i elektrolity stałe mają tendencję do zajmowania przestrzeni pomiędzy tradycyjnymi elektrolitami, które są nadal szeroko stosowane do filtrowania, a ceramiką, która jest używana bardziej do lokalnego lub wysokowydajnego odsprzężenia zasilania.

Na przykład, kondensatory tantalowe lub polimerowe mogą być stosowane w obwodach zasilaczy impulsowych, gdzie bardzo dobra reakcja na prąd impulsowy i dobre filtrowanie (niski ESR) ma krytyczne znaczenie.

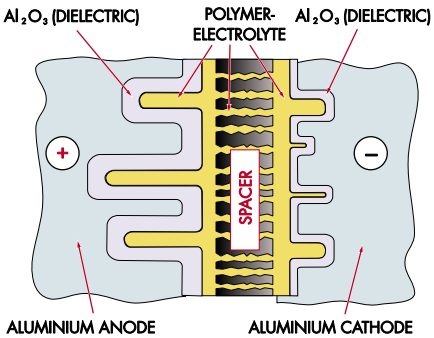
Kondensatory elektrolityczne niespolaryzowane (NP) lub bipolarne (BP) to dwa spolaryzowane kondensatory elektrolityczne połączone ze sobą. Kondensator elektrolityczny NP można utworzyć z dwóch spolaryzowanych kondensatorów elektrolitycznych, łącząc ze sobą przewody ujemne lub dodatnie, choć w praktyce wewnętrzna konstrukcja kondensatora NP/BP może być nieco inna. Rezultat jest jednak taki sam.

Działa to, ponieważ gdy jeden z dwóch kondensatorów jest odwrotnie spolaryzowany, działa trochę jak dioda, a drugi kondensator wykonuje całą pracę. Gdy napięcie się odwraca, kondensatory zamieniają się rolami.

Co dziwne, często można uzyskać lepsze parametry podłączając dwa spolaryzowane elektrolity jeden za drugim, przy niższych kosztach

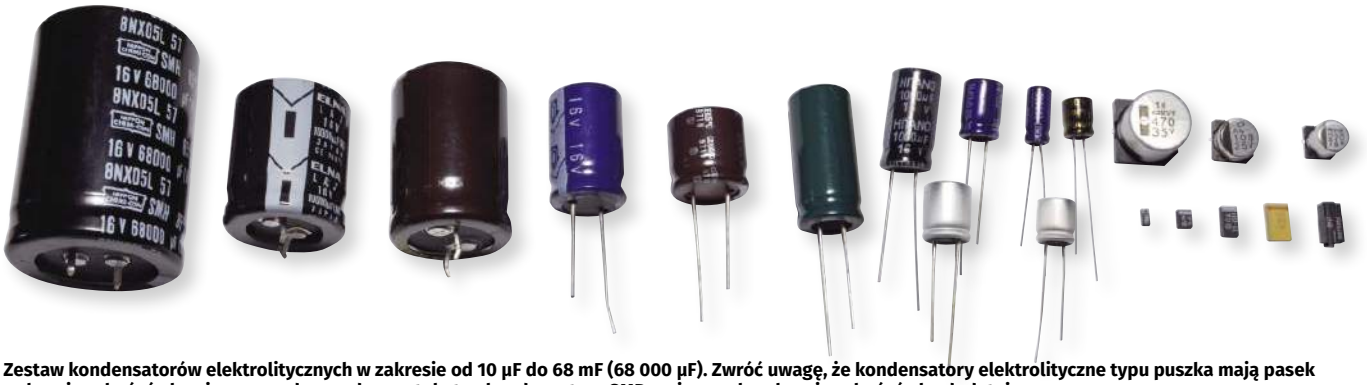


Rysunek 7. Oto jak cząsteczki tantalu są spiekane i mocowane do przewodu tantalowego, tworząc korpus kondensatora (źródło: Wikipedia)



Rysunek 8. Polimerowe lub „stałe" aluminiowe kondensatory elektrolityczne wykorzystują elektrolit z polimeru organicznego (podobny do plastiku), który ma około dziesięciokrotnie większą przewodność niż elektrolit mokry. Pozwala to na uzyskanie bardziej kompaktowych kondensatorów elektrolitycznych o znacznie wyższych wartościach przewodzenia prądu i niższych wartościach ESR (źródło: Wikipedia)

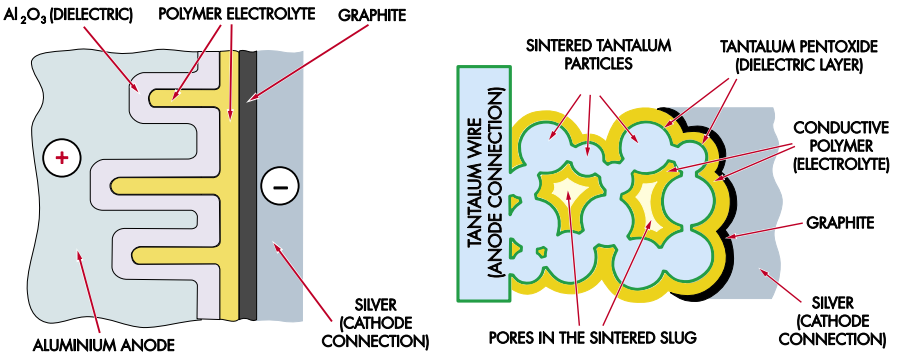
eprasa.pl d6549b2eb6



Zestaw kondensatorów elektrolitycznych w zakresie od 10 µF do 68 mF (68 000 µF). Zwróć uwagę, że kondensatory elektrolityczne typu puszka mają pasek wskazujący końcówkę ujemną, podczas gdy prostokątne kondensatory SMD mają pasek wskazujący końcówkę dodatnią

niż w przypadku specjalnego kondensatora NP! Wynika to prawdopodobnie z ekonomii skali; spolaryzowane elektrolity są produkowane w miliardach sztuk, podczas gdy kondensatory NP są używane w dość wyspecjalizowanych rolach.

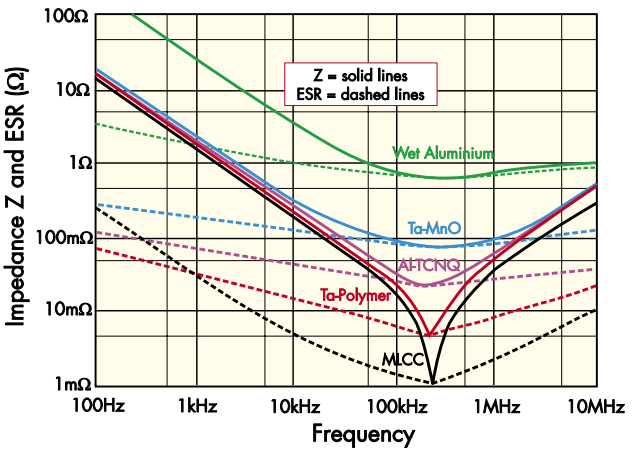
Inną rzeczą, na którą należy zwrócić uwagę w odniesieniu do polaryzacji, jest to, że bezpieczne jest długotrwałe stosowanie napięcia o odwrotnej polaryzacji, o ile jest ono niskie (tj. poniżej progu, przy którym zaczyna przewodzić). Oznacza to, że **spolaryzowane „elektrolity" nadają się do stosowania jako kondensatory sprzęgające AC, nawet jeśli biegunowość napięcia na nich nie jest znana, o ile napięcie to nigdy nie przekracza około ±1,5 V DC.**



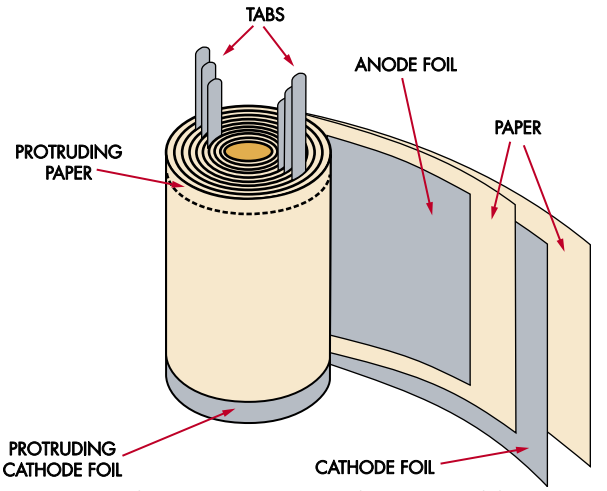
Rysunek 9(a) i (b). Alternatywna konstrukcja polimerowych kondensatorów elektrolitycznych, która wykorzystuje tę samą konstrukcję katody, co spiekany kondensator tantalowy. Zmniejsza to o połowę liczbę warstw dielektrycznych, znacznie zwiększając pojemność kosztem bardziej skomplikowanego procesu produkcyjnego i droższych komponentów. Polimerowe kondensatory tantalowe są wytwarzane tak samo jak zwykłe tantale, tylko z innym rodzajem elektrolitu (źródło: Wikipedia)

Konstrukcja „elektrolitów"

Tradycyjnie kondensatory elektrolityczne są „nawijane". Dwa długie paski folii aluminiowej są chemicznie trawione w celu zwiększenia ich powierzchni, a następnie pomiędzy nimi umieszcza się pasek papieru (lub innego porowatego izolatora) nasączonego elektrolitem. Każda taśma przewodząca ma jeden lub więcej znaczników, służących do mocowania przewodów, wystających z jednej strony (patrz **rysunki 11...13**).

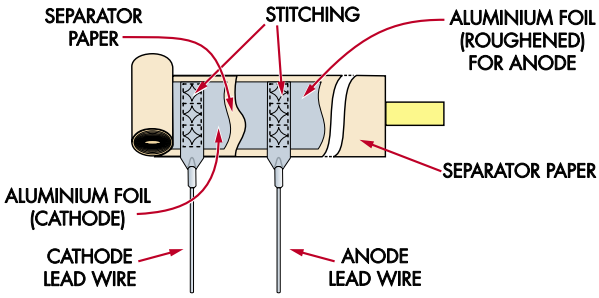


Rysunek 10. Wykres impedancji w funkcji częstotliwości porównujący cztery różne typy kondensatorów elektrolitycznych i wielowarstwowy kondensator ceramiczny (MLCC) o tej samej częstotliwości rezonansowej. Kondensator tantalowo-polimerowy jest najbardziej zbliżony do MLCC pod względem parametrów przy częstotliwości rezonansowej, a jednocześnie jest lepszy przy niższych częstotliwościach, prawdopodobnie ze względu na wyższą wartość pojemności (źródło: Wikipedia)

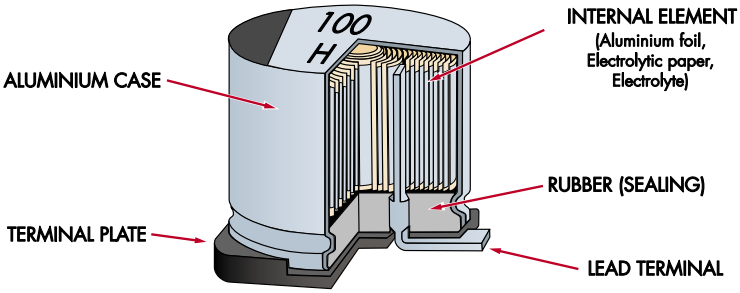


Rysunek 11. Tradycyjne kondensatory elektrolityczne są nawinięte z czterech warstw: dwóch metalowych folii i dwóch papierowych separatorów, które są nasączone elektrolitem. Zwróć uwagę na liczne wypustki, które zapewniają, że prąd nie musi płynąć zbyt daleko, aby dotrzeć do dowolnego punktu na foliach. Wypustki anody i katody są ustawione w jednej linii, dzięki czemu można je połączyć do odpowiednich przewodów (źródło: TDK)

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 12. W przypadku wysokowydajnych kondensatorów (np. o niskim ESR), ołowiane wypustki są wszyte w folie aluminiowe, przy czym metal wypustki i folii jest łączony w wielu punktach na całej folii, aby zapewnić ścieżkę o niskiej rezystancji i niskiej indukcyjności dla przepływu prądu

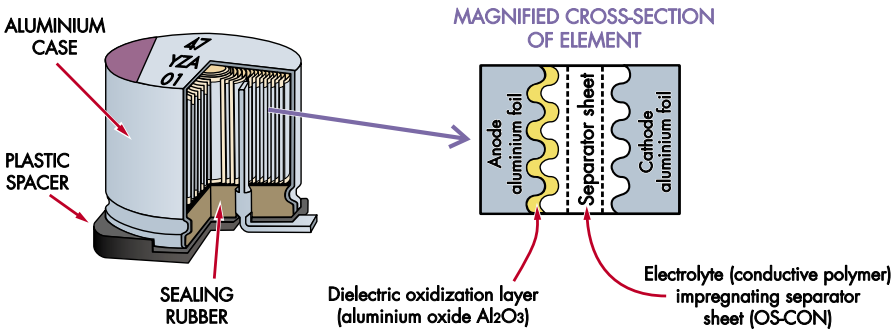


Rysunek 13. Kondensatory elektrolityczne SMD występują w różnych formach, ale stosuje się bardzo podobną konstrukcję do kondensatora radialnego z otworem przelotowym. Główne różnice polegają na tym, że puszka znajduje się na plastikowej platformie z wyprowadzeniami wygiętymi poziomo pod nią, dzięki czemu kondensator znajduje się na płytce drukowanej, a wyprowadzenia spoczywają na odpowiednich padach (źródło: Panasonic)

Ta kanapka jest następnie zwijana w rolkę, z drugą warstwą papieru oddzielającą anodę i katodę. Po umieszczeniu przewodów, zespół rolki jest wkładany do puszki. Dodaje się więcej elektrolitu i uszczelnia gumowym korkiem.

Prąd jest przepuszczany przez kondensator, aby utworzyć wymaganą warstwę izolacyjną, do napięcia nieco powyżej żądanej wartości znamionowej (która określa grubość warstwy tlenku).

Proces jest nieco inny w przypadku kondensatorów tantalowych i polimerowych; kondensatory tantalowe i polimerowe SMD w prostokątnych obudowach pryzmatycznych mogą być wykonane w warstwach, a nie nawinięte. Rezultat jest jednak taki sam: metalowy przewodnik o dużej powierzchni oddzielony od przewodzącego elektrolitu jedynie bardzo cienką warstwą tlenku (patrz **rysunki 14...16**).

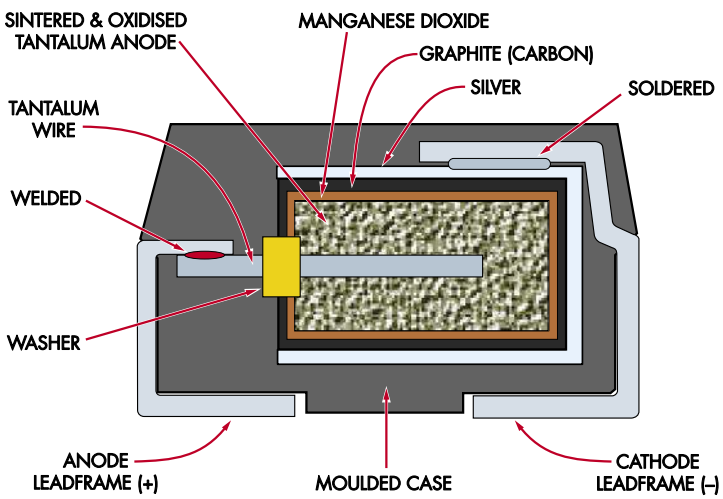


Rysunek 14. Polimerowe kondensatory elektrolityczne SMD są dostępne w różnych obudowach, w tym w puszkach, podobnie jak zwykłe kondensatory elektrolityczne. Główną różnicą jest zastosowanie arkusza separatora impregnowanego przewodzącym polimerem zamiast papieru nasączonego roztworem elektrolitu (źródło: Panasonic)

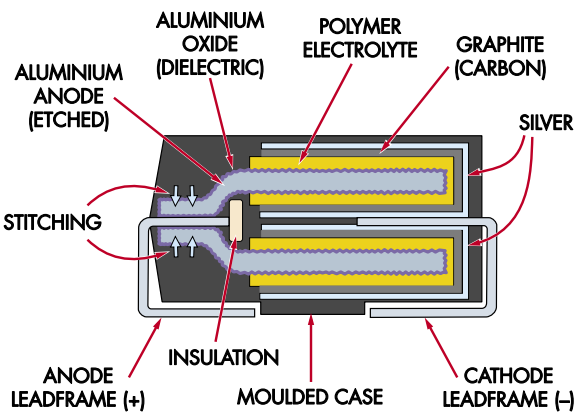
Gdyby wyprowadzenia były połączone z foliami przewodzącymi tylko w jednym punkcie, ESR i ESL kondensatora byłyby słabe, ponieważ prąd musi płynąć po spiralnej ścieżce, aby dotrzeć do wewnętrznej i zewnętrznej warstwy kondensatora.

Z tego powodu wszystkie kondensatory elektrolityczne, z wyjątkiem tych najprostszych, mają zwykle dodatkowe ścieżki przewodzące, które zapewniają prądowi „skrót" do przemieszczania się między warstwami kondensatora.

„Elektrolity" o wyższych parametrach mają również wypustki „wszyte" w folię w wielu punktach, aby zmniejszyć rezystancję i poprawić przewodność między nimi, a także mają liczne wypustki rozmieszczone na całej rolce, które łączą się z jednym z dwóch przewodów.



Rysunek 15. Elektrolity tantalowe SMD są wykonane podobnie do typów z otworami przelotowymi, ale spiekane ziarna tantalu są formowane w kształcie prostokątnej pryzmy, aby stworzyć bardziej kompaktową i wygodną obudowę (źródło: Wikipedia)



Rysunek 16. Ten sam typ półprostokątnej obudowy SMD może być również używany do umieszczania polimerowych aluminiowych kondensatorów elektrolitycznych (źródło: Wikipedia)

eprasa.pl d6549b2eb6

Kondensatory z folią z tworzywa sztucznego

Niektóre kondensatory tantalowe z otworem przelotowym o pojemności od 3,3μF do 47μF. W przypadku tych kondensatorów biegunowość jest oznaczona znakiem plus (+) po jednej stronie korpusu.

Kondensatory z folią z tworzywa sztucznego nie są obecnie tak często stosowane komercyjnie, ponieważ kondensatory ceramiczne są znacznie tańsze i dostępne z bardzo niskimi wartościami ESR i ESL. Jednak w przypadkach, w których niezbędna jest liniowość lub bezpieczeństwo, folie z tworzyw sztucznych są nadal szeroko stosowane.

Większość plastikowych kondensatorów foliowych ma lepszą liniowość niż wszystkie oprócz najlepszych (NP0/C0G) kondensatorów ceramicznych lub mikowych i można je zaprojektować tak, aby ulegały awariom w sposób bezpieczny (przechodząc w obwód otwarty).

Plastikowe kondensatory foliowe są dostępne w rozmiarach od kilkudziesięciu pikofaradów do kilkudziesięciu mikrofaradów, a ich napięcie znamionowe wynosi od około 16 V do kilku tysięcy woltów.

Tryb awarii ma kluczowe znaczenie w zastosowaniach sieciowych, w których kondensatory są podłączone między przewodem aktywnym i neutralnym lub aktywnym i uziemieniem. W przypadku zwarcia może dojść do pożaru lub porażenia prądem. Istnieją ceramiczne kondensatory klasy X/Y, ale generalnie kondensatory klasy sieciowej (X/Y) o wyższej wartości wykorzystują folie poliestrowe (PET), polipropylenowe (PP) lub poliwęglanowe (PC).

Podobnie jak w przypadku kondensatorów ceramicznych, zastosowany dielektryk z tworzywa sztucznego ma znaczący wpływ na właściwości kondensatora. I podobnie, tworzywa sztuczne o najniższych stałych dielektrycznych, które skutkują największymi kondensatorami (takimi jak polipropylen i polistyren [PS]), mają zwykle najlepsze parametry, takie jak dobre współczynniki liniowości i niskie współczynniki strat.

Inne tworzywa sztuczne stosowane w kondensatorach obejmują siarczek polifenylenu (PPS), naftalan polietylenu (PEN) i politetrafluoroetylen (PTFE).

Jedną z interesujących właściwości metalizowanych kondensatorów foliowych jest „samoregeneracja". Polega to na tym, że wada fizyczna lub zastosowanie nadmiernego napięcia może uszkodzić kondensator, ale nie ulegnie on całkowitej awarii; zamiast tego niewielki obszar metalizacji wypala się, zmniejszając pojemność o (miejmy nadzieję) niewielką ilość – zwykle niewystarczającą, aby wpłynąć na jego działanie.

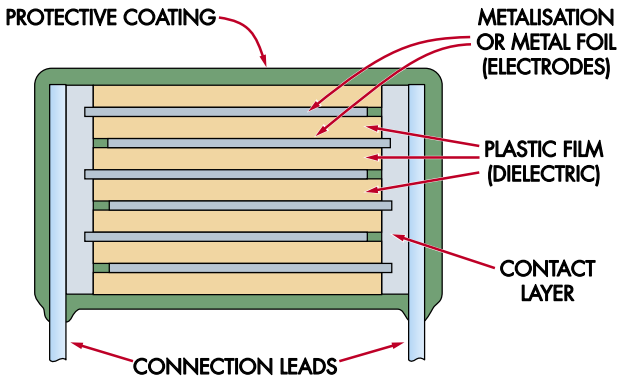
Efekt ten jest wykorzystywany do zapewnienia wyższego marginesu bezpieczeństwa wymaganego dla kondensatorów sieciowych.

Plastikowa konstrukcja kondensatora

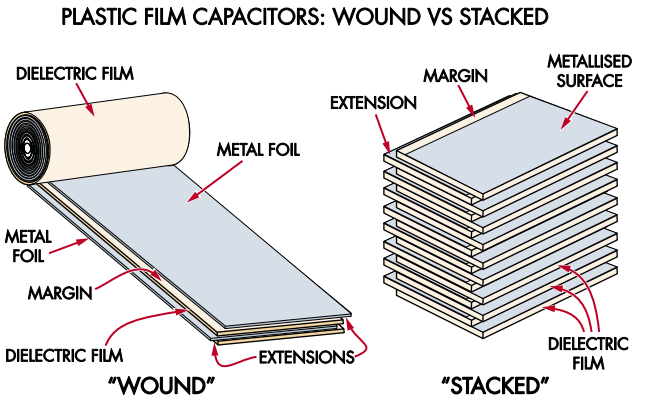
Podobnie jak kondensatory ceramiczne, kondensatory z folii z tworzywa sztucznego zwykle wymagają wielu warstw, aby uzyskać użyteczną wartość pojemności. Jednak zwykle nie są one wytwarzane metodami osadzania. Dlatego muszą być układane w stosy lub nawijane (patrz **rysunki 17...19**).

Kondensatory warstwowe są wykonane w sposób, którego można się domyślić: z naprzemiennych warstw folii przewodzących i folii dielektrycznych. Folie przewodzące są ułożone naprzemiennie, dzięki czemu po połączeniu wzdłuż każdej krawędzi tworzą zazębiające się „grzebienie", a tym samym wiele równoległych kondensatorów jednowarstwowych. Produkcja kondensatorów w ten sposób jest jednak czasochłonna i kosztowna.

Zamiast stosować folie metalowe, dielektryk można również pokryć warstwą materiału przewodzącego, który zapewnia cieńszą i bardziej jednolitą warstwę, poprawiając parametry i umożliwiając upakowanie większej liczby warstw w tej samej przestrzeni, co zapewnia większą gęstość.

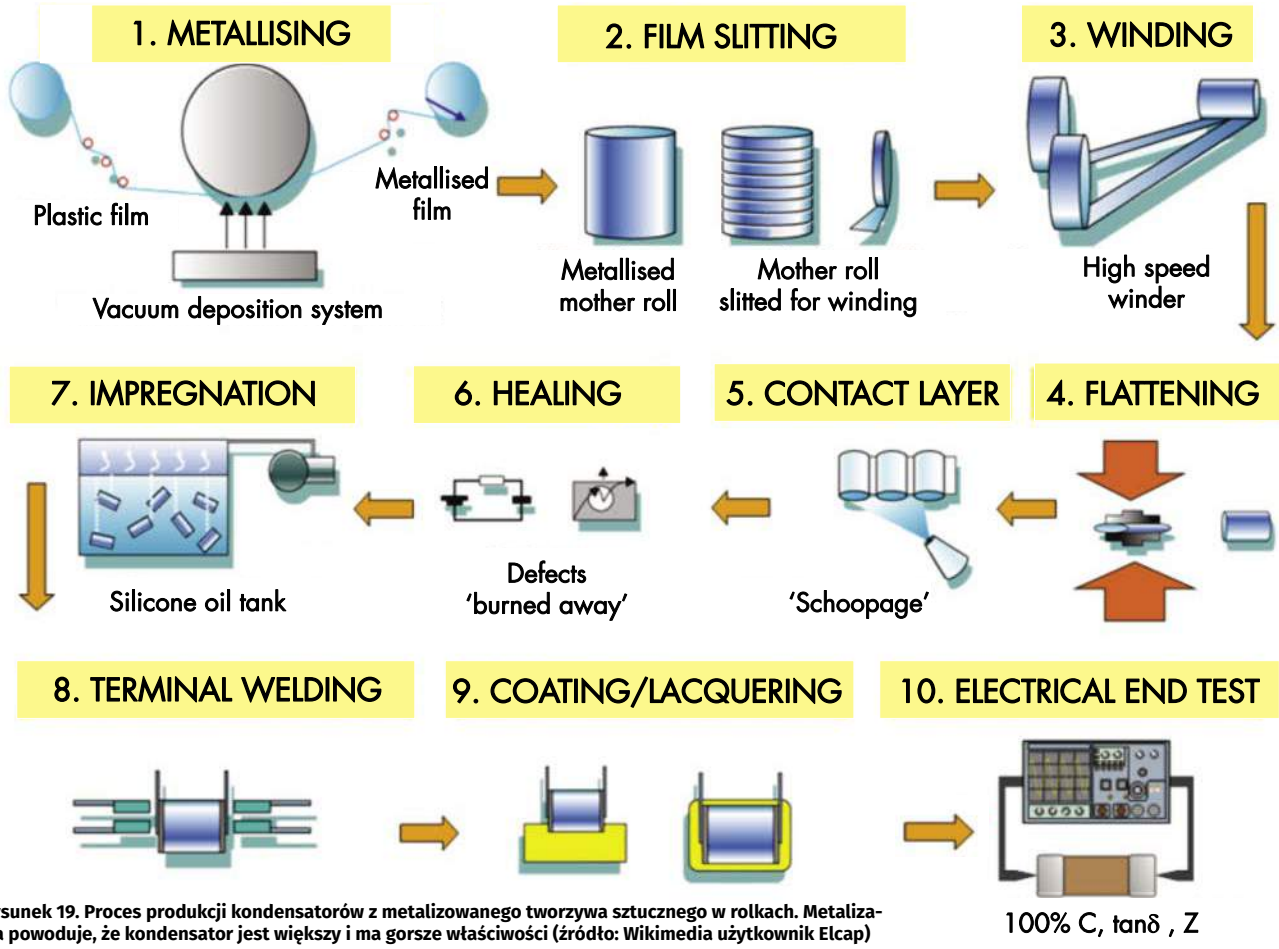


Rysunek 17. Konstrukcja kondensatorów plastikowych jest podobna do ceramicznych, z naprzemiennymi warstwami plastiku (dielektryk) i przewodzącą metalową folią lub folią pomiędzy nimi, ułożonymi naprzemiennie w celu utworzenia wielu kondensatorów równolegle (źródło: Wikipedia)

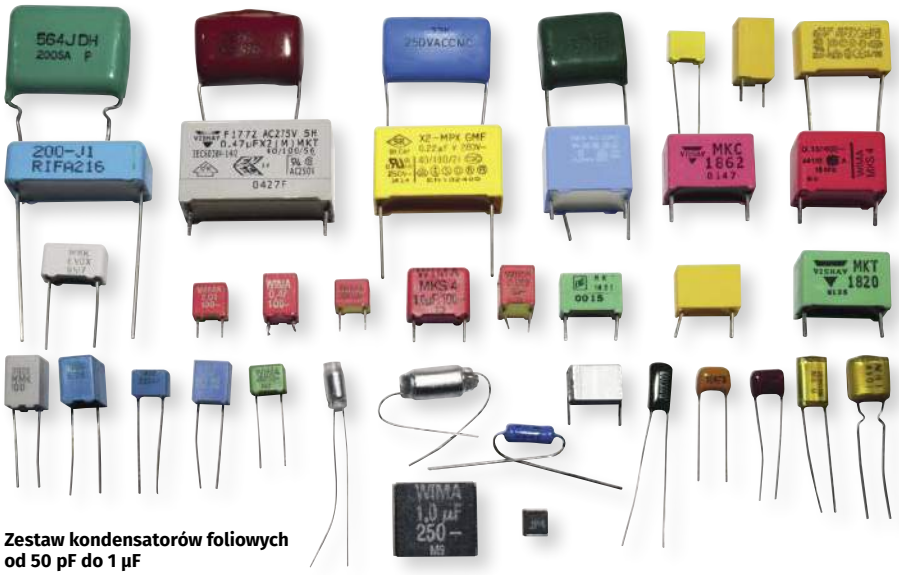


Rysunek 18. Kondensatory plastikowe mogą być wykonane ze stosów arkuszy, podobnie jak ceramika, lub ze zwiniętych pasków, podobnie jak elektrolity. Proces układania w stosy jest zwykle bardziej czasochłonny i kosztowny, ale może zapewnić lepszą gęstość, więc jest stosowany w niektórych plastikowych kondensatorach SMD

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 19. Proces produkcji kondensatorów z metalizowanego tworzywa sztucznego w rolkach. Metalizacja powoduje, że kondensator jest większy i ma gorsze właściwości (źródło: Wikimedia użytkownik Elcap)



Zestaw kondensatorów foliowych od 50 pF do 1 μF

Kondensatory z nawiniętą folią z tworzywa sztucznego są wykonane podobnie do elektrolitycznych, jak opisano powyżej. Tworzona jest kanapka z folią dielektryczną między dwoma paskami folii metalowej, przy czym paski są lekko przesunięte. Zespół ten jest zwijany w rolkę, a w większości przypadków rolka jest zgniatana na płasko, aby lepiej pasowała do prostokątnego kształtu pryzmy.

Warstwa metalizacyjna jest natryskiwana na końce rolki w celu połączenia warstw, a następnie dołączane są przewody. Z tego powodu przewody są przesunięte; każda warstwa jest odsłonięta tylko na jednym końcu rolki, w przeciwnym razie rozpylona warstwa metalu spowoduje zwarcie kondensatora. Następnie kondensator jest zwykle impregnowany olejem silikonowym lub innym płynem izolacyjnym, aby zapobiec wnikaniu wilgoci.

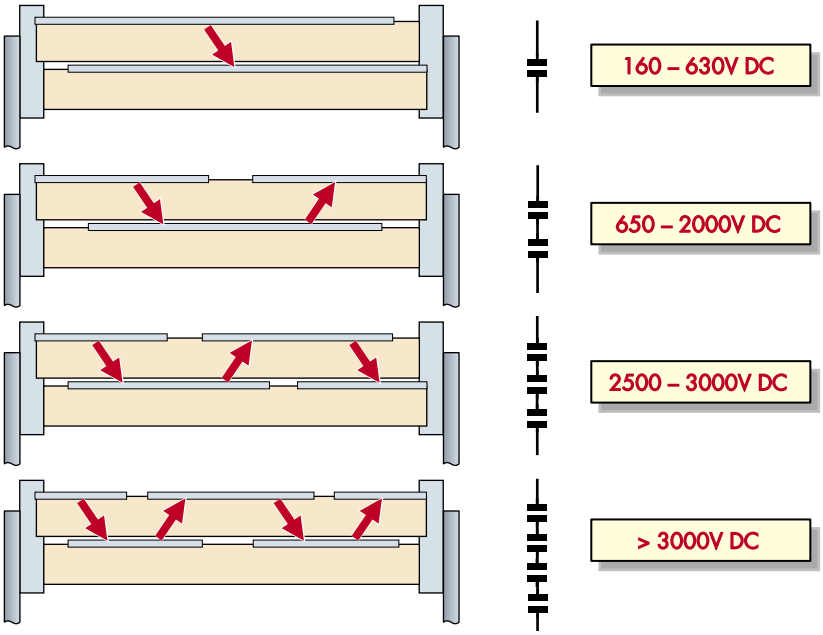
Następnie podłączane są wyprowadzenia, a kondensator jest hermetyzowany, czasami przez zanurzenie, innym razem przez uszczelnienie w uformowanej plastikowej obudowie.

Aby wykonać kondensatory z folii z tworzywa sztucznego o napięciu znamionowym powyżej 630 V DC, można zastosować częściową metalizację, aby skutecznie uformować wiele kondensatorów szeregowo przy użyciu tych samych podstawowych technik. Może to zwiększyć napięcie znamionowe do 3000 V DC (patrz **rysunek 20**).

Oprócz kondensatorów do małych sygnałów i tych do filtrowania sieci, plastikowe kondensatory są również używane w zastosowaniach związanych z rozruchem silnika. Wiele kondensatorów rozruchowych silnika to typy elektrolityczne, ale „elektrolity" nie nadają się

eprasa.pl d6549b2eb6

do obsługi ciągłego prądu i wysokich napięć, na które narażone są kondensatory rozruchowe silnika. Dlatego są one zwykle wykonane z polipropylenu lub podobnych dielektryków z tworzywa sztucznego i grubych folii metalowych, aby stale obsługiwać wysokie prądy.



Rysunek 20. Podstawowa metoda produkcji kondensatorów z folii z tworzywa sztucznego nie działa zbyt dobrze przy napięciach powyżej około 630 V. Wyższe wartości znamionowe napięcia są możliwe, ale kondensator musi być wewnętrznie podzielony na kilka elementów połączonych szeregowo, tak aby na materiale dielektrycznym odkładał się tylko ułamek przyłożonego napięcia (źródło: Wikipedia)

Elektrolityczne kondensatory dwuwarstwowe (EDL)

Są one często nazywane superkondensatorami lub ultrakondensatorami. Są one wariantem kondensatorów elektrolitycznych, z ekstremalnie wysokimi pojemnościami, ale zwykle niskimi napięciami znamionowymi i często bardzo wysokimi rezystancjami wewnętrznymi (a tym samym niskimi prądami roboczymi).

EDL wykorzystują podobne polimery przewodzące o bardzo dużej powierzchni zarówno dla elektrody dodatniej, jak i ujemnej, ze wspólnym elektrolitem w kontakcie z obiema elektrodami. Aniony i kationy w elektrolicie tworzą izolujące warstwy Helmholtza w bezpośrednim kontakcie z powierzchniami obu elektrod.

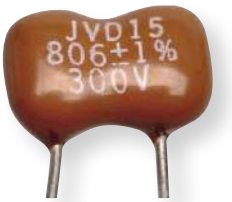
Warstwy te mają grubość zaledwie jednego atomu, a jak wspomniano na początku wykładu, pojemność jest proporcjonalna do pola powierzchni i odwrotnie proporcjonalna do grubości warstwy dielektrycznej. Nie można uzyskać warstwy cieńszej niż jeden atom (patrz **rysunek 21**).

Biorąc pod uwagę dużą powierzchnię elektrod, kondensatory EDL mogą mieć wartości przekraczające jeden Farad w obudowie niewiele większej niż puszka o średnicy 19 mm i wysokości około 16 mm.

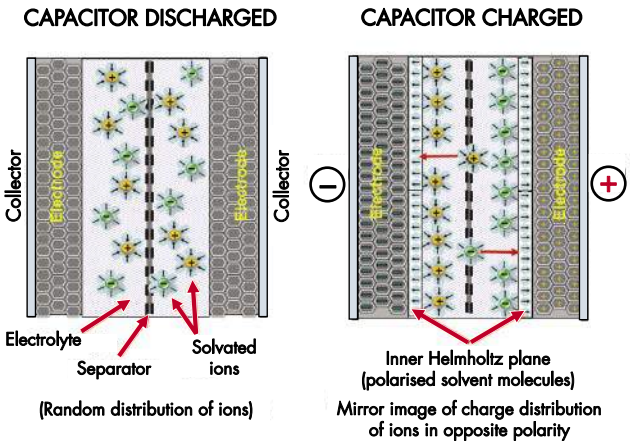
Fakt, że prąd musi przepływać przez dwie warstwy polimerowe plus elektrolit, z których żadna nie jest szczególnie przewodząca, jest powodem, dla którego dostarczanie prądu przez EDL jest ogólnie ograniczone. Niezwykle cienka warstwa dielektryczna jest powodem, dla którego napięcie znamionowe wynosi zaledwie 2,7 V lub 5,5 V.

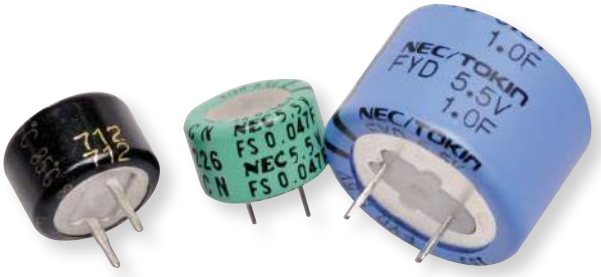
Oba te problemy można złagodzić, łącząc wiele kondensatorów EDL równolegle (aby poprawić obsługę prądu) lub szeregowo (aby zwiększyć napięcie znamionowe kosztem pojemności). Kondensatory EDL o wyższym napięciu mają zwykle wiele wewnętrznych kondensatorów EDL połączonych szeregowo.

Być może korzystasz z superkondensatora, nie zdając sobie z tego sprawy; Mazda wprowadziła swój system i-ELOOP w pojazdach od 2011 roku, a obecnie znajduje się on w wielu pojazdach. System ten odzyskuje energię kinetyczną podczas hamowania w celu szybkiego naładowania superkondensatora, a następnie wykorzystuje tę energię do ładowania akumulatora pojazdu przez dłuższy czas.



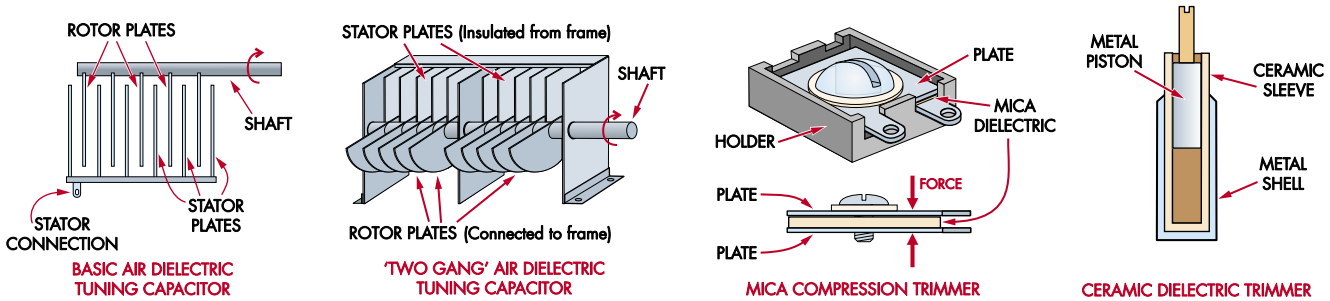
Przykład kondensatora mikowego 806 pF 300 V. Wartość znamionowa 1% oznacza, że jego rzeczywista wartość będzie w zakresie ~798...814 pF





Rysunek 21. Jak sama nazwa wskazuje, kondensator dwuwarstwowy (EDL) posiada dwie warstwy dielektryczne, jedną na powierzchni anody i jedną na katodzie, z przewodzącym elektrolitem pomiędzy nimi. Zaletą jest to, że warstwy te są bardzo cienkie, o szerokości zaledwie jednej cząsteczki, co zapewnia niezwykle wysoką pojemność w małej obudowie. Jednak ta cienka warstwa dielektryczna skutkuje bardzo niskim napięciem znamionowym, zazwyczaj 2,7 V lub 5,5 V (źródło: Wikimedia user Elcap)

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 22. Najprostszy typ kondensatora zmiennego, stosowany w wielu zabytkowych radiach, to po prostu dwa zestawy przeplatanych metalowych płytek, w których można regulować stopień nakładania się. Dielektrykiem jest powietrze. Miniaturowe kondensatory trymerowe wykorzystują dielektryk z tworzywa sztucznego lub miki i zbliżają lub oddalają od siebie dwie płytki w celu zmiany pojemności

Inne typy kondensatorów

Kondensatory Silvered Mica bez wątpienia wykorzystują mikę, rodzaj minerału, jako dielektryk. Mikę wybrano zarówno ze względu na jej dobre właściwości dielektryczne, jak i dlatego, że jej krystaliczna struktura sprawia, że bardzo łatwo można ją rozciąć na bardzo cienkie arkusze; dokładnie to, czego potrzeba do uzyskania przyzwoitej pojemności. Cienka warstwa srebra jest nakładana na każdą stronę i voila, mamy kondensator o doskonałej liniowości i niskiej upływności.

Kondensatory mikowe zostały w większości zastąpione przez kondensatory ceramiczne lub wykonane z folii z tworzywa sztucznego, ponieważ są one znacznie tańsze w produkcji i osiągają podobne parametry.

Niektórzy nadal cenią sobie kondensatory mikowe w obwodach audio. Oprócz dobrej liniowości, inną właściwością kondensatorów mikowych jest to, że zwykle mają wąskie tolerancje ze względu na ich przewidywalną grubość, mierzalną powierzchnię i niski współczynnik temperaturowy.

Innym typem niespolaryzowanego kondensatora, który był szeroko stosowany, ale obecnie jest znacznie mniej powszechny (choć nadal dostępny), jest kondensator papierowy (czasami znany jako kondensator MP [metalizowany papier]).

Zostały one również w większości wyparte przez kondensatory ceramiczne lub plastikowe. Główną wadą kondensatorów papierowych jest to, że mogą one wchłaniać wilgoć z powietrza i ulegać awarii; starsze typy kondensatorów były również znane z tego, że się zapalały! Nowoczesne kondensatory zwykle łączą papier i plastik (zwykle PET lub polipropylen), aby przezwyciężyć te wady. Ich główną zaletą jest niski koszt.

Jedną z zalet kondensatorów papierowych jest to, że zwykle są one metalizowane cynkiem w porównaniu do metalizacji aluminium w kondensatorach plastikowych. Zapewnia to lepsze możliwości „samoleczenia" dzięki procesowi odparowywania o niższej energii.

Kondensatory zmienne

Kondensatory zmienne działają albo poprzez zmianę ilości nakładających się na siebie dwóch zestawów metalowych płytek, albo poprzez zmianę odstępu między dwiema płytkami (ewentualnie oddzielonymi dielektrykiem z tworzywa sztucznego lub miki). W wielu przypadkach dielektrykiem jest powietrze.

W związku z tym zakres pojemności typowego kondensatora strojeniowego wynosi zazwyczaj od kilku pikofaradów do kilkuset pikofaradów (patrz **rysunek 22**).

Są one zwykle używane jako komponent oscylatora RF lub obwodu filtra, więc niskie wartości pikofaradów zapewniają wymagane stałe czasowe przy rozsądnych wartościach dla innych komponentów (zwykle cewek indukcyjnych).

Typy egzotyczne

Kondensatory opisane powyżej obejmują prawdopodobnie 99% kondensatorów, z którymi można się zetknąć, ale istnieją też inne typy. Należą do nich te ze szklanym lub krzemowym dielektrykiem, a nawet próżniowe!

Parametry kondensatora

Oprócz konstrukcji/dielektryka (ceramiczny, elektrolityczny aluminiowy, elektrolityczny tantalowy, folia z tworzywa sztucznego, folia z tworzywa sztucznego itp.), kondensator jest opisany przez jego pojemność, tolerancję, napięcie znamionowe, prąd znamionowy tętnienia, prąd znamionowy upływu, temperaturę pracy i oczekiwaną żywotność.

Niektóre varicapy (kondensatory zmienne) z różnych starszych radioodbiorników

eprasa.pl d6549b2eb6

Ponadto każdy typ kondensatora ma kilka powiązanych wskaźników jakości, które mogą być stałe lub zmieniać się w zależności od parametrów, takich jak temperatura, przyłożone napięcie, częstotliwość sygnału, wiek itp. Należą do nich ESR (równoważna rezystancja szeregowa), ESL (równoważna indukcyjność szeregowa), współczynnik strat (DF lub delta [Δ]), współczynnik temperaturowy (tempco), współczynnik napięcia, liniowość i inne.

Opiszemy je wszystkie, zaczynając od parametrów, które zazwyczaj stanowią część zapisu kodu elementu.

Pojemność: nominalna pojemność, mierzona bez ładunku lub z niewielkim ładunkiem (zwykle około 0,5...1,0 V na kondensatorze) i w temperaturze pokojowej.

W przypadku kondensatorów o bardzo niskiej wartości (od ułamka pikofarada do kilku pikofaradów), na zmierzoną pojemność mogą mieć wpływ podłączone ścieżki PCB lub przewody, a nawet długość końcówek kondensatora.

Tolerancja: na ile można oczekiwać, że pojemność będzie porównywalna z wartością nominalną. Jeśli masz kondensator 10μF }10%, a jego wartość jest mniejsza niż 9 μF lub większa niż 11 μF, zostanie on uznany za wadliwy.

Jednak podczas rzeczywistego użytkowania jego pojemność może wykraczać poza ten zakres, jak wyjaśniono poniżej.

Napięcie znamionowe: przyłożone napięcie stałe na końcówkach kondensatora może bezpiecznie wahać się od 0 V do tej wartości. W przypadku niespolaryzowanych typów, takich jak ceramiczne lub z folii z tworzywa sztucznego, może ono być również ujemne, co oznacza, że pełny zakres napięć roboczych jest skutecznie podwojony (tj. od –50 V do +50 V dla kondensatora 50 V).

Niektóre kondensatory mają wyższe napięcie znamionowe, które nie uszkodzi ich, jeśli będą używane przez ograniczony czas, ale obecnie jest to mniej powszechne. Należy pamiętać, że czasami trzeba utrzymywać napięcie poniżej wartości znamionowej, aby uzyskać dobre parametry; więcej na ten temat wkrótce.

Wartość znamionowa prądu tętnienia: wszystkie kondensatory mają pewną wewnętrzną rezystancję i dlatego nagrzewają się, gdy przepływa przez nie prąd; prąd przepływa przez kondensator zarówno podczas ładowania, jak i rozładowywania.

Na przykład, jeśli kondensator jest używany do filtrowania wyjścia z mostka prostowniczego zamieniającego prąd przemienny na stały, dostarcza on pełny prąd obciążenia przez większość czasu (gdy mostek nie przewodzi). Musi on jednak również absorbować duże impulsy prądu, aby ładować się, gdy mostek zaczyna przewodzić, 50 lub 100 razy na sekundę.

Takie obwody muszą być zaprojektowane w taki sposób, aby nie przekraczały wartości znamionowej prądu tętniącego RMS kondensatorów filtrujących, w przeciwnym razie mogą się szybko przegrzać i ulec awarii.

Zazwyczaj podaje się różne wartości dla niskich (50/100 Hz) i wysokich (100 kHz) częstotliwości, ze względu na zmieniającą się impedancję kondensatora, wynikającą zarówno z jego pojemności, jak i ESL (patrz poniżej). Prąd tętnienia jest zwykle wyższy przy wyższych częstotliwościach.

Prąd upływu: niektóre kondensatory (np. elektrolityczne) mogą mieć dość znaczny prąd upływu przez kondensator, nawet gdy napięcie jest stałe. Jest on zwykle proporcjonalny do przyłożonego napięcia.

Kondensatory ceramiczne, z folii z tworzywa sztucznego i miki również mają prądy upływu, choć są one na ogół bardzo niskie i często (ale nie zawsze) nie budzą obaw. Jest to ważne w niektórych zastosowaniach, takich jak bufory próbkowania i podtrzymania, gdzie napięcie na kondensatorze musi pozostać stabilne przez stosunkowo długi czas.

Temperatura pracy: krytyczna dla kondensatorów elektrolitycznych, jest to maksymalna temperatura, w której kondensator gwarantuje spełnienie podanych wartości parametrów. Jest to również temperatura, w której obliczana jest oczekiwana żywotność (jeśli jest podana).

Żywotność kondensatora w przybliżeniu podwaja się na każde 10°C poniżej temperatury znamionowej i zmniejsza się o połowę na każde 10°C powyżej tej temperatury. Typowe temperatury znamionowe to 85°C, 105°C i 125°C. Zalecamy stosowanie kondensatorów o temperaturze znamionowej 105°C i oczekiwanej żywotności wynoszącej co najmniej kilka tysięcy godzin, aby uniknąć przedwczesnych awarii.

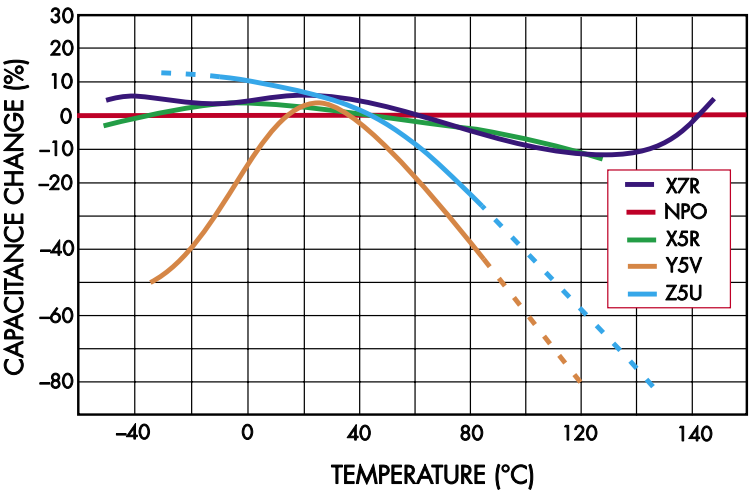
Żywotność: zwykle podawana w tysiącach godzin MTBF (średni czas między awariami), z 1000 godzin na dole przedziału i około 10 000 godzin na górze przedziału. Jeśli można znaleźć kondensator o żywotności 10 000 godzin w temperaturze 125°C, to prawdopodobnie wytrzyma on dłużej niż reszta układu!

Wskaźniki jakości

Równoważna rezystancja szeregowa (ESR): jest to kluczowy parametr dla większości kondensatorów, ponieważ ma silny wpływ na to, jak dobrze kondensator może wygładzać napięcia stałe i ile ciepła jest generowane przy wyższych prądach.

O prawdziwym kondensatorze można myśleć jak o idealnym kondensatorze z szeregowo podłączonym rezystorem; im niższa wartość tego rezystora, tym mniej jest on „odizolowany" od obwodu, do którego jest podłączony.

Typowe wartości ESR wynoszą od kilku omów dla kondensatorów elektrolitycznych o niskiej wartości do kilku



Rysunek 23. Z definicji współczynnik temperaturowy kondensatora ceramicznego NP0 wynosi zero (lub jest bardzo bliski). Z drugiej strony, wartość kondensatorów ceramicznych Y5V zmienia się gwałtownie wraz z temperaturą. Z5U jest nieco lepszy w niższych temperaturach, ale nadal kiepski w wysokich temperaturach. X5R i X7R to dielektryki ceramiczne „go to", ponieważ są tańsze i bardziej kompaktowe niż kondensatory NP0, ale mają znacznie skromniejszy współczynnik temperaturowy niż Y5V lub Z5U (źródło: Wikipedia i Johanson Dielectrics)

eprasa.pl d6549b2eb6

miliomów dla dużych kondensatorów elektrolitycznych, tantalowych, polimerowych lub ceramicznych o niskiej wartości ESR.

Równoważna indukcyjność szeregowa (ESL): podobnie jak w przypadku ESR, można sobie wyobrazić, że wszystkie kondensatory mają wewnętrzną cewkę indukcyjną o niskiej wartości połączoną szeregowo z pojemnością.

Ma to niewielki wpływ przy niskich częstotliwościach, ale może sprawić, że efektywna impedancja kondensatora będzie tak wysoka, że będzie on bezużyteczny przy wyższych częstotliwościach.

ESL ma krytyczne znaczenie dla zastosowań takich jak odsprzęganie układów scalonych o częstotliwości wielu GHz, takich jak procesory i urządzenia RF. Mniejsze kondensatory mają generalnie niższy ESL, a niektóre metody konstrukcyjne mogą znacznie zmniejszyć ESL większych kondensatorów.

Połączenie reaktancji pojemnościowej, ESR i ESL tworzy charakterystyczną krzywą impedancji podobną do doliny dla większości kondensatorów, jak pokazano wcześniej na rysunku 10.

Współczynnik strat (DF): znany również jako tan(δ), jest odwrotnością stosunku ESR i reaktancji pojemnościowej i jako taki jest zwykle liczbą bliską, ale nieco mniejszą niż jeden.

Łatwiej jest określić, jak bliski ideału jest dany kondensator, patrząc na DF zamiast ESR, a także może to ułatwić porównanie jakości kondensatorów o różnych wartościach pojemności.

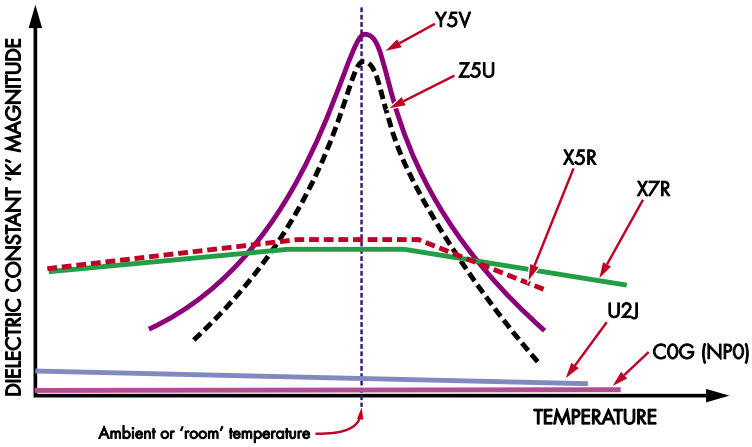
Współczynnik temperaturowy (tempco): określa jak bardzo pojemność zmienia się wraz z temperaturą. W zastosowaniach, w których pojemność jest używana do definiowania częstotliwości (np. w oscylatorze lub filtrze), współczynnik ten musi być zminimalizowany, aby zapobiec dryftowi częstotliwości wraz z temperaturą. W związku z tym preferowane są kondensatory ceramiczne NP0/C0G lub kondensatory z folii z tworzywa sztucznego (patrz **rysunki 23 i 24**).

Jest to bardzo ważne, aby pamiętać o dielektrykach o wysokiej K, takich jak ceramika Y5V; mogą one stracić 80% lub więcej swojej pojemności w podwyższonych temperaturach! Sytuację pogarsza jeszcze...

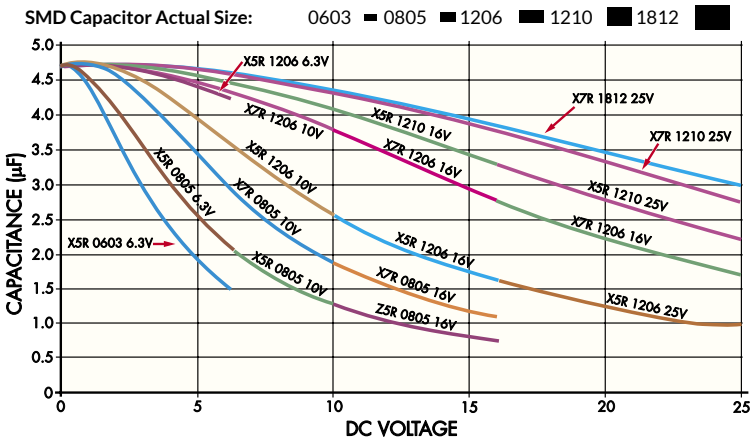
Współczynnik napięcia: określa jak bardzo zmienia się pojemność podczas ładowania kondensatora.

Powoduje to dwa główne problemy. Jednym z nich jest utrata efektywnej pojemności; w połączeniu ze słabym tempco ceramiki Y5V, kondensator 10 µF 6,3 V Y5V w temperaturze 80°C, naładowany do 5 V, może mieć mniejszą efektywną pojemność niż kondensator 1 µF 50 V X5R w tych samych warunkach! (Patrz **rysunki 25 i 26**). Z tego powodu **trzymamy się z daleka od tańszej ceramiki Y5V**.

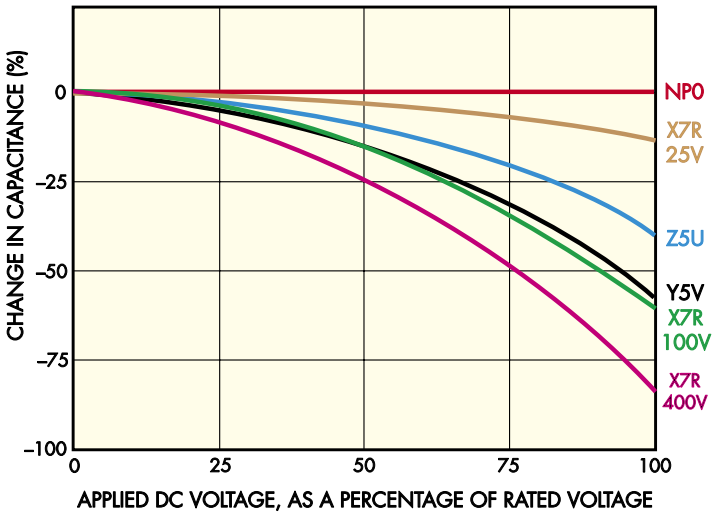
Innym problemem związanym z wysokim współczynnikiem napięcia jest to, że znacząco wpływa on na liniowość.



Rysunek 24. Zmiana stałej dielektrycznej K w zależności od temperatury dla kilku materiałów ceramicznych. Widać, że X5R i X7R mają znacznie wyższą stałą dielektryczną K niż C0G/NP0, co zapewnia wyższe pojemności w mniejszej objętości, z niewielkimi zmianami w zakresie temperatur. Ogromna zmienność dla Y5V i Z5U czyni je nieatrakcyjnymi. Podczas gdy zapewniają one wysoką pojemność w temperaturze pokojowej, w bardzo wysokich lub niskich temperaturach wartość K spada poniżej wartości X5R i X7R (źródło: Digi-Key)



Rysunek 25. Zmierzona wartość szeregu kondensatorów 4,7 µF X5R i X7R przy zastosowaniu szeregu napięć DC. Należy zauważyć, że fizycznie większe kondensatory lepiej zachowują swoją pojemność, gdy są ładowane do podobnego napięcia (źródło: Maxim)



Rysunek 26. Zmiana pojemności w zależności od napięcia dla kilku różnych dielektryków ceramicznych. Podczas gdy kondensatory 100 V i 400 V wydają się działać słabo, należy wziąć pod uwagę, że oś X jest w procentach napięcia znamionowego. Ze względu na ten efekt i współczynnik temperaturowy, kondensatory Y5V lub Z5U mogą łatwo spaść poniżej 10% ich wartości znamionowych, a nawet poniżej 5% w skrajnych temperaturach! (źródło: Wikipedia)

eprasa.pl d6549b2eb6

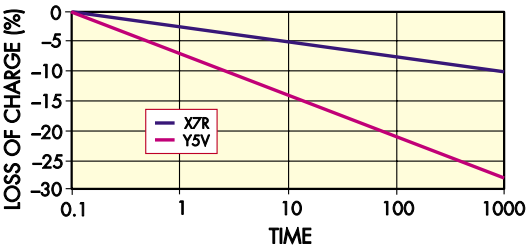
Tak więc, być może nieintuicyjnie, standardowe aluminiowe kondensatory elektrolityczne są lepsze do sprzęgania audio niż większość wysokiej jakości wielowarstwowych kondensatorów ceramicznych. Wyjątkiem są kondensatory ceramiczne NP0/C0G, ale są one ogromne i horrendalnie drogie przy wartościach wymaganych w większości zastosowań audio.

Liniowość: nie jest to coś, co można znaleźć w większości arkuszy danych i nie ma standardowego sposobu jej przedstawienia. Jest to jednak rzeczywisty efekt, który różni się znacznie między różnymi typami kondensatorów.

Najłatwiejszym sposobem pomiaru jest utworzenie prostego filtra RC (dolnoprzepustowego lub górnoprzepustowego) o stosunkowo niskiej wartości, liniowego (cienkowarstwowego) rezystora i kondensatora. Następnie należy doprowadzić do filtra bardzo czystą falę sinusoidalną o częstotliwości zbliżonej do punktu −3 dB i zmierzyć wartość zniekształceń napięcia na kondensatorze.

Wynikowy % THD jest odwrotnie proporcjonalny do liniowości kondensatora. Bardzo liniowy kondensator, taki jak kondensator polipropylenowy lub ceramiczny NP0/C0G, wprowadzi niemierzalny poziom zniekształceń (poniżej 0,0001%). Inne rodzaje folii z tworzyw sztucznych, takie jak poliester, są nieco gorsze, powodując mierzalny, ale nie niepokojący poziom zniekształceń (powiedzmy 0,0005%).

Inne kondensatory, takie jak kondensatory ceramiczne, elektrolityczne itp. mogą dawać zniekształcenia rzędu 1% lub więcej, odzwierciedlając fakt, że ich krzywe I/V nie są proste.



Rysunek 27. Jeśli potrzebujesz kolejnego powodu, aby unikać ceramiki Y5V, oto porównanie utraty pojemności w wyniku starzenia z bardziej wytrzymałymi typami X7R. Według twórców tego wykresu, Johanson Dielectrics, wartość kondensatorów Y5V spada mniej więcej trzykrotnie szybciej niż porównywalnych kondensatorów X7R (źródło: Johanson Dielectrics)

Więcej informacji:

- Typy: https://w.wiki/q86
- Ceramika: https://w.wiki/q87
- Elektrolityczny: https://w.wiki/q88
- Tantal: https://w.wiki/q89
- Polimer: https://w.wiki/q8A
- Film: https://w.wiki/q8B
- Superkondensatory: https://w.wiki/q8C

W niektórych przypadkach (np. akumulatory elektryczne) krzywe mogą nawet mieć histerezę, co oznacza, że mają inny kształt podczas ładowania i rozładowywania.

Jest to najważniejsze w układach audio, choć inne układy (np. RF) również mogą być wrażliwe na liniowość. Należy zauważyć, że kondensatory elektrolityczne dobrze nadają się do sprzęgania audio, nawet jeśli nie są zbyt liniowe, ponieważ przyłożone napięcie AC w tej roli jest tak małe, że nie ma znaczącego wpływu (w przeciwieństwie do współczynnika napięcia wielu materiałów ceramicznych, co czyni je nieodpowiednimi do tej roli, mimo że prawdopodobnie są bardziej liniowe niż elektrolity).

Starzenie się: kondensatory mogą z czasem zmieniać wartość, zwykle zmniejszając pojemność z powodu degradacji dielektryka. Zazwyczaj te z mniejszą tolerancją początkową mają tendencję do lepszego utrzymywania swojej pojemności w czasie (patrz **rysunek 27**).

Pomijając faktyczną awarię komponentu, która może objawiać się znacznie niższą pojemnością, wyższym ESR, wyższą upływnością (szczególnie przy napięciach zbliżonych do znamionowych) lub jakąś kombinacją tych trzech czynników. ■

Nicholas Vinen

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

QUIZ TIME!

Kondensatory

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy

1. Do czego służy kondensator?
☐ Do przetwarzania sygnałów cyfrowych
☐ Do magazynowania energii elektrycznej
☐ Do wzmacniania sygnałów

2. Jednostką pojemności kondensatora jest
☐ Farad
☐ Ohm
☐ Hertz

3. Który z poniższych materiałów jest najczęściej stosowany do wytwarzania kondensatorów elektrolitycznych?
☐ Papier
☐ Ceramika
☐ Aluminium

4. Co to jest napięcie nominalne kondensatora?
☐ Maksymalne napięcie, które można podać na kondensator bez obawy uszkodzenia
☐ Preferowane napięcie pracy kondensatora
☐ Minimalne napięcie, przy którym kondensator może pracować

5. Który rodzaj kondensatorów stosuje się do filtracji napięcia niskiej częstotliwości?
☐ Elektrolityczne
☐ Ceramiczne
☐ Mikowe

6. Jak pojemność kondensatora zależy od powierzchni płytek (elektrod)?
☐ rośnie wraz ze wzrostem powierzchni
☐ maleje wraz ze wzrostem powierzchni
☐ nie zależy od powierzchni

7. Które kondensatory muszą być spolaryzowane dla poprawnej pracy?
☐ ceramiczne
☐ z tworzyw sztucznych
☐ elektrolityczne

8. Czy można zastosować kondensator elektrolityczny jako sprzęgający dla prądu zmiennego, gdy nie jest znana biegunowość polaryzacji?
☐ nie, kondensator elektrolityczny musi mieć własną polaryzację
☐ tak, o ile napięcie nigdy nie przekracza około ±1,5 V DC
☐ tak, o ile napięcie nie przekracza około ±15 V DC

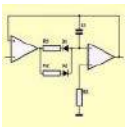
9. Równoważna rezystancja szeregowa ESR kondensatorów elektrolitycznych o dużych pojemnościach wynosi
☐ kilka miliomów
☐ kilka omów
☐ kilka kiloomów

10. Trzymamy się z daleka od tanich kondensatorów ceramicznych serii Y5V, ponieważ...
☐ mają krótki czas życia
☐ wybuchają
☐ są bardzo niestabilne w funkcji temperatury i napięcia

eprasa.pl d6549b2eb6

Praktyczny kurs op-ampów

21. Idealny detektor szczytowy



Opisany w poprzednim odcinku kursu detektor szczytowy robi to, co powinien, ale z ograniczeniami. Dodając dodatkowy op-amp, można przekształcić układ w idealny detektor szczytowy, który spełnia wszystkie międzynarodowe standardy.

Zawsze jest miejsce na poprawę!

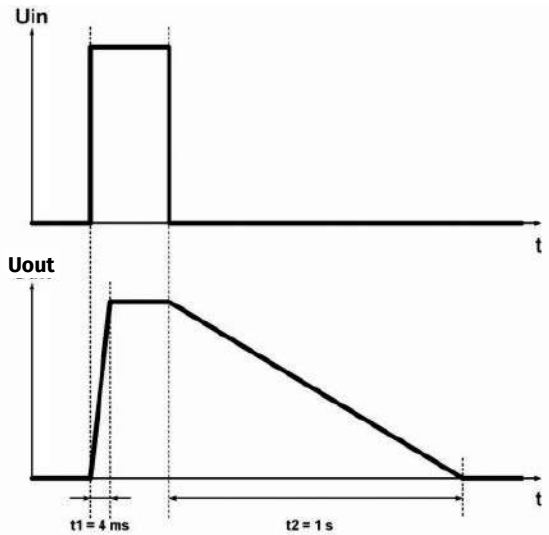
Ograniczenia prostego detektora szczytowego

W profesjonalnym sprzęcie nigdy nie znajdziesz detektora szczytowego z poprzedniego odcinka kursu. Dlaczego nie?

Ponieważ rezystancja obciążenia obwodu wpływa na jego działanie. Wiesz, że o rozładowaniu kondensatora decyduje własny prąd rozładowania elementu oraz niewielki prąd płynący przez op-amp. Ponadto obciążenie, na przykład diodowy miernik VU, jest podłączone równolegle do kondensatora. Ten obwód oczywiście również pobiera prąd i ten prąd decyduje o rozładowaniu kondensatora. Jest to zawsze bardzo niepożądana sytuacja, jeśli na działanie Twojego obwodu wpływa obwód do niego podłączony. To jest już pierwszy powód, aby odrzucić to proste rozwiązanie.

Normy międzynarodowe

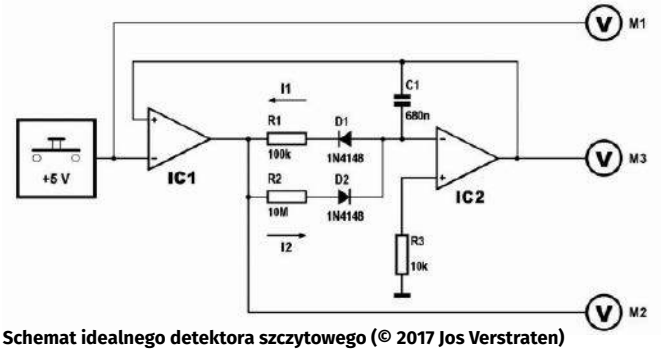
Istnieją również pewne standardy, które określają czas reakcji szczytowego miernika VU na nagły skok napięcia, patrz rysunek poniżej. Zgodnie ze standardami BBC, organizacji, która była pionierem we wczesnych dniach reprodukcji dźwięku i stąd też niektóre z jej własnych standardów były uznawane na arenie międzynarodowej, szczytowy miernik VU powinien reagować w ciągu czterech milisekund na szczyt na wejściu. Po ustąpieniu szczytu, napięcie powinno spaść z powrotem do zera w ciągu około jednej sekundy. Te czasy nie są łatwo regulowane za pomocą prostego obwodu podstawowego z poprzedniego odcinku kursu i dlatego zaprojektowano rozbudowany obwód, w którym zarówno czas reakcji, jak i czas powrotu są regulowane w szerokim zakresie za pomocą rezystora.



Odpowiedź detektora szczytowego na impuls wejściowy jest określona przez międzynarodowe normy (© 2017 Jos Verstraten)

Układ idealnego detektora szczytowego

Układ jest narysowany na poniższym rysunku i wykorzystuje dwa wzmacniacze operacyjne. Bez wątpienia rozpoznasz znajome elementy. IC1 nie ma sprzężenia zwrotnego, więc pracuje jako komparator. IC2 ma kondensator pomiędzy wejściem i wyjściem, więc po prostu przyklejamy mu etykietkę „integrator". Słusznie! Takie połączenie komparatora i integratora przedstawiliśmy już jako generator fal trójkątnych i prostokątnych. Szaloną (ale i fascynującą) rzeczą w elektronice jest to, że ten sam układ można zamienić w idealny detektor szczytowy przy kilku drobnych modyfikacjach.



Schemat idealnego detektora szczytowego (© 2017 Jos Verstraten)

Działanie obwodu wyjaśniają wykresy na poniższym rysunku. Przy napięciu 0 V na wejściu, wyjście układu będzie wzrastać i opadać pomiędzy kilkoma mV dodatnimi a kilkoma mV ujemnymi.

Gdy napięcie wyjściowe stanie się lekko dodatnie z powodu dryfu offsetowego integratora, komparator odwraca się. Dzieje się tak dlatego, że wejście dodatnie jest wtedy dodatnie względem zera woltów na wejściu ujemnym. Wyjście komparatora staje się dodatnie. Integrator jest sterowany prądem I2 poprzez R2 i D2. Prąd ten będzie zmniejszał napięcie wyjściowe integratora. Po pewnym czasie napięcie wyjściowe integratora staje się ujemne o wartości kilku mV, komparator przerzuca. Ujemne napięcie wyjściowe rozładowuje kondensator integratora prądem I1 przez R1 i D1. Napięcie wyjściowe staje się dodatnie.

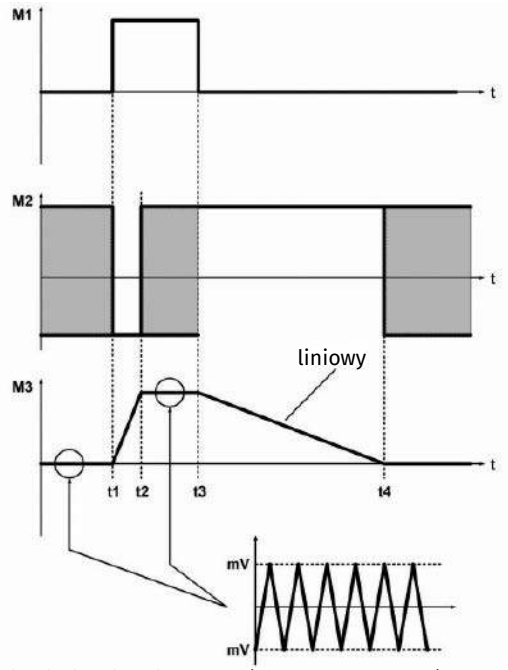
Krótko mówiąc, przy zerowych napięciach na wejściu, napięcie wyjściowe oscyluje wokół zera, a wyjście komparatora przerzuca się w sposób ciągły.

W czasie t1 na ujemne wejście IC1 zostaje podany impuls dodatni. Wyjście komparatora reaguje natychmiast, skacząc do ujemnego napięcia zasilania. Kondensator C1 jest teraz ładowany prądem I1. Napięcie wyjściowe integratora wzrasta. Wartość I1 jest określona przez wielkość R1. Dzięki temu, że rezystor ten jest regulowany, można dostosować śledzenie wejścia przez wyjście do wspomnianego wzorca.

Jeśli napięcie wyjściowe stanie się nieco większe od wejściowego, to komparator przerzuca. Tak więc znowu napięcie wyjściowe układu będzie się wahać o kilka miliwoltów wokół wartości szczytowej napięcia wejściowego. Wyjście komparatora będzie stale przerzucało się między jednym poziomem zasilania a drugim.

Co się stanie po upływie czasu t3, czyli w momencie, gdy napięcie wejściowe spadnie do zera? Wejście dodatnie komparatora jest bardziej dodatnie niż wejście ujemne, w konsekwencji układ dostarcza dodatnie

eprasa.pl d6549b2eb6



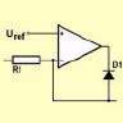
Graficzne wyjaśnienie działania obwodu (© 2017 Jos Verstraten)

napięcie wyjściowe. To napięcie, poprzez rezystor R2 i diodę D2, zacznie rozładowywać kondensator. Wielkość prądu rozładowania jest regulowana poprzez zmianę wartości rezystora R2.

Uwaga końcowa

Na koniec należy zauważyć, że ten obwód również reaguje tylko na impulsy dodatnie. Stąd trzeba go połączyć z drugim obwodem. Jednak dowcip o wzmacniaczu odwracającym nie ma teraz zastosowania. Wszakże mamy teraz tylko jeden detektor szczytowy, a nie dwa łatwo łączone obwody. Stąd zwykle poprzedza się ten obwód prostownikiem pełnookresowym (dwupołówkowym). Pełny układ op-ampa zawiera wtedy nie mniej niż cztery wzmacniacze operacyjne, a to już profesjonalne rozwiązanie. A fajne jest to, że na podstawie tego kursu możesz bez problemu sam zaprojektować taki układ. ■

22. Obwód progowy



Obwód progowy pozwala ustalić szczyty lub doliny sygnału na określonym poziomie. To znaczy, że napięcie tego sygnału nigdy nie może być niższe lub wyższe od zadanego progu. Op-amp jest idealnym układem do wykonania obwodu progowego.

Zasada działania obwodu progowego

Co to jest obwód progowy?

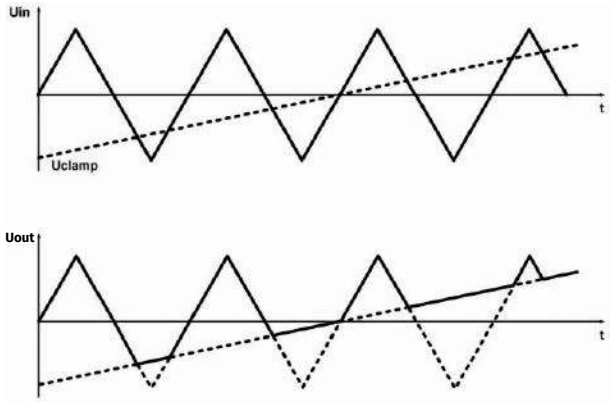
Jak napisano we wstępie, obwód progowy przechwytuje sygnał na pewnym poziomie. Jeśli brzmi to nieco krypto dla Twoich uszu, spójrz na poniższy rysunek. Trójkątne napięcie wejściowe jest porównywane z napięciem progowym Uclamp. Tak długo, jak napięcie wejściowe jest większe niż napięcie progowe, wyjście będzie podążać za wejściem. Jeśli napięcie wejściowe stanie się mniejsze od napięcia progowego, wyjście będzie podążać za napięciem progowym. W ten sposób obwód progowy ustala napięcie na określonym poziomie. Napięcie wyjściowe obwodu nigdy nie będzie mogło spaść poniżej napięcia progowego.

Oczywiście równie łatwo można zaprojektować obwód, który działa odwrotnie: napięcie wyjściowe nie będzie wtedy mogło nigdy wzrosnąć powyżej napięcia progowego.

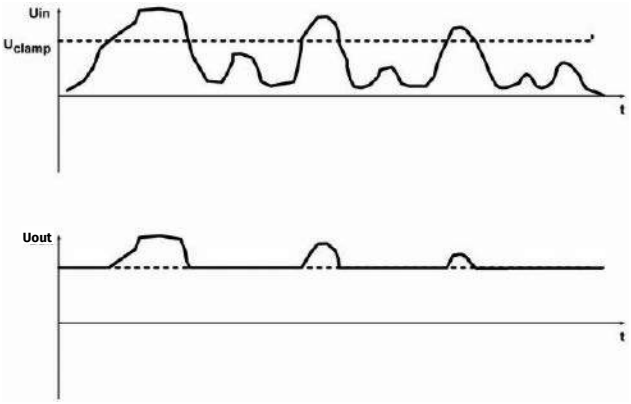
W rzeczywistości znasz już taki obwód. Obwód z odcinka tego kursu **„dioda idealna”** to obwód progowy, który zapewnia, że napięcie wyjściowe podąża za wejściowym do zera woltów. Na wyjściu nie może być bardziej ujemne. Tak więc prosty prostownik jest obwodem progowym o napięciu progu równym zero woltów.

Zastosowania

Oczywiste jest założenie, że obwód progowy ma wiele podobieństw do prostego prostownika idealnego. Zanim jednak przejdziemy do omówienia schematu, zadajmy bardziej sensowne pytanie: co zrobić z takim obwodem? Odpowiedzi dostarcza poniższy rysunek. Sygnał wejściowy Uin składa się z serii szczytów sygnału, pomiędzy którymi znajduje się wiele mniejszych sygnałów. Chcesz coś zrobić z tym sygnałem, na przykład zmierzyć liczbę pików na sekundę. Gdybyś po prostu podał ten sygnał na wejście licznika częstotliwości, licznik

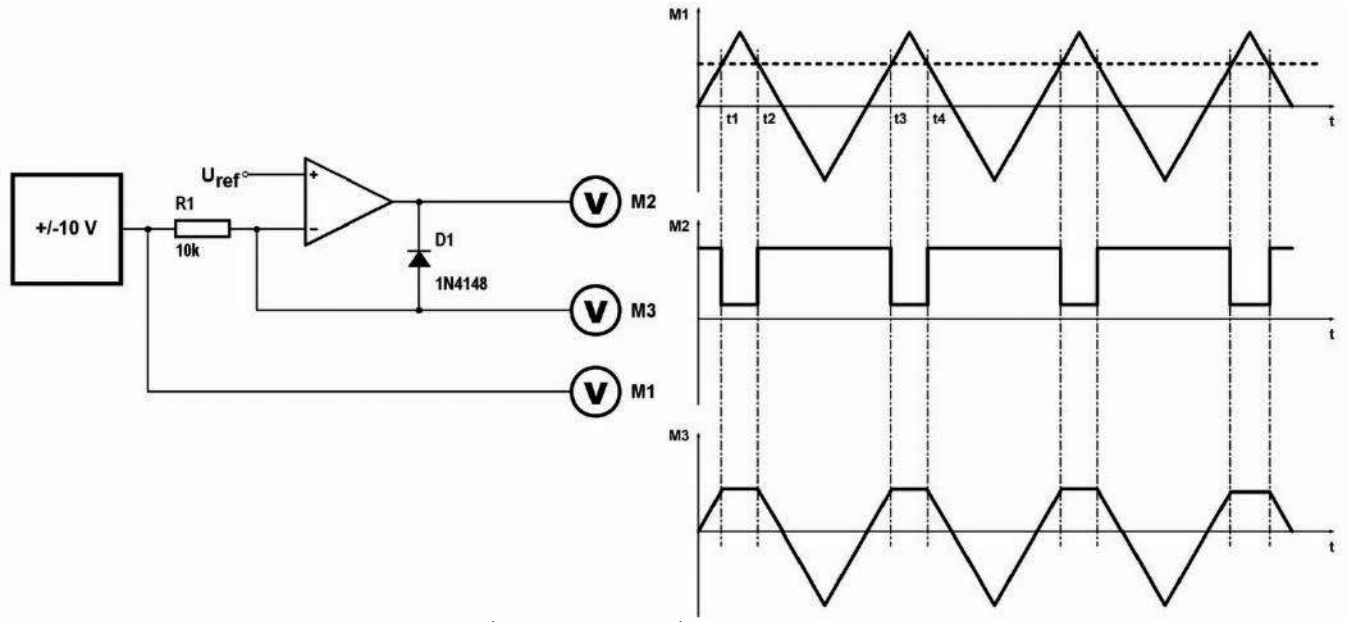


Działanie obwodu progowego wyjaśnione graficznie (© 2018 Jos Verstraten)



Praktyczne zastosowanie obwodu progowego (© 2018 Jos Verstraten)

eprasa.pl d6549b2eb6



Najprostszy układ obwodu progowego z progiem górnym (© 2018 Jos Verstraten)

ten zarejestrowałby o wiele za wysoką częstotliwość. Dzieje się tak dlatego, że urządzenie nie jest w stanie odróżnić szczytów sygnału, który ma być zliczony, od szczytów szumu. Wstawiając obwód progowy z regulowanym progiem, można odfiltrować niepożądane szczyty szumu z sygnału wyjściowego, tak że licznik częstotliwości rejestruje tylko szczyty sygnału do zliczenia.

Obwody progowe są również stosowane w elektronice audio, gdzie można je wykorzystać do tworzenia bardzo alienujących efektów dźwiękowych.

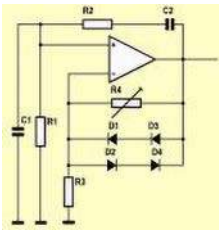
Schemat

Jak bez wątpienia można się spodziewać, schemat na rysunku jest bardzo podobny do schematu idealnej diody. Działanie układu jest wyjaśnione na podstawie rysunku obok.

Przyjmij, że napięcie wejściowe jest mniejsze od napięcia odniesienia. Wejście ujemne na op-ampie jest wtedy bardziej ujemne niż wejście dodatnie, wyjście jest na poziomie dodatniego napięcia zasilania. W związku z tym dioda D1 pracuje w kierunku wstecznym. Między wejściem a wyjściem jest teraz tylko rezystor R1 i jeśli obciążysz obwód bardzo dużym rezystorem (tak jak w przypadku twojego miernika uniwersalnego), to na wyjściu zmierzysz takie samo napięcie jak na wejściu.

W czasie t1 napięcie wejściowe staje się równe napięciu progu odniesienia. Ujemne wejście op-ampa staje się bardziej dodatnie niż dodatnie wejście, obwód się odwraca. Wyjście staje się teraz ujemne, dioda zaczyna przewodzić i op-amp ustawia napięcie na wejściu ujemnym równe napięciu na wejściu dodatnim. Wyjście pozostaje na poziomie progu. Układ działa teraz jako bufor, przy czym wyjście i wejście ujemne przejmują napięcie na wejściu dodatnim. Sytuacja ta jest utrzymywana do momentu, gdy napięcie na wejściu ujemnym ponownie stanie się niższe niż na dodatnim, wyjście op-ampa stanie się dodatnie, dioda zaś nie działa i op-amp został skutecznie wyłączony. Wyjście jest wtedy ponownie bezpośrednio połączone z wejściem. ■

23. Generator sinusoidalny



W jednym z poprzednich odcinków dowiedziałeś się, jak wygenerować napięcie sinusoidalne z napięcia trójkątnego przy użyciu nieliniowego sprzężenia zwrotnego. Wadą tego układu są stosunkowo duże zniekształcenia przebiegu sinusoidalnego. Za pomocą op-ampa można jednak wygenerować napięcie sinusoidalne również bezpośrednio i to z bardzo niskimi zniekształceniami!

Zasada działania generatora sinusoidalnego

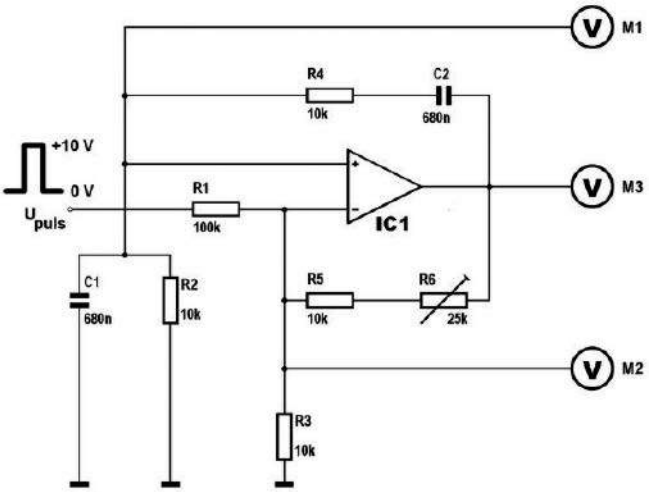
Szumy

Zanim zagłębimy się w wymagany do tego obwód, trzeba wiedzieć coś o szumach. Szum jest zjawiskiem swoistym dla wszystkich obwodów elektronicznych. Ogólnie rzecz biorąc, można opisać szum jako napięcie zakłócające, które występuje w każdym obwodzie. Znanych jest kilka procesów fizycznych, w wyniku których powstaje szum. Jednym z najczęściej spotykanych jest tzw. szum termiczny. Pod wpływem temperatury swobodne elektrony w elementach zaczynają przeskakiwać z jednego atomu na drugi. Ten ruch elektronów powoduje przepływ małego prądu, a suma wszystkich tych drobnych prądów generuje napięcie szumu. Z tego wyjaśnienia jasno wynikać będzie, że szum jest zjawiskiem statystycznym. Nie można przewidzieć dokładnego przebiegu napięcia szumów, ponieważ nie można określić, kiedy dany atom będzie odpychał elektron. Szum charakteryzuje się szerokim spektrum częstotliwości. Jeśli przeanalizujesz napięcie szumowe pod kątem zawartości częstotliwości w sygnale, to okaże się, że akurat wszystkie częstotliwości występują w sygnale szumowym w mniejszym lub większym stopniu.

Zasada działania generatora sinusoidalnego

Po tym wstępie możemy przystąpić do wyjaśnienia działania generatora sinusoidalnego. Podstawowy schemat został narysowany na poniższym rysunku. Widać na nim dwa sprzężenia zwrotne od wyjścia do wejść. Ujemne wejście jest połączone z wyjściem poprzez dzielnik

eprasa.pl d6549b2eb6



Podstawowy schemat generatora sinusoidalnego z op-ampem i tzw. mostkiem Wiena (© 2018 Jos Verstraten)

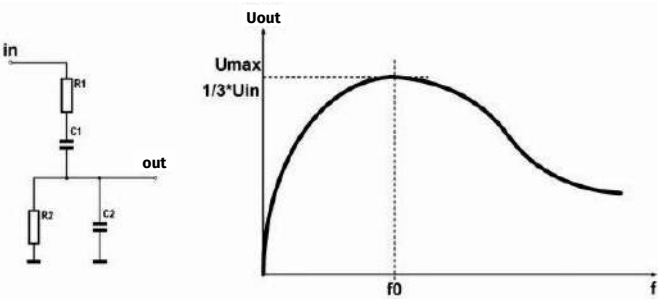
rezystorowy R3, R5 i R6. Bez wątpienia rozpoznasz to sprzężenie zwrotne ze wzmacniacza nieodwracającego.

Natomiast pomiędzy wyjściem a masą znajduje się drugi obwód, złożony z dwóch rezystorów R2 i R4 oraz dwóch kondensatorów C1 i C2. Ten obwód nosi nazwę „mostka Wiena". Węzeł tego mostka znajduje się na wejściu dodatnim. Właściwością tego obwodu RC jest to, że jest on selektywny pod względem częstotliwości. To znaczy, że tłumienie układu nie jest stałe, ale zależy od częstotliwości.

Bliższe spojrzenie na mostek Wiena

Pokazuje to poniższy rysunek. Jeśli na wejściu obwodu podamy napięcie zmienne o stałej amplitudzie, ale zmiennej częstotliwości, to na wyjściu zmierzymy charakterystykę częstotliwościową, jak pokazano na wykresie. Dla niskich częstotliwości sygnału wejściowego prawie nie mierzysz żadnego sygnału na wyjściu. Jeśli pozwolisz zwiększyć częstotliwość, to stwierdzisz, że napięcie wyjściowe rośnie. Przy pewnej częstotliwości f0 mierzysz maksymalne napięcie wyjściowe, które jest mniejsze od napięcia na wejściu. W miarę dalszego zwiększania częstotliwości napięcie wyjściowe zaczyna ponownie maleć. Możesz zatem stwierdzić, że tłumienie obwodu jest minimalne dla jednej konkretnej częstotliwości. Można to wyjaśnić zależną od częstotliwości prądu zmiennego impedancją kondensatora. Jak zapewne wiesz, opór kondensatora dla prądu zmiennego maleje wraz ze wzrostem częstotliwości. Dla sygnałów o niskiej częstotliwości oba kondensatory mają dużą impedancją. O podziale impedancji decyduje wtedy duża wartość impedancji C1 i znacznie mniejsza wartość R2. Na wyjściu pojawia się bardzo małe napięcie. Dla wysokich częstotliwości kondensatory mają bardzo małą impedancję. O rozkładzie napięcia decyduje wtedy głównie niska wartość impedancji C2 i znacznie wyższa rezystora R1. Również w tym przypadku na wyjściu pojawia się tylko ułamek napięcia wejściowego. Pomiędzy tymi dwoma zakresami częstotliwości leży jedna częstotliwość, przy której impedancja kondensatorów jest dokładnie równa wartości rezystorów. Dzielnik napięcia tłumi wtedy minimalnie, napięcie wyjściowe jest maksymalne, ale nadal równe tylko jednej trzeciej napięcia wejściowego.

Z tą wiedzą przystąpimy do budowy generatora sinusoidalnego.



Charakterystyka częstotliwościowa mostka Wiena pokazuje minimalne tłumienie przy jednej dobrze zdefiniowanej częstotliwości f0 (© 2018 Jos Verstraten)

Generator sinusoidalny na twojej płytce doświadczalnej

Zbuduj obwód na swojej płytce eksperymentalnej zgodnie ze schematem, początkowo pozostawiając otwarty rezystor R1. Ustaw potencjometr regulacyjny R6 na maksymalną rezystancję. Włącz teraz napięcie zasilające i ustaw swój analogowy miernik uniwersalny na punkt pomiarowy M3. Nic się nie dzieje, napięcie wyjściowe pozostaje zerowe. Teraz bardzo powoli obracaj suwak potencjometru regulacyjnego. W pewnym momencie wskazówka miernika zacznie się ledwo zauważalnie wahać. Natychmiast pozostaw potencjometr regulacyjny w spokoju i obserwuj co się dzieje. Zaobserwujesz, że wahania wskazówki stopniowo się zwiększają. Po jednej do dwóch minut wskazówka miernika trafi w oba końce skali.

Dziwne zjawisko wyjaśnione

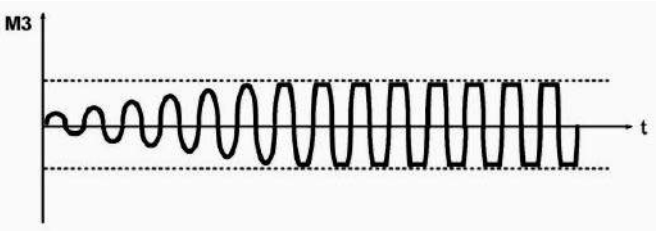
To, co się dzieje, przedstawia graficznie przebieg na poniższym rysunku. Napięcie wyjściowe powoli zwiększa swoją amplitudą, początkowo jest sinusoidalne, ale później stanie się w przybliżeniu prostokątne w miarę przesterowania wzmacniacza.

Jak można to wyjaśnić? Kiedy płytka jest włączona, obwód jest zasilany, to w każdym komponencie powstaje niewielkie napięcie szumowe. Napięcie szumów na wyjściu jest doprowadzane z powrotem do obu wejść. Do wejścia dodatniego przez selektywne działanie częstotliwościowe obwodu RC, do wejścia ujemnego przez dzielnik rezystorowy. Sygnał o częstotliwości fo dotrze do wejścia dodatniego przy minimalnym tłumieniu 1/3.

Dopóki wzmacniacz wzmacnia mniej niż trzykrotnie, nic więcej się nie stanie. Tłumienie obwodu RC nie jest wtedy kompensowane przez wzmocnienie op-ampa i impuls do oscylacji, spowodowany dużym impulsem szumów przy włączeniu napięcia zasilającego, zamiera.

Inaczej się dzieje, gdy kręcąc potencjometrem regulacyjnym zaczniemy regulować wzmocnienie op-ampa nieco powyżej współczynnika trzy. Minimalnie stłumione napięcie z szumu przy pewnej częstotliwości fo jest wtedy wzmacniane przez op-amp tylko trochę bardziej niż było tłumione przez obwód RC. Sygnał ten przechodzi przez op-amp i pojawia się na wyjściu nieco większy. Wzmocniony sygnał jest ponownie doprowadzany do wejścia dodatniego, pojawia się tam nieco większy niż poprzednio i jest ponownie wzmacniany.

Krótko mówiąc, sygnał za każdym razem przechodzi przez op-amp i przy każdym obiegu pojawia się na wyjściu nieco większy. Na końcu sygnał staje się tak duży, że przeciąża wzmacniacz. Napięcie wyjściowe nasyca się na poziomie napięcia zasilającego, sygnał zniekształca się z sinusoidy na przebieg prostokątny o powolnych zboczach.



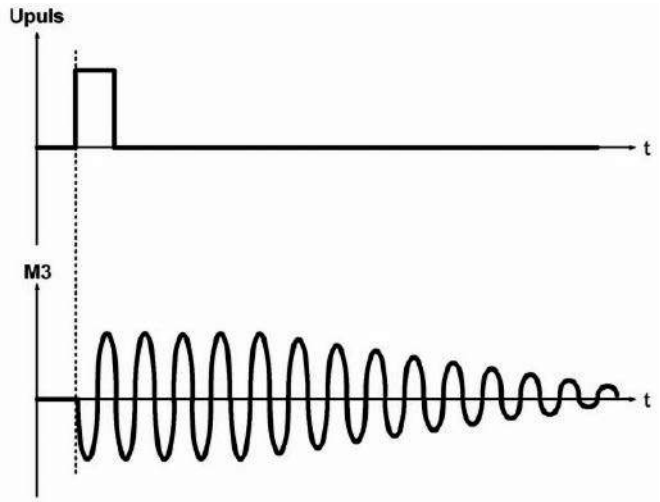
Przebieg napięcia w obwodzie podczas uruchamiania oscylatora (© 2018 Jos Verstraten)

eprasa.pl d6549b2eb6

W rzeczywistości generator sinusoidalny generowałby stabilny sygnał, gdyby wzmocnienie op-ampa było dokładnie takie, aby skompensować tłumienie obwodu RC. Oczywiście nie da się tego ustawić za pomocą zwykłego dzielnika rezystorowego. Przecież każde odchylenie od warunku „wzmocnienie op-ampa równa się tłumieniu filtru selektywnego częstotliwości" spowodowałoby nasycenie napięcia wyjściowego na poziomie napięcia zasilania lub wygaszenie oscylacji, choć zjawisko to mogłoby trwać godzinami. Spróbuj!!! Ustaw potencjometr regulacyjny tak, aby na wyjściu pojawiło się napięcie około 10 V góra-dół. Teraz spróbuj utrzymać ten sygnał wyjściowy na stałym poziomie obracając potencjometrem regulacyjnym. Nie uda Ci się to! Albo napięcie wyjściowe zacznie rosnąć i w końcu znowu utknie na poziomie napięcia zasilania, albo napięcie wyjściowe zacznie spadać, co doprowadzi do zaniku oscylacji. Potrzebujesz automatycznej regulacji wzmocnienia, która zawsze ustawia wzmocnienie układu tak, aby układ generował sygnał wyjściowy o stałej wielkości.

Drugi eksperyment

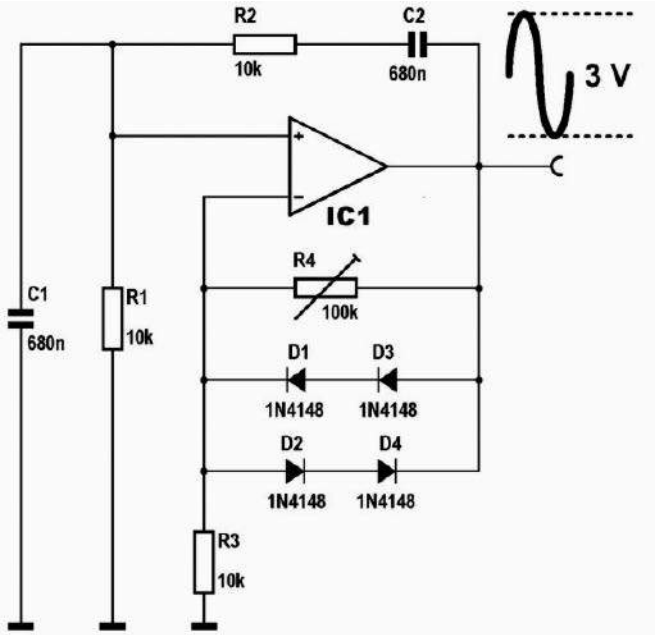
Zanim przejdziemy do tego rodzaju obwodu, zróbmy mały eksperyment z podstawową konfiguracją. Ustaw potencjometr regulacyjny R6 tak, aby obwód ledwie nie oscylował. Dotknij rezystora R1 dodatnim biegunem baterii +9 V, której ujemny biegun znajduje się na masie płytki. Obwód będzie teraz oscylował. Po przerwaniu połączenia między baterią a rezystorem, obwód nadal oscyluje, ale amplituda sygnału wyjściowego powoli wygasa. Występujące przebiegi napięć są przedstawione na poniższym rysunku. Ten aspekt oscylatora sinusoidalnego jest często wykorzystywany w praktyce, na przykład w obwodach muzycznych. Stosując taki układ „kaczki" (tak nazywa się ten układ) można przedłużyć podtrzymanie lub wygaszenie dotyku gitary.



Przy podaniu krótkiego impulsu do obwodu właśnie nieoscylującego, na wyjściu pojawia się oscylacja gasnąca (© 2018 Jos Verstraten)

Automatyczna regulacja wzmocnienia

Teraz wracamy do generowania stałego poziomu wyjściowego. Możesz zbudować tłumik zależny od napięcia, na przykład wykorzystując charakterystykę napięciowo-prądową diody. Jak już doświadczyłeś w dwóch poprzednich eksperymentach, opór wewnętrzny diody maleje wraz ze wzrostem napięcia na tym elemencie. Jeśli włączysz parę diod do elementów decydujących o wzmocnieniu generatora sinusoidalnego, jak to pokazano na rysunku poniżej, oscylator będzie generował stabilną sinusoidę. Za pomocą potencjometru regulacyjnego R4 można ustawić wyjście na minimalne zniekształcenia.



Oscylator sinusoidalny jest rozbudowany o diody i generuje ładną sinusoidę o stałej amplitudzie (© 2018 Jos Verstraten)

Prosta podstawa dobrego generatora sinusoidalnego

Za pomocą tego zasadniczo bardzo prostego układu można zbudować oscylatory sinusoidalne, które generują napięcie ze zniekształceniem około 1 %. W praktyce takie zniekształcenia są nadal nie do przyjęcia w wielu zastosowaniach. Stąd opracowano inne, lepsze układy do automatycznej regulacji wzmocnienia, wykorzystujące FET-y. Układy te, w połączeniu z omawianym w tym eksperymencie oscylatorem sinusoidalnym, wytwarzają fale sinusoidalne o zniekształceniach rzędu kilku dziesiątych procenta. ■

Jos Verstraten

REKLAMA

eprasa.pl d6549b2eb6

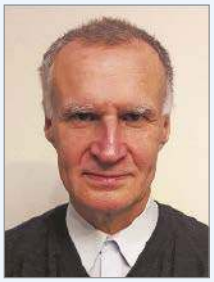
Uczmy się na cudzych błędach

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.

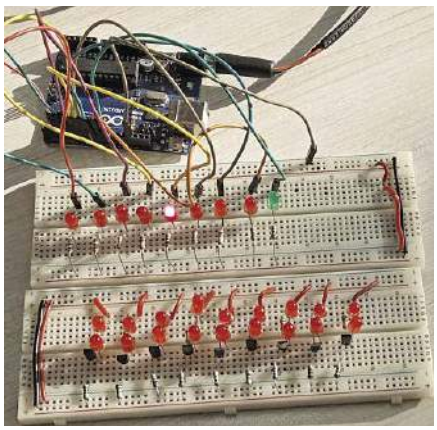
Migające światełka z użyciem Arduino

W okresie świątecznym, w szczególności Nowo-Rocznym wszystko jest przystrojone migającymi światełkami. Czasem można dostać oczopląsu. Projekt układu realizującego takie efekty nie jest skomplikowany. Można go także wykonać na bazie mikrokontrolera na płytce Arduino. Światełka-ledy można ułożyć w najróżniejszy sposób, a kolejność mrugnięć i czas ich świecenia leży jedynie w gestii programu.

Prototyp wykonany przez autora na uniwersalnej płytce stykowej widzimy na **rysunku 1**.

Na zdjęciu widzimy w istocie dwie wersje projektu. Pierwszy zawiera jedynie 9 diod LED i schemat ideowy tego rozwiązania pokazano na **rysunku 2**. Tutaj LED-y wysterowane są wprost z wyjść cyfrowych mikrokontrolera. Dlatego, poza płytką Arduino i samymi LED-ami widzimy tu jedynie rezystory ograniczające prąd diod świecących. Program napisano tak, aby w każdej chwili świeciła tylko jedna dioda. Gdy jedna gaśnie i zaświeca się kolejna, mamy wizualny efekt „biegającego światełka". Diody można ułożyć w linijkę lub w kółko. Aczkolwiek w tym projekcie zastosowano jedynie niewielką liczbę dziewięciu diod LED.

Chcąc zwiększyć liczbę diod świecących, trzeba obwód nieco rozbudować. Na **rysunku 3** jest schemat z osiemnastoma diodami. Względem układu z rysunku 2 dołożono 9 tranzystorów npn. Na płytce Arduino nadal wykorzystano 9 wyjść cyfrowych, ale nie sterują bezpośrednio LED-ami. Przez rezystory R1 do R9, wyjścia te są dołączone do baz tranzystorów T1 do T9. Wyjścia D2 do D10 włączane są kolejno do stanu wysokiego. Aczkolwiek, a każdym czasie tylko jedno wyjście jest aktywne. W ten sposób uzyskano wrażenie „biegającego światełka". W obu układach, ze schematu 2 i 3 rezystory R1 do R9 ograniczają prąd diod dołączonych do kolejnych wyjść Arduino. Aby wzmocnić efekt wizualny można łączyć większą ilość diod szeregowo dla każdego wyjścia i równocześnie zredukować wartości rezystorów R1 do R9.

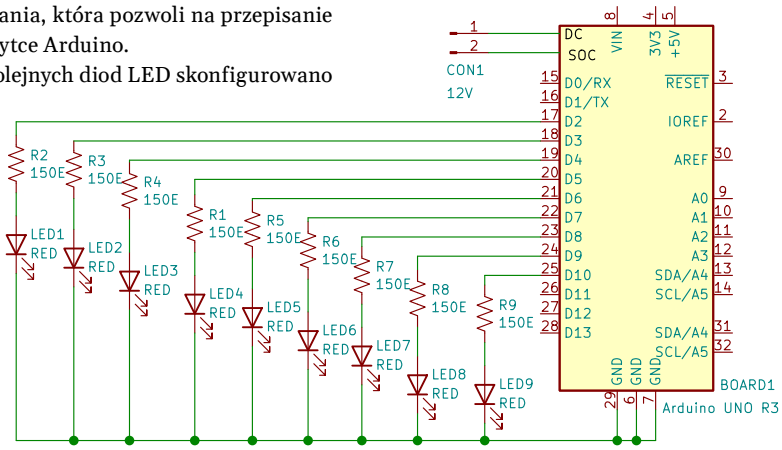


Rysunek 1. Prototyp na płytce uniwersalnej

Oprogramowanie

Program dla tego projektu jest bardzo prosty i napisano go w Arduino IDE w wersji 1.8.5, aczkolwiek możesz użyć dowolnej starszej wersji oprogramowania, która pozwoli na przepisanie szkicu do mikroprocesora na płytce Arduino.

Wyjścia służące do obsługi kolejnych diod LED skonfigurowano jako tablicę: „led array = {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}". W programie zdefiniowano zmienną „i" która jest inkrementowana w pętli typu „for". W ten sposób stan aktywny przesuwa się na kolejne wyjścia cyfrowe D2 do D10 Arduino. W stanie wysokim jest zawsze tylko jedno wyjście, a czas po którym następuje inkrementacja na kolejne wyjście



Rysunek 2. Schemat ideowy „błyskających światełek"

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://tiny.pl/cw5f9

eprasa.pl d6549b2eb6

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

Półprzewodniki:
Board 1: płytka Arduino
LED1...LED9: diody LED 5 mm

Rezystory: (wszystkie 0,25 W ±5%)
R1...R9: 150 Ω

Inne:
CON1: złącze DC
płytka uniwersalna
zworki – jumpery

Opcjonalnie: spis elementów dla wersji 18 LED
Półprzewodniki:
Board 1: płytka Arduino UNO
LED1...LED18: LED-y 5 mm
T1...T9: BC547 – tranzystory npn

Rezystory: (wszystkie 0,25 W ±5%)
R1...R9: 150 Ω
R10...R18: 1 kΩ

Inne:
płytka uniwersalna Breadboard
zworki – jumpery

ustawiono na = 50 milisekund. Program obsługi tego projektu znajdziesz pod nazwą flasher.ino. W procesie przepisania skeczu do pamięci programu mikrokontrolera należy w IDE ustawić właściwy port pod którym Arduino Uno jest wykrywany w komputerze.

Konstrukcja i testowanie układu

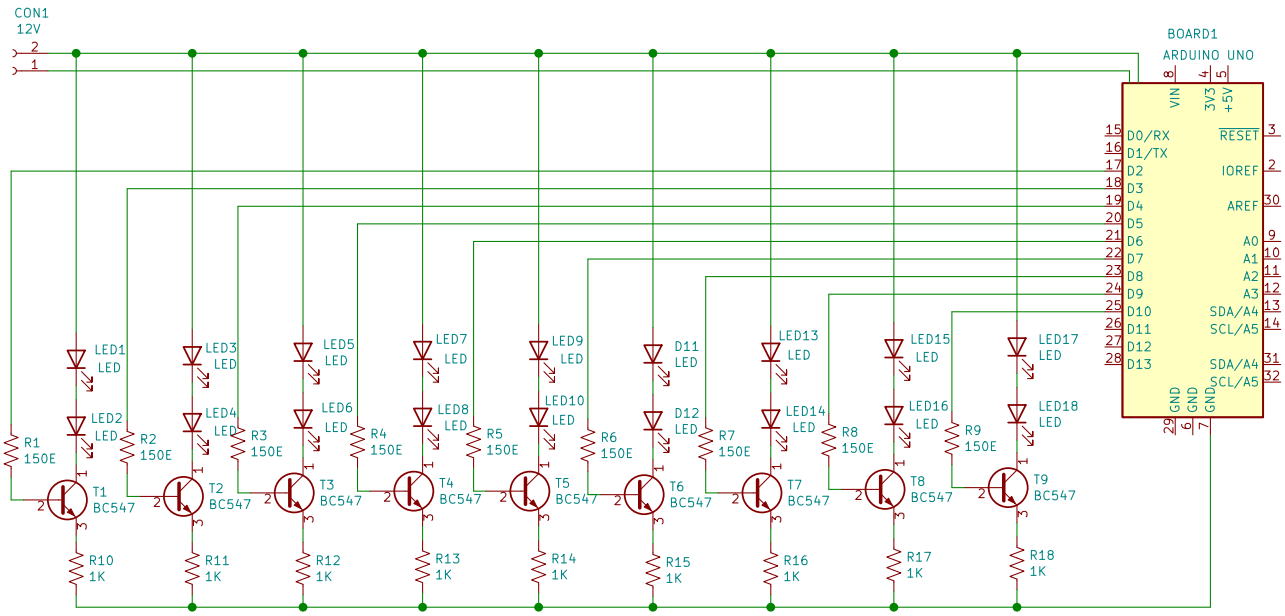
Dla wersji układu z rysunku 2 zaprojektowano płytkę PCB. Pokazano ją na **rysunku 4**. W papierowej wersji EdW wymiary PCB powinny odpowiadać naturalnej skali 1:1. Ułożenie elementów na PCB pokazuje **rysunek 5**. Po zmontowaniu elementów na płytce, należy całość umieścić w odpowiednio przygotowanej obudowie. Diody LED można wlutować wprost na PCB lub na przewodach dla uzyskania innej konfiguracji ich ułożenia. Przed zmontowaniem układu nie wolno zapomnieć o wgraniu kodu źródłowego flasher.ino. Do tego potrzebny będzie kabel USB, który również dostarczy zasilania 5 V. Można także użyć zasilacza 12 V, który należy podłączyć do złącza CON1. W projekcie nie przewidziano PCB dla wersji układu ze schematu na rysunku 3. Z uwagi na niewielką ilość elementów, nietrudno zmontować go na płytce uniwersalnej.

Bonus

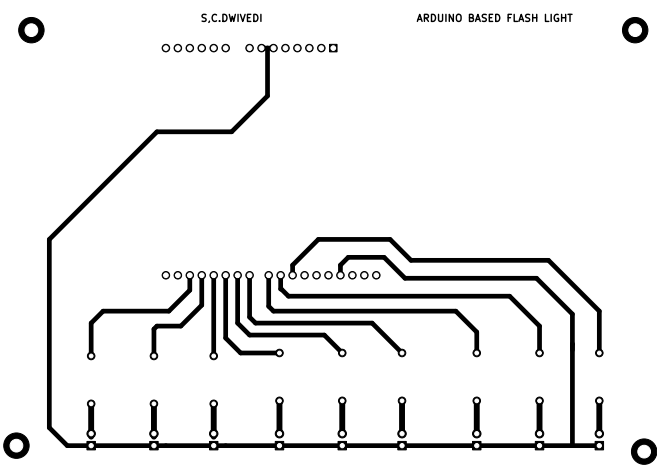
Działanie układu wg bieżącego projektu można zobaczyć pod adresem: https://tiny.pl/c74wn. ■

S.C. Dwivedi

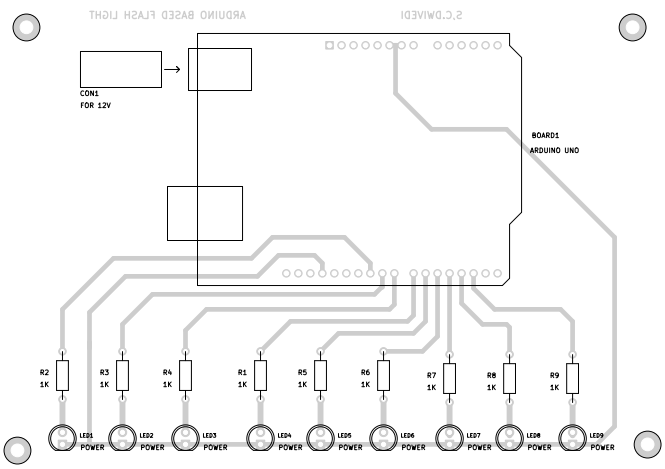
Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", listopad 2022 (efymag.com)



Rysunek 3. Schemat układu dla 18 diod LED



Rysunek 4. Płytka drukowana PCB dla układu z rysunku 2



Rysunek 5. Ułożenie elementów na płytce z rysunku 4

eprasa.pl d6549b2eb6

Uwagi i poprawki

Czy można zrobić błędy w tak prostym projekcie? Okazuje się, że tak. Wydaje się, iż hardware jest tu pretekstem do nauki programowania Arduino. A z uwagi na prostotę można go polecić młodym adeptom rozpoczynającym zabawę z Arduino. Cała zabawa, to aby diody migały szybciej lub wolniej. Aby punkt świetlny przesuwał się w prawo lub w lewo. Albo żeby nawracał, z różną prędkością, przyśpieszał itp. Różne efekty tego typu można uzyskać przez niewielką modyfikację programu, lub nawet tylko zmiennych w tym programie zdefiniowanych. To doskonała zabawa jeśli efekt zmagań z programem jest natychmiast widoczny w postaci migających diod. Wtedy błędy jest łatwo wychwycić, a to doskonała nauka dla osób wkraczających w świat informatyki na poziomie języka C i Arduino.

Ale popatrzmy na schemat. Czy tu jest wszystko OK? W układzie wg schematu z rysunku 2 diody jednoznacznie wskazują, które wyjście jest w stanie wysokim, a które w stanie niskim. Trudno doszukiwać się tu „większych sensacji". Oczywiście w tej zabawie nie trzeba się ograniczać do biegającego punktu świetlnego. Warto polecić taką modyfikację programu, aby zaświecały się kolejno diody, aż zaświecą wszystkie, a potem aby w odwrotnej kolejności gasły. To unaoczni pracę pętli programowych, z których składa się każdy poważny program dla mikrokontrolera. Wyjścia cyfrowe z rysunku 2 w stanie wysokim można obciążać do 20 mA – tu wydaje się wszystko w porządku. Karta katalogowa mikrokontrolera Atmega 328 deklaruje, że jedynka logiczna na tych wyjściach przy zasilaniu 5 V to co najmniej 4,2 V. Zastosowano rezystory ograniczające prąd R1 do R9 równe 150 Ω. Prąd będzie co prawda zależał od koloru diody, ale można szacować, że jest na poziomie kilkunastu miliamperów, co należy uznać za wartość rozsądną. Ale na rysunku 5 oznaczono wartości rezystorów R1 do R9 równe 1 kΩ? LED-y będą słabiej świecić, ale można uznać, że jest OK. Przynajmniej jeśli traktujemy układ jako „edukacyjną zabawę" a nie finalny produkt jak reklamuje go autor opracowania. Układ z rysunku 3 jest równie prosty, ale już tu są kardynalne błędy. Autor zastosował tranzystory, gdyż wyjście cyfrowe Arduino nie zaświeci dwu lub więcej diod połączonych w szereg. Efekt wizualny „biegającego światełka" nie jest lepszy aniżeli w układzie podstawowym z rysunku 2. Zastosowano 18 diod, ale „logicznie" jest ich nadal 9. Po dwie diody zaświecają się równocześnie i jedynie sposób ich ułożenia może sprawić, że układ ten jest nieco ciekawszy. W istocie, paradoksalnie jest ciekawszy przez błędy jakie autor tu popełnił. Wyjścia cyfrowe sterują bazami tranzystorów przez R1 do R9 o wartości 150 Ω, a w emiterach tranzystorów są rezystory 1 kΩ. Diody LED1 do LED18 będą świecić. Ale, czy to jest poprawnie zaprojektowany układ? 150 Ω w bazie, to tak jakby „nic". I absolutnie nieprawdą jest, co autor pisze w pierwszym punkcie, że dobór R1 do R9 ogranicza prąd diod LED zarówno w układzie pierwszej jak i drugiej wersji.

Przy zasilaniu dwunasto-woltowym i dwóch diodach LED w szeregu tranzystory T1 do T9 pozostaną na aktywnej części swojej charakterystyki – to znaczy nie ulegną nasyceniu. W istocie utworzy się źródło prądowe o wydajności: stan wysoki wyjścia Arduino minus 0,7 V napięcia baza-emiter Tx, podzielone przez 1 kilo-ohm. To będzie około 3,5 mA. Spadek napięcia na rezystorach R1 do R9 będzie praktycznie zerowy. Układ będzie działał. Ale czy o to autorowi chodziło? Może lepiej zamienić wartości rezystorów z bazy i emitera tranzystorów? A może lepiej emitery pozostawić na masie, a rezystory ograniczające prąd przerzucić do kolektorów T1 do T9? Układ jest tak prosty, że trudno nad nim więcej medytować. Ale można się domyślać, że powstał on w wyniku błędu projektowego, lub nazwijmy to – „niedopatrzenia" autora.

Paradoksalnie, jeśli potraktujemy projekt jako edukacyjny, nie jako „produkt docelowy", to układ z błędami jest ciekawszy. Układ z rysunku 2 uczy programowania na poziomie Arduino. Układ z rysunku 3 uczy dodatkowo hardware-u. Można go zmontować tak, jak pokazuje schemat. Zmierzyć napięcia na bazie, emiterze i kolektorze tranzystorów. A także przed R1 do R9, czyli bezpośrednio na wyjściu portu mikrokontrolera Arduino. I jakie z tego wnioski? Co by tu należało jednak zmienić? To zabawa dla młodych adeptów wkraczających w świat elektroniki, która nieuchronnie przesuwa się w kierunku informatyki.

Zatem projekt bieżący, choć bardzo prosty i z błędami, należy uznać za ciekawy i pouczający.

REKLAMA

Publikujemy dla projektantów i programistów elektroniki. Odwiedź

ELPORTAL.pl

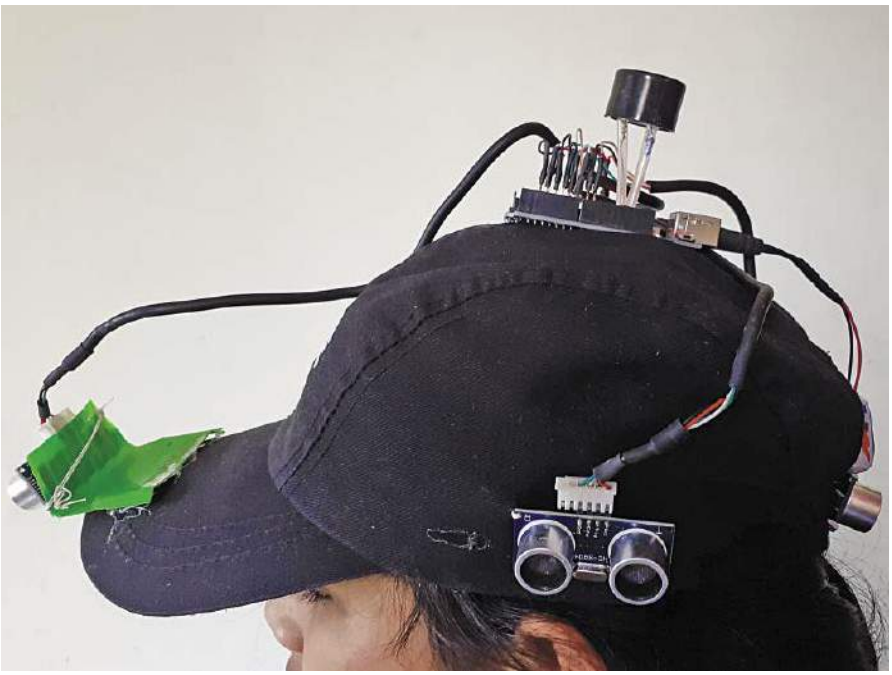
Znajdziesz nas również na Facebooku: facebook.com/ElportalPL

eprasa.pl d6549b2eb6

Monitor „dystansu społecznego”, przydatny również po pandemii

Ten projekt to pewnego rodzaju „czapka niewidka” pomagająca utrzymać dystans praktycznie względem każdego dowolnego obiektu. Została skonstruowana w czasie pandemii Covid-19, aby usprawnić utrzymywanie dystansu względem innych osób zgodnie z ogłoszonymi zaleceniami. Zachowanie bezpiecznego dystansu jest czasem trudne do wykonania, zwłaszcza gdy idziemy zamyśleni, zajęci swoimi sprawami. Wtedy „czapka niewidka” przypomni o zachowaniu należytego dystansu. Fakt, że urządzenie reaguje również na inne obiekty, nie tylko na ludzi, znacznie poszerza wachlarz zastosowań.

Projekt bazuje na platformie Arduino i sygnalizuje dźwiękiem, gdy jakikolwiek obiekt znajdzie się w odległości bliższej niż ustawiona w programie. Ten swoisty alarm wyposażono w czujniki patrzące na „cztery strony Świata”, więc obojętnie czy ktoś podejdzie z przodu, z tyłu, z prawej czy lewej strony, to „czapka niewidka” go dostrzeże. „Sercem” układu jest płytka Arduino Uno, która współpracuje z czujnikami ultradźwiękowymi. Prototyp wykonany przez autora widzimy na zdjęciu na **rysunku 1**. Na czubku głowy zainstalowano Arduino i buzzer. Czujniki ultradźwiękowe są z przodu, z tyłu i nad lewym i prawym uchem.



Rysunek 1. Prototypowa „czapka” wykonana przez autora

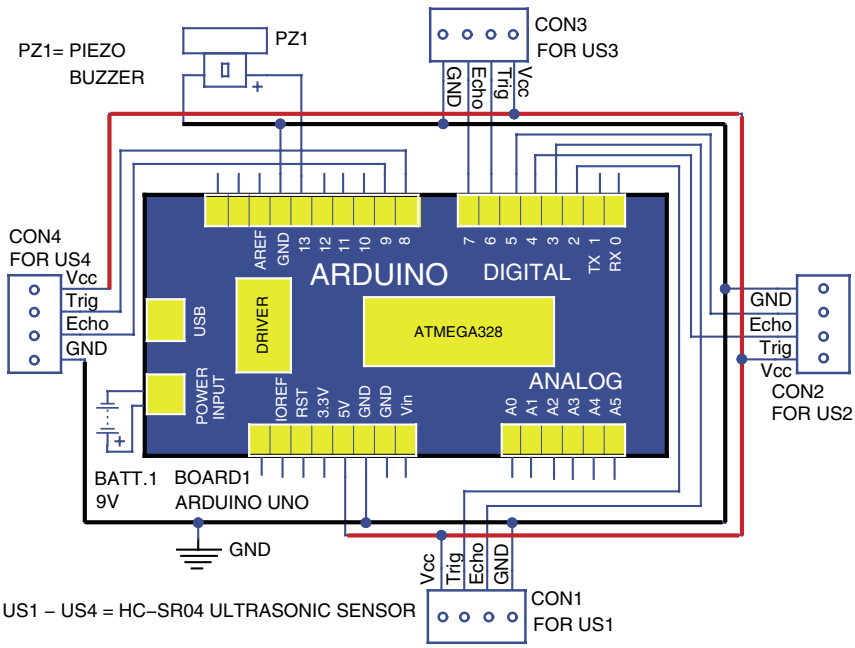
Schemat układu i jego działanie

Schemat pokazano na **rysunku 2**. Oprócz Arduino są tu cztery ultradźwiękowe sensory typu HC-SR04 oraz piezoelektryczny buzzer. Działanie HC-SR04 w pełni zasługuje na miano sonaru. To swego rodzaju bezdotykowy miernik odległości. Jest niewielkich rozmiarów i zapewnia stosunkowo dobrą dokładność. Zakres pomiarowy zaczyna się od 2 cm i kończy na 4 m, z rozdzielczością na poziomie 5 mm. Moduł HC-SR04 zawiera w sobie nadajnik, odbiornik oraz obwody sterujące. Zdjęcie modułu HC-SR04 pokazano na **rysunku 3**.Wyposażony jest on jedynie w 4 wyprowadzenia, z czego 2 to masa i zasilanie. Znaczenie czterech wyprowadzeń jest następujące:

1. Vcc: +5VDC,
2. Trig: Trigger (wejście wyzwalające pomiar),
3. Echo: wyjście,
4. GND: masa zasilania (Ground).

Taka konfiguracja wyprowadzeń pozwala na zastosowanie prostego interfejsu z mikrokontrolerem w Arduino Uno.

Praca sonaru HC-SR04 jest następująca: sonar należy wyzwolić krótkim (10 µs) impulsem podanym na wejście Trigger. Wtedy nadajnik generuje impuls ultradźwięków (o częstotliwości 40 kHz). Równocześnie



Rysunek 2. Schemat ideowy monitora „dystansu społecznego”

eprasa.pl d6549b2eb6

Tabela 1. Połączenie komponentów z Arduino UNO		
Wyprowadzenie na płytce Arduino	**Połączenie z sensorem**	
5 V pin	Pin Vcc wszystkich HC-SR04	
Pin2	HC-SR04-1 Trigger pin	Czujnik ultradźwiękowy (US1)
Pin3	HC-SR04-1 Echo pin	Czujnik ultradźwiękowy (US1)
Pin4	HC-SR04-2 Trigger pin	Czujnik ultradźwiękowy (US2)
Pin5	HC-SR04-2 Echo pin	Czujnik ultradźwiękowy (US2)
Pin6	HC-SR04-3 Trigger pin	Czujnik ultradźwiękowy (US3)
Pin7	HC-SR04-3 Echo pin	Czujnik ultradźwiękowy (US3)
Pin8	HC-SR04-4 Trigger pin	Czujnik ultradźwiękowy (US4)
Pin9	HC-SR04-4 Echo pin	Czujnik ultradźwiękowy (US4)
Pin13	Pin +Ve PZ1	Buzzer piezoelektryczny (PZ1)
GND	Pin –Ve of PZ1 i GND of HC-SR04 US1, US2, US3 i US4	

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
Półprzewodniki:
Board 1: Arduino UNO
US1...US4: HC-SR04 – moduł czujnika ultradźwiękowego

Pozostałe:
bateria 9 V PP3
złącze DC 2,1 mm
zworki „jumper wires"
czapka „Cap"

Rysunek 3. Czujnik ultradźwiękowy HC-SR04

odbiornik nasłuchuje fali odbitej. Kalkulacji odległości dokonuje mikrokontroler na podstawie opóźnienia echa względem impulsu wyzwalającego. W kodzie źródłowym oprogramowania zadanie to realizuje funkcja o nazwie pulseln(). Działanie programu jest proste, gdyż dystans jest wprost proporcjonalny do czasu opóźnienia echa. Należy jedynie w programie ustawić współczynnik proporcjonalności, którym jest prędkość dźwięku. Mikroprocesor w płytce Arduino dokonuje kalkulacji odległości w pętli dla czterech obsługiwanych modułów HC-SR04. Czyli w czterech kierunkach względem „czapki niewidki". Jeśli podejdziesz zbyt blisko do innej osoby, uruchomi się alarm który przypomni Ci, że masz się oddalić (bardziej kuriozalne może być zachowanie, gdy Ktoś będzie chciał podejść do Ciebie – red. EdW). W tabeli zestawiono spis połączeń między Arduino Uno i pozostałymi komponentami systemu.

Oprogramowanie

Układ działa pod kontrolą programu załadowanego do wewnętrznej pamięci mikrokontrolera na płytce Arduino. W tym projekcie program jest prosty i łatwy do zrozumienia. Dodatkowym ułatwieniem są komentarze wkomponowane w kod źródłowy, które pozwalają zrozumieć co wykonuje każda poszczególna linika programu.

Kod ten rozpoczyna się od zdefiniowania funkcji wyprowadzeń płytki Arduino. Dla obsługi każdego sensora oddelegowane są dwa piny: Trigger i Echo. Zatem potrzeba 8 pinów portu mikrokontrolera. Do tego trzeba dodać jedno portu dla obsługi buzzera. W programie trzeba też zdefiniować dwie zmienne dla każdego sensora. To opóźnienie impulsu echa oraz obliczony na podstawie tego echa dystans. Zatem software obsługujący ten system rozpoczyna się od ustawienia wejść i wyjść dla każdego czujnika oraz wyjścia dla buzzera.

Trzeba także ustalić protokół komunikacji między mikrokontrolerem i czujnikami. Reszta programu działa w pętli, która rozpoczyna się od inicjalizacji każdego czujnika krótkim dziesięcio-mikrosekundowym impulsem. To stan wysoki podany na każde wejście Trigger.

Następnie układ przechodzi do czytania wejść echa każdego czujnika i na tej podstawie oblicza dystans do przeszkody, która spowodowała odbicie fali ultradźwiękowej. Pętla kończy się ustawieniem czterech zmiennych: distance1, distance2, distance3 i distance4. Ponieważ system nie musi rozróżnić, z którego kierunku dystans został przekroczony, wynik operacji każdego z sensorów zostaje poddany prostej funkcji OR (logiczne lub). Porównanie każdego z dystansów (1 do 4) z ustawioną wartością progową następuje w instrukcji warunkowej „if". Jeśli którykolwiek dystans ma wartość mniejszą od ustalonej wartości bezpiecznej, zostaje ustawiony stan wysoki na linii inicjalizującej sygnał dźwiękowy buzzera.

Konstrukcja i testowanie układu

Przed montażem układu na czapce, należy załadować kod źródłowy projektu o nazwie social_distancing.ino do mikrokontrolera z użyciem oprogramowania Arduino IDE. Ponieważ „strażaka" chcemy nosić na głowie, można go zmontować na czapce jak pokazuje zdjęcie prototypu autora na rysunku 1. Źródłem zasilania może być bateryjka 9 V, którą podłączamy do Arduino przez DC-jack na płytce.

Dla przetestowania układu, progową wartość dystansu ustawiono na 30 cm. Wartość tą łatwo w programie zmienić w zależności od własnego upodobania lub „zaleceń Covid-owych". Na potrzeby testowania można posłużyć się oprogramowaniem narzędziowym Arduino IDE. Docelowo kabel łączący Arduino board z monitorem IDE rozłączamy.

Ponieważ monitor „dystansu społecznego" nosimy na głowie, można pokusić się, aby cały układ wraz z zasilaniem był możliwie niewielkich rozmiarów i lekki. Arduino UNO można zastąpić płytką Arduino Nano, a ultradźwiękowe czujniki zastosować jak najmniejsze.

K. Murali Krishna

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", październik 2020 (efymag.com)

Od Red. EdW: na szczęście obostrzenia covidowe zostały już dawno zniesione. Trudno oprzeć się wrażeniu, że to jeden z nieco bezsensownych projektów – w takiej czapce można czuć się co najmniej dziwnie. Płytka Arduino to wspaniały i pożyteczny wynalazek. Równie dobrze może służyć w pomysłach użytecznych jak i mniej praktycznych. Jednak dla poznania możliwości mikrokontrolera i nauki programowania użyteczne są pomysły każdej kategorii.

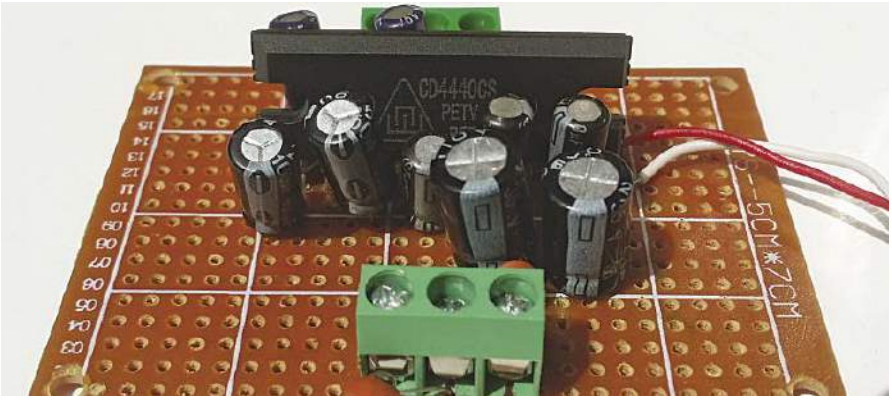
Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://tiny.pl/ct5bv

eprasa.pl d6549b2eb6

Wzmacniacz stereofoniczny o mocy 2×6 W z użyciem układu scalonego LA4440

Wzmacniacz audio małej mocy, który można zmontować na płytce uniwersalnej z elementów dostępnych w szufladzie każdego elektronika. Zastosowany układ firmy Sanyo sprawia, że ta nieskomplikowana konstrukcja odznacza się zaskakująco dobrą jakością dźwięku.

Układ LA4440 zamknięty jest w obudowie o 14-tu wyprowadzeniach i może dostarczać do 6 W mocy akustycznej w każdym kanale. Taka moc jest osiągana przy zasilaniu napięciem 12 V i obciążeniu głośnikami o impedancji 4 Ω. Aplikacja wymaga niewiele elementów zewnętrznych i wszystkie poza rezystorami R1 i R2 to kondensatory elektrolityczne. Prototyp wykonany przez autora pokazuje zdjęcie na **rysunku 1**.



Rysunek 1. Prototyp wzmacniacza wykonany przez autora

Opis układu i jego działanie

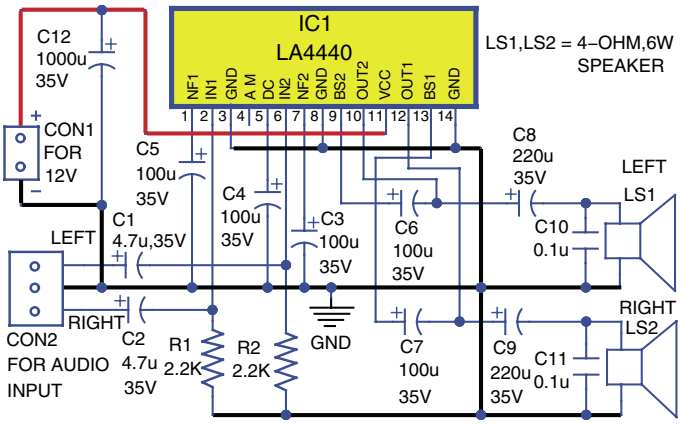
Schemat ideowy stereofonicznego wzmacniacza pokazuje **rysunek 2**. Wykonano go na bazie układu scalonego LA4440 i oprócz niego oraz dwóch głośników zawiera tylko kilka pasywnych elementów zewnętrznych. Zasilanie trafia na 11 pin układu scalonego i powinno pochodzić ze stabilizowanego źródła 12 V. Dodatkową filtrację zasilania realizuje kondensator elektrolityczny C2 (1000 μF/35 V), który włączono między potencjał masy i zasilanie +12 V. Głośnik kanału lewego (LS1) podłączono do wyprowadzenia 10 układu scalonego przez kondensator separujący C8 (220 μF/35 V). Wyjście wzmacniacza prawego stanowi wyprowadzenie 12 IC. Tu podłączono głośnik LS2 przez kondensator C9, także 220 μF/35 V.

W celu podłączenia źródła sygnału przewidziano 3-pinowe złącze CON2. Tu także zastosowano separację składowej stałej kondensatorami elektrolitycznymi. Sygnał kanału lewego trafia na wejście – pin nr 6 IC1 przez C1 (4,7 μF/35 V). Analogicznie sygnał kanału prawego doprowadzono do pinu nr 2 IC przez C2 (4,7 μF/35 V).

Konstrukcja układu i jego testowanie

Wzmacniacz można zmontować na uniwersalnej płytce typu veroboard o rozmiarach 50×70 mm. Na potrzeby opracowania przygotowano również jednostronną płytkę PCB, której schemat widzimy na **rysunku 3**. Wymiary rysunku (w papierowej wersji czasopisma) odpowiadają naturalnej wielkości płytki. Ułożenie elementów na PCB widzimy na **rysunku 4**.

Przystępując do montażu, najpierw skompletuj wszystkie potrzebne elementy: kondensatory elektrolityczne, rezystory, IC LA4440, złącza oraz przewody, które będą potrzebne w pracach montażowych. Najlepiej posłużyć się lutownicą o mocy co najmniej 25 W. Korzystając z zaprojektowanej płytki wystarczy elementy wlutować zgodnie ze schematem montażowym na rysunku 4. Montując wzmacniacz na płytce uniwersalnej, należy wykonać połączenia zgodnie ze schematem ideowym na rysunku 2. Przy krawędzi płytki należy umieścić 3-pinowe złącze dla sygnału wejściowego. Środkowe wyprowadzenie tego złącza należy połączyć z masą układu. Korzystając z uniwersalnej płytki veroboard, układ scalony LA4440 należy umieścić mniej więcej w środkowej części. Korzystając z gotowej płytki PCB, najpierw montujemy układ scalony w przewidziane dla niego miejsce. Następnie



Rysunek 2. Schemat ideowy wzmacniacza 6 W + 6 W

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

Półprzewodniki:
IC1 – LA4440 – wzmacniacz audio

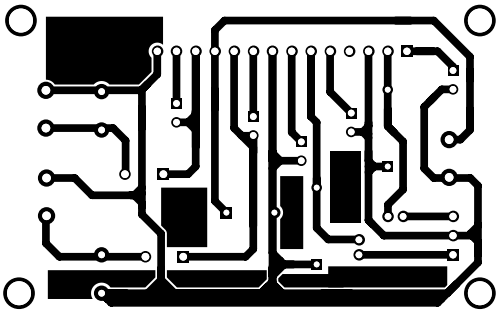
Rezystory: (wszystkie 0,25 W, ±5%)
R1, R2 – 2,2 kΩ

Kondensatory:
C1, C2 – 4,7 μF/35 V elektrolityczny
C3, C7 – 100 μF/35 V elektrolityczny
C8, C9 – 220 μF/35 V elektrolityczny
C10, C11 – 0,1 μF ceramiczny
C12 – 1000 μF/35 V elektrolityczny

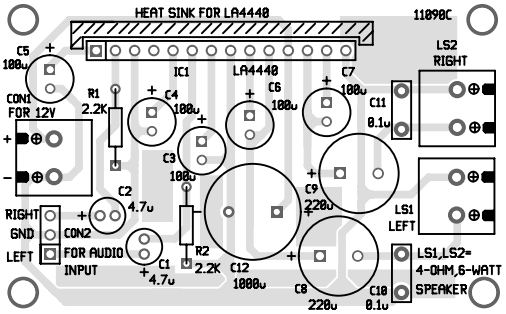
Inne:
CON1 – złącze dwu-pinowe zasilania
CON2 – złącze 3-pinowe
LS1, LS2 – głośniki 4 Ω/6W

Ponadto:
Radiator dla IC1
Źródło zasilania 12 V
Złącza 2-pinowe dla głośników LS1 i LS2

eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 3. Naturalnej wielkości PCB wzmacniacza stereofonicznego



Rysunek 4. Ułożenie elementów na płytce PCB

należy wlutować kondensatory elektrolityczne zwracając uwagę na ich biegunowość, oraz dwa rezystory. Należy także zamontować dwa złącza dwu-pinowe dla podłączenia głośników. Dla układu scalonego wzmacniacza należy zastosować niewielki radiator.

Źródło sygnału podłącz do złącza CON2. Na wyjście należy podłączyć głośniki 4 Ω o mocy co najmniej 6 W (LS1 i LS2). Złącze CON1 służy do dołączenia zasilania i należy tu podłączyć stabilizowany zasilacz o napięciu 12 V.

Kalibracja i testowanie pracy wzmacniacza

Oprócz zmontowanego układu, potrzebny będzie zasilacz i źródło sygnału. Można posłużyć się akumulatorem 12 V ale dla wstępnych prac bezpieczniejszy będzie zasilacz „wtyczkowy". Jako źródło sygnału najlepiej zastosować generator sygnałowy na częstotliwości akustyczne.

Doprowadź sygnał z generatora na wejście lewego kanału do złącza CON2. Powinieneś usłyszeć stosowny dźwięk z lewego głośnika. Ten sam test powtórz dla kanału prawego. W celu pełnego przetestowania wzmacniacza może być też potrzebny potencjometr (ok. 22 kΩ) na wejściu, dla regulacji amplitudy sygnału.

Jeśli z głośników usłyszysz czysty dźwięk, twój „stereo amplifier 6 W+6 W" jest gotowy do użytku. ■

Raj K. Gorkhali

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", listopad 2020 (efymag.com)

Od Red. EdW: Zapewne Czytelnik zauważył, iż autor niewiele pisze na temat działania swojego wzmacniacza i wszystko sprowadza się do aplikacji układu scalonego LA4440, który jest pełnym podwójnym wzmacniaczem audio o mocy do 2×6 W. Niemniej, w tego typu opracowaniu należałoby oczekiwać co najmniej wzmianki o funkcji zewnętrznych elementów aplikacji. LA4440 to układ firmy Sanyo, które tradycyjnie cieszą się bardzo dobrą opinią. Karta katalogowa tego scalaka wydaje się nieosiągalna, nie mniej znaczenia elementów zewnętrznych można się „doczytać" z opisu wyprowadzeń układu scalonego. C5 i C3 zastosowano jako odsprzężenie składowej stałej sprzężenia zwrotnego w torach obu kanałów. C6 i C7 podbijają napięcie zasilania obu końcówek mocy metodą bootstrapu. Kondensatory C8 i C9 sprzęgające głośniki z wyjściem wzmacniaczy są konieczne w sytuacji zasilania niesymetrycznego. Pojemność tych kondensatorów (220 µF) jest jednak zdecydowanie za mała. Dla głośnika 4 Ω powinna to być pojemność co najmniej o rząd wielkości większa. Tą samą wątpliwość można mieć do kondensatorów sprzęgających na wejściu C1 i C2. Tu co prawda załamanie charakterystyki, które wyznacza C1–R2 i R1–C2 mieści się w granicach dolnego pasma akustycznego. Jednak na skraju tego pasma w okolicy 20 Hz, zatem można zalecić też podniesienie tych pojemności do ok. 10 µF. Autor nic nie wspomina o wymaganiach źródła zasilania. Dla mocy akustycznej 2×6 W, powinien to być zasilacz 12 V o wydajności co najmniej 1,5 A lub 2 A.

REKLAMA

Start za darmo

Kwartalna e-prenumerata „Elektroniki dla Wszystkich" GRATIS!
Jeśli nigdy nie prenumerowałeś EdW w wersji drukowanej lub elektronicznej zamów jednorazowo bezpłatną e-prenumeratę EdW (PDF) na stronie:
www.elportal.pl/na-start
Oferta TYLKO dla nowych prenumeratorów

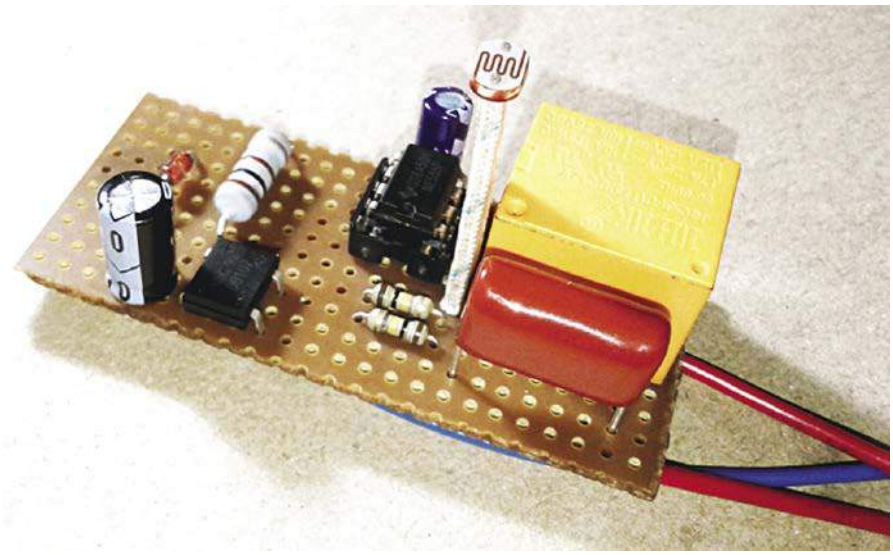
Słówko od Wydawcy
Fantastyczna reakcja Czytelników na **WAKACYJNĄ GRATKĘ**, tj. ogłoszoną w sierpniu **Bezpłatną Prenumeratę Próbną**, skłoniła nas do przedłużenia tej akcji na wrzesień. Nie ukrywamy, że liczymy na kontynuację prenumeraty po okresie próbnym. Wprawdzie tysiące egzemplarzy EdW sprzedają się w kolportażu kioskowym, ale prenumerata jest dla wydawcy najważniejsza – stabilizuje tytuł i pozwala racjonalizować horrendalne koszty druku. **Prenumerata daje też wiele korzyści Czytelnikowi, przede wszystkim daje darmowy dostęp do cyfrowego archiwum EdW.**

230 V WYSOKIE NAPIĘCIE

Inteligentna oprawka żarówki 230 VAC

Zaprezentowany projekt inteligentnej oprawki żarówki jest w istocie prostym urządzeniem pozwalającym na automatyczne włączanie/wyłączanie żarówki w zależności od pory dnia, czyli światła w otoczeniu „inteligentnej żarówki”.

Konstrukcja składa się z niewielu tanich i powszechnie dostępnych elementów i została wykonana w taki sposób, że pozwala na dołączenie typowej żarówki. Układ jest na tyle prosty, iż po jednorazowym „dostrojeniu” do otaczającego oświetlenia nie wymaga dalszej ingerencji. Żarówka powinna zaświecać się o zmierzchu i gasnąć o świcie, co pozwoli oszczędzać energię a jednocześnie zapewni komfortowe oświetlenie. Konstrukcja układu nie narzuca rodzaju żarówki. Może to być oświetlenie starego typu, lampy fluorescencyjne, LED lub dowolne inne. Maksymalna moc zależy od zastosowanego przekaźnika. W modelu autora, który widzimy na **rysunku 1** dopuszczalne jest obciążenie o prądzie maksymalnym 5 A, przy zasilaniu 230 VAC.

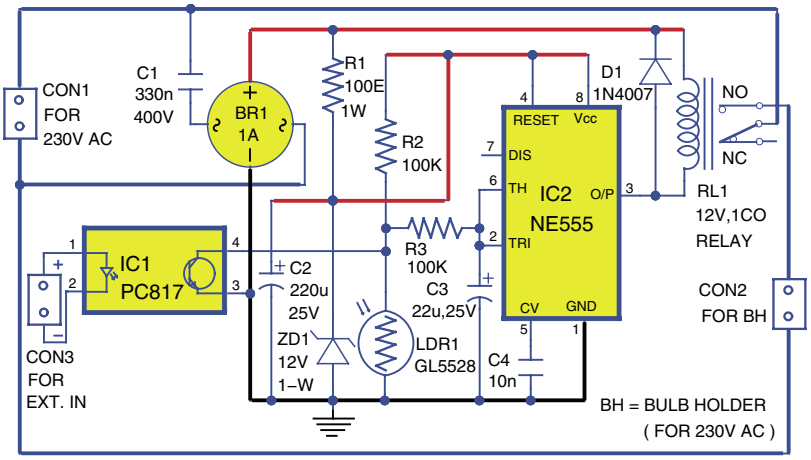


Rysunek 1. Prototyp wykonany przez autora

Konstrukcja układu i jego działanie

Schemat układu widzimy na **rysunku 2**. Zawiera niewiele elementów. Wśród nich są: mostek prostowniczy Graetza, układ scalony NE555, transoptor PC817, dwunastowoltowa dioda Zenera, dioda prostownicza 1N4007, przekaźnik z pojedynczym stykiem NO. Ponadto w układzie jest zaledwie kilka tanich pasywnych elementów.

Działanie układu bazuje na rezystorze LDR (Light Dependent Resistor), którego rezystancja silnie zależy od oświetlenia. Zastosowano czujnik typu GL5528. Tworzy on dzielnik napięcia ze zwykłym rezystorem R2 o rezystancji 100 kΩ. Do kontroli napięcia tak utworzonego dzielnika służy timer ‘555’, który pracuje tu w nietypowej konfiguracji przerzutnika bistabilnego. Tak utworzony driver steruje przekaźnikiem G5L z cewką 12 V o rezystancji 400 Ω. W układzie NE555 połączono ze sobą wejścia Trigger i Threshold. W efekcie wyjście przyjmuje stan niski, gdy napięcie na pinach 2 i 6 jest wyższe od 8 V i stan wysoki, gdy potencjał ten jest niższy od 4 V. Elementem wykonawczym jest przekaźnik z pojedynczym stykiem typu NO (Normalnie tzn. bez zasilania Otwarty). Moment włączenia i wyłączenia przekaźnika zależny jest od charakterystyki zastosowanego LDR oraz od doboru wartości rezystora R2. W modelu autora lampa zaświeca



Rysunek 2. Schemat ideowy układu

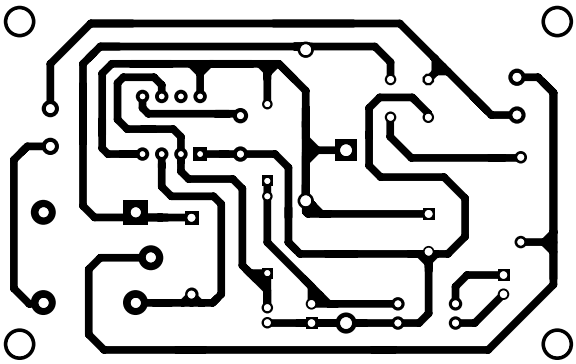
się przy oświetleniu poniżej 10 luksów, i wyłącza się przy oświetleniu powyżej 40 luksów. Charakterystykę jest łatwo przesuwać przez dobór wartości rezystora R2.

Napięcie zasilające jest dostarczane z układu zasilacza beztransformatorowego z kondensatorem C1 i mostkiem prostowniczym BR1. na poziomie 24 mA. Układ scalony NE555 zasilany jest napięciem 12 V, które ogranicza dioda zenera ZD1 i filtruje C2. Zasilanie cewki przekaźnika jest nieco wyższe. W wykonanym modelu uzyskano wartość ok. 14,4 V. Tak podwyższone zasilanie zapewnia pewne włączenie przekaźnika, nawet gdy wydajność źródła zasilania jest niższa od prądu znamionowego przekaźnika.

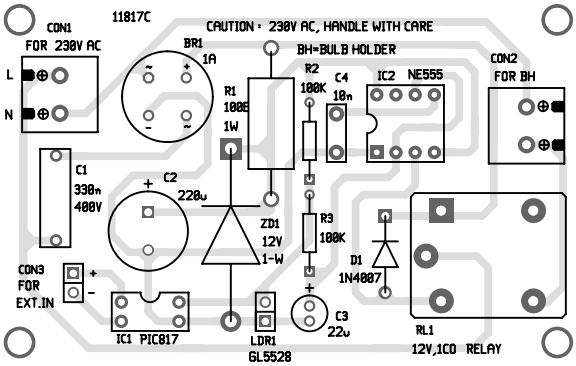
Od Red. EdW: tak będzie jeśli dodatkowo zastosujemy kondensator elektrolityczny od strony „plusa” BR1; więcej uwag na temat charakterystyki takiego zasilania, znajduje się na końcu opracowania.

Jak widać na schemacie (rysunek 2), zastosowano także opcjonalny sposób włączania/wyłączania układu. Obwód utworzony z transoptora

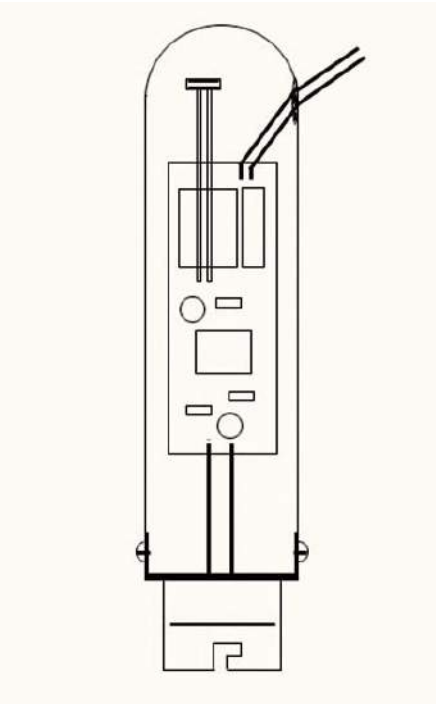
eprasa.pl d6549b2eb6



Rysunek 3. Projekt płytki PCB dla „smart bulb holder-a”



Rysunek 4. Ułożenie elementów na PCB



Rysunek 5. Przykład obudowy „inteligentnej oprawki”

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

Półprzewodniki:
IC1: PC817 – transoptor
IC2: NE555 – timer
BR1: mostek prostowniczy 1 A
D1: 1N4007 – dioda prostownicza
ZD1: dioda Zenera 12 V/1 W

Rezystory: (wszystkie 0,25 W ±5%) jeśli nie zaznaczono inaczej
R1: 100 Ω/1 W
R2, R3: 100 kΩ

Kondensatory:
C1: 330 nF/400 V ceramiczny
C2: 220 µF/25 V elektrolityczny
C3: 22 µF/25 V elektrolityczny
C4: 10 nF ceramiczny

Inne:
CON1, CON2: złącze 2-pinowe
CON3: złącze 2-pinowe
LDR1: GL5528 – LDR
RL1: przekaźnik 12 V
oprawka żarówki

pozwala na sterowanie z zachowaniem pełnej izolacji galwanicznej. Opcja ta pozwala na usunięcie czujnika LDR, a sygnał sterujący może pochodzić niemal z dowolnego układu, np. jakiegoś modułu IoT (Internetu Rzeczy). Takie rozwiązanie może być korzystne gdy budujesz prosty projekt automatyki domowej. Należy zauważyć, że aktywny stan (zaświecenie) transoptora oznacza tu wyłączenie inteligentnej żarówki i vice-wersa. Na schemacie nie pokazano obwodu po stronie wejściowej, fotodiody transoptora. Standardowo potrzebny jest rezystor ograniczajacy prąd do znamionowej wartości ok. 20mA przy napięciu ok. 1,2 V.

Konstrukcja układu i jego testowanie

Układ nie zawiera wielu elementów i można go zmontować na niewielkiej płytce uniwersalnej. Jednakże na potrzeby tego projektu przygotowano projekt obwodu PCB, co w skali 1:1 pokazuje **rysunek 3**. Na **rysunku 4** jest schemat ułożenia elementów na tej płytce.

Po zmontowaniu układu, należy podłączyć napięcie 230 VAC do złącza oznaczonego CON1. Dla układu należy przygotować obudowę. Najlepiej wodoszczelną i przeźroczystą przynajmniej w miejscu gdzie zamontujemy czujnik światła LDR. Typowe prototypowe obudowy dostępne są w różnych wielkościach i kształtach. Jednakże, jeśli masz dostęp do drukarki 3D, możesz eksperymentować z własnymi pomysłami. Na **rysunku 5** pokazano przykład jednego z wielu dostępnych rozwiązań.

Dodatkowa uwaga od autora projektu

W prototypie początkowo zastosowano obudowę LED-owej żarówki „dziennej”, którą zamontowano na wysięgniku lampy ogrodowej. Wygląda na to, że pomysł „inteligentnej żarówki” się sprawdza i jej działanie jest bardzo obiecujące. „Inteligentna żarówka” może służyć nie tylko jako oszczędne oświetlenie zewnętrzne. W mieszkaniu może stanowić oświetlenie zwiększające bezpieczeństwo lub podczas pobytu na wakacjach odstraszy złodzieja czy „włóczęgę” sprawiając wrażenie, że ktoś z domowników jest w domu obecny.

Uwaga

W układzie występuje niebezpieczne napięcie 230 VAC. Niebezpieczeństwo porażenia elektrycznego może być wysokie jeśli nie dostosujesz się do przepisów BHP. Jeśli nie posiadasz wiedzy w tym zakresie, poproś o pomoc wykwalifikowany personel. ■

T.K. Hareendran

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, grudzień 2020 (efymag.com)

eprasa.pl d6549b2eb6

Od Redakcji EdW: Układ jest prosty i musi być tani. W tego typu projektach problemem zwykle jest zasilanie. Zastosowanie nawet najprostszego zasilacza przewyższyłoby koszty całego urządzenia. Choć dostępne są tanie zasilacze wtyczkowe o niewielkim prądzie zasilania, rozsądne jest szukanie rozwiązań jeszcze prostszych. I tu mamy mostek Graetza z kondensatorem po stronie obwodu składowej zmiennej. Trudno o rozwiązanie jeszcze prostsze, a odpowiednio dobrany kondensator załatwi sprawę. Zatem, tak proste rozwiązanie należy uznać za usprawiedliwione, aczkolwiek należy zwrócić uwagę gdzie może być problem. Zasilanie tego typu ma charakter prądowy. To znaczy, bliższe jest źródłu prądowemu aniżeli napięciowemu. Zda egzamin jeśli obciążenie jest mniej więcej stałe. Wtedy, odpowiednio dobrany kondensator zapewni mniej więcej stałe napięcie zasilania. Aczkolwiek układ nie powinien być wrażliwy na fluktuacje zasilania. Czy tutaj tak jest? Zasilanie układu scalonego jest stabilizowane diodą Zenera. Ale główne obciążenie stanowi tu cewka przekaźnika. Gdy przekaźnik jest włączony, prąd wyznaczony jest impedancją rzeczywistą jego cewki. Gdy jest wyłączony, prąd ten jest zerowy. Zasilanie prądowe przekaźnika może zdać egzamin. Ale odbije się na napięciu obecnym na wyjściu układu scalonego, wyprowadzenie n. 3. Także, mimo obecności diody Zenera, może mieć wpływ na napięcie zasilania IC2. W przypadku obciążenia przekaźnikiem, najbardziej niebezpieczna wydaje się składowa indukcyjna, która może powodować przepięcia niszczące driver, którym jest tu wyjście układu scalonego. Ale o to nie ma obawy. Dioda D1 jest skutecznym zabezpieczeniem. Mimo to, w momencie wyłączenia przekaźnika, napięcie na wyjściu IC2 wyraźnie podskoczy. W momencie włączenia przekaźnika, może nadmiernie przysiąść napięcie zasilania układu scalonego.

Powyższe parę zdań było naświetleniem sytuacji ryzyka w przypadku zasilania o charakterze prądowym, czyli ze źródła o wysokiej impedancji wyjściowej. Kondensator C1=330 nF stanowi dla napięcia AC 50 Hz impedancję ok. 10 kΩ. Jeśli napięcie skuteczne ma wartość 230 VACrms, to prąd wyniesie ok. 23 mA. To również wartość skuteczna. Wyprostowana średnia będzie nieco mniejsza. Przesunięcie fazowe jakie wnosi pojemność nie zmienia faktu, że większa część napięcia odłoży się właśnie na kondensatorze, i to stanowi o tym, że zasilanie jest typu prądowego. Ubocznym efektem jest „cosinus fi" który sprawia, że czerpana jest moc bierna mimo to, iż licznik energii nie zliczy mocy czynnej. Elektrownia nie lubi takiego obciążenia. Ale ta uwaga tylko na marginesie. Przy C=330 nF „elektrownia nie zorientuje się".

Wracając do naszego układu należy wierzyć, iż autor sprawdził, że działa on poprawnie. Nie mniej mimo prostoty obwodu, na kilka szczegółów warto zwrócić uwagę. Jeśli zastosujemy przekaźnik większej mocy, to problemy są raczej nieuniknione. Albo stan niski na wyjściu IC2 nie włączy przekaźnika, albo stan wysoki spowoduje niebezpieczny podskok napięcia. W pewnym stopniu można temu zaradzić włączając kondensator elektrolityczny na wyjściu „+" mostka BR1. Sam przekaźnik wykazuje dużą histerezę. Prąd podtrzymania jest dużo mniejszy od prądu załączenia przekaźnika. Obecność kondensatora elektrolitycznego o stosunkowo dużej pojemności pozwoli na obniżenie prądu źródła zasilania, czyli zmniejszenie pojemności C1, co w tej sytuacji zmniejsza sygnalizowane wyżej problemy. Mimo to należy się spodziewać, iż napięcie na wyjściu IC2 może podskoczyć powyżej dopuszczalnego poziomu. Katalog nie precyzuje jaka to wartość. Podaje jedynie, iż napięcie zasilania nie może być wyższe niż +18 V. Tu zasilanie mamy 12 V, i bezpiecznie będzie jeśli napięcie na O/P nie przekroczy deklarowanych 18 V. Co zrobić jeśli będzie to warunek trudny do spełnienia? Układ scalony NE555 ma wyjście DIS (n. 7), które jest współbieżne z wyjściem n. 3. Jest współbieżne, a jest to wyjście typu otwarty kolektor. Tu, jak najbardziej adekwatne dla sterowania cewką przekaźnika. Zatem, należałoby zalecić zamianę wyjścia z n. 3 na n. 7.

Drugim problemem, lub przynajmniej cechą, na którą warto zwrócić uwagę jest histereza pracy całego układu. Autor zastosował timer '555' i połączył go w konfiguracji przerzutnika bistabilnego. Cechą charakterystyczną '555' jest dzielnik napięcia dający poziomy 1/3 i 2/3 zasilania. I jest to zgodne z tym co autor pisze. Przy zasilaniu dwunastowoltowym próg włączenia jest na poziomie 8 V, a próg wyłączenia = 4 V. Całą charakterystykę można przesuwać dobierając wartość R2, ale czy histereza nie jest zbyt duża? Z jednej strony duża histereza jest tu pożądana. Przy zbyt małej, nasza żarówka może mrugać gdy sama oświetli sobie swój czujnik LDR. Zatem, istotne jest umiejscowienie samego czujnika światła i dobór wystarczająco dużej histerezy w charakterze „bezpieczeństwa". Mimo to, histereza oświetlenia, jak autor pisze między 10 i 40 luksów wydaje się przesadzona. W przypadku wykorzystania układu scalonego NE555 pole manewru jest tu niewielkie. Jednakże warto zwrócić uwagę, że manipulacja histerezą jest tu możliwa. Na wejściu CV n. 5 mamy tu kondensator C4=10 nF i jest to wyjście górnego poziomu dzielnika napięcia (2/3 Vcc). Można tu dobrać rezystor do masy lub do Vcc. Aczkolwiek brak dostępu do dolnego poziomu dzielnika (1/3 Vcc) ogranicza pole manewru doboru histerezy „włącz/wyłącz przerzutnik".

Jeszcze jedna rzecz jest warta uwagi. Autor zastosował dwójnik R3–C3 o bardzo długiej stałej czasowej = 2,2 sekundy. W tej aplikacji timera '555' jest to jak najbardziej słuszne i pożądane. Zabezpieczy przed „mruganiem światła" w przypadku krótkotrwałego zasłonięcia czujnika LDR. Długa stała czasowa filtru R3–C3 w połączeniu z dużą histerezą na wejściu n. 2 i n. 6 przyczyni się do stabilnej pracy układu.

Reasumując, układ jest prosty i może nie warty „rozwodzenia się". Jednakże jako krytyczne elementy należy uznać: rezystor R2 (względem charakterystyki LDR) i kondensator C1.

W zakresie oświetlenia automatycznego, warto się przyjrzeć konstrukcji solarnych lampek ogrodowych. Tu wprawdzie są moce w zakresie miliwatów, ale wykorzystanie samego sterownika i wzmocnienie sygnału tak, aby wysterować przekaźnik jest zawsze możliwe. Taka lampka ogrodowa to nie jest takie proste „urządzenie". Jest tu i mały panel solarny, i akumulatorek i diody led-owe. I to wszystko razem ze sterownikiem i estetyczną obudową za jedyne kilkanaście zł.

Sterownik musi przecież rozpoznać dzień i noc. Kiedy ładować akumulatorek i kiedy włączyć LED-y. Tak niska cena nie jest tylko efektem marnego wynagrodzenia osób, które to produkują. Jest także efektem pomysłowości konstrukcji, tak aby spełniała zadanie, a równocześnie była prosta i tania. Niekonwencjonalne wykorzystanie sterownika z takiej lampki i wykorzystanie jej miniaturowego panelu FV zamiast czujnika LDR jest zawsze możliwe. Niewiele trzeba by dołożyć, a całość powinna być jeszcze tańsza, a przede wszystkim mniejsza od prezentowanej tu konstrukcji. I z powodzeniem powinna zmieścić się w „inteligentnej oprawce". A być może i samą obudowę (oprawkę) można by wykorzystać z nieco solidniejszej lampki ogrodowej.

REKLAMA

Pipek dręczyciel

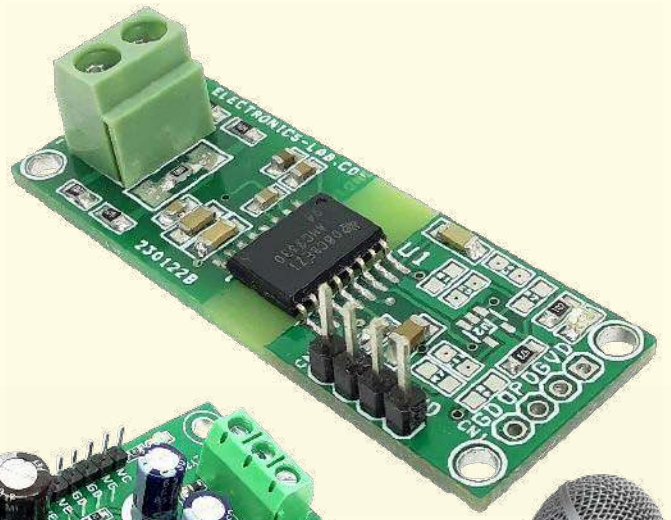
AVTEDU625 sklep.avt.pl

eprasa.pl d6549b2eb6

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.

Izolowany pomiar napięcia z wejściem ±1 V i wyjściem różnicowym z wbudowaną przetwornicą DC/DC

Projekt ten może być stosowany w dwukierunkowych pomiarach wysokiego napięcia. Wyjście jest w pełni izolowane od strony wejściowej i może być wykorzystane w takich aplikacjach jak wysokonapięciowe konwertery DC-DC, wysokonapięciowe ładowarki EV, SMPS, sterowniki silników 3-fazowych, falowniki itp. Płytka zbudowana jest z wykorzystaniem układu AMC3330. Układ ten jest precyzyjnym, izolowanym wzmacniaczem z w pełni zintegrowanym, izolowanym konwerterem DC/DC, umożliwiającym pracę z pojedynczym zasilaniem od strony niskiej urządzenia.



Przedwzmacniacz mikrofonowy z zasilaniem phantom – niski poziom szumów – profesjonalna jakość

Prezentowany projekt to profesjonalnej jakości przedwzmacniacz mikrofonowy z zasilaniem Phantom. Projekt został zbudowany z wykorzystaniem układu INA163 firmy TI. Chip ten jest monolitycznym wzmacniaczem instrumentalnym o bardzo niskim poziomie szumów i zniekształceń. R2 i R3 zapewniają tor prądowy dla konwencjonalnego źródła zasilania fantomowego 48 V dla zdalnie umieszczonego mikrofonu. Przełącznik suwakowy SW1 umożliwia wyłączenie zasilania fantomowego. C6 i C8 blokują napięcie zasilania fantomowego z obwodów wejściowych INA163. Dodatkowe zabezpieczenie wejścia przed ESD i hot-pluggingiem, cztery diody 1N4148 D1, D2, D3, D4 podłączone od wejścia do linii zasilających.

Niektóre projekty aktualnie dostępne tylko dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. Źródło światła LED w pętli zamkniętej z czujnikiem światła OPT101 i op-ampem mocy OPA569
2. Wzmocniony, izolowany wzmacniacz current-sense z precyzyjnym wejściem ±250 mV, wyjściem różnicowym i zintegrowanym konwerterem DC/DC
3. Półprzewodnikowy przekaźnik mocy DC z prądowym sprzężeniem zwrotnym
4. Wyłącznik nadprądowy – przekaźnik wyłączający nadprądowy
5. Uniwersalny konwerter napięcia AC – wyjście 18 V DC z wejścia 85...265 V AC
6. Moduł procesora echa głosu – urządzenie opóźniające do efektów dźwiękowych, echo, reverb
7. Najlepszy sposób na próbkowanie dźwięku za pomocą ESP32
8. Choinka z Arduino i pikselowymi diodami
9. RPi – stacja pogodowa IoT
10. Niskobudżetowy monitor jakości powietrza IoT oparty o RaspberryPi 4
11. Automatyczny system ogrodniczy z NodeMCU i Blynk, ArduFarmBot 2
12. TinyML – Rozpoznawanie ruchu przy pomocy Raspberry Pi Pico
13. Wzmacniacz piezoelektryczny do gitary i skrzypiec
14. Wysokowydajny i niezawodny sterownik bipolarnego silnika krokowego
15. Sterownik silnika prądu stałego z wykorzystaniem przekaźnika i mosfetu – interfejs Arduino
16. Przedwzmacniacz do mikrofonu MEMS
17. Super prosty czuły wykrywacz metali
18. Stymulator czaszkowy Arduino (Bio-BrainTuner)
19. Generator sygnałów AD9833
20. Obserwacja charakterystyk tranzystora
21. Wyświetlacz EKG z użyciem Arduino
22. Łatwy do zbudowania robot kroczący
23. Sonarowy theremin MIDI
24. Zamek elektroniczny na kod
25. Prosty tester tranzystorów
26. Zegar binarny z użyciem Microbit
27. Przetwornik częstotliwości na napięcie (tachometr) – przetwornik częstotliwości na napięcie z czujnikiem magnetycznym o zmiennej reluktancji
28. Izolowany obwód wykrywania napięcia 250 V AC z pojedynczym wyjściem (wejście 250 V prądu przemiennego, wyjście 5 V)

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 d6549b2eb6

Elektor Bestsellers

SAVE UP TO 26% NOW!

www.elektor.com/sale/deals

Elektor SUMMER SALE

elektor
design > share > earn

eprasa.pl d6549b2eb6